UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO
SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA
VALPARAISO – CHILE

DISEÑO DE RED DE TRANSPORTE PARA SERVICIOS MOVILES ´5G´

MANUEL ALBERTO ARRIAGADA MUÑOZ

MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL ELECTRONICO, MENCION TELECOMUNICACIONES.

PROFESOR GUÍA: DR WALTER GROTE H.

PROFESOR CORREFERENTE: DR AGUSTIN GONZALEZ V.

Enero – 2019

Diseño de Red de Transporte exclusiva para servicios móviles ´5G´

Manuel Alberto Arriagada Muñoz

Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Electrónico, mención Telecomunicaciones

Profesor Guía: Walter Grote

Enero 2019

Resumen

La quinta generación (5G) de telecomunicaciones móviles presenta grandes desafíos tecnológicos. Con el fin de proporcionar servicios 5G se definen: el ***plano de usuario*** - que está basado en la tecnología de acceso comprendiendo la estación base y el terminal -, el ***plano de fronthaul*** (FH) que permite extender los servicios de red desde la estación hacia el elemento radiante que interactúa con el terminal de usuario y el ***plano del backhaul*** (BH) - que es la red que interconecta las estaciones base con los nodos – que es el tema central de este proyecto.

La promesa de servicio de transporte de información en el ***plano de usuario*** está basada en 3 pilares: a) el acceso de banda ancha; b) ofrecer servicios de elevada disponibilidad (conectividad asegurada e inmediata, denominado (ultra disponibilidad) y de baja latencia y c) ofrecer servicios masivos de bajo requerimiento orientado al IoT.

La promesa del ***backhaul*** es atender las necesidades de los tres pilares mencionados anteriormente para el plano de usuario, basado en los requerimientos a ser cumplidos para 5 escenarios descritos por el área geográfica de cobertura, de tamaño creciente (hotspot de espacio confinado, microceldas urbanas, macroceldas urbanas, celdas suburbanas y celdas rurales) y servicio (banda ancha mejorada (eMBB) y alta confiabilidad y latencia muy reducida (URLLC). Varios autores y organizaciones de estándares industriales han propuesto desarrollar el BH&FH mediante nodos virtuales configurados de acuerdo a la función que deben desempeñar, lo que en términos del desarrollo 5G se conoce como Network slicing.

La contribución de este proyecto radica en una propuesta de red BH&FH a nivel de capa 2 del modelo ISO/OSI, que permite responder a la demanda para definir servicios, perfil de los servicios y capacidades requeridas de acuerdo al proyecto 5GPPP. Se demuestra que la solución propuesta también permite resolver los requerimientos del OAM&P (Operation, Administration, Managment and Provision) y se detalla la virtualización de la arquitectura basada en los estándares ETSI. Los servicios en capa 2 se implementan usando los protocolos PBB (Provider Backbone Bridge) y PBB-TE (PBB-Traffic Engineering).

Palabras claves: Red 5G, Backhaul & Fronthaul a nivel de capa 2 ISO/OSI, SDN, ETSI-NFV, VXLAN.

Design of a Fifth Generation (5G) Mobile Services Backhaul and Fronthaul Transport Network

Manuel Alberto Arriagada Muñoz
Engineering Project for the Ingeniero Civil Electrónico (6year) Professional Degree, Mayor in Telecomunications
Project Advisor: Walter Grote
January - 2019

Abstract

The implementation of the fifth generation (5G) of mobile telecommunications involves great technological challenges. To provide 5G services the following entities are defined: user plane - which is based on the access technology comprising base station and terminal -, the fronthaul plane (FH) - which extends the network services from the base station to the radiant element that interacts with the user terminal - and the backhaul plane (BH), which is the network that interconnects base stations with network nodes. The technical issues related to the development of the BH&FH are the main issues of this project.

The promise of providing information transport service in the user plane is based on 3 pillars: a) broadband access; b) low latency and high availability services offer (i. e. assured and immediate connectivity, also named ultra availability in the literature), and c) IoT services, characterized by massive aggregation of low transmission rate devices. The BH is to meet the needs of the three pillars mentioned above for the user plan, based on the requirements to be met for 5 scenarios of coverage area of increasing size (confined space hotspot, urban microcells, urban macrocells, suburban cells and rural cells) and service (enhanced mobile broadband (eMBB) and high reliability and very low latency (URLLC)). Several authors and organizations of industrial standards have proposed to develop the BH&FH by means of virtual nodes which are configured according to their functional role, which in terms of 5G development is known as Network slicing.

The contribution of this project lies in a layer 2 level of the ISO / OSI model network proposal for the BH&FH. Layer 2 services are implemented using the PBB (Provider Backbone Bridge) and PBB-TE (PBB-Traffic Engineering) protocols.We proof that services, the service profiles and the capacities required by the 5GPPP project definitions can be met with this proposal. We also show that the proposed solution allows to meet the OAM&P (Operation, Administration, Managment and Provision) service requirements. We also describe how the virtualization of the architecture based on the ETSI standards can be performed.

Keywords: 5G network, Backhaul & Fronthaul at layer 2 level ISO / OSI, SDN, ETSI-NFV, VXLAN.

Glosario

Acrónimo	Descripción
4G	Cuarta generación, LTE Avanzado, 3GGP versiones 12, 13 y 14
5G	Quinta generación, IMT 2020, versiones 15 y 16
5G PPP	Infraestructura 5G de socios público-privado
5G-NB	NodoB de 5G
ADC	Controlador entrega de aplicaciones
AFI	Identifica la autoridad y el formato utilizado
AP	Punto de acceso
API	Interface de programación de aplicación
BCB	Backbone Core Bridge
B-DA	Dirección destino de troncal 802.1ah PBB
BEB	Backbone Edge Bridge
BFD	Detección bidireccional de envió, RFC 5880
BH	Backhaul
BH&FH	Backhaul y fronthaul, Xhaul
B-LAN	Troncal virtual LAN
B-MAC	MAC de backbone
B-MAC	Dirección de troncal MAC
BPDU	PDU Puente
BS	Estación Base
B-SA	Dirección de fuente troncal 802.1ah, cabecera PBB
BSS	Sistema soporte de negocio
B-VID	Troncal VLAN ID en 802.1ah,, cabecera PBB
BW	Ancho de banda
CAL	Capa de abstracción del elemento de control de infraestructura
CBP	Puerto de transporte de cliente
CDN	Entregad de contenido de red
CFM	Administración del control de fallas
CLNP	Protocolo de red no orientado a la conexión (ISO 8473)
CLSN	Servicios no orientados a la conexión
CMP	Plataforma de gestión en la nube
CN	Red Núcleo
CNP	Puerto de red de cliente
CNSN	Servicios orientados a la conexión
CoMP	Coordinador múltiples punto
CoS	Clase de servicios definido en el estándar IEEE 802.1p, consta de 3 bit
CP	Punto de conexión

CPB	Servicio Cliente 802.1ad soporta- Q-in-Q encapsulación
CPD	Descriptor de punto de conexión
CPE	Equipo local de cliente
CPU	Unidad central de procesamiento
CQI	Indicador de calidad de canal
C-RAN	Control de los elementos de radio que se encuentran virtualizados en la nube
CSAR	Servicio de Archivos en la nube
CSNP	Connection Network Protocolo (ISO 8473)
C-VID	Cliente VID
DAL	Capa de abstracción de infraestructura o equipo de borde
DC	Centro de datos
DCB	Bridge de centro de datos
DCBX	Protocolo de comunicación para implantar QoS vía LLDP
DHCP	Protocolo de control de dominio de host
DL	Bajada de enlace
DSAL	Abstracción de equipo de acceso
DSP	Parte especifica de dominio
DU	Urbano denso
DW	Tráfico de bajada en dirección Nb a UE
E2E	Extremo a extremo
EISS	Servicio mejorado de sub capas internas de servicio MS
E-LAN	Servicio Red Ethernet Área Local , MP2MP
E-Line	Servicio Ethernet Line punto a punto
EM	Gestor de Elementos
eMBB	Banda ancha móvil mejorada
EMS	Sistema gestor de elementos
E-NNI	Puerto troncal con un dominio diferente
EPC	Núcleo de paquete evolucionado
ES	Sistema de finalización
ETN	Equipo de transporte y agregación de borde
ETREE	Servicio Ethernet Hub and Spoke
ETS	Selección mejorada de la transición / Priority Grouping for DCB Networks
ETSI	Instituto Europeo de estandarización de las telecomunicaciones
FB	Bloque de funciones
FCAPS	Gestor de fallas, configuración, registro, rendimiento y seguridad
FCC	Código corrección de errores
FO	Fibra óptica
GB	Giga bit
GW	Puerta de salida o por defecto
HA	Alta disponibilidad

HFB	Bloque funcional de un host
HW	Hardware
IaaS	Infraestructura como servicio
IATN	Equipo de transporte, agregación y funciones de L3 y L4
ICP	Punto de código internet
ICT	Información y tecnologías de las comunicaciones
ID	Identificador
I-DEI	Indicador de etiquetada para el descarte
IDI	Identificador de dominio inicial
IDP	Parte inicial de dominio
IEEE	Instituto de ingeniería eléctrica y electrónica
IETF	Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet
IFA	Grupo de trabajo en infraestructura y arquitectura
IGP	Interior Gateway Protocolo
IMS	Subsistema Multimedia IP
IMT	´International Mobile Telecomunicaciones´
InH	Hotspot Indoor
IoT	Internet de las cosas
IP	Protocolo internet
I-PCP	Instancia código punto de prioridad
IPS	Prioridades de implementación de servicios
IS	Sistema intermedio
ISD	Distancia entre sitios
ISG	Grupo de especificación industrial
I-SID	Identificador de servicio (802.1ah
IS-IS	Protocolo de red
ISO	Organismo de estandarización internacional
ISS	Servicio de sub capas internas de servicio MS
IWU	Unidad de interrupción
KPI	Indicador de rendimiento
KVM	Núcleo de máquina virtual
L1	Modelo OSI Capa física
L2	Modelo OSI Capa lógica
L3	Modelo OSI Capa Red
L4	Modelo OSUI capa transporte
LAN	Red área local
LCM	Administrador del ciclo de vida
LDPC	Control de paridad de baja densidad
LLC	Control de enlace lógico
LLDP	Unidad de datos de protocolo de capa de enlace de datos

LMLC	Baja movilidad gran cobertura
LSD	Base de datos con estado de enlace
LSP	Protocolo de estado de enlace basado en PDU
LTE	Evolución a gran terminal
LTE-A	LTE mejorado
M2M	Máquina a máquina
MAC	Control de acceso al medio
MAL	Capa de abstracción del elemento de administración de infraestructura
MANO	Administrador y orquestador
MBB	Móvil de banda ancha
MC	Múltiple conectividad
MCS	Esquema de modulación y codificación
MDC	Convergencia dependiente del medio
MEF	Metro Ethernet Forum
MEP	Mantención de punto final
MIB	Base de información de administración
MIMO	Múltiples entradas y múltiples salidas
MIP	Mantención de punto intermedio
MME	Entidad administradora de la movilidad
mMTC	Comunicación masiva tipo maquina
MP2MP	Múltiples punto a múltiples puntos
MPLS	Capa de conmutación de múltiples protocolos
MRB	Agente de recursos de medio
MS	Servicios MAC
MSAP	Punto de acceso a servicio MAC
MTC	Comunicación tipo maquina
MTU	Unidad máxima de transmisión
NBI	Interfaz lado Norte
NCT	Topología de conexión de red
NE	Elemento de red
NET	direcciones NSAP con el campo NSEL a 0x00
NF	Función de red
NFP	Ruta de reenvió de red
NFV	Función de virtualización de red
NFVI	Función de virtualización de infraestructura de red
MANO	Administración y orquestador
NFVO	Orquestador de funciones virtuales de red
NGMN	Redes móviles de próxima generación
NGN	Redes de próxima generación
NIC	Tarjeta interfaz de red
NLPID	Identificador de protocolo de capa red de enrutamiento al interior del dominio

NMS	Sistema gestión de red
NNI	Interfaz de interconexión de red
NPDU	Unidad de datos de protocolo de red
N-PoP	Punto de presencia de red
NR	Nueva radio
NRM	Red Modelo de referencia
NS	Servicio de red
NSAL	Abstracción de servicios de red
NSAL	Capa de abstracción de los servicios de red
NSAL	Capa de acceso al seleccionador de red
NSAP	Punto de acceso a servicio de red
NSD	Descriptor de servicio de red
NSDU	Unidad de datos de servicio de red
NSR	Servicio de grabado de red
NVGRE	Virtualización de red con encapsulado de túneles tipo GRE
OAM	Operación, administración y gestión
OAM&P	Operación, administración, gestión y provisión
ODU	Unidad de datos óptica
ODUk	Unidad de datos óptica de jerarquía K
OSS	Sistema soporte de operación
OTN	Red de transporte óptico
OVF	Formato virtualización abierto
P2P	Punto a punto
PaaS	Plataforma como servicios
PBB	Servicios especificado en estándar 802.1aq
PBB-TE	Servicios especificado en estándar 802.1Qay
PCI	Componente de conexión periférica
PDCP	Protocolo de convergencia de datos
PDU	Unidad de datos de protocolo
PFC	Control de flujo de paquetes
PG	Prioridad agrupadas
PGID	Prioridad de grupo ID
PHY	Capa física
PIC	información de control del protocolo
PICS	Protocolo implementación según declaración de conformidad
PICS	Estado de conformidad del protocolo de implementación
PoP	Punto de presencia
PIP	Puerto con instancia de proveedor
PLMN	Red móvil terrestre publica
PM	Performance Management

PNF	Función de red física
PNFD	Descripción de función de red física
PNFR	Grabador de función de red física
PNP	Puerto de red de proveedor
PRS	Estándar de resolución de problemas
PTP	Protocolo de precisión del tiempo (fase y frecuencia)
QoE	Calidad de experiencia
QoS	Calidad de servicio
RAN	Red de radio acceso
RAT	Tecnologías de acceso en radio
RCA	Análisis causa raíz
RDMA	Acceso remoto directo a memoria
RF	Radio frecuencia
RLAN	Red a área local en radio
RLC	Control de enlaces de radio
RRC	Control de recurso de radio
RRM	Administrador del recurso de radio
RTT	Tiempo de viaje de ida y vuelta
RU	Rural
S1/X2/N2	Interfaces de servicios asociada al BH
SAP	Punto de acceso a servicio
sBH	Auto backhaul
SBI	Interfaz de comunicación entre controladoras e infraestructura
SDN	Redes definidas por software
SDU	Unidad de datos de servicio
SF	Función de servicio
SFC	Cadenas de funciones de servicio
SFF	Función de red de reenvió
SFN	Red de frecuencia única
SFP	Función de servicio de ruta
SHA	Algoritmo seguro Hash
SID	Información del marco de trabajo
SLA	Contrato de nivel de servicio
SN	Sub red
SNDCF	Función dependiente de convergencia de Sub Red descrita en ISO/IEC 8648.
SNDCP	Protocolo dependiente de convergencia de Sub Red descrita en ISO/IEC 8648.
SNDF	funciones dependientes de subred
SNMP	Protocolo de administración de servicios de red
SNPA	Punto de agregación de sub red
SoC	Circuito Integrado de Aplicación Específica (ASIC)

SPB	Servicio 802.1aq Shortest Path Bridging (SPB)
SPBB	Servicios 802.1ah Provider Backbone Bridges (PBBs), MAC-IN-MAC
SPBM	SPB dirigido por MAC
SPBV	SPB dirigido por VLAN
SPVID	SP por VLAN ID: un C-VID o S-VID
SR-IOV	Virtualizar única ruta entrada/salida
SW	Software
SWA	Grupo de trabajo arquitectura de softwatre
TA	Area de seguimiento
TAC	Código de área de seguimiento
TAU	Actualización de la área de seguimiento
TCP	Protocolo de transporte orientado a la conexión
TCP/IP	Protocolo de control de transmisión/Internet Protocolo
TCs	Clases de transporte o Clases de tráfico
TE	Ingeniería de tráfico
T-IID	Identificador de instancia de túnel
TN	Equipo de transporte
ToS	Campo IP de largo 8 bit para clasificación de tráfico
TTI	Intervalo de tiempo de transmisión
UC	Casos de Uso
UDN	Redes ultra densa
UDP	Protocolo de transporte no orientado a la conexión
UE	Equipo usuario
UIT	Unión internacional de telecomunicaciones
UL	Enlace de subida
UML	Modelo de lenguaje unificado
UNI	Interfaz de conexión usuario
URLLC	Redes ultra confiable y baja latencia
VB	Bridg Virtual
VDU	Unidad de virtualización de desarrollo
VEPA	Virtual Agregación de puerto ethernet
vEPC	Evolución de núcleo de paquete virtual
VIM	Administrador de la infraestructura virtualizada
VL	Enlace virtual
VLAN	Red de área local virtual
VLD	Descriptor de enlace virtual
VLR	Grabador de enlace virtual
VM	Máquina Virtual
vMME	Virtual MME
VNB	Bloque de virtualización de red
VNF	Virtualización de funciones de red
VNFC	Componentes de virtualización de funciones de red
VNFD	Descriptor de virtualización de funciones de red
VNFFG	Virtualización de funciones de red de gráficos de reenvió
VNFM	Administrador de VNF
VNI	VXLAN Identificador de red

vPGW	Gateway de paquetes virtual
VPN	Red privada virtual
VTEP	VLAN túnel punto final
VxLAN	Extensión virtual LAN, VxLAN identificador de red (VNI) (24 Bits)
WAN	Red área extendida
WIM	Infraestructura WAN
XML	Lenguaje de marcado extensible
XSD	XML Definición de esquemas

Estandares internacionales

Referencia	Definición
UIT-T G.8021 / Y.1341	Modelamiento en bloques de equipos de telecomunicaciones y sus definiciones
IMT Avanzado	Definición de servicios y prestaciones según 3GPP Versión 14 para LTE
IMT-2020	Proyecciones de servicios 5G, basados en referencia 5GPPP. UIT-T y GPP Versión 15 en adelante para LTE
UIT-R M.2243	Evaluación movilidad global asociado al despliegues de banda ancha móvil.
ITU-R M.2083-0	Marco y objetivos generales del futuro desarrollo de las IMT para 2020 y en adelante servicios móviles otros servicios por satélite conexos
ITU-R M.2320-0 (11/2014)	Evalúa las tendencias tecnológicas futuras y fija las perspectivas actuales y las necesidades futuras de banda ancha móvil que serían soportadas por IMT durante la próxima década (2012-2022) para los sistemas IMT terrestres.
UIT-R M.2370-0	Estimación del tráfico por el IMT, para el periodo 2020 al 2030
ETSI TR 138 913	Estudio de las nuevas tecnologías de radio
ETSI- NFV	Estándar proporciona un entorno abierto e inclusivo para respaldar el desarrollo, ratificación y prueba oportuna de los estándares aplicables a nivel mundial para los sistemas, aplicaciones y servicios habilitados para las TIC en todos los sectores de la industria y la sociedad. Abordamos los problemas técnicos que impulsarán la economía del futuro y mejorarán la vida de la próxima generación.
IETF SFC	Estándar proporciona un conjunto de requisitos para la operación activa, administración, mantenimiento y provisión (OAM&P) de las Cadenas de Función de Servicio (SFC)
UIT - T Y.3300 (06/2014)	Marco de trabajo para la estandarización de redes SDN
UIT -T G.8021/Y.1341	Caracterización de equipos de transporte de red en bloques funcionales
IEEE 802.1aq SPBM	Servicios SPB basados en implementación por MAC
ITU-T G.709/Y.1331	Normativa OTN para la caracterización de servicios e interfaces
ITU-T G.694.1/ G.694.2	Encapsulamiento óptico DWDM y CWDM, se define las jerarquías
IEEE 802.1aq-2012	Modelo de servicios PBB
IEEE P802.1CF	Modelo de referencia para la integración vertical de soluciones SDN para el BH&FH para los accesos 802, considera elementos de servicios TSN
IEEE 802.1ABcu	Modelado YAN, para lectura de LLDPDU basados en referencia ´IEEE 802.1AB-2016´
IEEE 802.1CM - 2018	Modelo de referencia para la integración vertical de soluciones SDN para soporte de FH basada en servicios TSN
IEEE 802.1Qay	Modelo servicios PBB-TE
IEEE P802.1Qcx	Este estándar especifica un modelo de información basado en el Lenguaje de modelado unificado (UML) y modelo de datos YANG que permite la configuración e informar el estado del SPF y realizar la gestión de fallas de conectividad (CFM)

IEEE 802.1Q-2018	Servicios de red basada en encapsulamiento VLAN
IEEE 803.1ah	Estándar de referencia que define tipo de tramas de PBB
IEEE 802.1ad	Estándar de referencia que define tipo de tramas de SPB
IEEE P802.1Qcw	Referencia a redes de transporte sincronizadas TSN [9,VI, 10.IV], basado en la lectura del ´CoS´ usando MIB con formato ´YANG´
IEEE - 802.1Qaz	Referencia a la selección de la transición para la implementación de QoS
IEEE - 802.1az	Es un estándar que permite que los transmisores de la capa física consuman menos energía durante los períodos de baja actividad de datos. Basado en referencia ethernet de eficiencia energética (EEE)
RFC 2475	Marco de trabajo para caracterizar el tráfico e identificarlos en L3 mediante 8 bit del campo ´ToS´ del paquete IP
RFC 7348	Definición del etiquetado de la extensión de la marca ´VLAN´ o del inglés ´Virtual extensible Local Área Network´ (VXLAN)
IS-IS	Referencia que definen el marco de trabajo de protocolo ´IS-IS´. RFC 1142 / ISO/IEC 10589
RFC 7426	SDN modelo de arquitectura en capas introducido
RFC6335	Recomendación para las etiquetas VXLAN asociado a paquete UDP
RFC 6241	Protocolo para configuración de red o NETCONF
RFC 6020	Referencia YANG´ para el de modelado de datos para el protocolo de configuración de red (NETCONF)
RFC 7223	Modelo para la administración de interfaces ´YANG´
IEEE 802.3	Transporte ethernet nativo
RFC 1191 y RFC 1981	Definición de puerto ´UDP´ numero ´4789´ para trafico ´VXLAN´
IEEE P802.1DC	Estándar para el suministro de calidad de servicio por sistemas de red
IEEE P802.1XY	Estándar en desarrollo para implementación de QoS en elementos sin capacidad de bridge
UIT-T Y.2113	Metodología para el control de la QoS en redes ethernet
ISO/IEC 8648:1988	Estructura de protocolo IS- IS provee de un marco organizativo y arquitectónico para identificar y clasificar la forma en que las funciones pueden realizarse dentro de los protocolos de capa de red.
ISO 8802-3 LAN	Servicios CLNS
IEEE 802.1Qav	Este estándar permite que los VB entreguen garantías para la transmisión de datos (AV) en tiempo real sensible al tiempo (es decir, latencia acotada y variación en la entrega), audio en tiempo real (AV) sensible a las pérdidas. Específica la medición de ingreso por prioridad, la regeneración de prioridad y los algoritmos de drenaje de la cola que tienen en cuenta el tiempo.
IEEE 802.1Qau	Estándar que proporciona herramientas para la administración de congestión o ´CM´ de extremo a extremo para protocolos que aún no tienen mecanismos de control de congestión incorporado, este proceso permite reaccionar a la congestión de manera más oportuna que ´TCP

OAM 802.1aq	Conjunto de recomendaciones IEEE, asociada a la gestión de elementos vía objetos
IEEE 802.1Qaz	Estándar proporciona un marco de administración común para la asignación de ancho de banda a las clases de tráfico y el manejo de colas y flujos de trafico
UIT-T G.8021	Características de los bloques funcionales de los equipos de red de transporte Ethernet
IEEE 802.1Qbb	Implementa prioridad al control de flujo basado en prioridad o ´PFC´ , este proporciona un mecanismo de control de flujo a nivel MAC
ISO/IEC 8348	Especificación de los diferentes elementos para servicios y la implementación de servicios en sistemas abiertos
ISO/IEC 10589:2002(E)	Define la estructura de dirección de enrutamiento al interior de un dominio ´IS - IS´ ´L3´.
802.1Qbp	ECMP
802.1Qbc	Estándar para control remoto de componentes I interfaz de servicios - Provider Bridging
IEEE P802.1Qcp	Estándar que especifica un modelo de información basado en Unified Modeling Language (UML) y un modelo de datos YANG que permite la configuración, informe de estado de las interfaces e instancia ´MAC-Relay´
IEEE P802.1CB	Estándar especifica procedimientos, objetos gestionados y protocolos para bridges y estaciones finales que proporcionan identificación y eliminación de tramas para proveedores de servicios (TSN)
4G 3GPP LTE Advanced	Servicios definidos en referencia 3GPP versión 12 a la 14
IEEE P802.1Qbz	Estándar para los elementos de Control de acceso a medios (MAC) de redes de área local y metropolitana y Enmienda de redes de área local con puentes virtuales: mejoras a la agregación VB de ´IEEE 802.11, para la propagación del ´bridgin´ considerando su homólogo inalámbrico ´IEEE P802.11ak
IEEE 802.1az	Estándar de Eficiencia Energética ´EEE´
IEEE P802.1ASbt	Estándar para redes de área local y metropolitana - Temporización y sincronización para aplicaciones sensibles al tiempo en redes LAN y MAN
IEEE 802.1AX-REV	´LAG´ basado en estándar IEEE
3GPP TR 38.913 / ETSI TR 138 913	Reporte técnico basado en estudio de escenarios y requisitos para tecnologías de acceso de próxima generación para las NR.
3GPP TR 38.913 V15.0.0 [06 2018]	Escenarios asociados al despliegue y su clasificación según densidad de servicios por superficie. También especifica los KPI, para los elementos que caracterizan un servicio, como los factores dependientes del tiempo asociado al tratamiento por congestión.
ESX/ESXi	Hipervisor que se instala directamente sobre el servidor físico, lo que permite crear particiones de múltiples servidores lógicos denominados máquinas virtuales.
ISO/CEI 8473-1/UIT-T X.213	Especificación protocolo estándar abierto para servicios CLNS
Unicast	Tráfico dirigido por una mac o IP destino
Broacast	Tráfico dirigido por una mac o IP tipo broadcast destino

Multicast	Tráfico dirigido por una mac o IP multidifusión
MEF 10.1	Atributos de los servicios Ethernet definidos por el foro metro Ethernet
MEF 23.1	Definición de las clases de servicios para servicios de transporte etherenet
RFC 4548	Asignación de (ICP) para direcciones NSAP (para servicios IP)
System ID	Identificador de sistema
Zeroconf	Define un conjunto de técnicas que permiten crear de forma automática una red IP sin configuración o servidores especiales (Zero Configuration Networking´)
S1/X2/N2	Interfaces de servicios asociada al BH
OSS/BSS/NSM/EMS	Plataformas de supervisión y provisión de servicios de red y comerciales
ETSI GR NFV-EVE 008	Estudio de arquitectura NFV, Informe sobre la medición del uso y la carga de los casos de uso para capacidades IaaS
SBI	Interfaz de comunicación entre controladoras y e infraestructura
NBI	Interfaz de comunicación entre controladoras y sistemas de gestión de redes y orquestador

Indice de contenido

1 Introducción 1
1.1 3 pilares para servicios 5G 3
1.2 Estructura resumida de trabajo 6
2 Desafíos del BH&FH 13
2.1 Análisis de la demanda y propuesta de red 14
2.2 BH&FH en FO 17
2.3 BH&FH en RF 23
2.4 Encapsulamiento VXLAN soporte OAM&P 28
2.5 Estructura de implementación de ´VXLAN´ 32
3 Implementación OAM&P 37
3.1 Módulo SDN – Administración y Control 38
3.2 Virtualización y módulo de control 43
3.3 Reconocimiento topológico y servicios de red 48
3.4 Calidad de Servicio ´QoS´ 56
3.5 Direccionamiento 63
3.6 Virtualización con NFV y control con SFC 68
3.6.1 Modelo NFV basado en bloques 68
3.6.2 Control E2E con SFC 71
4 Implementación de servicios para el BH&FH 76
4.1 Virtualización de servicios PBB y PBB-TE 77
4.2 Modelo de servicios y red objetivo 82
4.3 Implementación y Orquestación 85
4.3.1 Virtualización BEB y BCB 85
4.3.2 Orquestación 91
4.3.3 Aplicación 94
5 Conclusiones 96
6 Proyecciones 98
6.1 Ejemplos servicios eMMB 98

Indice de Figuras

Figura 1.1 - Diagrama piramidal para los 3 ejes de servicios para usuarios 5G, [34]. 4
Figura 1.2 - Diagrama radar desafíos claves, referencia ´IMT Advanced´ con las ´IMT -2020´, [4]..... 5
Figura 1.3.a - Concepto SDN, referencia recomendación ITU-T Y. 3300, [8.II]. 7
Figura 1.3.b - Arquitectura de alto nivel SDN, referencia recomendación ITU-T Y. 3300, [8.II].. 7
Figura 1.3.c - Interfaces asociadas a controladores SDN [8.II].. 8
Figura 1.4.a - Marco de trabajo de referencia de arquitectura ´NVF – MANO [8.I]. 9
Figura 1.4.b - M Servicio para atención de fallas en RED [8.VI].. 10
Figura 1.4 c - Estructura red de transporte WAN [8.II].. 10
Figura 1.5 - Presentación Arquitectura general SDN, [33.1] 12
Figura 1.6 - Diagrama Infraestructura fisica por el BH&FH o ´XHaul´ [33.1] 13
Figura 2.1.a - Distribución de elementos de red de acceso para el BH&FH, referencia [6.VI]. 16
Figura 2.1.b - Diagrama de distribución de eNB, referencia ´Report ITU-R M. [9.VIII]. 17
Figura 2.2.a - Distribución a nivel óptico a nivel de ODUk 18
Figura 2.2.b - Elementos de Red y su plano de control, [33.1] 19
Figura 2.3 - Apilamiento eCPRI [2.II] sobre tramas Ethernet soportadas sobre redes TSN según protocolos ´IEEE 802.1CM-2018´ 22
Figura 2.4 - Diagrama de flujo de servicios Metro ´L2VPN´, disponibles para proveedor de basados en ´IEEE 802.1aq - SPBM ´. 23
Figura 2.5 - Uso de capacidades de división para alcanzar conectividad a las micro celdas y las distintas interfaces de aire o ´AIV´, [33.1]. 24
Figura 2.6.a - Interfaces prevista para de distribución de servicios en el BH&FH, [33.1]. 27
Figura 2.6.b - Red de transporte para servicios para el BH&FH sobre redes Ethernet, [33.1].. 27
Figura 2.7.a - Modelado ´IEEE P802.1CF´ para la virtualización BH&FH y la integración vertical con el acceso a nivel de MAC, [10.VII.a]. 28
Figura 2.7.b - Diagrama de división ´Split C´ asociada a la MAC de control del eNb, [33.1]. 28
Figura 2.8.a - Los agentes administrador del hipervisor como un elemento del ´VIM´, [8.IV]. 30
Figura 2.8.b - Arquitecturas de los elementos de un hipervisor, [8.IV]. 30
Figura 2.9 - Formato paquete de superposición VXLAN [22.XIV] encapsulado en trama ´IEEE 802.1Q-2018´ sobre paquete UDP. . Referencia imagen ´CloudEngine Series Switches, VXLAN Technical Topics´ www.huawei.com 32
Figura 2.10.a - Concepto de ´network slicing', [6.VI] 35
Figura 2.10.b - Clasificación inicial de componentes de arquitectura SFC, [22.IV.d] 35
Figura 2.11 - Representación de la interconexión a nivel regional y nacional, en el caso se representa al BH interconectado a la red regional, mediante elementos de reenvió de tramas ethernet en interfaz NNI en L3. 36

Figura 3.1 - Presentación RFC7426: Capas y términos de la arquitectura SDN [22.XII.a] 39
Figura 3.2.a - Identificación del recurso SDN controlador en arquitectura ´ETSI – NFV´ [8.II, capítulo 4.3.3] 41
Figura 3.2.b - Localización de controlador SDN en arquitectura ´ETSI – NFV´ [8.II, capítulo 4.3.4] 41
Figura 3.3 - Encapsulamiento de capas superiores y metadato PDU [9.XX, capítulo 5.8.6, [23.XI.]. 44
Figura 3.4.a - Correspondencia entre el mundo real y elementos abstractos (*Para los ES los cuales están directamente conectada serán representada sus interconexiones gráficamente como un único enlace a diferencia de los IS, [9.XXVIII].. 46
Figura 3.4.b - Diagrama de interconexión para comunicación directa entre ES (sin IS), [9.XXVIII].....46
Figura 3.4.c - Diagrama de comunicación entre ES, pasando por un IS, [9.XXVIII]... 47
Figura 3.4.d - Representación de cada subred y su función de interconexión como un IS, [9.XXVIII].....47
Figura 3.5 - Diagrama topológico según función en el plano de control asociado a la topología y señalización de elementos definidos en ´ISO 10589´, [23.XI].....49
Figura 3.6 - Diagrama funcional del proceso para creación de tabla FIB, usada para el plano de los datos, [23.XI] 51
Figura 3.7 - Descomposición de subred de función independiente, ´ISO/IEC 10589:2002(E), [23.XI, capitulo 6.8´]. 55
Figura 3.8.a – Diagrama jerárquico PTP, referencia G.827-Y.1366(12)_F03, [9.VI].....59
Figura 3.8.b – Desarrollo de escenarios QoS usando protocolo de intercambio de capacidades de ´Bridge Datacenter´(DCBX). Referencia ´IEEE P802.1DC´ [10.X] 60
Figura 3.8.c – Parámetros de intercambios basado en LLDP (Protocolo de descubrimiento de nivel de enlace)´ [10.X] 60
Figura 3.8.d – Prioridad por grupos para las diferentes TC basadas en convergencia PFC, AVB Y ETS, referencia ´ IEEE - 802.1Qaz´. 61
Figura 3.9 - Estructura de entidades de servicio o NSAP y puntos de agregación NSPA, [9.XVI]. 62
Figura 3.10 - Estructura de encabezado de direccionamiento ISO/IEC 10589:2002 y su referencia a la direcciones con encabezado IP, [23.XI] 65
Figura 3.11 - Tipos de interfaces VNF y sus puntos de referencia según arquitectura ´ETSI – NFV´, referencia ´Network Functions Virtualisation (NFV) [8.VII] ´. 69
Figura 3.12 - Interfaces de interacción del plano de control en el plano de datos, [22.IV.c].....71
Figura 3.13 - Rutas con la habilitación del ´SFP´, asociado a las ´SF´, [12.II].. 75
Figura 4.1 - Encapsulado trama ´S-VLAN´ en servicio PBB/PBB-TE, [10.X.II.b].....77
Figura 4.2 - Apilamiento de servicios S-VLAN sobre servicio PBB y este encapsulado sobre servicio PBB-TE [10.X.II.b]. 79
Figura 4.3.a - Trama para encapsulado sobre elemento BEB, [24] 80
Figura 4.3.b - Virtualización de componentes de red asociada a Backbone (B) y a la Infraestructura de servicio (I), [10.XII.a].....80
Figura 4.3.c - Ejemplo funciones de instancias ´MAC-RELAY´ de elementos ISS y EISS, [10.XII.a]´ 81
Figura 4.4 - Servicios basados en estándar ´IEEE 802.1aq´ y ´IEEE 802.1Qay´ 83

Figura 4.5.a - Virtualización de la capa de servicios MAC (MS) , referencia ´IEEE 802.3´. 86
Figura 4.5.b - Representación de la interacción del módulo LLC con las funciones dependientes (ISS) e independientes (EISS), referencia ´IEEE 802.3´. 86
Figura 4.5.c - Entidad MAC, para un servicio vía MAC de cliente, referencia IEEE 802.1AC-2016. 87
Figura 4.6.a - Virtualizaciones de las interfaces ´PIP´ asociada a su función en la ´PBBN´/´PBBN-TE, [10.X.II.b].. 88
Figura 4.6.b - Virtualizaciones de las interfaces ´CBP´ asociada a su función en la ´PBBN´/´PBBN-TE´, [10.X.II.b].. 89
Figura 4.6.c - Virtualización de interfaz virtual ´VIP´ mapeada hacia el ´PBB´/´PBB-TE´ pasando por el proceso de ´MAC- Relay´ como parte de una entidad de la componente ´B´ de la capa ´EISS´, [10.X.II.b].. 89
Figura 4.7.a - Diagrama en bloques, interfaces con elementos de la orquestación, [8.IV] 91
Figura 4.7.b - Modelos para la implementación de VFB sobre el HFB, [8.XII]. 92
Figura 4.8 - Referencia ´IEEE-TSN´ [10.IV] para servicios PBB/PBB-TE y su integración al modelo ´ETSI-NFV´. 93

Índice de Tablas

Tabla 2.1 Requerimientos técnicos mínimos para el rendimiento, referencia ´ITU -R Workshop on IMT -2020 terrestrial radio interfaces, Nokia´ [6.IV] 15
Tabla 2.2 Escenarios para la distribución de eNb. Para ISD (+) asociado a servicios eMMB e ISD (*) para los casos LMLC.....17
Tabla 2.3 interfaz UNI Para Servicios Interfaz eCPRI, por antena sector [2.II].....21
Tabla 2.4 Especificaciones para la clasificación de servicio por retardo y pérdidas para servicios eCPRI, basada en estándar ´IEEE P802.3ba´ 22
Tabla 2.5 Referencia para la señalización ´802.1aq OAM´ con funciones y estándar soportado 23
Tabla 2.6 Perfil de tráfico requerido por el BH&FH [33.1. capítulo 4.5.2], ...25
Tabla 2.7 Cuadro comparativo de clases de transporte, referencia ´proyecto 5G – XHAUL´.....26
Tabla 2.8 Especificaciones del proyecto 5GXaul, para las interfaces UNI, de conectividad. 26
Tabla 2.9 Servicios recomendados por el MEF para el OAM&P, según referencias y estado del arte [9.XV, 10.VI]. 33
Tabla 3.1 Requerimientos QoS definidos para servicios al BH según referencia MEF 23.2.....48
Tabla 3.2 Clasificación de funciones de protocolo [9.XII, sección 6.21] entregadas por la ´ ISO/CEI 8473-1/UIT-T X.213´ indica tres tipo de estado de protocolo. 52
Tabla 3.3 Funciones utilizadas en modos de comunicación según modelo ´UIT – T serie X orientada a servicios ´CL´ y ´CN´, referencia ´ISO/CEI 7498-1:1994(S) [9.XX, capitulo 5]´.....53

1 Introducción

(Resumen de Ejecutivo)

Objetivo del capítulo: describir la demanda de servicios que se espera pueda entregar 5G.
Se definen tres planos: el ***plano de usuario*** - que está basado en la tecnología de acceso comprendiendo la estación base y el terminal -, el ***plano de fronthaul*** (FH) que permite extender los servicios de red desde la estación hacia el elemento radiante que interactúa con el terminal de usuario y el ***plano del backhaul*** (BH) - que es la red que interconecta las estaciones base con los nodos – que es el tema central de este proyecto:
La promesa de servicio en el ***plano de usuario*** está basada en 3 pilares:
1. El acceso de banda ancha
2. Servicio de elevada disponibilidad (conectividad asegurada e inmediata, denominado (ultra disponibilidad) y de baja latencia.
3. Servicios masivos de bajo requerimiento orientado al IoT.

Breve descripción: Requerimientos técnicos de cada uno de los servicios
1. El acceso de banda ancha
    a. Velocidad de datos de bajada >20Gbps con un promedio de 0,1 Gbps por usuario
    b. Velocidad de datos de subida >10Gbps con un promedio de 0,1 Gbps por usuario
    c. La capacidad de cobertura que se espera tener es de 10Mbps/m^2 y de latencia <4ms
    d. La capacidad de sistema debe garantizar conectividad para móviles que se desplazan a velocidades $\leq$ 500 kmph
2. Servicio de alta disponibilidad: la latencia en el acceso debe ser inferior a 1ms y a 5ms mientras dure ese servicio
3. La restricción de servicios masivos de bajo requerimiento será de 1.000.000 equipos por km^2

El ***fronthaul*** es una red que permite extender los servicios de red desde la estación hacia el elemento radiante que interactúa con el terminal de usuario y como tal debe contemplar la sincronización de los elementos radiantes. El sincronismo puede ser provisto por GPS, por la información embebida en la trama de transporte (SyncE) o mediante protocolo de tiempo y fase (PTP Precisión Time Protocol), utilizando herramientas de desarrollo en capa 2 descritas por el estándar en desarrollos IEEE P802.1ASbt.
La promesa del ***backhaul*** es atender las necesidades de los tres pilares mencionados anteriormente para el plano de usuario, basado en 5 escenarios descritos en la tabla 1.1 de propia confección, que consideran 5 tipos de celda, definidos por su cobertura y tipo de servicio. Los requerimientos técnicos de cada uno de estos escenarios también están contenidos en la tabla, como asimismo los servicios que han de soportar:

- eMBB: (enhanced Mobile Broadband) servicio móvil de banda ancha mejorado
- URLLC (Ultra Reliable Low Latency Communication) comunicación de muy baja latencia y confiable

TABLA 1.1 ESCENARIOS PARA LA DISTRIBUCIÓN DE ESTACIONES BASE, REFERENCIA ITU-R M.2135-1-2

Escenarios desarrollados para la evaluacion	Hotspot Interior	Micro celda Urbana	Macro celda Urbana	Rural celda Urbana	Macro celda Suburbana
Distribucion	Piso interior	Grilla hexagonal	Grilla hexagonal	Grilla hexagonal	Grilla hexagonal
Distancia entre sitio(ISD)	20 m (+)	200 m (+)	500 m (+) / 1732 m (*)	1732 m (+) / 6000 m (*)	1299 m(+) / 6000 m (*)
Casoso	Hotspot Interior (InH)	Micro Urbano (Umi)	Macro Urbano (Uma)	Macro Rural (Rma)	Macro Suburbano (Sma)
Servicios	eMBB	eMBB	eMBB/URLLC	eMBB/URLLC	mMTC/URLLC

Los requerimientos en el plano de control del backhaul, para poder ofrecer los servicios de usuario previamente mencionados. El requerimiento más relevante es el de una latencia no superior a los 20ms.
La implementación de los nodos del backhaul ha sido propuesta por varios autores y organizaciones [ETSI, IEEE y OSI] a ser desarrollada mediante nodos virtuales configurados de acuerdo a la función que deben desempeñar, lo que en términos del desarrollo 5G se conoce como Network slicing.

El resto de este trabajo se estructura de acuerdo a los siguientes capítulos.
En el ***capítulo 2*** se profundiza en el análisis de la demanda para definir servicios, perfil de los servicios y capacidades requeridas. Las recomendaciones utilizadas en este capítulo están asociadas al proyecto 5GPPP (5G Private Public Partnership). Se reconoce que todos los servicios requeridos por el BH&FH se puede implementar en capa 2. La contribución original de este trabajo radica en tratar de demostrar que es posible implementar el BH&FH en capa 2. El resto del documento es consecuente con esta decisión.
En el ***capítulo 3*** se profundiza en el OAM y se detalla la virtualización de la arquitectura basada en los estándares ETSI (European Telecommunication Standard International). Como parte del reconocimiento topológico de la red se incluye una descripción del algoritmo de Dijkstra.
En el ***capítulo 4*** analiza cómo se pueden implementar los servicios en capa 2 usando 2 tipo de protocolos PBB (Provider Backbone Bridge) y PBB-TE (PBB-Traffic Engineering)-
El último capítulo presenta las conclusiones.

Según reportes entregados por Gartner [1] en el 2016, el costo de mantener una red de área extendida ´WAN´ (del inglés: Wide Area Network) para un entorno de usuario final corresponde entre el 21% y 25% del costo total requerido para mantener la red global que brinda el servicio, sin que con ello se cubran los requerimientos de calidad y eficiencia. Gartner afirma entonces que, "Para atender con éxito la creciente demanda de iniciativas comerciales digitales basadas en la nube pública, los líderes de infraestructura y operaciones deben fundamentalmente reestructurar la ´WAN´. Aquellos que no lo hagan se exponen a una experiencia de usuario costosa y deficiente para clientes internos y externos". También se estima que el crecimiento del tráfico de datos sobre la ´WAN´ podría llegar al 30%, considerando una proyección al 2020.

La motivación de este trabajo está basada en el reporte entregado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones ´UIT-R M.2243´, la cual evalúa las perspectivas actuales y futuras necesidades de banda ancha móvil que serán soportadas por el actual estado del arte, definido por el estándar de telecomunicaciones móviles internacional o ´IMT´ hasta el 2020. Los escenarios planteados ´IMT-2020´ en la recomendación ´ITU-R M.2083-0´ [4] sumado a los escenarios planteados por la colaboración de miembros organizativos europeos ´3GPP´ y ´5GPPP´, quienes entregan su proyección para los servicios móviles [12] asociado a las tecnologías emergentes. Algunos ejemplos se encuentran en las figuras [1.1] y [1.2], asociado a los tres principales escenarios, como es el acceso móvil banda ancha o ´eMBB´ (de enhanced Mobile Broadband), conexión ´mMTC´ (de massive Machine Type Communications) y por último el eje de las aplicaciones en tiempo real ‘URLLC´ (de Ultra-Reliable and Low Latency Communications) [7.IV], para un móvil que se desplaza hasta los 500 km/h. El ´BH&FH´ [9.XII, 14.I] deberá adaptar su operación junto con el acceso [5, 7.V, 12], atendida con los eNb, y las distintas ´NR´ que permitan entregar de forma coordinada [7.VI] una mejor experiencia usuario, como se detalla en el reporte ´ITU-R M.2320-0 (11/2014)´, donde se entregan las tendencias tecnológicas de los sistemas ´IMT´ terrestres que son aplicables a las interfaces de radio, terminales móviles y de red de transmisión, considerando el marco de tiempo 2015-2020, especificando las necesidades que deben cubrir las nuevas tecnologías como son la capacidad, escalabilidad, flexibilidad, resiliencia, baja latencia, confiabilidad y disponibilidad requerida en los distintos escenarios planteados por el reporte ´UIT-R M.2370-0´ como se grafica en la figura [1.1]. En la presentación del ´IMT-2020´, estima para el período comprendido entre el 2020 al 2030 un crecimiento de 10 a 100 veces el tráfico de usuario, por lo que define la factibilidad de ampliar la capacidad de troncales asociado al tráfico o ‘BW’ en 1000 veces considerando la densidad de servicios estimada.

1.1 3 pilares para servicios 5G

A continuación, se describen los tres ejes [34] que están asociados al desarrollo de las tecnologías 5G [6.I, 6.IV]:

- La red de banda ancha que soporta el tráfico de datos generado y requerido por los terminales y las aplicaciones que se ejecutan en ellas. En general se estima una eficiencia espectral tres veces superior a los casos de alta capacidad actual, con expectativas de alcanzar 10Mbp/s/m^2, razón por la cual se establece que la máxima velocidad de transferencia podría llegar a los 10 Gbps en algunos escenarios, como son los casos de teleprensencia 3D en dispositivos móviles. Los accesos van desde 1Gbps por lo que se definen capacidades de 10 Tb/s/ km² para cubrir, por ejemplo, un estadio con 30.000 dispositivos, que transmiten el evento en redes sociales a 50 Mbps por cada UE. En general se espera una eficiencia espectral 3 veces mejor.

- Comunicaciones Ultra de baja latencia y con perfil de tráfico asociado a las aplicaciones que requieren de respuestas en tiempo real, con latencias de extremo a extremo o ´E2E´ del orden de 5 ms, para atender elevados requerimientos de datos actualizados para los vehículos de transporte automatizados. Se espera que la infraestructura 5G del futuro haga frente a 30-50 Mbps por UE.

- El despliegue masivo de sensores y actuadores propios del Internet de las cosas (IoT, del inglés ´Internet of Things´), carga masiva de servicios de baja capacidad, estimándose cerca de 1 millón de ´UE´ que deben ser atendidos por kilómetro cuadrado.

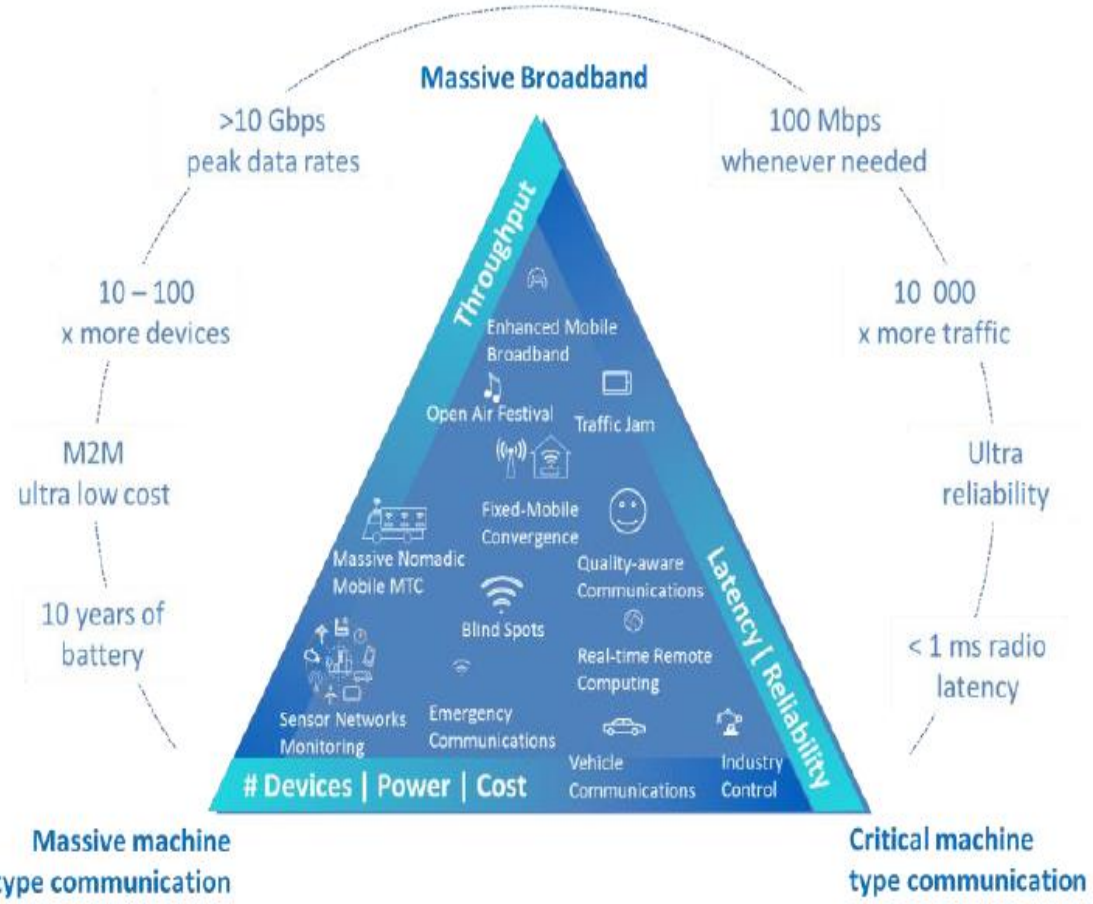


Figura 1.1 - Diagrama piramidal para los 3 ejes de servicios para usuarios 5G [34]

La figura [1.1] asociada a la visión de servicios planteados por la 5GPPP, contempla los servicios asociado al BH&FH o XHaul [12] basadas en recomendaciones ITU-R IMT-2020, especificadas en la recomendación ITU-R M.2083-0 [4] y en el 3GPP versión 16.

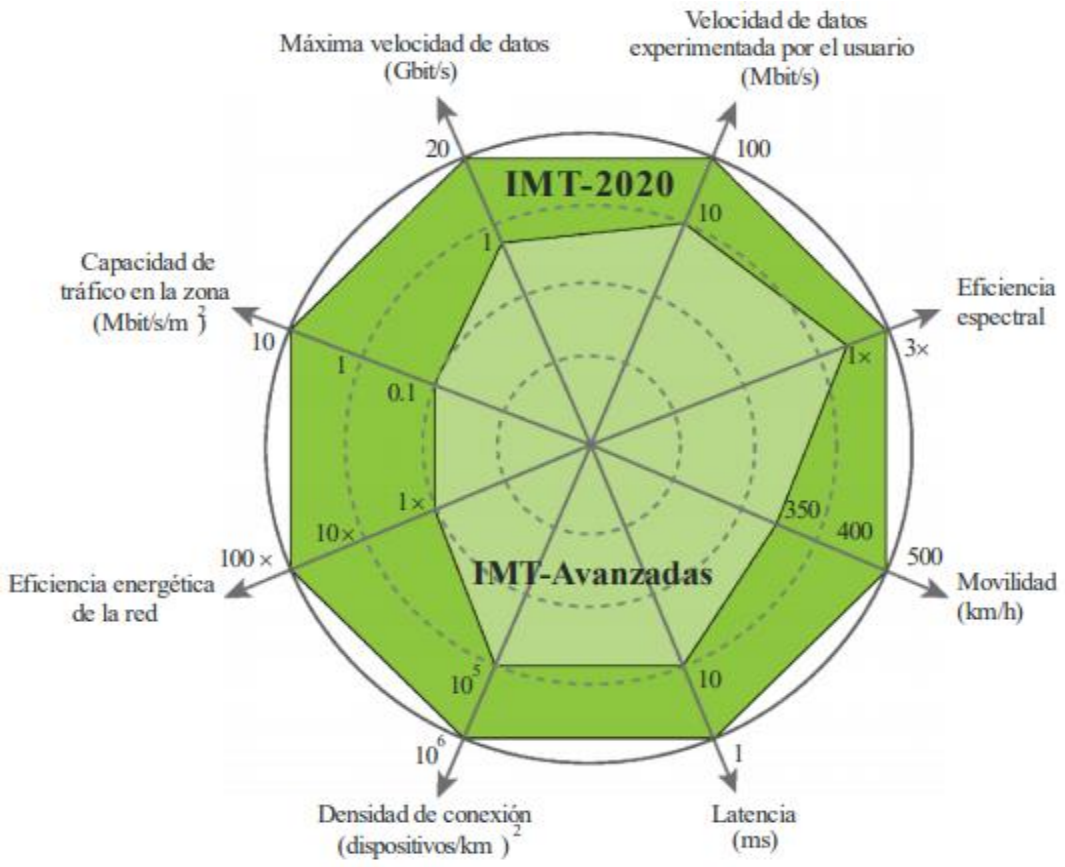


Figura 1.2 - Diagrama radar desafíos claves, referencia ´IMT Advanced´ con las ´IMT -2020´ [4]

Como se representa en la figura [1.2] en el diagrama radar asociado a los desafíos claves, se comparan referencias asociada a las actuales recomendaciones en color verde esta la referencia ´IMT Advanced´ con las ´IMT -2020´[4] como son los de misión crítica, tales como la disponibilidad, latencia, también se comparan las referencias asociadas a la experiencia usuario, como son las capacidades o volúmenes de tráficos, máximos disponibles y movilidad, también están las variables asociada a la comunicación máquina a máquina o más asociadas a las internet de las cosas ´IoT´, donde la capacidad de una rápida implementación es parte de las variables, también se espera una alta tasa de masificación y aspectos de eficiencia energéticas como parte de los desafíos que enfrentan las tecnologías 5G [12] según escenarios planteados por el ´3GPP TR 38.913 V15.0.0 [06 2018]´ y descripción técnica de servicios críticos ´3GPP TR 22.862 V14.1.0 [09 2016]´, comparados con las actuales tecnologías '4G 3GPP LTE Advanced'.
La estructura del documento es la siguiente:

1.2 Estructura resumida de trabajo

1.2.1 Capítulo II, desafíos de BH&FH

En el capítulo II, se analiza los desafíos del BH&FH asociado a los elementos claves que se indican en la gráfica de la figura [1.2], siendo éstos los elementos de red, NE (del inglés Network Element) y el módulo de transmisión [22.III] del NR. Aspectos relevantes a considerar son:

- optimizar el consumo de energía asociado al tráfico de tránsito, medido para el módulo de transmisión.
- El trabajo presenta una alternativa de conectividad para el BH&FH en L2 entre eNB y/o NR en una vecindad geográfica asociada al código de rastreo de área indicada por su sigla en inglés ´TAC´ [18] de los equipos de usuarios o ´UE´. El objetivo es el dimensionar distintos escenarios según ´ETSI TR 138 913´, para establecer los modelos de cobertura y definir requerimientos de Interfaz y el ´BW´ para atender la demanda proyectada basadas en tendencias de la industria indicadas por la ´ITU´.
- Se describen los requerimientos, criterios de diseño y la planificación necesarios para contar con los criterios de provisión para la implementación de servicios asociados al 'BH&FH´, como se grafica en la figura [1.5], como son los de sincronismo [10.III] y servicios ´E-LAN/E-LINE/E-TREE´ [14.V, capítulo 9] asociado a la conectividad de las interfaces de servicios [7.I, 7.II, 7.III] entre la red de acceso y el núcleo de red. Las referencias asociadas al estado el del arte [6.II] respecto a la virtualización de servicios de red, entregadas por el instituto europeo de normas de telecomunicaciones y por la organización de estandarización independiente ´ETSI- NFV´ [8.X] y para tecnologías asociadas a controladores ´SDN´ [11, 22.XI, 22.XII] basados en la recomendación entregada por la unión internacional de las telecomunicaciones ´UIT -T Y.3300 (06/2014)´, para los términos como se representa en la figura [1.3.b], se considera virtualizar [8.VI, 8.VII] elementos de operación, administración, mantención y provisión ´OAM&P´ [7.X, 22.II]. El autor entrega referencias para implementar de forma conceptual y orientado al soporte de OAM&P, cumpliendo con las referencias entregadas por el ´ETSI-NFV´ [8, 22] para integrar el BH&FH como parte de la PLMN con sus interfaces [7.III] y sus elementos de gestión [7.XIII], para soportar servicios asociado a tecnología de quinta generación ´5G' [7.VII, 8.IX].
- Se considera virtualizar funciones de los NE y NR [7.VIII] asociadas al módulo de transmisión y la capa de red, como es el reconocimiento topológico, calidad de servicios o ´QoS´ [14.II] asociada a los reenvíos de flujos de tráfico encaminados en capa 2 o ´L2´ [10.III] del modelo ´ISO´ [9.XX, capítulo 7], ya sea por direcciones de control de acceso al medio o 'MAC´ [10.I, 10.II] y/o por redes de área local virtuales o ´VLAN´. Respecto a los procesos que estas máquinas virtuales ´VM´s

[22.X] deben soportar en un plano dedicado a la ´OAM&P´ basados en la virtualización de los elementos de red descrito por la ´IETF - NVF´ [22], modela los elementos de red como un bloque de funciones virtuales o ´VFN´ y un bloque contenedor de infraestructura o ´NVFI´, la virtualización permite implementar cambios en los flujos de datos mediante cadenas de funciones de servicio ´SFC´ [22.IV], según referencias entregadas por el grupo de trabajo ´IETF SFC´ [22.I, 22.II] y la ´Fundación Open Network´ (ONF) para los requerimientos del BH&FH y su integración [4]. Entre los elementos que administran la infraestructura, se debe desarrollar en un plano independiente del plano de los datos, como se representa en las figuras [1.3.a], [1.3.b] y [1.4.a].

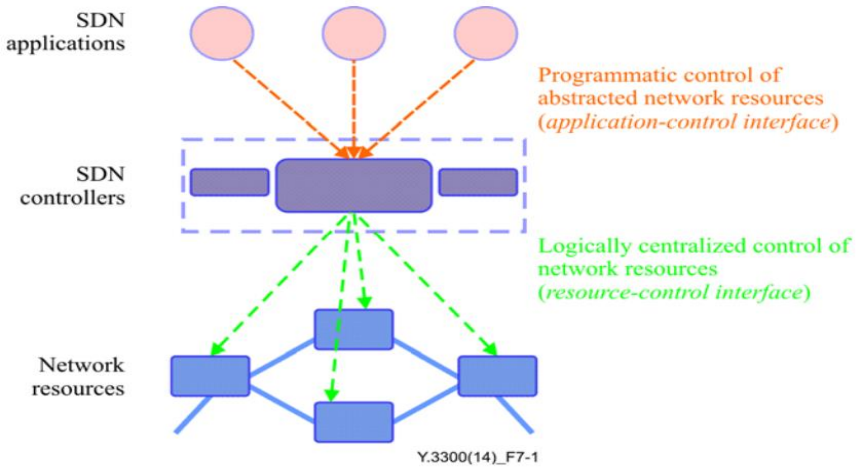


Figura 1.3.a - Concepto SDN, referencia recomendación ITU-T Y. 3300 [8.II].

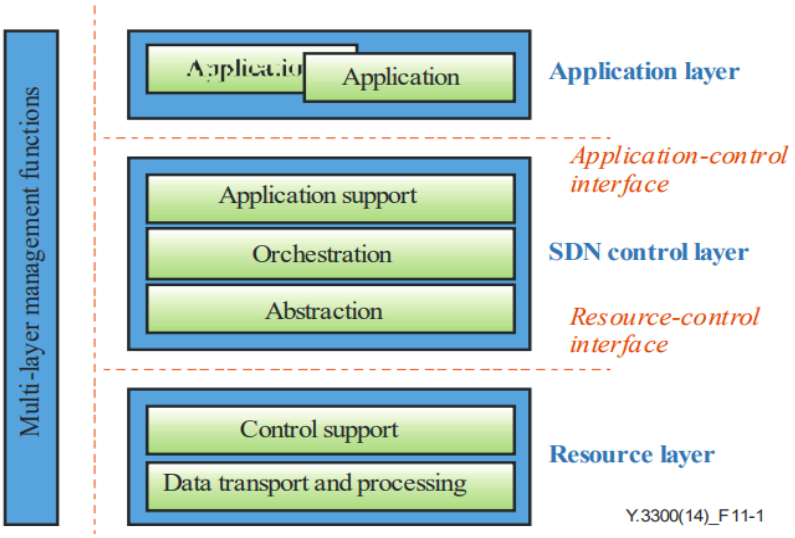


Figura 1.3.b - Arquitectura de alto nivel SDN, referencia recomendación ITU-T Y. 3300, [8.II].

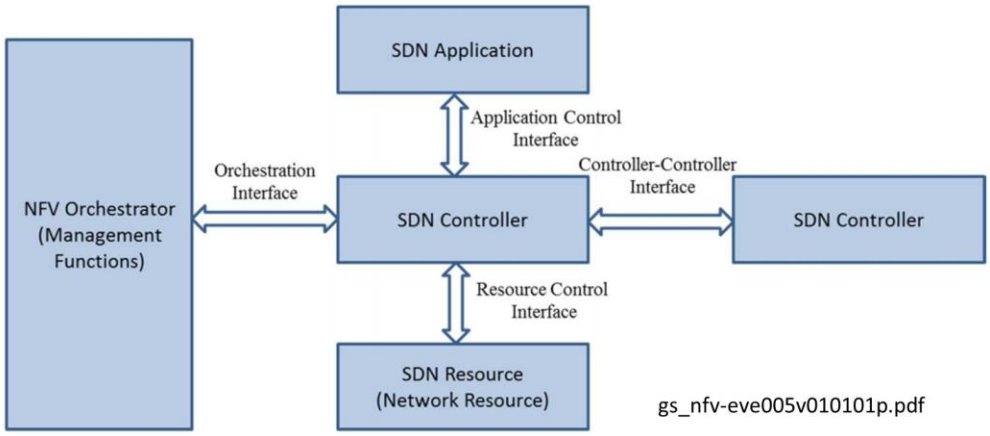


Figura 1.3.c - Interfaces asociadas a controladores SDN [8.II].

Como se representan en las figuras [1.3.a], [1.3.b] se consideran arquitecturas basadas en la recomendación ´ITU-T Y.3300 (06/2014)´ como se grafica en la figura ´Conceptos SDN´ y ´Arquitectura de alto nivel de SDN´, donde se presentan las aplicaciones, los controladores y el recurso de red como los elementos de las soluciones SDN administrado por un elemento de múltiples capas. También se presenta diagrama asociado a las interfaces de comunicación entre elementos SDN y referencias NFV representado en las figuras [1.3.c] y [1.4.a], asociada a la orquestación y administración de las NFV, junto con el administrador de infraestructura como los tres principales elementos de la arquitectura MANO [8.III, 8.IV, 8.V, 8.VI]. Tabla con característica y puntos de referencia de infraestructura NVF [8.IV, pagina 44, anexo A].

1.2.2 Capítulo III, Virtualización

En el capítulo III, el autor entrega referencias basada en tres componentes ´ETSI NFV´, como se representa en las figuras [1.4.a], [1.4.b] y [1.4.c], para el caso del OAM para control de fallas que interactúan con la ´OSS/BSS/NSM/EMS´ por su interfaz NBI.

- Están los componentes asociados a la orquestación o NFVO encargada del control extremo a extremo, bajo un descriptor de servicios de red o ´NSD´ en un dominio administrativo asociado a un servicio de red o ´NS´. El NFVO también se ocupa del ciclo de vida de las funciones de servicios [22.I, 22.II] o ´SF´ [11, 22.IV, 34] definidas en un NS, manteniendo la creación de instancias, actualización y finalización de una cadena de SF con sus NFV asociada.
- También se presenta la componente que gestiona las funciones virtuales asociado al módulo orquestador NFV o VNFM que en coordinación con el NFVO [8.VI], se ocupan de la creación de instancias, actualización, mejoras, escalamiento y finalización de una VNF.

- La tercera componente es la asociada a la gestión virtualizada de infraestructura o VIM (o WIM en caso de los elementos de red WAN), quien administra el recurso de red, controlando la infraestructura de las NFV o NFVI, esta calcula, almacena y proporciona servicios como son la conectividad entre plano de capas superiores lado norte o NBI y las asociadas a las interfaces de NFVO y VNFO. También proporciona conectividad para los elementos del lado sur o SBI, del módulo de infraestructura de red, asociado a controladores y funciones de red externalizadas en los NE y los elementos asociado a la transmisión para las NR que comprenderán el BH&FH como se grafica en la figura [1.4.a].

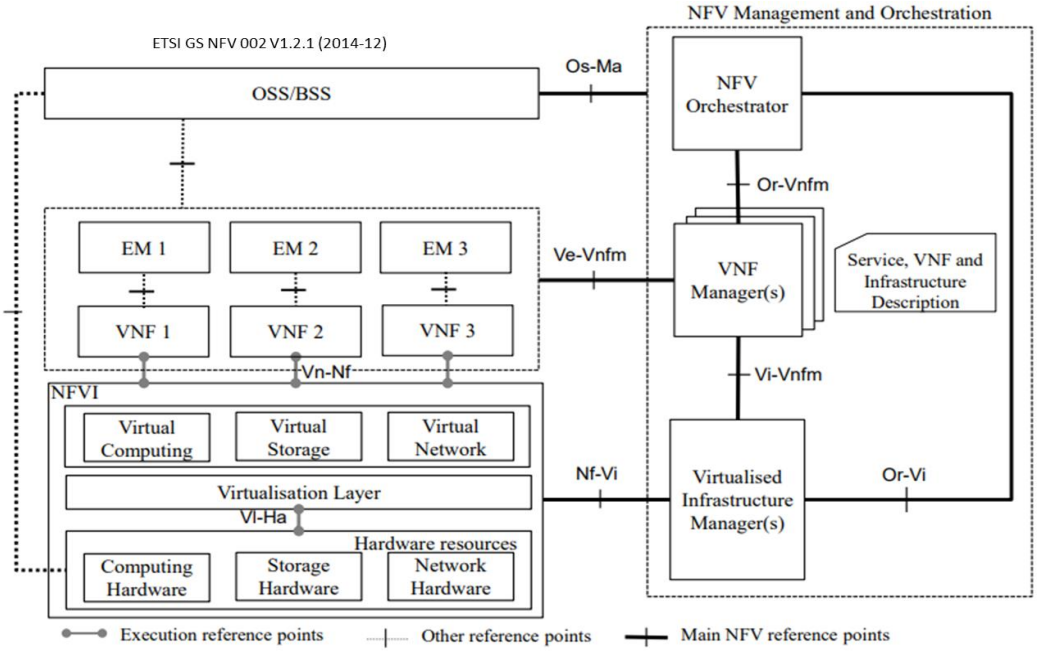


Figura 1.4.a - Marco de trabajo de referencia de arquitectura ´NVF – MANO´ [8.I].

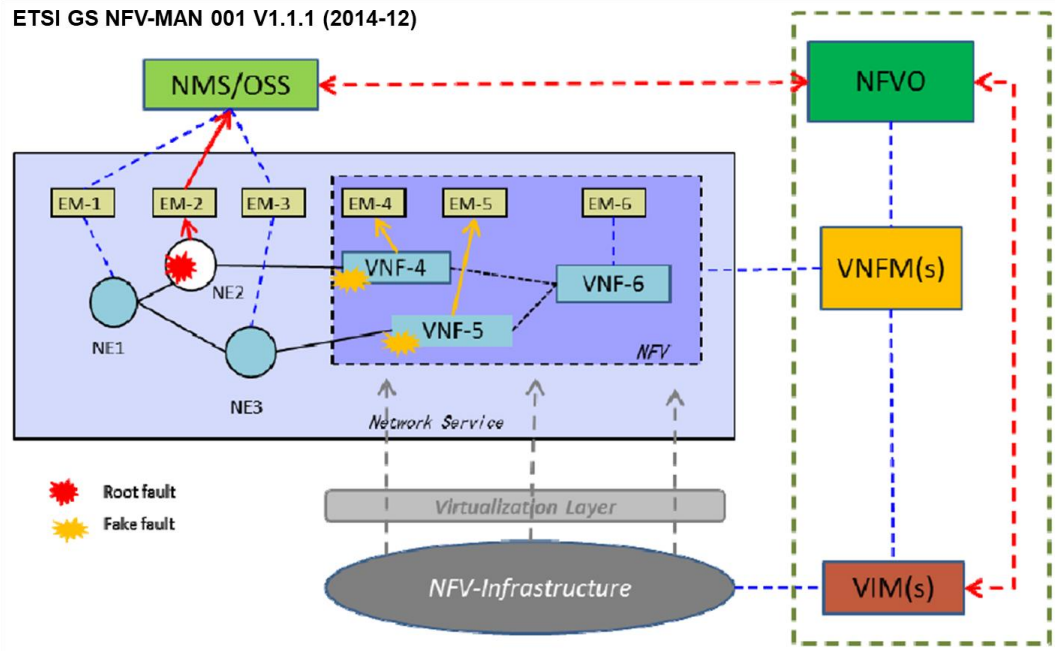
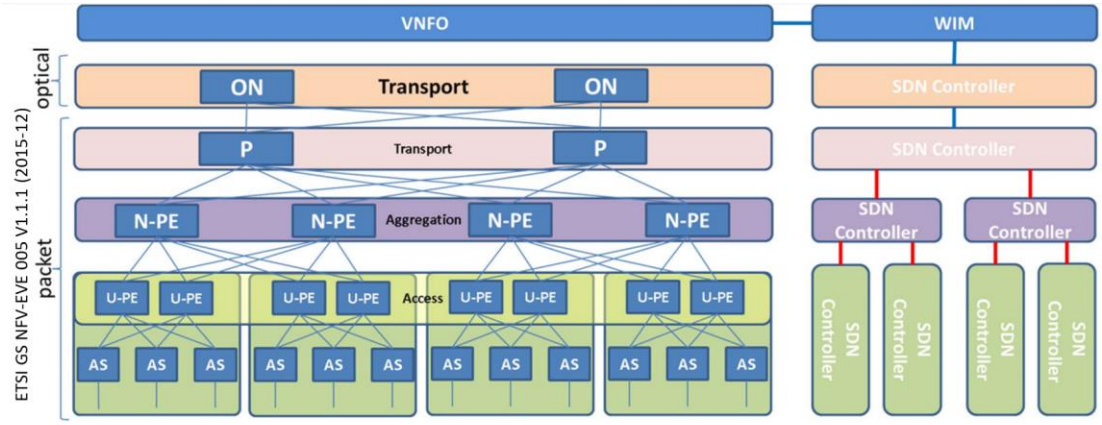


Figura 1.4.b - Servicio para atención de fallas en RED [8.VI].



NOTE 1: ON-Optical Node, P - Provider, PE-Provide Edge, N-PE - Network Provide Edge, U-PE - User Provider Edge, AS - Access Switch.
NOTE 2: The hierarchy of controllers on the right plane controls the forwarding rules of elements on the left plane.

Figura 1.4.c - Estructura red de transporte WAN [8.II].

En las figuras [1.4.a] y [1.4.b] se representa la interacción de la ´OSS/BSS/NMS/EMS´ que presentan informes de alarmas. Estos interactúan con la administración de las VNF y la virtualización de la infraestructura de los NE y NR. Para soluciones SDN como se detallan en [8.VI, Anexo A], [8.VII, capítulo 4] y [7.VI], se entregarán referencia para la implementación del acceso en L2, para el caso del

BH&FH usando como función de reconocimiento topológico asociado a referencia ´IEEE 802.1aq-2012´ SPBB con protocolo VXLAN para implementar la capa de control en cada NE y NR de la PLMN**.**

El estudio cubre referencias del control extremo a extremo ´E2E´ [8.VI, 22.I, 22.II] para las funciones del plano de control y el plano datos, asociados a los servicios del BH&FH y el OAM&P del mismo. Basadas en las recomendaciones y tendencias de la industria [6], para las interfaces de programación de las aplicaciones o ´API´ [11.II, 11.III, 22.X, 27] requeridas por los controladores de la red de transporte SDTN [9.X, 9.XIII] y de la red de área extendida SDWN [8.III, 8.IV, 8.V]. La estructura de gestión, se divide en dos planos para definir las funciones que implementan los servicios de acceso del BH&FH. Uno es el plano definido por las interfaces que interactúan con la ´OSS/BSS/NMS/EMS´ o interfaces del plano norte o interfaces NBI [22.VII, 22.VIII, 22.X], las que entregan la visual de la topología de red a través de los gestores de administración de red NMS como de cada elemento que la componen como los asociados a sistemas de administrador de elementos de red EMS, todo controlado por el gestor de recursos de red virtual WAN o ´WIN´ [7.VI, 8.III, 8.IV, 8.X, 29] como se representa en la figura [1.4.c], referencias orientadas a cumplir con las recomendaciones entregadas por ´ETSI – NFV´.

- Función Diagnósticos
- Configuración y Servicio de Provisión
- Monitoreo del rendimiento
- Indicación de Fallas de red y NE o NR
- Estadística de red

El trabajo también se entrega referencias respecto a las interfaces de comunicación para control distribuido [8.V, 22.XII, 29] que permiten facilitar las actividades de seguridad, balanceo de carga y mejorar la latencia en el plano usuario.

En el otro polo tenemos las interfaces que interactúan con controladores de infraestructura de red y se define como interfaz de lado sur o ´standard southbound Interfaces´ o ´SBI´ [11.IV, 22.IX, 22.X] quien es usada en la interacción del plano de control sobre los controladores de infraestructura que componen el BH&FH como se representa en las figuras [1.4.a] y [1.4.b], según la arquitectura ´ETSI MANO´ [8.VI, 8.XI].

El objetivo es entregar referencia para la integración de las aplicaciones, elementos de control y hardware requerido para implementar solución de BH&FH que comprende elementos SDWN y SDTN.

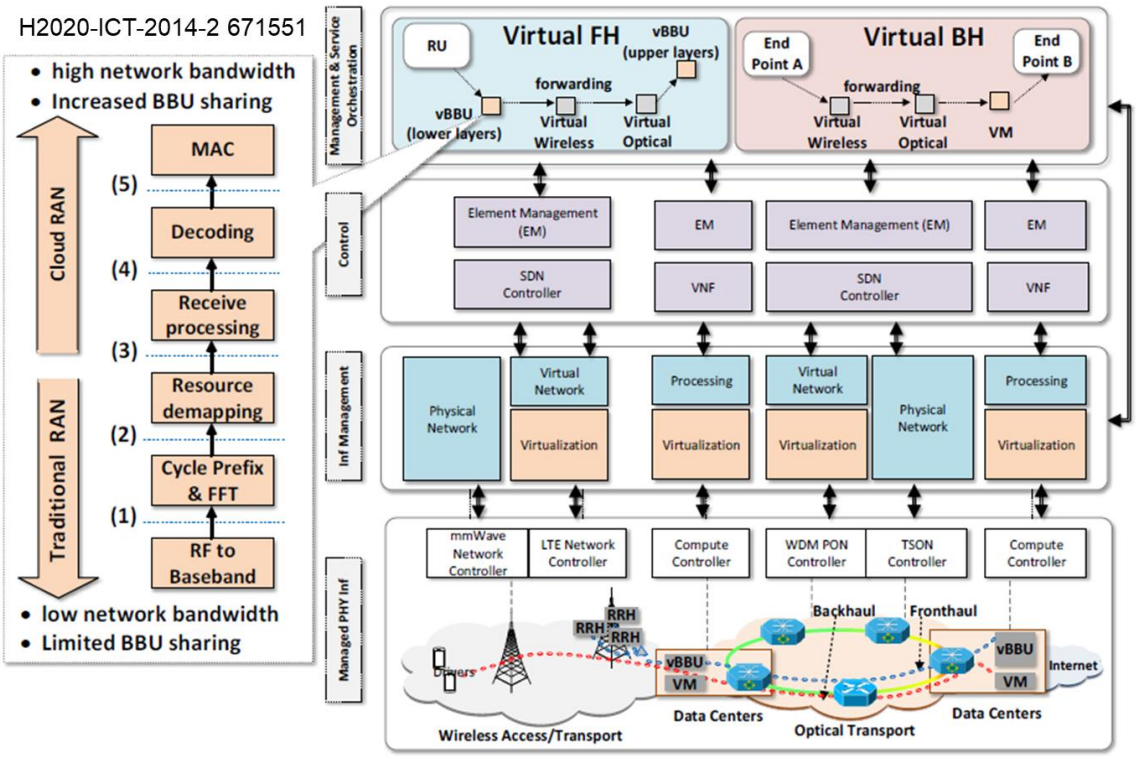


Figura 1.5 - Presentación Arquitectura general SDN [33.1]

La figura [1.5] presentan referencias de conectividad SDN con sus tres elementos asociados a la administración de la infraestructura y de las VNF, más los elementos de control, todo coordinado por el orquestador de elementos asociados a la implementación de servicios para el ´BH&FH´ [33.1] a nivel de MAC para la habilitación del servicio E2E, sobre los NE y NR que conformen el BH&FH. Para implementar OAM&P y control en la L2, el trabajo integra VXLAN [22.XIV] para soportar la virtualización de los servicios en los centros de datos y equipos de accesos que pertenecen al BH&FH. La imagen muestra dos flujos de datos, estos pasan por distintos elementos que podrían implementar cambios o políticas sobre el flujo. Esos cambios son implementados por SFC [capítulo 3.6.2]

1.2.3 Capitulo IV, Orquestación e Implementación

En el Capítulo IV, el autor presenta recomendaciones para el BH&FH, asociadas a los servicios de tecnologías inalámbricas [7.XII, 12.I, 33, 34] y para redes ópticas como se grafica en a figura [1.6], donde se presenta como alternativa para el plano de datos, realizar agregación a nivel de L2 para el flujo de datos de los elementos NE y NR de tránsito sobre la ruta y encaminados por MAC.

Para los casos donde los NR son integrados al BH&FH se usan funciones de división a nivel L1 en los equipos de tránsito, optimizado con la implementación de ´C-RAN´ [5].

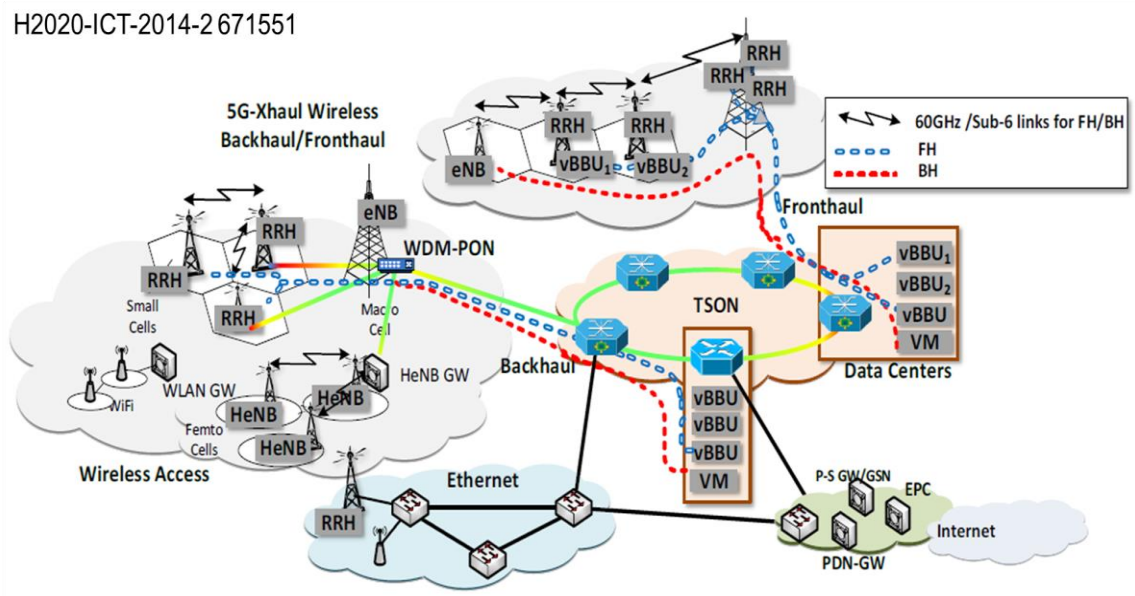


Figura 1.6 - Diagrama Infraestructura física por el BH&FH o ´XHaul´ [33.1]

Otro alcance son las referencias asociadas a gráfico de reenvíos o ´VNFFG´, como se representa en la figura [1.5] y el control de tráfico extremo a extremo o ´E2E´ por medio de SFC, asociados a los elementos de gestión de infraestructura de red NFVI como son las OSS, NMS o EMS, cada uno gestionando recursos por operador mediante interfaz NBI que debe entregar información de la topología de red del NS compuesta por sus VNF y su función asociada a los elementos físicos, para el renvió en red, entregando conectividad al flujo de datos a través de metadatos [22.XX] y en base a direcciones MAC para el plano de servicio, para el caso del plano de control está asociada a la asignación de marcas VXLAN. El objetivo es entregar referencias asociada a los módulos de virtualización NFV y su administración mediante SFC implementadas sobre la NFVI para administrar el flujo en el plano de datos.

2 Desafíos del BH&FH

Resumen ejecutivo del capítulo 2*: *Desafíos del BH&FH

Objetivos: profundizar en el análisis de la demanda para definir servicios, perfil de los servicios y capacidades requeridas. Se reconoce que todos los servicios requeridos por el BH&FH se puede implementar en capa 2. La contribución original de este trabajo radica en tratar de demostrar que es posible implementar el BH&FH en capa 2. El resto del documento es consecuente con esta decisión.
Breve descripción. Recordemos del capítulo anterior que se definen tres planos: el ***plano de usuario*** - que está basado en la tecnología de acceso comprendiendo la estación base y el terminal -, el ***plano de fronthaul*** (FH) que permite extender los servicios de red desde la estación hacia el elemento radiante que interactúa con el terminal de usuario y el ***plano del backhaul*** (BH) - que es la red que interconecta las estaciones base con los nodos – que es el tema central de este proyecto:
La promesa de servicio en el ***BH&FH*** está basada en 3 pilares:

1. E-Line un servicio de interfaces que proveen conectividad punto a punto, a base de Ethernet
2. E-LAN un servicio de interfaces que proveen conectividad multipunto a multipunto, a base de Ethernet
3. E-Tree un servicio de multidifusión basado IEE.802.1aq SPBM (Service Provider Bridge MAC in MAC, a base de Ethernet

Requerimientos técnicos de cada uno de los servicios - definidos por el 5GPPP - se ilustran en la siguiente tabla adjunta.

	Use case	Transport latency (round trip)	Synchronisation	Typical data rate per access point
TC 0	• Synchronisation	Very low variance	Enabler	10 Mbps
TC 1	• Split A FH traffic • Split B FH traffic without relaxed HARQ • Tactile user traffic • Failover signaling • SDN in-band control signaling	≤ 200 µs	Synchronous, time aligned	100 Gbps
TC 2	• Split B traffic with relaxed HARQ • Split C traffic with coordinated BF • Relaxed tactile user traffic	≤ 2 ms	Synchronous, time aligned	50 Gbps
TC 3	• Split C traffic without coordinated BF • Conventional BH/ fixed access traffic • Control signaling	≤ 20 ms	Asynchronous, not time aligned	10 Gbps

El Split A considera el procesamiento de la señal para retransmitir la señal en una frecuencia portadora diferente en la radio estación de relevo, mientras el Split B permite la identificación de la estación de relevo a la que está orientada la transmisión en un ambiente multicelda.
Dado que el SplitA y Split B se refieren al procesamiento en radiofrecuencia, no se consideran en este análisis. El Split C, en cambio, trata el procesamiento a nivel de capa 2, por lo cual este trabajo lo considera.
Las interfaces de servicio a considerar a nivel de capa 2 son las siguientes y son explicadas en este capítulo.:

Use case	Standard / Interface Type	#Lanes	Signal Rate per Lane
Optical	10GBASE-SR/LR/ER ([5], clause 52)	1	10G
	10GBASE-LRM ([5], clause 68)	1	10G
	25GBASE-SR ([6])	1	25G
	40GBASE-SR4 LR4/ER4 ([5], clauses 86/87)	4	10G
	100GBASE-SR10 ([5], clause 86)	10	10G
	100GBASE-SR4/LR4/ER4 ([5], clauses 95/88)	4	25G
Electrical	25GBASE-CR/CR-S ([6])	1	25G
	40GBASE-CR4 ([5], clause 85)	4	10G
	100GBASE-CR10 ([5], clause 85)	10	10G
	100GBASE-CR4 ([5], clause 92)	4	25G
Backplane	10GBASE-KR ([5], clause 72)	1	10G
	25GBASE-KR/KR-S ([6])	1	25G
	40GBASE-KR4 ([5], clause 84)	4	10G
	100GBASE-KR4 ([5], clause 93)	4	25G

El protocolo de superposición VXLAN provee soporte para servicios de infraestructura y soporte para el servicio OAM, cuya virtualización se describe en el próximo capítulo, también se estructura a nivel de capa 2.

2.1 Análisis de la demanda y propuesta de red

Se analizan los tres principales escenarios de servicios 5G [6.IV, 9.VII], asociados a los accesos eMBB, mMTC y URLLC como se presenta en tabla [2.1] y debido a la naturaleza del perfil de tráfico deben ser tratados por separado cada flujo de tráfico. Esto deriva en requerimientos diferentes como son los de capacidad de ancho de banda o 'BW', masividad en cuanto al número de elementos por atender, disponibilidad y rendimiento para el BH&FH.

Tabla 2.1 Requerimientos técnicos mínimos para el rendimiento, referencia ´ITU -R Workshop on IMT -2020 terrestrial radio interfaces, Nokia´ [6.IV]

Requerimientos tecnicos	eMBB	mMTC	URLLC	General / no especificado	Valor de referencia		
Maxima velocidad de datos	x				DL: 20 Gbps		
					UL: 10 Gbps		
Maxima eficiencia espectral	x				DL: 30 bps/Hz		
					UL: 15 bps/Hz		
Experiencia usuario velocidad datos	x				DL: 100 Mbps		
					UL: 50 Mbps		
5th percentil eficiencia expectral	x				TE	DL [bit/s/Hz)	UL [bit/s/Hz)
					InH	0.3	0.21
					DU	0.225	0.15
					RU	0.12	0.045
Promedio eficiencia expectral	x				TE	DL [bit/s/Hz)	UL [bit/s/Hz)
					InH	9	6.75
					DU	7.8	5.4
					RU	3.3	1.6
Capacidad de trafio en area	x				10 Mbit/s/m2		
Latencia UP	x		x		URLLC: 1ms		
					eMBB: 4 ms		
Latencia CP	x		x		20 ms (10 mseg mejor caso)		
Densida de conexión		x			1.000.000 equipos /km2		
Movilidad	x				TE	TCDL(bit/s/Hz)	Movilidad (Kmt/h)
					InH	1,5	10
					DU	1,12	30
					RU	0,8	120
					RU	0,45	500
BW				x	desde los 100 Mhz hasta 1Ghz para frecuencia en bandas V, E o superior		

La distribución de los distintos elementos eNb basados en los escenarios planteados [9.VIII], que especifican la distribución, topología según se indica en tabla [2.2] y como se representa en las figuras [2.1.a] y [2.1.b] para la ´Distribución de red de acceso inalámbrica´. También propone criterios de diseño del BH&FH como es para los servicios eMBB en ambientes InH

el cual define una distribución basada en un piso de un edificio de 120 m x 50 m y considera 12 BS por sitios, asumiendo una IDS de 20 metros en promedio, para este caso se estima que para el BH&FH el 75% de los accesos se realizan en FO y los accesos en radio frecuencia o ´RF´ son un 25% del total de sitios habilitados. Otro escenario que se analizan son los servicios eMBB para ambientes ultra densos o ´UD´ donde se definen distribución hexagonal atendidas por macro celdas que entregan servicios a micro celdas al interior del hexágono definido, para este caso consideramos que las macro celdas usarán transporte por medio FO en un 75% del total habilitadas, respecto a las micro celdas se estima que un 25% de los casos serán por medio FO para los elementos de conectividad entre un eNb y/o NR y el núcleo de red. Para los servicios en ambientes rurales se considera una distribución hexagonal como se representa en la figura [2.1.b] concéntricas con una distancia entre sitio o ´ISD´ diferenciado por tipo de servicios eMBB y otro para soportar servicios URLLC con celdas de gran cobertura y para baja movilidad o ´LMLC´ soportadas por la banda 700 [MHZ]. Para el caso de la agregación de los accesos, se consideran que el BH es agregado a nivel de FO, en anillos comunales con accesos principalmente en FO para zonas UD y en menor medida en zonas urbanas. La distribución de las estaciones bases o ´BS´ desde los nodos de concentración del anillo comunal como se grafica [2.1.a] podrían existir hasta 2 niveles de agregación en FO.

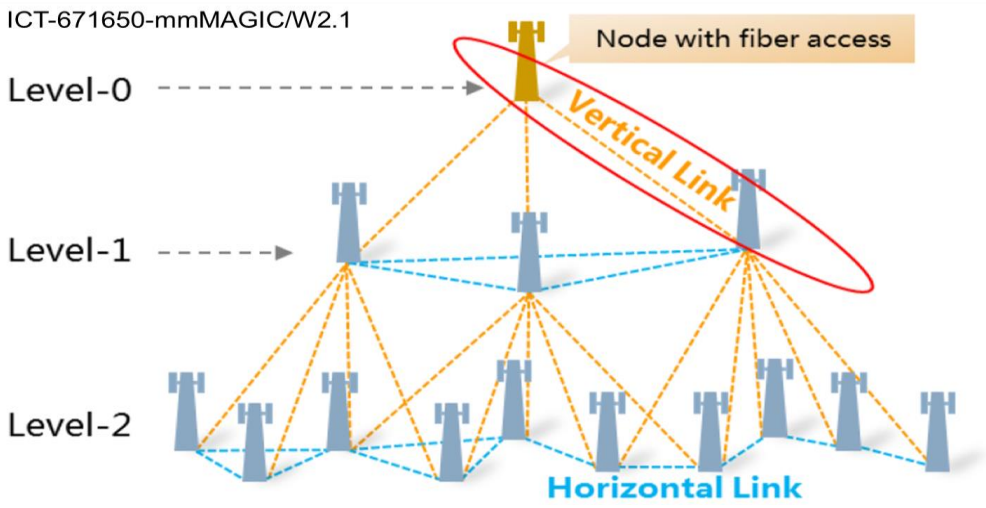


Figura 2.1.a - Distribución de elementos de red de acceso para el BH&FH, referencia ´5G PPP mmMAGIC´ [6.VI].

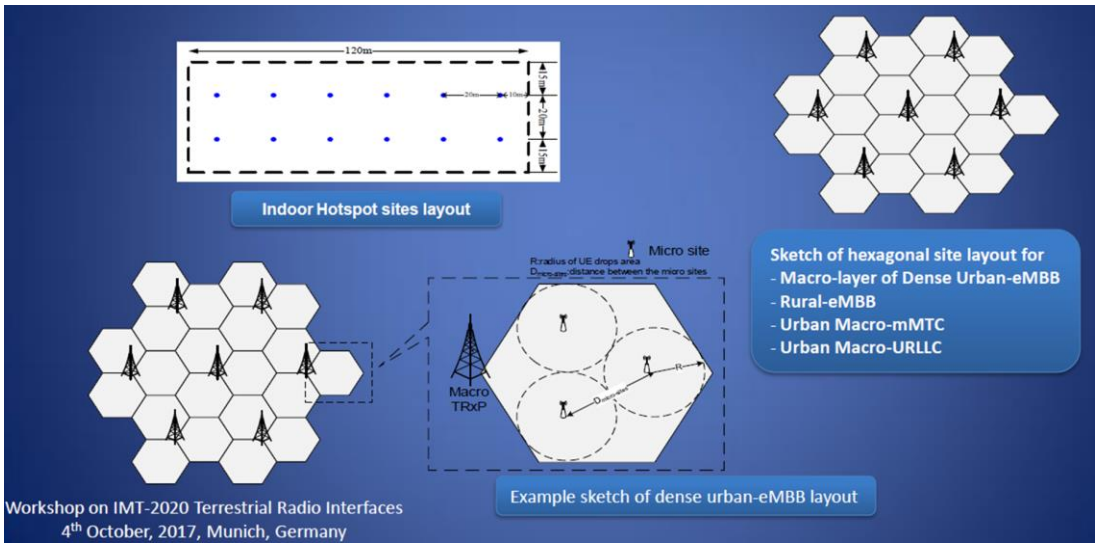


Figura 2.1.b - Diagrama de distribución de eNB, referencia reporte ITU-R M [9.VIII]

Tabla 2.2 Escenarios para la distribución de eNb. Para ISD (+) asociado a servicios eMMB e ISD (*) para los casos LMLC

Escenarios desarrollados para la evaluacion	Hotspot Interior	Micro celda Urbana	Macro celda Urbana	Rural celda Urbana	Macro celda Suburbana
Distribucion	Piso interior	Grilla hexagonal	Grilla hexagonal	Grilla hexagonal	Grilla hexagonal
Distancia entre sitio(ISD)	20 m (+)	200 m (+)	500 m (+) / 1732 m (*)	1732 m (+) / 6000 m (*)	1299 m(+) / 6000 m (*)
Casoso	Hotspot Interior (InH)	Micro Urbano (Umi)	Macro Urbano (Uma)	Macro Rural (Rma)	Macro Suburbano (Sma)
Servicios	eMBB	eMBB	eMBB/URLLC	eMBB/URLLC	mMTC/URLLC

2.2 BH&FH en FO

Para el diseño de la topología de red de transporte, en la capa de agregación más cercana al núcleo de red, el estudio tomará como referencia una estructura L1 tipo OTN, que permita entregar conectividad entre los NE de agregación y los NE de concentración. Se propone anillos de 4 a 5 NE, donde cada anillo tipo CDWD para 16 lambda o DWDM para 40 canales según normativa OTN ´ITU-T G.709/Y.1331´ usando encapsulamiento jerárquico ´ITU-T G.694.1/ G.694.2´, para la estructura de interfaces de la capa física (L1) y capa L2 (ODUk) como se grafica el ejemplo en la figura [2.2.a]

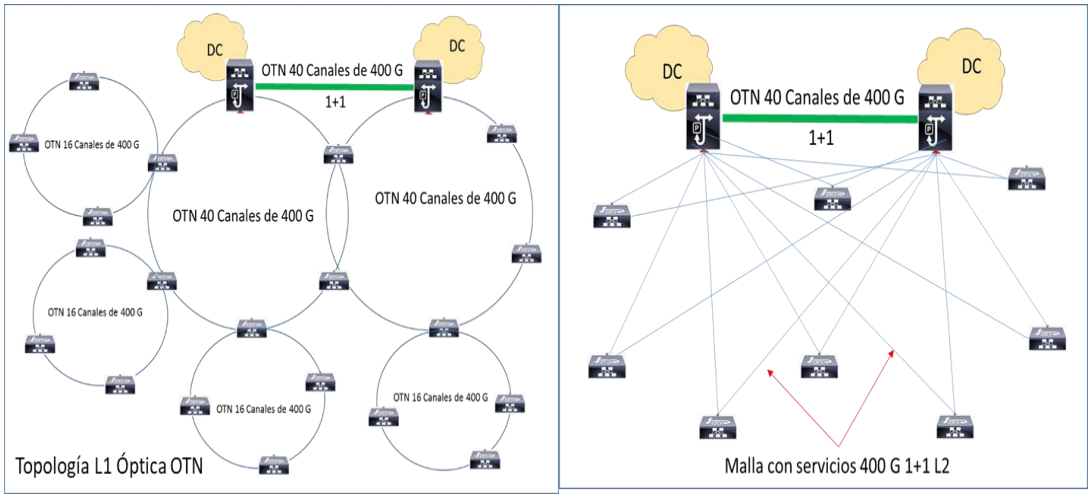


Figura 2.2.a - Distribución a nivel óptico a nivel de ODUk .

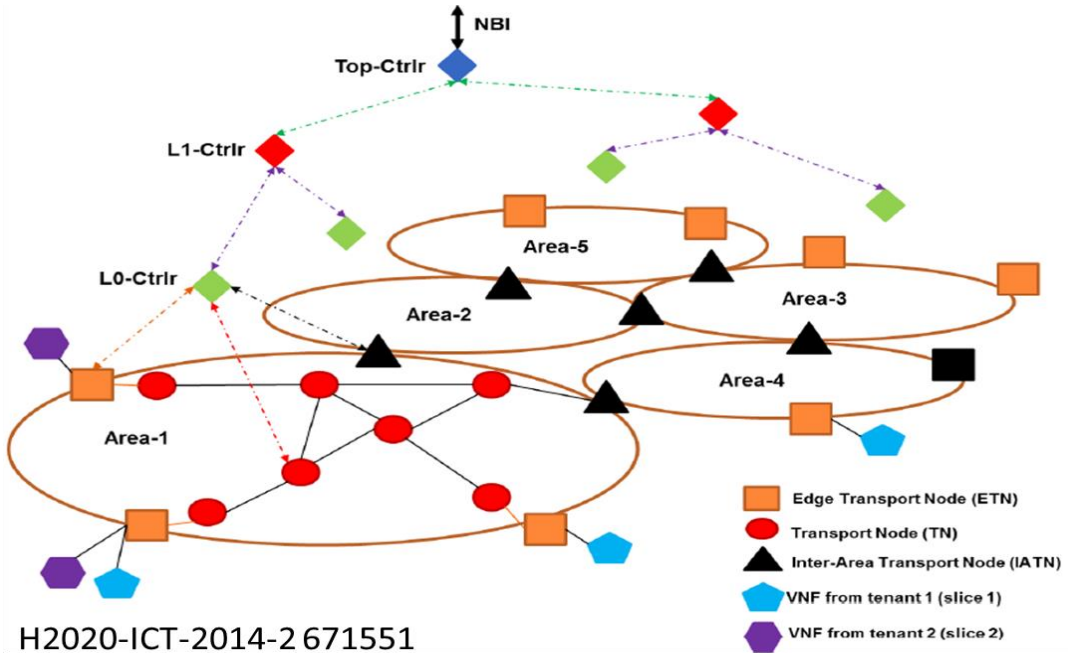


Figura 2.2.b - Elementos de Red y su plano de control, [33.1]

Como se representa en la figura [2.2.b], los elementos ETN están distribuyendo la capa óptica, con soporte de servicios como lo describe el trabajo. Los NE del tipo IATN más cercanos al DC contemplan características asociado a tráfico L3, soporta SR, IS-IS y servicios L3 legados. El trabajo entrega referencia para la implementación [33.1, capítulo 5], a nivel de nodos de transporte TN y nodos de borde o ETN para soporte servicios PBB referido al estándar ´IEEE 802.1aq-2012´, representados en las figuras de los NE y NR descritos por el autor. La figura asociada al plano de control, representa el proceso de implementación, desde los gestores de red asociada a la interfaz NBI, controladores de red SDWN para paquetes de datos y SDTN con su capacidad OTN.

Se propone, para los distintos escenarios asociado a los servicios 5G que generan flujos de tráfico de datos, sobre el BH&FH sean tratados a nivel de QoS para la diferenciación de servicio y su tratamiento en la agregación de tráfico en el plano de datos asociado a servicios eMBB, para la selección y descarte de tráfico en los procesos de congestión. Para el caso de los servicios ULLRC el diseño contempla el KPI asociado al retardo o latencia y su variación en el tiempo o ´jitter´, se propone su transporte a nivel L2 sobre un agregador virtual de trama Ethernet [14.III, 9.XXIII] o VB, que se asocia a una dirección NSAP referida a servicios definidos en el estándar ´IEEE 802.1aq-2012´ prestador de servicios CLNP definido en la

referencia [23.II], del tipo ´IEEE 802.1Q-2018´, para el flujo de datos generados por los eNb. El diseño contempla la clasificación de servicio mapeada entre la capa L2 y la capa L3, en los NE y/o NR de ingreso o egreso al BH&FH considerando la concepción del parámetro de calidad a nivel de interfaz de radio o QCI (del inglés ´QoS Class Identifier´) [7.XIV] de forma similar al concepto comportamientos de transferencia por salto o ´PBH´ definido en la arquitectura ´Diffserv´ especificada en la referencia entregado por el ´IETF´ [22] según ´RFC 2475´ y su actualización ´RFC 3260´. Mientras que para los NT de tránsito solo es necesario leer y mapear en L2 la QoS asociada a los flujos de datos, en los extremos de servicios y los nodos de transporte inter áreas. Para los casos de nodos de agregación como son los ´IATN´ adicionalmente son leídas las marcas en L3 y L4.

Para el modelamiento y el control de los datos [capítulo 4.2] en los elementos IS, ES o su módulo de reenvió (MAC-Relay) sean estos NE o NR y en base a las MIB usadas por los elementos BEB y BCB considerando los diferentes flujos de datos como se representa en la figura [3.8.b] y que están de tránsito en la red, reconocen la clase de servicio o ´CoS´ usando MIB con formato ´YANG´ [22.XVI] definido en estándar ´IEEE P802.1Qcw' que permiten de forma continua realizar clasificación y vigilancia del tráfico asociado a un flujo en tránsito.

Para el dimensionamiento de los servicios entregados por el BH&FH, para las interfaces UNI [10.V], se consideran distintos escenarios como son las soluciones para el FH con el despliegue de interfaz eCPRI [2.I] y los tipos de interfaz informados en la tabla [2.3], consideradas en los escenarios asociados a la distribución en estadios, lugares públicos altamente concurridos, autopistas y verticales en edificios como se grafica en la figura [2.1.b], se entrega como referencia el estándar eCPRI disponible para interconectar eREC (Equipo Controlador de Radio mejorado) y su eRE (Equipo de Radio mejorado), permitiendo distribuir los elementos radiantes mediante redes de transporte sincronizadas TSN [9,VI, 10.IV], tomando como referencia el modelamiento de datos definido en la referencia ´IEEE P802.1Qcw´ para servicio ´IEEE 802.1Q-2018´ y canal OAM con funciones definidas en tabla [2.5] y como se representa en la figura [2.3] según servicios especificado en tabla [2.3]. Respecto a la calidad esperada, se entregan los umbrales asociados a la clasificación de servicio por retardo en tabla [2.4] y pérdidas, definidas para el estándar eCPRI requeridos para la convergencia del FH. Otro factor a considerar es la encapsulación de la interfaz sobre tramas Ethernet, como se representa en la figura [2.3], permitiendo su transporte sobre un

dominio PBB controlando el flujo de datos ´IEEE 802.1ABcu´ a nivel de direcciones MAC origen y destino, habilitando servicios ´L2VPN´s del tipo E-LAN, E-LINE, E-TREE, como se representa el flujo de datos en la figura [2.4].

Para la distribución del sincronismo se considera referencias asociadas a protocolo de precisión del tiempo o PTP [9.IX] como se representa en la figura [3.8.a], basadas en modelamiento de datos según referencia ´IEEE P802.1Qcw´ asociado al tratamiento del flujo de datos en plano usuario y para su implementación. El reenvió del flujo de datos es señalizado por paquetes de datos de la capa de control de enlace o ´LLDP´ modelada según referencia ´IEEE 802.1ASbt´, para la propagación del sincronismo usando protocolo de reconocimiento de rutas y encaminamiento denominado ´IS-IS´ (del inglés ´Intermediate System to Intermediate System) [22.V, 23.VI, 22.XXI, 22.XIII]. También se consideran referencia del estándar ´IEEE 802.1CM - 2018´ para la integración vertical incluido el acceso y el BH&FH con capacidad SDN.

Respecto de aquellos elementos que requieran alimentación sobre Ethernet (PoE) se especifican el estándar para servicios Ethernet energéticamente eficiente ´IEEE 802.1az´, mejoras de alimentación sobre Ethernet para ´IEEE 802.3bt´ (100W), para ´IEEE - 802.3at´(25W) y para ´IEEE - 802.1af´ (12,5W).

Tabla 2.3 interfaz UNI Para Servicios Interfaz eCPRI, por antena sector [2.II]

Use case	Standard / Interface Type	#Lanes	Signal Rate per Lane
Optical	10GBASE-SR/LR/ER ([5], clause 52)	1	10G
	10GBASE-LRM ([5], clause 68)	1	10G
	25GBASE-SR ([6])	1	25G
	40GBASE-SR4 LR4/ER4 ([5], clauses 86/87)	4	10G
	100GBASE-SR10 ([5], clause 86)	10	10G
	100GBASE-SR4/LR4/ER4 ([5], clauses 95/88)	4	25G
Electrical	25GBASE-CR/CR-S ([6])	1	25G
	40GBASE-CR4 ([5], clause 85)	4	10G
	100GBASE-CR10 ([5], clause 85)	10	10G
	100GBASE-CR4 ([5], clause 92)	4	25G
Backplane	10GBASE-KR ([5], clause 72)	1	10G
	25GBASE-KR/KR-S ([6])	1	25G
	40GBASE-KR4 ([5], clause 84)	4	10G
	100GBASE-KR4 ([5], clause 93)	4	25G

Tabla 2.4 Especificaciones para la clasificación de servicio por retardo y pérdidas para servicios eCPRI, basada en estándar ´IEEE P802.3ba´

CoS Tramas Unidireccional	Retardo	Perdidas de Tramas
Voz	100 µs	10 exp -7
Plani Usuario y C&M (Trafico Asegurado)	1 ms	10 exp -7
Plano de Control y Gestion (C&M) de baja prioridad	100 ms	10 exp -6

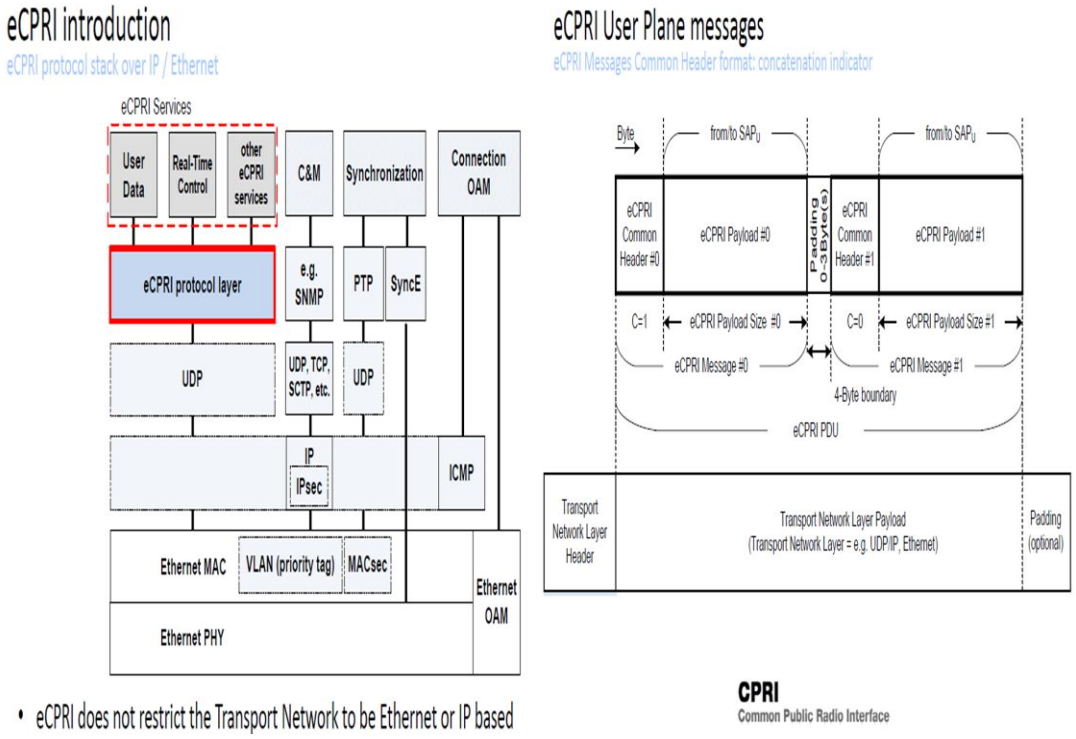


Figura 2.3 - Apilamiento eCPRI [2.II] sobre tramas Ethernet soportadas sobre redes TSN según protocolos ´IEEE 802.1CM-2018´.

Como se representa en la figura [2.3], una característica del protocolo eCPRI en concordancia con estándar ´IEEE 802.1CM-2018´es la capacidad de concatenación de tramas Ethernet, encapsuladas sobre una gran trama Ethernet de transporte, el límite de MTU de usuario puede llegar a 63.488 octetos o bytes [9.XVII] mientras el tamaño máximo incluido encabezado de red asociado a una NSDU, puede llegar a 64.512 bytes [9.XVI, 23.V, capítulo 5.4], todo es diferenciado por etiqueta de tipo de trama Ethernet o ´EthernetType´.

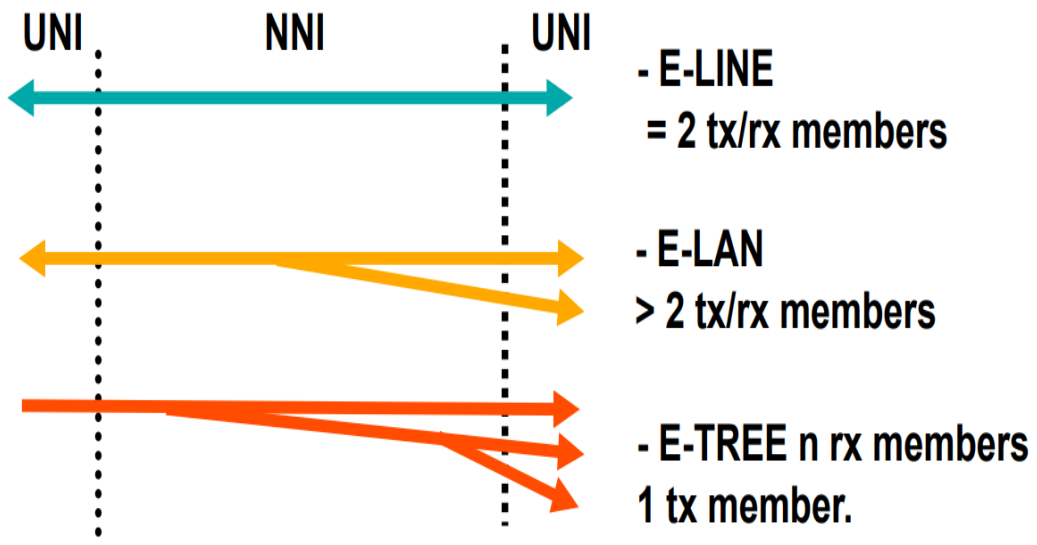


Figura 2.4 - Diagrama de flujo de servicios Metro ´L2VPN´, disponibles para proveedor de basados en ´IEEE 802.1aq - SPBM ´, referencia Peter Ashwood-Smith, NANOG49 June 13-16/2010.

Para los servicios proyectados se considera que el control del flujo de datos sea a nivel de direcciones MAC origen y destino. Según referencia ´IEEE 802.1aq-2012´ donde el área de cobertura podría llegar a soportar hasta 1000 elementos NE y/o NR y una capacidad total de 2^24 servicios ´L2VPN´s, para habilitar rutas de datos asociada a servicios E-LAN, E-LINE, E-TREE para el BH&FH según restricciones impuesta por el estándar ´IEEE 802.1aq-2012'.

Respecto a la topología del plano de control y provisión, se propone que para cada NE pertenezca este a un dominio de colisiones definido por una marca según referencia ´RFC 7348´ y asociada a la extensión de la marca VLAN o del inglés ´Virtual extensible Local Área Network´ (VXLAN) con etiquetas para extender a más de dieciséis millones de segmentos virtuales como se grafica en la figura [2.9] para conformar los dominios asociado a un TAC. El autor considera que la asignación de la instancia virtual de red o ´VNI´ se realice de forma estática, con una capacidad superior a los dieciséis millones de conexiones o túneles, para implementar plano de control sobre las ´VM´ usando ´IEEE 802.1aq – SPBM´ para el reenvió del flujo de datos asociado al plano de control, por medio de direcciones MAC extremo a extremo y canales ´802.1aq OAM´ basados en modelamiento de datos ´YANG´ definidos en la recomendación ´IEEE P802.1Qcx´ con funciones y referencias a la infraestructura según tabla [2.5].

Tabla 2.5 Referencia para la señalización ´802.1aq OAM´ con funciones y estándar soportado

802.1aq OAM			
OAM 802.1ag/Y.1731 • Estructura Herarquica (Niveles de Mantenimiento /abstracción) • Evaluacion continua • L2 traceroute /PING	Capa Enlace – 802.3ah • Monitoreo de enlaces (logico / fisico) • Indicador de falla remota • Loopback remoto L2	Capa Servicios - UIT-T G.8013/Y.1731 • Congruencia y Simetria Multicast Loopback – depends • Medidas de rendimiento (perdidas/retardos/jitter/etc.) • Importante simetria del retardo en una via o dos vias G.8031/Y.1342 - Protección de rutas y conmutación de trafico ethernet	• MEF 17 Servicio OAM Requerimientos y Alcances • MEF 30 Servicio OAM Manejo de Fallas IEEE 802.1ag and ITU-T Y.1731 • MEF 35 Servicios OAM ITU-T Y.1731 según estructura de datos definidas ITU-T G.8021

2.3 BH&FH en RF

Para entregar conectividad a las macro celdas y en la gran mayoría de las micro celdas por sus interfaces ´S1/X2/N2´ como se presenta en la figura [2.5], asociado a capacidad de realizar conectividad de las celdas E2E en base a su función de división en L1 [7.VIII] y en L2 vía MAC según referencia ´IEEE 802'.

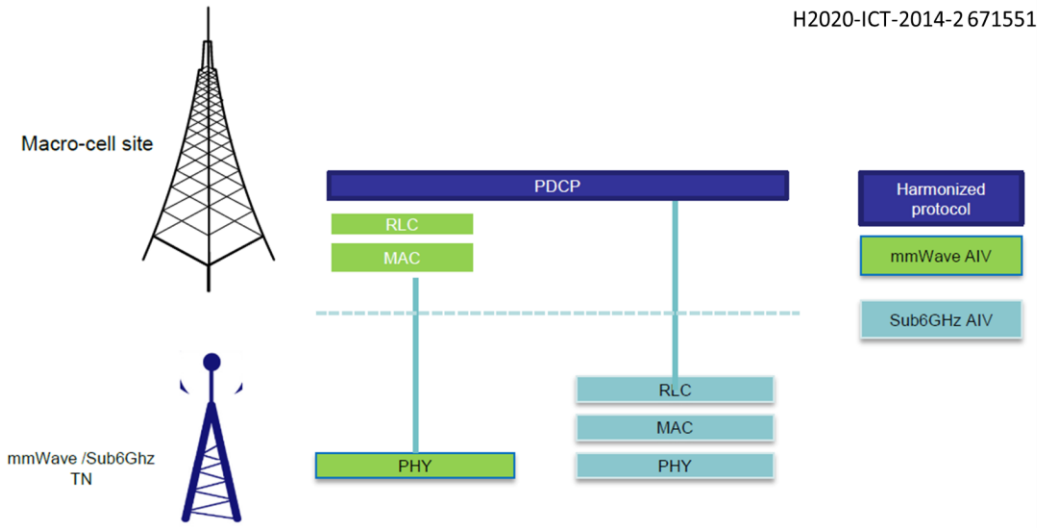


Figura 2.5 - Uso de capacidades de división para alcanzar conectividad a las micro celdas y las distintas interfaces de aire o ´AIV´, [33.1].

En la figura [2.5] se representa el despliegue de BH&FH, referido a las capacidades de división para alcanzar conectividad a las micro celdas, donde se presentan [7.III, capítulo 4], las distintas interfaces de aire o ´AIV´ [33.1] para habilitar el BH&FH, el autor propone plano de gestión por ´MAC´ según figuras [2.7.a] y [2.7.b].

Respecto a la implementación de los hexágonos para los diferentes escenarios, usamos referencia en base a proyecto ´5G-XHaul´ [12.I] como se muestra en las figuras [2.6.a], [2.6.b], en tabla [2.6] y KPI detallado en tabla [2.7], respecto a la implementación del FH y

su uso en la habilitación de sistemas radiantes, mediante sus interfaces de servicio referidas al estándar ´CPRI V7.0´. Adicional se consideran capacidades eCPRI [2] en NR y para la distribución de elementos radiantes eRE.

Tabla 2.6 Perfil de tráfico requerido por el BH&FH [33.1. capítulo 4.5.2],

	Use case	Transport latency (round trip)	Synchronisation	Typical data rate per access point
TC 0	• Synchronisation	Very low variance	Enabler	10 Mbps
TC 1	• Split A FH traffic • Split B FH traffic without relaxed HARQ • Tactile user traffic • Failover signaling • SDN in-band control signaling	≤ 200 µs	Synchronous, time aligned	100 Gbps
TC 2	• Split B traffic with relaxed HARQ • Split C traffic with coordinated BF • Relaxed tactile user traffic	≤ 2 ms	Synchronous, time aligned	50 Gbps
TC 3	• Split C traffic without coordinated BF • Conventional BH/ fixed access traffic • Control signaling	≤ 20 ms	Asynchronous, not time aligned	10 Gbps

Como se indica en la tabla [2.6], se propone para los tipos de clases o TC requerido para convergencia en el transporte. El ´TC 1´ detalla el perfil para elementos para la señalización de elementos SDN, OAM y tráfico plano usuario. El ´TC 2´ considera el divisor o ‘split C´, que corresponde al módulo de control por MAC como se representa en la figura [2.7.a] y la opción para coordinar la formación de haz o BF (del inglés beam forming). Para el caso del ´TC 3´ como se representa en la figura [2.7.b] corresponde servicios sobre el ‘split C´, donde se presenta la opción sin BF. También corresponde a señales de control y acceso fijo para el BH.

Tabla 2.7 Cuadro comparativo de clases de transporte, referencia ´proyecto 5G – XHAUL´

Traffic type	3GPP L2 latency [33]	5G-XHaul TC transport latency
Control plane	10 ms	TC 2: 2 ms
UL Logical Link Control (LLC)	0.5 ms	TC 1: 0.2 ms
eMBB	4 ms	TC 2: 2 ms
Legacy traffic	-	TC 3: 20 ms

En tabla [2.7] se define la latencia para redes legadas, esta se debe a la concentración de los elementos de radio control como la entidad administradora de la movilidad y control (MME), que se ven optimizadas al virtualizar los elementos de control usando capacidades SDN, C-RAN y vMME [13], se reduce la latencia del plano control y de servicios, mejorando los KPI.

Tabla 2.8 Especificaciones del proyecto 5GXaul, para las interfaces UNI, de conectividad.

Ethernet	Data rate	Latency
Base parameters	10G, 40G, 100G	Frame/backplane based device / 20~40 μs Single chip device / box: 3~5 μs
TC 0 support	IEEE 1588 and SyncE	
TC 1 support	100G or 2*40G interface	≤ 5 hops; ≤ 30hops (assuming 100 μs for fiber propagation delay)
TC 2 support	100G or 40G interface	≤ 47 hops
TC 3 support	10G interface	≤ 50hops (usually the network is not so complex)

Respecto a la topología del plano de control, se propone que cada NR pertenezca a un dominio de colisiones definido entre VM que conforman el BH&FH por una marca VXLAN como se representa en la figura [2.9], para implementar plano de control sobre las VM usando hipervisor [16, 17, 21]. Para las funciones asociadas al plano topológico se propone ´IEEE 802.1aq-SPBM´ para la propagación de las MAC extremo a extremo y canales ´802.1aq OAM´. La descripción se basa en la habilitación de dominios de gestión en L2 usando túneles con etiquetas VXLAN para la gestión y entregar cobertura en un dominio o vecindad definida por un TAC.

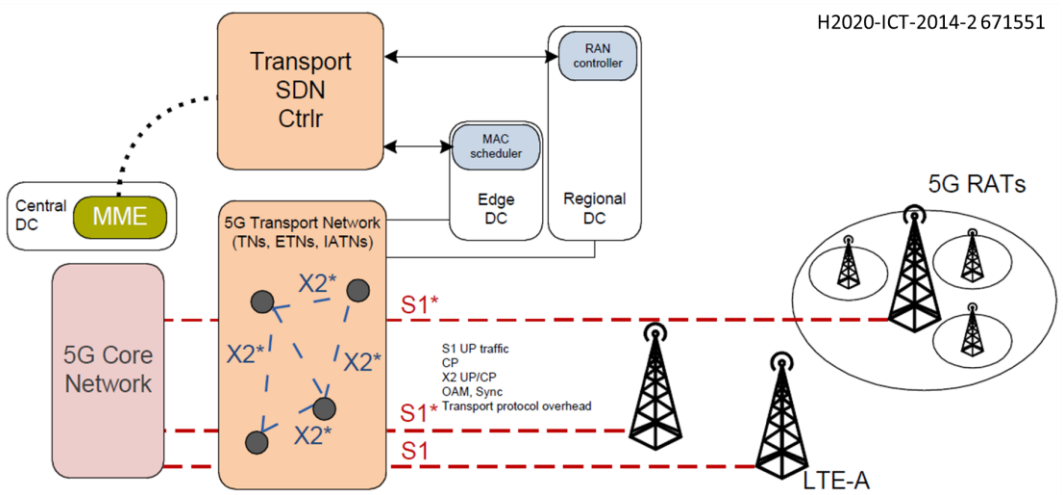


Figura 2.6.a - Interfaces prevista para de distribución de servicios en el BH&FH, [33.1].

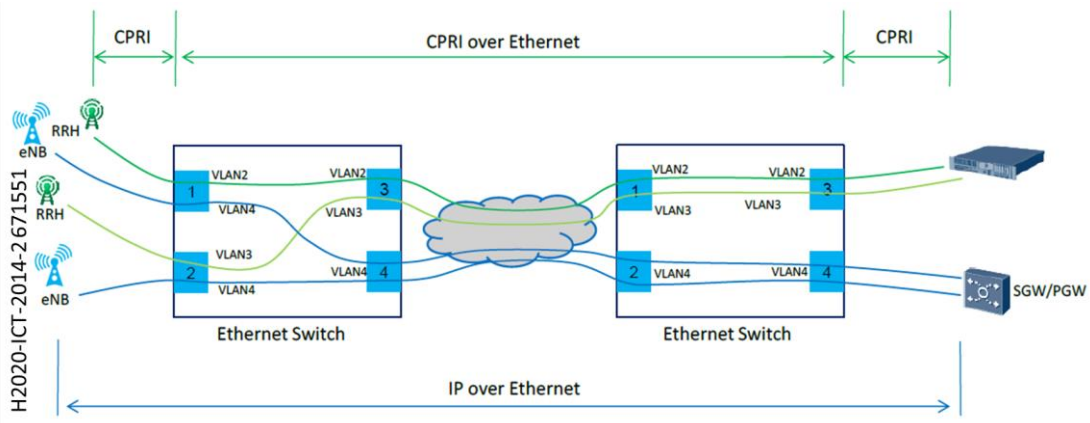


Figura 2.6.b - Red de transporte para servicios para el BH&FH sobre redes Ethernet, [33.1].

Como se muestra en la figura [2.6.a], se representa mediante la conectividad de la capa de transporte para las interfaces S1 y X2 a nivel onda milimétrica para la división del canal ´Xn´ en la red móvil. Para FH el trabajo propone la distribución mediante servicios Ethernet sobre redes sincronizadas como se presenta en la en la figura [2.6.b]. En el plano de control se propone conectividad a nivel de MAC para el reenvió de flujo de datos, como se representa en las figuras [2.7.a] y [2.7.b]. Adicionales a las referencias entregadas se integra al diseño elementos de la interfaz eCPRI como parte del despliegue.

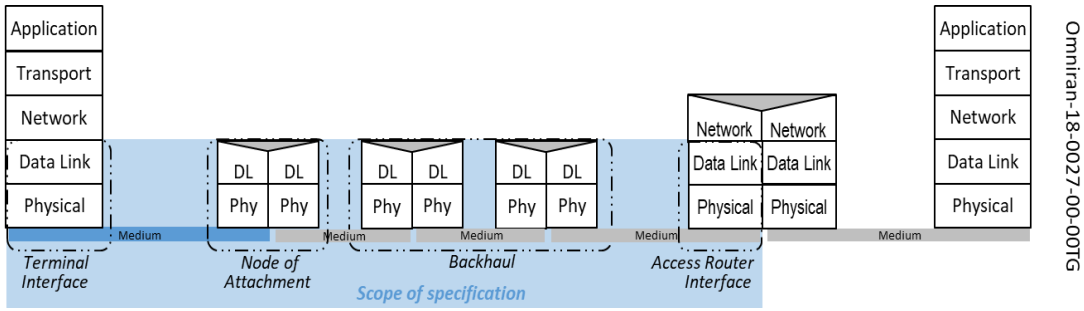


Figura 2.7.a - Modelado ´IEEE P802.1CF´ para la virtualización BH&FH y la integración vertical con el acceso a nivel de MAC, [10.VII.a]

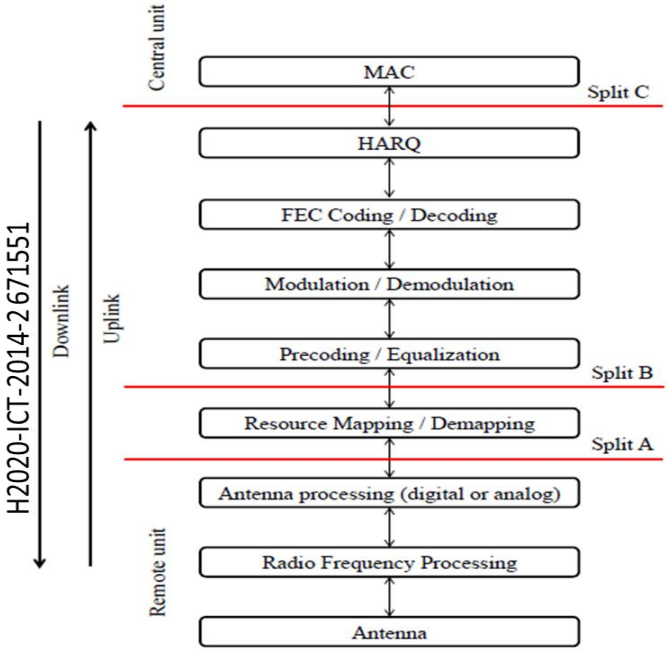


Figura 2.7.b - Diagrama de división ´Split C´ asociada a la MAC de control del eNb, [33.1].

En la figura [2.7.b], se muestra el flujo de datos de subida al BH&FH y de bajada hacia el UE asociado al ´split C´ como es el reenvió del plano datos por MAC. En la figura [2.7.a] se representa el modelado ´IEEE P802.1CF´ el que entrega referencia para la virtualización del acceso incluido el backhaul. También se presentan referencias TSN [9.VI, anexo II] para servicios IoT y los requeridos por el fronthaul, el cual entrega soporte al ciclo de vida de la red, considerando OAM&P y aplicaciones para la integración vertical, tomando como referencia para la implementación del BH&FH [10.VII.a].

2.4 Encapsulamiento VXLAN soporte OAM&P

La virtualización de red en base a estándar ´ETSI -NFV´ [capítulo 3.6] quien subdivide los elementos de red en dos bloques, uno virtual con funciones de red o VFC el cual es un contenedor de software que provee servicios de red, crea programáticamente las provisiones y gestiona las redes virtuales asociada a las capas L1 y L2 como un simple ´MAC-Relay´ de reenvío de paquetes como se grafica en las figuras [4.4], [4.5.a] y [4.5.b]. Una forma en que las redes virtuales se pueden provisionar es mediante una plataforma de gestión en la nube (CMP) para implementar la red virtual y servicios asociados, la virtualización de los NE y/o NR utiliza el hipervisor asociado a los gestores de red como son los NMS/OSS/BSS/EMS. El controlador entonces distribuye los servicios necesarios a la correspondiente VNF vía SFC como se representa en la figura [2.8.a].

El hipervisor administra la actividad asociado a la encapsulación y descapsulación de las etiquetas VXLAN [8.XII, capítulo 5.11] de los túneles en los extremos o ´VTEP´ y permite conectar ´VM´s a redes especificas (lógicas o físicas). Para efectos prácticos, una red lógica es creada a partir de una VXLAN según ´RFC 7348´ se asignaría un identificador a cada elemento virtual ya sean NE y/o NR, la comunicación entre elementos dependerá del identificador usado y de las funciones que soporten los NE y/o NR como se representan en la figura [2.2.b]. Se especifican los encapsulamientos para protocolos L3 del tipo IPv4 e IPv6 como elemento localizador, para la habilitación del proceso de reenvió de tráfico en la capa de abstracción de equipo como se representa en la figura [3.1]. El trabajo referencia elementos L2 identificados por dirección MAC, para servicios del tipo ´múltiples puntos a múltiples puntos´ o ´MP2MP´ bajo estándar ´IEEE 802.1aq-2012´ con servicios PBB usando las diferentes VNI que son habilitadas entre los elementos de BH&FH. También se referencia la capacidad de comunicación punto a punto bajo estándar ´IEEE 802.1Qay´ y servicios ´PBB - TE´ a nivel de red de transmisión.

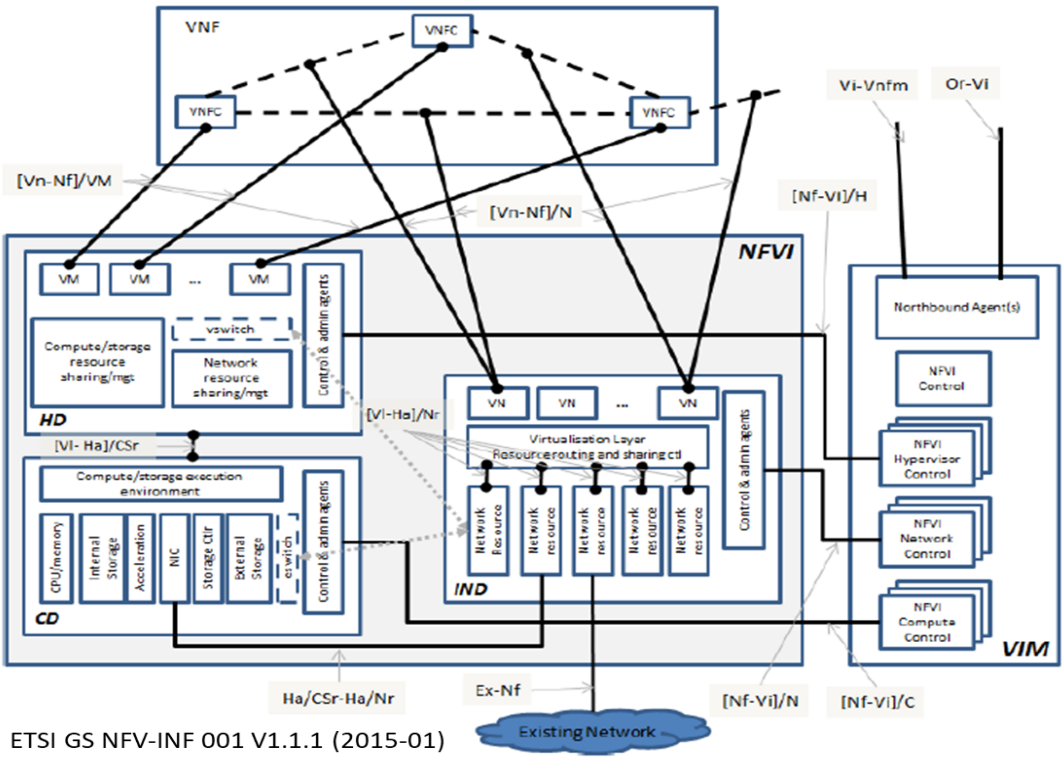


Figura 2.8.a - Los agentes administrador del hipervisor como un elemento del ´VIM´, [8.IV].

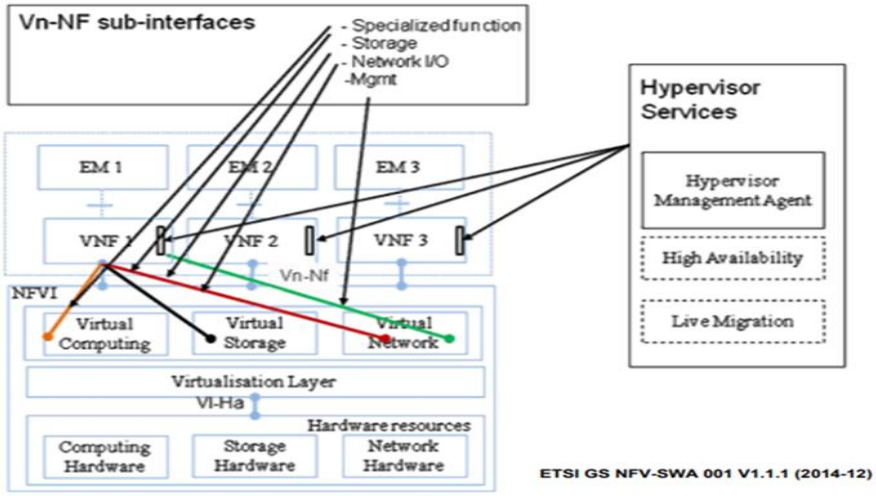


Figura 2.8.b - Arquitecturas de los elementos de un hipervisor, [8.VII].

En la figura [2.8.a] se representan el hipervisor interactuando con la interfaz MANO mediante su interfaz ´Nf-Vi-N´, hacia el orquestador para implementar las API y sus SFC que

las componen, también se visualiza la gestión de los recurso de red [8.XV, capitulo 2, 21.I] y la interacción al NFVI asociada a las interfaces de red o ´NIC´ por medio del control de computadores. Como se grafica en la vista de alto nivel, donde se representa a los NE conectado a las redes legadas, por su interfaz de tráfico ´Ex-Nf´ [8.IV, capitulo 7, tabla 2]. La figura [2.8.b] corresponde a la descripción de los elementos que componen el NFVI [8.I], donde se representa elementos de un hipervisor según se detalla en [8.IV, capítulo 7] y [8.XIII, capítulo 4.3, 8.XIV], el agente administrador del hipervisor es un elemento VIM que nos permite controlar el recurso de red de infraestructura asociado al recurso físico ya se NE o NR e implementar las diferentes SFC sobre el módulo NFVI identificada por las diferentes VNF, como son las asociadas a políticas de ingreso y egreso sobre un NE y/o NR bajo la interfaz ´Vn-NF´ o ´SWA – 5´ [8.VII, cap. 4], finalmente el hipervisor asociado a la VM implementa las políticas definidas en el ´metal desnudo´ o recurso de red, también es el encargado de administrar la superposición de etiquetas VXLAN su logística y operatoria por medio de VNF.

El diseño contempla herramientas de superposición de etiquetas que permitan facilitar la escalabilidad, aislación entre elementos en una red de transporte L2 y de esta forma se facilita la gestión de la movilidad de elementos L3 sobre el dominio L2 a nivel de MAC. Otra característica es la capacidad de gestionar el trafico asociado a múltiples rutas entregadas por la red de transporte definidos en servicios PBB basada en recomendaciones ´IEEE 802.1aq-2012´, de esta forma se facilita la movilidad [9.II, tabla 1] en el dominio L2 definido por el TAC asociado al plano usuario. También se reduce la cantidad de direcciones MAC que circulan en la red de transporte, al encapsular la data de control bajo la etiqueta VXLAN, controlando las tormentas de trafico basura mediante señalización UDP. Con la actual referencia VXLAN, no es soportada la fragmentación de la MTU, esto implica que la red de transporte debe asegurar el tamaño de MTU, se referencia técnicas de descubrimientos de MTU asociado a las ´RFC 1191 y ´RFC 1981’ para puerto ´UDP´ numero ´4789´ para trafico VXLAN como puerto por defecto. Se recomienda que el número de puerto de origen UDP sea calculado utilizando una función de cifrado como ´Hash´ de campos del paquete ethernet. Esto permite habilitar un nivel de entropía para el balanceo de carga del tráfico de máquina virtual a máquina virtual a través de la superposición túneles ´VXLAN´. Al calcular el número de puerto de origen UDP de esta manera, se recomienda que el valor esté en el rango

de puerto dinámico / privado que pertenezca al rango ´49152-65535´ definido en la ´RFC6335´.

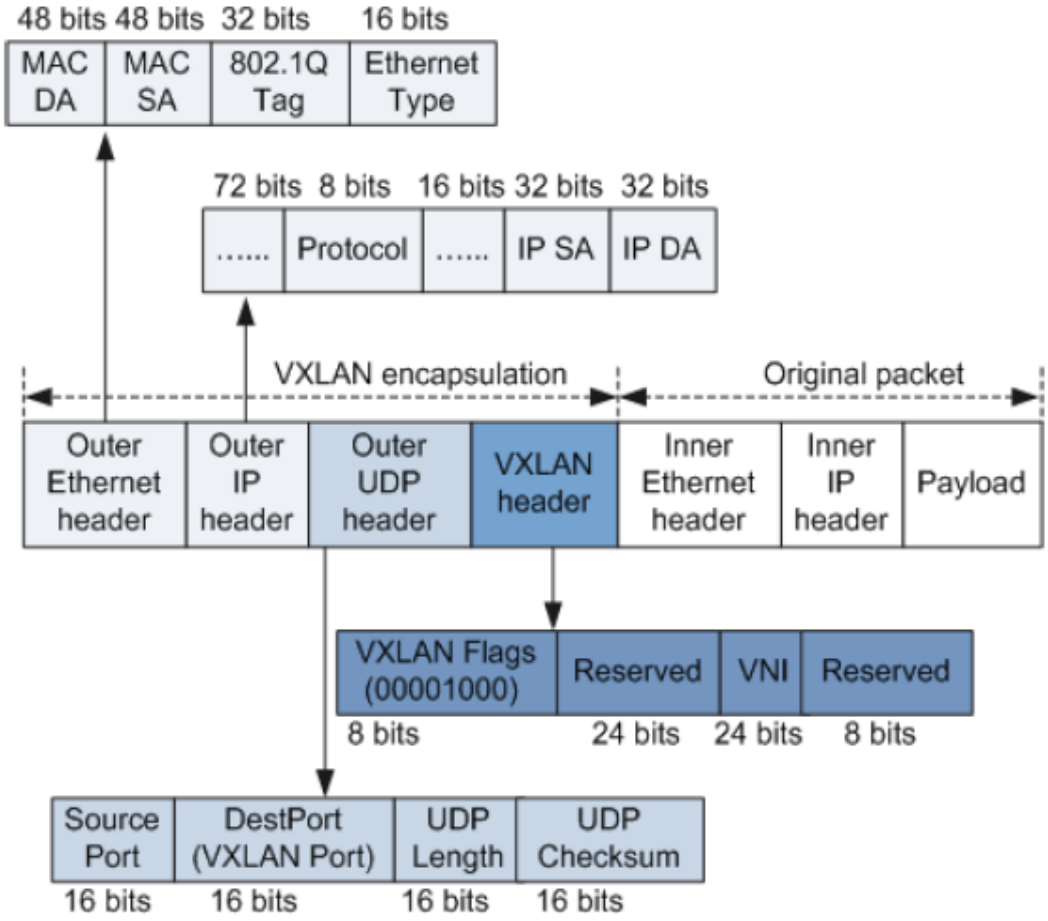


Figura 2.9 - Formato paquete de superposición VXLAN [22.XIV] encapsulado en trama ´IEEE 802.1Q-2018´ sobre paquete UDP. . Referencia imagen ´CloudEngine Series Switches, VXLAN Technical Topics´ www.huawei.com

Como se grafica en la figura [2.9], el encabezado VXLAN aumentara la MTU (en 64 bytes adicionales), que permiten soportar más de 16 millones de instancias virtuales VXLAN o VNI [22.XV] usando campo de 24 bit disponible bajo un mismo dominio administrativo. Los TN leen las etiquetas de QoS [14.II] asociado al campo, tipo servicios o ´ToS´ de la trama IPv4 y para los casos de IPv6 se identifica el tipo de flujo, las etiquetas y el control de datos por cada segmento de red y en los equipos definidos como de acceso a un UE. Se contempla realizar un mapeo a etiqueta ´CoS´ definido en la referencia ´IEEE 802.1p´. Para los equipos

definidos como de tránsito se respeta marca CoS en la ruta definida en ´IEEE 802.1aq-2012, con sus diferentes comportamientos de transferencia por saltos ´PHB´ diferenciados por su sensibilidad a las pérdidas, retardo y ´jitter´, como son las etiquetas tráfico expedito o ´Expedited Forwarding´ (EF), los de calidad previamente mapeado desde las etiquetas ToS como son las asociado al tráfico asegurada o ´Assured Forwarding´ (AF) y finalmente los asociados al mejor esfuerzo o ´Best Effort' (BE), respecto a las capacidades disponibles en un tramo o segmento de red. Respecto al formato de la PDU del cliente L4 o TPDU está definido en ´ISO8073´. El tamaño de TPDU es de 65531 octetos, basado en el tamaño de la transferencia de datos (DT), esto permite un tamaño máximo de TSDU de 65524 octetos.

2.5 Estructura de implementación de ´VXLAN´

Para la descripción de los NE y/o NR, se clasifican en tres niveles jerárquico de implementación, que se detallan por función.

Un equipo de transporte o TN, cuenta con elementos de OAM recomendado por el foro metro ethernet o MEF [14] según tabla [2.9] y con hardware compatible con referencias ´IEEE´ [10] e ´ITU-T´ [9], que cumplen requerimientos según describe el trabajo para los equipos con función de acceso o ´AS´ y agregación a nivel de ´N-PE´ y ´U-PE´, según figura [1.4.c]. Esto implica que no permite intercambio de tráfico entre VXLAN con diferentes dominios o VNI. VXLAN permite virtualizar infraestructura de forma segura y aislada al asociar un recurso físico a una instancia VXLAN particular y prestar servicios según casos de uso especificado en ´ETSI GR NFV-EVE 008´ asociado a la infraestructura como servicio ´IaaS´, según sea NE y/o NR. La implementación del servicio es vía VB del tipo ´IEEE 802.1ad´ en modo SPBM, básicamente servicio sobre interfaz UNI en modalidad L2, sobre troncales NNI en L2.

Tabla 2.9 Servicios recomendados por el MEF para el OAM&P, según referencias y estado del arte [9.XV, 10.VI].

MEF 3.0	Descripción
MEF 4	Marco de trabajo y relación OAM y la construcción de las capas de servicio ethernet, servicio de transporte y servicios de aplicación .
MEF 6.2	Servicios y atributos ethernet
MEF 9	Abstracto para herramientas de validación de servicios
MEF 10.3	Atributos servicios ETH
MEF 11	UNI requerimientos y tramas
MEF 14	Herramientas para administración de trafico
MEF 17	Requerimientos OAM como son administración de fallas, detección, localización, verificación y notificación; Incluye monitoreo del rendimiento; Auto-descubrimiento del ´NE´.
MEF 22.1	Requerimientos y Servicios Backhaul
MEF 23.2	Implementación carrier ethernet class of service (CoS)
MEF 30.1	Servicio OAM Manejo de Fallas IEEE 802.1Q and ITU-T Y.1731/ 802.1ag
MEF 31.1	Servicio OAM definición y control de fallas SNMP & MIB
MEF 35.1	Servicio de gestión del rendimiento, OAM ITU-T ITU-T Y.1731/ 802.1ag y ITU-T G.8021
MEF 38	Modulo Yang para servicio OAM Gestión de fallas (FM)
MEF 39	Modulo Yang para servicio OAM administración de rendimiento (PM)

Respecto a la interfaz SBI el autor propone protocolo de configuración de red o ´NETCONF' definido en la referencia ´RFC 6241´ y para el monitoreo se propone ´SNMP´ (del inglés Simple Network Management Protocol) para el monitoreo de elementos en L1 y L2. Para el modelamiento de datos usando ´YANG´ [22.XVI, 22.XVII, 22.XVII, 22.XVIII, 22.XIX] definido en la ´RFC 6020´, basados en lenguaje de marcas extensible ´XML´ respecto a la extensión de la API o su MIB (del inglés Management Información Base) del elemento ´NVFI´ asociado al ´NE´ y/o 'NR'.

La implementación de las diferentes CoS [14.II] para los flujos constituidos por SFC [22.I], son realizadas por las SFF perteneciente a un mismo descriptor de servicios de red o NSD diferenciado por marcas VXLAN para los servicios según describe en la figura [2.10.b],

donde se presenta las SFCs, con encapsulación para cada flujo de datos diferenciado por CoS como se representa de forma diferenciada para cada servicio en la figura [2.10.a] ´Concept of network slicing´.

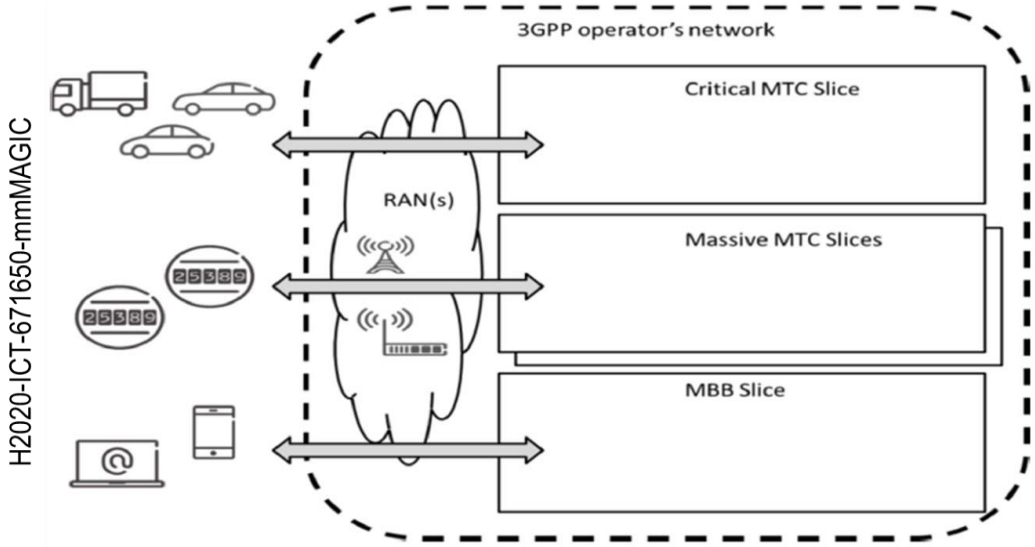


Figura 2.10.a - Concepto de ´network slicing', [6.VI]

```
      +----------------+                          +----------------+
      |   SFC-aware    |                          |  SFC-unaware   |
      |Service Function|                          |Service Function|
      +-------+--------+                          +-------+--------+
              |                                           |
        SFC Encapsulation                         No SFC Encapsulation
              |                  SFC                      |
+---------+   +----------------+ Encapsulation     +---------+
|SFC-Aware|----------------+  \     +------------|SFC Proxy|
|    SF   | ... ----------+  \  \   /             +---------+
+---------+                \  \  \ /
                          +-------+--------+
                          |   SF Forwarder |
                          |      (SFF)     |
                          +-------+--------+
                                  |
                          SFC Encapsulation
                                  |
                      ... SFC-enabled Domain ...
                                  |
                      Network Overlay Transport
                                  |
                              _,......_
                           ,-'         `-.
                          /               `.
                         |     Network     |
                         `.               /
                           `.__       __,-'
                              `,,,,,
```

Figura 2.10.b - Clasificación inicial de componentes de arquitectura SFC [22.IV.d]

En la figura [2.10.b] se representa un flujo de cadenas de funciones etiquetadas con el protocolo de superposición de etiquetas de transporte [22.1, capitulo 4], el que se define como VXLAN asociado a ´IaaS´. En la figura [2.10.a] se representan los diferentes servicios [6.VI], IaaS [8.IV, capítulo 6.2.2] que se entregaran a partir de la implementación de servicios diferenciados por CoS en el BH.

Para los casos asociado a los nodos de borde o ETN y nodos de transporte inter área IATN el autor propone soporte perfil TN anteriormente definido para servicios y agregación, mientras que la capacidad de mapeo de servicios entre interfaces VXLAN y reenvió a múltiples VNI o multicas VXLAN se soporta en los elementos ´P´ como se grafica en la figura [1.4.c] y más cercano al centro de datos o DC o núcleo virtual. Para el caso del encaminamiento entre VXLAN de dos interfaces L2, para leer y modificar la marca VXLAN, esta actividad la administra un hipervisor, que realice cambio de etiqueta VXLAN y debe soportar funciones de L4 para dicho tráfico.

Respecto al enrutamiento para áreas extendidas (Regional y Nacional), como se representa en la figura [2.11], existen tecnología de encaminamiento por segmentos o SR [15] en reemplazo de MPLS. SR simplifica la señalización al usar solo un protocolo interior de encaminamiento o IGP. Otras facilidades incorporadas es la gestión de las protecciones (APS) que se realiza evaluando múltiples ECMP para el respaldo y balanceo de carga, advirtiendo los posibles segmentos en conflictos por disponibilidad. Respecto a la adyacencia entre NE que define un segmento, al ser dinámico el establecimiento de esta se va rehaciendo cada vez que existe un cambio topológico en la red. Respecto a la entrega de tráfico estos NE son los encargados de descapsular el transporte y realizar entrega de tráfico ´IEEE 802.1Q – 2018´.

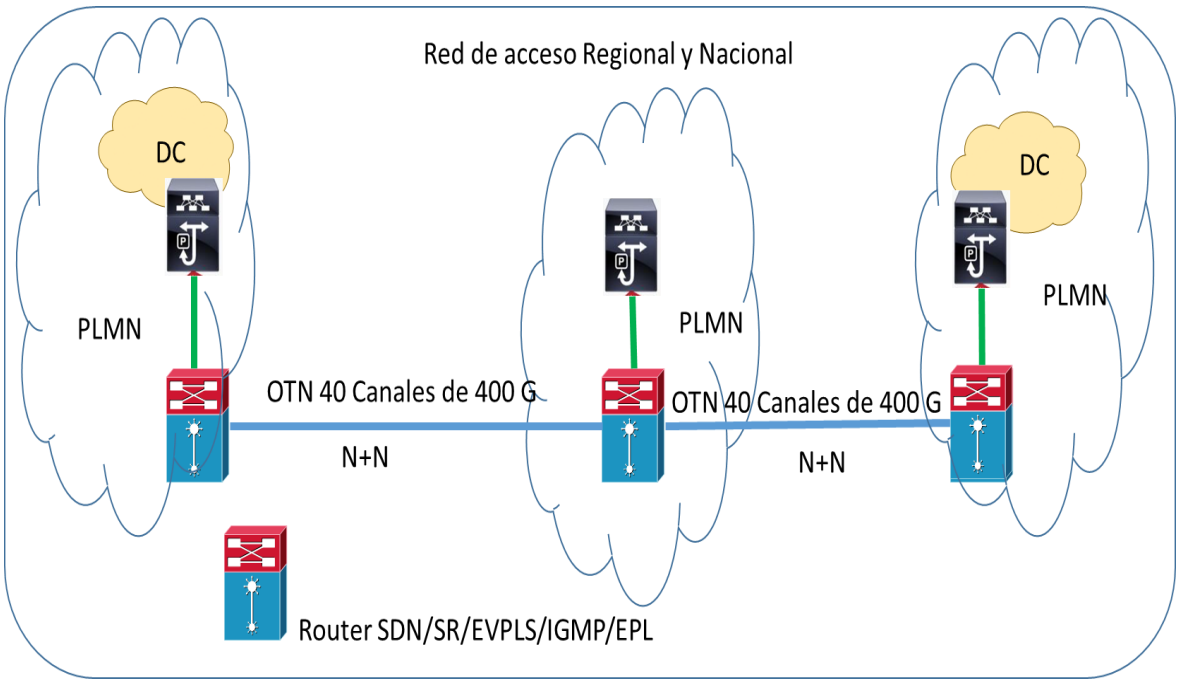


Figura 2.11 - Representación de la interconexión a nivel regional y nacional, en el caso se representa al BH interconectado a la red regional, mediante elementos de reenvió de tramas ethernet en interfaz NNI en L3.

3 Implementación OAM&P

(Resumen de Ejecutivo)

Objetivo del capítulo: Implementación de Operación, Administración, Gestión y Provisión (OAM&P) basado en un modelo de arquitectura SDN basado en el estándar ETSI-NFV (ETSI-Network Function Virtualization) que permita gestionar los elementos de red. Estos elementos son identificados por una VNF asociada al reconocimiento topológico identificado por un protocolo interior de red (IGP) IS-SI, el cual permite asociar interfaces o elementos virtuales por una dirección de servicio (NSAP) y con señalización LLDP

Breve descripción: El OAM&P permite desarrollar las siguientes funciones virtuales de red, basadas en estándares IEEE

1. Diagnóstico de red (IEEE P802.1Qcx): congestión (IEEE802.1ag), indisponibilidad, falla, entre otras
2. Configuración y provisión de servicios (IEEE P802.1CF)
3. Monitoreo del rendimiento (IEEE 802.3ah)
4. Indicación de falla (IEEE P802.1Qcx)
5. Estadísticas (IEEE P802.1Qcx)
6. Calidad de Servicio (IEEE P802.1DC)
7. Soporte de FH (IEEE P802.1CM)
8. Reconocimiento topológico para servicios PBB (IEEE 802.1aq)
9. Reconocimiento topológico para servicios PBB-TE (IEEE 802.1Qay)

El uso de IS-IS como protocolo IGP, permite direccionar e identificar servicios en capa n+1 señalizados en capa n. Este protocolo permite capsular la dirección IP de los hipervisores, el que gestiona la infraestructura virtualizada (VIM) de los NE y NR. Se entregan recomendaciones respecto a la implementación del protocolo en el BH&FH. También se ajusta a los requerimientos del estándar ´IEEE´ para lo que son servicios, sincronismo y entrega la FIB del plano de datos en las componentes ´B´.

Para la señalización en el plano de datos, se consideran dos tipos de clases de metadatos, los estáticos que están relacionados con las políticas de suscriptores y servicios, estos normalmente residen en el entorno del plano de control vía NPDU y los metadatos dinámicos asociados al entregar información del estado dependiente del tiempo y la ubicación en algún lugar de la red u otras plataformas de servicio, por ejemplo, carga del enlace o interfaz, condiciones de congestión vía señalización LSP (LLDPU).

La OAM&P es soportada por la virtualización mediante un hipervisor asociado e identificado por una VXLAN. Este es usado para monitorear estado de interfaces mediante MIB e implementar cambios mediante protocolo NETCONF.

EL modelo ETSI, sugiere contar con funciones de red virtualizadas VNF y sus componentes (VNFC), como es un hipervisor, alarmas, instancias ´MAC-Relay´, módulos de estadísticas, respaldo de servicios y configuraciones.

Se identifican las SFC asociada a las NPDU usadas por funciones dependientes de convergencia en la capa ISS y funciones independientes en la capa EISS.

Las funciones dependientes nos permiten controlar mediante LLDP soportadas por las capas ´ISS´ (del inglés ´Internal Sublayer Service´) forma la base del control del flujo de datos en la capa de servicio MAC o MS, la que se implementa para todos los enlaces salto a salto usando MIB, basadas en ´RFC 1238´ y mediante direcciones NSAP, permiten implementar las SFF asociadas y las políticas de QoS como el marcado de paquetes, agregación de enlaces capa 2 (LAG) o la validación de errores de trama vía FEC.

Mientras las funciones independientes de la capa de enlace reconocen la SN ISO 8802 y permiten implementar las políticas de QoS como es el descarte de paquetes marcados y su reenvió en base a las NPDU, también determina la ruta de la misma NPDU. Etas funciones asociada a la capa EISS (del inglés ´Enhanced Internal Sublayer Service´), es la que soporta el manejo de las etiquetas en tramas [Anexo B] y las políticas de descartes y priorizados, cuyo funcionamiento se limita a una instancia virtual de puerto o VIP.

Respecto a la implementación de la calidad, ambas capas (ISS y EISS) son requeridas por el estándar ´IEEE 802.1ASbt´ y ´IEEE 802.1Qav´ para proporcionar sincronismo en frecuencia y fase, de esta forma asegurar el trafico sensible al tiempo. Para implementar QoS se considera referencia ´IEEE P802.1DC´, la cual contempla la notificación basada en el estándar ´IEEE 802.1Qau´, protocolo ´IEEE 802.1Qaz´ para la selección de transmisión mejorada (ETS) y control de flujo basado en prioridad (PFC) según estándar ´IEEE 802.1Qbb´.

3.1 Módulo SDN – Administración y Control

Las referencias asociadas al modelo sin conexión o CLNP [23.IV] (del inglés ´connectionless network protocol´ según ´ISO 8473´) referidas a la L2 del plano de servicios o envió de datos y establece las VNF o VNFF propias de la ruta topológica del plano de datos. También se entregan referencias servicios de L3 basados en protocolo de red CLNP para el plano de control como se grafica en las figuras [3.1] y [1.4.b]. Respecto a los parámetros de las PDU [9.III] asociado al OAM&P detallado según referencia ´UIT -T G.8021/Y.1341´ [9.IV], donde se especifica la señalización requerida por los NEs, NRs y diagramas en bloques para la virtualización y control vía SDN de estos. El caso del L4 es considerado para la virtualización y administración de infraestructura. Otro alcance al que solo se hace referencia pero que no detalla el trabajo, son los elementos de control SDN [10.VII.a] en L1 [9.XXI] asociado a servicios orientados a la conexión ´CNSN´ y de esta forma establecer la entrega a su capa de abstracción y control a las soluciones ópticas o en radio frecuencia para la implementación de la VNFF asociado a la ruta topológica del plano de datos en L2 entre áreas diferentes y L1 para NE y/o NR pertenecientes a la misma área.

Como se representa en la figura [3.1] la estructura SDN [22.XII], es la que proporciona una arquitectura estructural y modular divididas en cuatro capas donde se definen los cinco planos asociado a la arquitectura SDN.

- Capa de abstracción de recursos y dispositivos: abstrae los recursos de los planos de reenvío y operacionales del dispositivo a los planos de control y gestión. El DAL es una de las capas de abstracción más importantes, ya que los servicios que proporciona el resto de los planos dependen de la riqueza y flexibilidad del DAL para describir los recursos.

- Capa de abstracción de control: abstrae la interfaz SBI del plano de control y el DAL de las aplicaciones y servicios del plano de control.

- Capa de abstracción de la administración: abstracción de interfaz SBI y DAL para las aplicaciones y servicios del plano de administración o plano datos.

- Capa de abstracción de servicios de red: proporciona acceso a los servicios de control, administración y planos de aplicación a otros servicios y aplicaciones

El empleo del modelo de arquitectura en capas introducido en ´RFC 7426´ entrega guías útiles sobre cómo construir diseños de sistemas de red desagregados. Proporcionando herramientas para diseñar redes, servicios y aplicaciones, al proporcionar un conjunto de planos que permiten virtualizar mediante abstracciones y definiendo las interfaces de comunicación entre estos como se describen en la figura [3.1]

Planos SDN, definidos en ´RFC7426´

•**Plano de reenvío**: responsable de manejar los paquetes de datos según las instrucciones recibidas del plano de control. Las acciones del plano de reenvío incluyen, pero no se limitan a, reenviar, soltar, cambiar y priorizar paquetes. Ejemplos de recursos de reenvío son clasificadores, medidores y control según ´KPI´ o ´SLA´ definidos. El plano de reenvío también se conoce ampliamente como el ´plano de datos´.

•**Plano operativo**: responsable de administrar el estado operativo del dispositivo de red, por ejemplo, si el dispositivo está activo o inactivo, la cantidad de puertos disponibles, el estado de cada puerto, alarmas, etiquetas, etc. Ejemplos de recursos del plano operativo son puertos, memoria, recursos de infraestructura.

•**Plano de control (CAL):** responsable de tomar decisiones sobre cómo los paquetes deben ser reenviados por uno o más dispositivos de la red e impulsar tales decisiones hacia los dispositivos de la red para su ejecución. El trabajo principal del plano de control es afinar las tablas de reenvío que residen en el plano de reenvío, en función de la topología de la red o las solicitudes de servicio externo.

•**Plano de administración (MAL)**: responsable de monitorear, configurar y mantener dispositivos de red, por ejemplo, tomar decisiones sobre el estado de un dispositivo de red. El plano de gestión puede utilizarse para configurar el plano de reenvío, pero lo hace con poca frecuencia y con un enfoque más general que el plano de control..

•**Plano de Aplicación**: El plano donde residen las aplicaciones y servicios que definen el comportamiento de la red. Las aplicaciones que apoyan directamente (o principalmente) el funcionamiento del plano de reenvío (como los procesos de enrutamiento dentro del plano de control) no se consideran parte del plano de aplicación

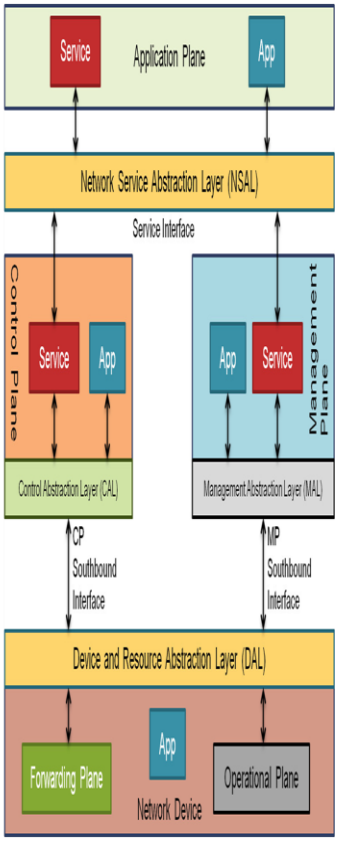


Figura 3.1 - Presentación RFC7426, capas y términos de la arquitectura SDN [22.XII.a]

Para los recursos asociados a la primera capa o capa de abstracción o DAL se considera aplicativo hipervisor [16,17,21] con capacidad de leer VXLAN controlado por la capa L4 en los elementos TN. Para el caso de elementos de ruteo y multicas entre VXLAN son actividades asociadas a los nodos de borde o ETN y nodos de transporte inter área IATN.

El DAL se comunica mediante interfaz SBI basadas en protocolos NETCONF y mediante archivos XML basado en modelamiento de datos YANG para la comunicación con las capa virtual de control o CAL y de administración o MAL, considerando recomendaciones ´ETSI-NFV´ [8.I] la que presenta reportes [8.II, capítulo 4.3] asociada a la localización de los recursos SDWN y SDTN como se representa en la figura [3.2.a], donde se identifican los elementos de red L2 y L3 referenciado con la etiqueta (a), las VM con la etiqueta (c) que asocian el bloque ´VNF´ embebido en el HFB [capítulo 3.6] a estos elementos son las funciones de red denominadas ´PNF´ como por ejemplo una NIC como parte de un ´e-switch´, este caso no se trabaja en reporte ´ETSI GSN-EVE 005´, pero el trabajo lo desarrolla como parte de una alternativa de implementación.

Respecto a los controladores y como se grafica en la figura [3.2.b], el trabajo profundiza en el caso (1), donde el controlador SDN se fusiona con la funcionalidad de administración de infraestructura virtualizada o VIM, los gestores de los hipervisores cumplen con este alcance y permite monitorear recursos físicos vía gestión SNMP basados en MIB e implementar cambios y configuraciones vía protocolo NETCONF usando archivos XML, asociado al HFB [capítulo 3.6]. También se referencia el caso (3) donde el controlador SDN es parte de la NFVI como cliente del hipervisor del caso (1).

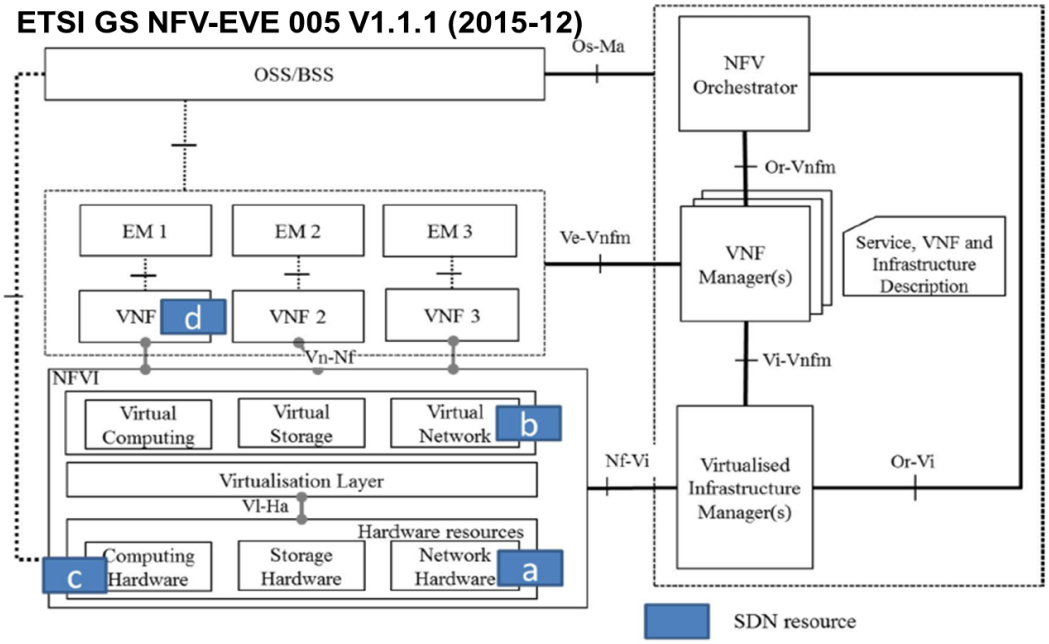


Figura 3.2.a - Identificación del recurso SDN controlador en arquitectura ´ETSI – NFV´ [8.II, capítulo 4.3.3].

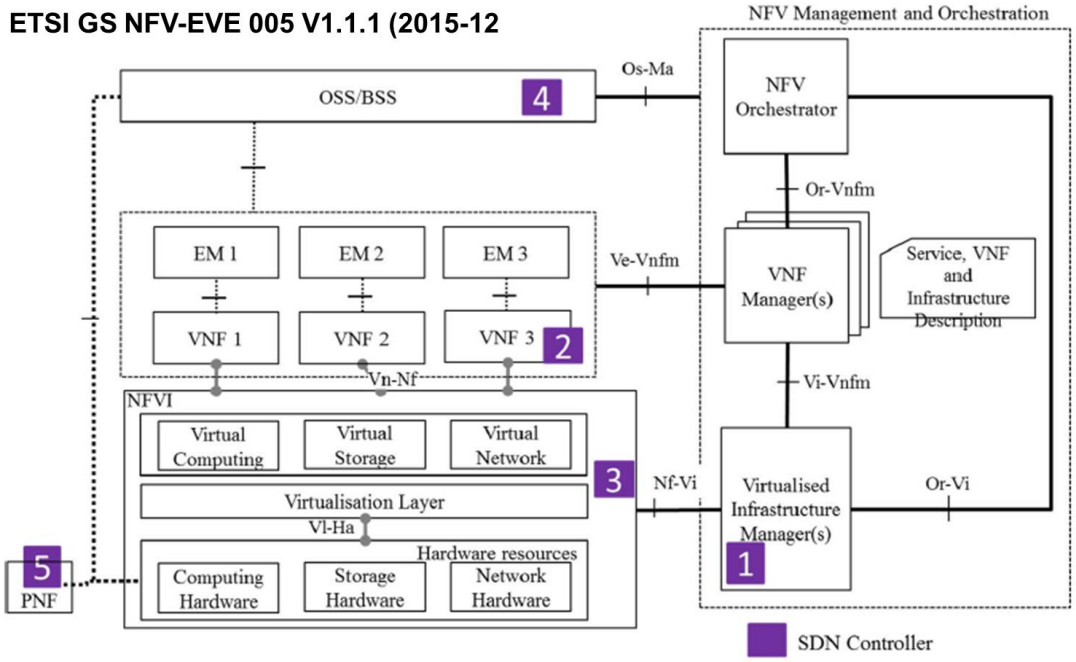


Figura 3.2.b - Localización de controlador SDN en arquitectura ´ETSI – NFV´ [8.II, capítulo 4.3.4].

La figura [3.2.a] presenta una abstracción a los recursos de infraestructura como es el caso (a) de un elemento de red, caso (b) de un elemento virtual de red, caso (c) de la habilitación capacidad ´switch´ con ´NIC´ o un ´e-switch´ y caso (d) de un elemento de red con capacidad VNF. La figura [3.2.b], se visualiza la ubicación de los controladores como se presenta en el caso (1) asociado al controlador SDN que se fusiona con la funcionalidad de administración de infraestructura virtualizada o VIM, como ejemplo se presenta al gestor de los hipervisores cumple con este alcance, el caso (2) muestra al controlador SDN que esta virtualizado como una VNF, para implementar OAM&P sobre elementos enrutadores, el caso (3) donde el controlador SDN es parte de la NFVI como cliente del hipervisor del caso (1), para el caso (4) el controlador SDN es parte de la OSS/BSS, para implementar OAM&P y el caso (5) donde el controlador SDN está sobre un elemento que soporta implementación sobre el medio físico o ´PNF´.

3.2 Virtualización y módulo de control

El DAL también entrega gestión sobre el hardware del NE y/o NR, virtualizados en un HFB asociado al plano de operación de estos, como son los presentados en la tabla [3.1], asociado a la señalización OAM requerida. En esta capa se entregan elementos para la virtualización vía MIB, [Anexo D ´Tabla MIB´].

Para la descripción de los elementos que componen el módulo del plano de control o CAL, basaremos nuestras referencias tomando las recomendaciones que entrega la ´UIT- T´ [9.XX] que define aspecto asociado a la interconexión de sistemas abiertos, inter-funcionamiento entre redes, gestión de redes, seguridad y aplicaciones entre otros, que definirán el plano de control, utilizando la virtualización de la red y su reconocimiento topológico para implementar servicios definidos para el BH&FH. El trabajo soporta su descripción según protocolo interior IS-IS [22.XXI] como IGP para el reconocimiento topológico de elementos de red, basados en algoritmo de ´Dijkstra´ para determinar las rutas basadas en las métricas [22.XXI, capítulo 7.2.2]. Según recomendación de red ´RFC:1142´ e 'ISO/IEC 10589´, actualizada en cuanto a sus elementos de seguridad en la ´RFC 7142´, se referencia protocolo basado en unidades de paquetes de datos o PDU [9.XXII, capitulo 7], como se presenta en la figura [3.3], los encabezados informan el estado del enlace mediante unidad de datos PDU o LSP para la capa de enlace de datos o LLD, para cada segmento de red y de esta forma definir las políticas de reenvió. Se presentan recomendaciones ´UIT-T´ para los modelos de servicios de red para las capas de enlace de datos o L2 [9.XVIII], capa de red o L3 [9.XVI] y capa de transporte o L4 [9.XVII].

La parametrización de la calidad de servicio QoS considera referencias ´IEEE P802.1DC´ y futuras recomendaciones definidas ´IEEE P802.1XY´ para su implementación. Según lo definido por el comité de estándar ´LAN/MAN´ ´IEEE 802 – LMSC´ que específica para los servicios ´IEEE 802.1Q – 2018´ asociado a la gestión de colas de tráfico, control de congestión, políticas de egreso como control de tráfico de egreso o ´shaping´, selección de transmisiones vía MIB. Las informaciones entregadas por las MIB anteriormente indicadas son procesadas por las unidades de datos del protocolo de red NPDU para el control del flujo de tráfico. Consideramos la recomendación ´UIT-T Y.2113' que especifica el control

dinámico de QoS de los servicios ethernet para redes de próxima generación o ´NGN´. Específicamente, entrega definiciones de servicio y requisitos generales, una arquitectura de control de QoS y un conjunto de mecanismos de administración de tráfico para NGN basadas en servicios ethernet. La OAM es relacionada y asociada al control SDN usando las MIB basados en el modelado de los datos junto con los mecanismos de protección y restauración que se especifican con referencia a otras recomendaciones anteriormente indicas en tabla [2.5]

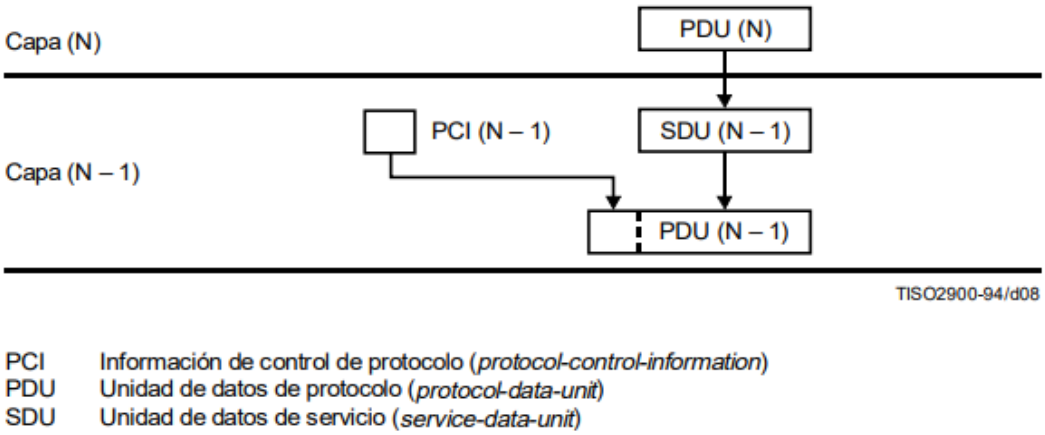


Figura 3.3 - Encapsulamiento de capas superiores y metadato PDU [9.XX, capítulo 5.8.6, [23.XI].

En la figura [3.3] no implica ninguna relación posible entre la información de control de protocolo y los datos de usuario en las unidades de datos de protocolo. En el caso de concatenación, una unidad de datos de protocolo (N), no incluye por fuerza una unidad de datos del servicio (N). Una unidad de datos de protocolo (N) puede tener una correspondencia uno a uno con una unidad de datos de servicio (N – 1), pero también son posibles otras relaciones. En la figura [3.3], se representa la relación entre unidades de datos del servicio (en la capa ´N´), unidades de datos de protocolo (N) y unidades de datos del servicio (N – 1) dentro de una capa. Se muestra la correspondencia entre unidades de datos entre capas adyacentes (´N´ y ´N-1´). Todas las conexiones (N) requieren procedimientos de establecimiento y liberación. Estos procedimientos o protocolos de control de la información o ´PCI´ se pueden diseñar para enviar un PCI (N) por la misma conexión (N) que los datos

de usuario (N) (lo que se denomina a menudo dentro de la banda), se pueden diseñar para enviar PCI (N) por una conexión (N) diferente a los datos de usuario (N) (lo que se denomina a menudo fuera de la banda), o pueden ser unos procedimientos previos cargados. [9.XX, capítulo 5.8.6].

El modelo de abstracción [23.VII. 23.VIII, 23.IX] definido por la ´ISO/IEC 8648:1988´ como se representa en las figuras [3.4.a] y [3.4.d] contempla varios elementos asociados a un sistema intermedio IS como son una abstracción de una sub red o SN real directamente conectada con otra, una única inter función de dos o más sub redes reales, una sub red real con una inter función asociada, los cuales usan un distintivo o ´ID´ para la abstracción de una SN real para su unidad de inter función. Todas las partes definidas pueden ser representadas en un plano abstracto. Estos pueden ser implementados en la finalización del sistema real o ES, asociado a un HFB. El objetivo de la inter función o ´IWU´ como se presenta en la figura [3.4.d], es facilitar la interconexión de distintas sub redes reales, en el caso de que la inter función está separada físicamente de la SN real como lo especifica el ´ETSI-NFV' [capítulos 3.6], cada parte se puede definir como un IS interconectado entre sí. Los sistemas de finalización o ES son los encargados de completar el L3 para soportar el control extremo a extremo. La abstracción de un conjunto de capacidades limitadas entre un ES real y una SN real, está en el servicio de transmisión de datos. Diferentes tipos de transmisiones están disponibles en L1 y L2 como servicios [23.VI, 23.X] orientados a la conexión o ´CNSN´ o no conectados ´CLSN´ para proveer del servicio de transmisión de datos.

Real world object ISO 8648:1988	Graphical representation of real world object	Corresponding abstract element	Graphical Representation of abstract element
Real system		System	
Real open system		Open system	
Interworking unit	IWU	Relay system	Intermediate system
Real subnetwork	Real subnetwork	Subnetwork	Intermediate system *
Real end system		End system	End system

Figura 3.4.a - Correspondencia entre el mundo real y elementos abstractos (*Para los ES los cuales están directamente conectada serán representada sus interconexiones gráficamente como un único enlace a diferencia de los IS [9.XXVIII].

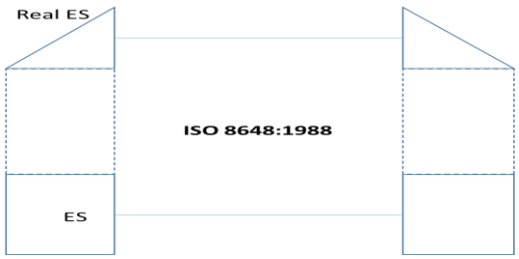


Figura 3.4.b - Diagrama de interconexión para comunicación directa entre ES (sin IS), [9.XXVIII].

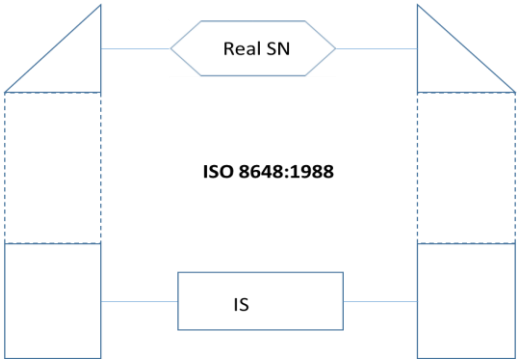


Figura 3.4.c - Diagrama de comunicación entre ES, pasando por un IS, [9.XXVIII]..

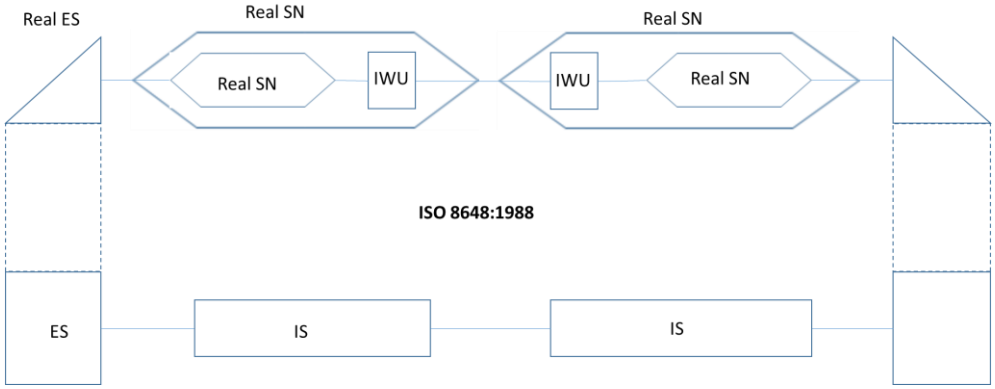


Figura 3.4.d - Representación de cada subred y su función de interconexión, [9.XXVIII].

En las figuras [3.4.a], [3.4.b], [3.4.c] y [3.4.d] se representa el modelo ISO de abstracción de NE y/o NR y su inter-funciones o IWU, estas permiten visualizar la entrega de servicios en L1 y L2 en la modalidad CNSN o CLSN entre los ES. El presente documento se enfoca en la descripción del modelo letra (d), con servicios no orientados a la conexión, asociados a servicios L2 y con un IS definido para la virtualización de la IWU que deberá implementarse sobre la red real. Para el caso del plano de reenvió, se considera la misma descripción, pero finalizado en servicios CLSN [23.II] en L2 con protocolo soportando ´IEEE 802.1aq - 2012´ [22.V, capítulo 4].

3.3 Reconocimiento topológico y servicios de red

Respecto a la capa de abstracción de la red asociado a la figura [3.1] o NSAL, el trabajo basa su descripción en la recomendación ´ETSI-NFV´, para definir el modelo de red OAM&P de la solución, según se describe en el capítulo [3.1], donde se referencia la gestión de los planos MAL y CAL de los bloques HFB en L3. Para el plano de reenvió de datos en plano DAL asociado a los elementos de tránsito se propone elemento ´MAC- Relay´ como se describe en la figura [4.4], de datos en L2 y basados en las referencias MEF 23.2 [14.II] asociado a la definición de la QoS y cumpliendo con los parámetros definidos en la tabla [3.1] asociado a los retardos de trama (FD) y los tiempos medios esperados (MFD), como también el porcentaje de trama pérdidas (FLR), el rango esperado de retardo de tramas (FDR) y el retardo entre tramas (IFDV) o ´jitter´ para servicios eMBB, URLL y de gestión.

Tabla 3.1 Requerimientos QoS definidos para servicios al BH según referencia MEF 23.2

Application	FD	MFD	FLR	FDR	IFDV
Mobile Backhaul H	10 ms	7 ms	1e-4	5 ms	3 ms
Mobile Backhaul M	20 ms	13 ms	1e-4	10 ms	8 ms
Mobile Backhaul L	37 ms	28 ms	1e-3	Not specified	Not specified

Con el objetivo de soportar un gran dominio de servicios o NS, la provisión de enlaces se realiza entre dominios de forma jerárquica, un gran dominio puede ser divididos en áreas como se representa en la figura [3.5]. Cada sistema reside solamente en un área, los enrutamientos de un área son enrutamientos ´nivel 1´, el enrutamiento entre área se denominan encaminamientos ´nivel 2´, un IS de ´nivel 2´, permite tomar una unidad de datos de protocolo de red o NPDU (sigla que proviene del inglés ´Network Protocol Data Unit´) [23.V] de un área y enviarla a otro IS de un área distinta a la de origen. La comunicación entre IS de ´nivel 1´ de diferentes áreas o dominios debe pasar por un IS de ´nivel 2´. El ES entrega NPDU a otros IS o ES, pero no conmuta NPDU.

Las PDU conforman la unidad básica de control de la red, estas controlan el flujo de datos en plano de reenvió o NSDU (sigla que proviene del inglés ´Network Service Data Unit´) por medio de las NPDU que son usadas por el protocolo de estado de enlace para encapsular un CLNP usando la trama ethernet tipo Ethertype 0x88721.

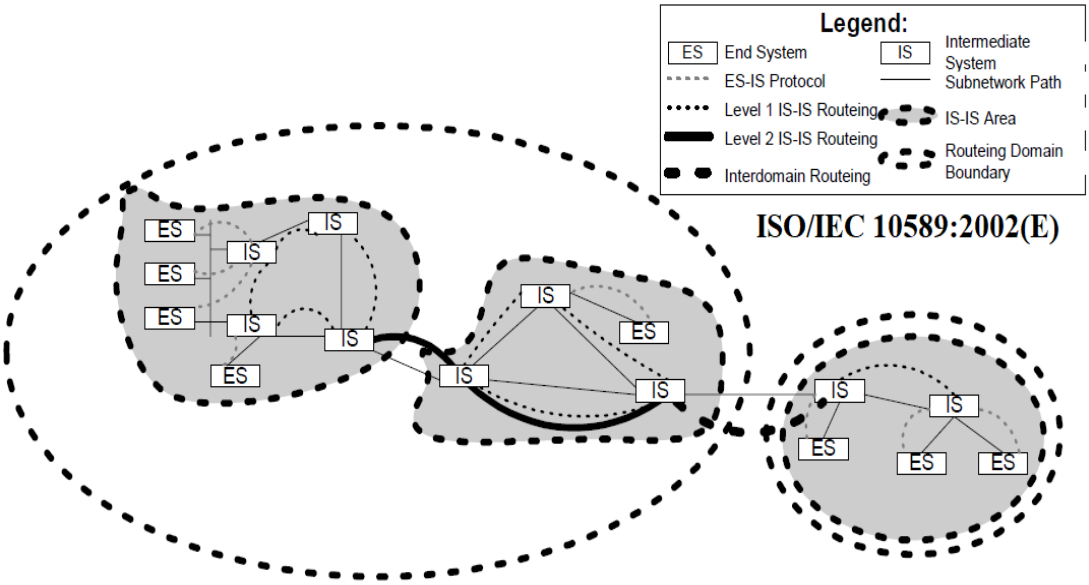


Figura 3.5 - Diagrama topológico según función en el plano de control asociado a la topología y señalización de elementos definidos en ´ISO 10589´, [23.XI]

Según representación topológica entregada en la figura [3.5] asociado al manejo de áreas y límite de dominios, el trabajo conforma límites de dominios, considerando un NSD asociado a un área geográfico conformada por un grupo de TAC. Al interior de este NSD existen múltiples áreas definidas para servicios L1 al interior de un área IS-IS acotada por un TAC especifico, el trabajo profundiza respecto a la implementación de servicios L2. el área núcleo puede soportar una capacidad máxima de 1000 elementos virtuales [22.V], según restricción impuesta por protocolo ´IEEE 802.1aq-2012´. Se considera que los equipos IATN como se representa en la figura [3.6] o elementos ´P´ como se representa en la figura [1.4.c], implementen función de inter-dominios, con la salvedad que, en la virtualización del módulo de ruteo, se deben considerar los identificadores de instancias diferentes para cada dominio por separado. Otra restricción impuesta es la capacidad máxima de IS, que pueden estar asociado a una ruta ES-ES, asociado a un dominio CLNP es de 100 elementos virtuales en una dirección, las rutas son bidireccionales y pueden ser asimétricas, es decir que pueden usar diferentes segmentos en la red para servicios ´IEEE 802.1aq-2012´.

Algunas ventajas que ofrece IS-IS en el plano topológico [23.XI, sección 6.6, 23.XII], son para los servicios multipunto de acceso a red. Se define que para cada NSAP cuya dirección NSAP capítulo [3.5] contengan el mismo prefijo pueden ser accesibles a través del punto de agregación de SN o SNPA, para la implementación de servicios CLSN [23.II.], Con el que se asocia el prefijo, donde este SNPA está conectado a una SN de múltiples destinos del tipo ´ISO 8802-3 LAN´, para servicios ´IEEE 802.1Q-2018´.

El conocimiento basado en componentes de enrutamiento [23.XII, capítulo 5 ´RIB´] como se representa en la figura [3.6] en un intermedio que reúne todas las entidades de la capa de red, de todos los sistemas intermedios dentro de un dominio de enrutamiento que se utiliza para determinar la existencia de una ruta y envía la ´NPDU´ a su destino tiene las siguientes funciones específicas:

• Extrae e interpreta el enrutamiento PCI en una NPDU.

• Realiza el reenvío de NPDU en función de la dirección de destino.

• Gestiona las características del camino. Si un sistema o enlace falla en una ruta, encuentra una ruta alternativa.

• Interactúa con las funciones dependientes de la subred para recibir informes sobre un SNPA que se ha convertido en no disponible, un sistema que ha fallado, o la posterior recuperación de un SNPA o sistema.

• Informa a la función de informe de errores [23.IV, capítulo 6] cuando la función de reenvío no puede transmitir una NPDU. Algunos ejemplos son: cuando el destino es inalcanzable o cuando la NPDU hubiera necesitado ser segmentada y la NPDU solicitada indica su estado (como él ejemplo: “No hay segmentación”).

• El control de la congestión gestiona los recursos utilizados en cada sistema intermedio.

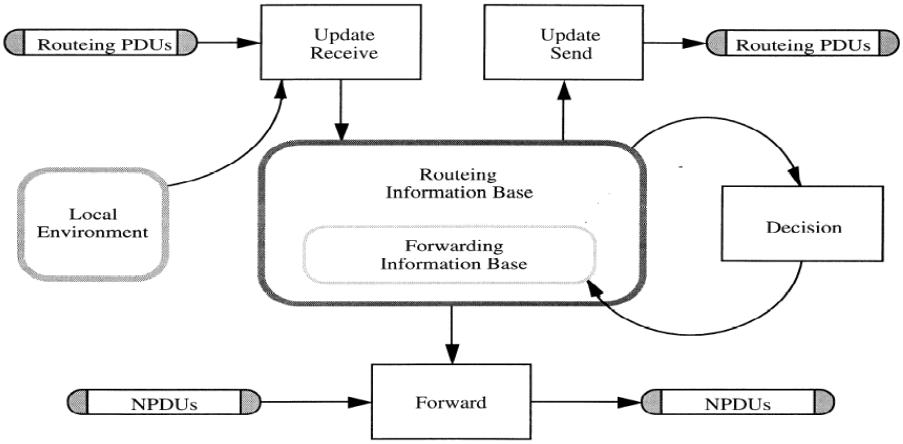


Figura 3.6 - Diagrama funcional del proceso de creación de tabla FIB, usada para el plano de los datos, [23.XI].

Como se presenta en la figura [3.6] el proceso de creación de la base de información de enrutamiento o RIB, que entrega información del tipo de ES o IS y de sus interfaces asociadas. Como parte de su información este incluye, tablas de proximidad de SN o ´next-hop´ de destinos NSAP, como podría ser la local y remota SNPA, que son usadas para envió de PDU. También cuenta con medición de trafico caracterizado por su QoS para los casos de L2, L3 y herramientas de gestión para el control de congestión. Adicionalmente entrega información del mapa de red, donde se representa la topología completa de una parte de la red global y lista de vecinos junto con su caracterización funcional en el plano topológico. La afectación del medio como pueden ser los cambios topológicos y las actualizaciones del estado de los enlaces o LSP para el caso del control en L2, son parte de la recolección de actualizaciones requeridas por el RIB, la cual es usada por las VNF implícitas a nivel de decisión y de esta manera establecer la base de información de reenvió o FIB que es implementada en el plano de datos usando VNFF como las instancias ´MAC-Relay´, funciones de reenvió en L2, para el reenvió y etiquetado de las NPDU en el plano de datos para su control. En la tabla [3.2], se resumen las funciones [9.XII, sección 6] de enrutamiento que deberá contener la VNF propios de los HFB asociado NE y/o NR. En tabla [3.3] se presentan las funciones básicas recomendadas para los servicios orientados a la

conexión y los no orientado a la conexión como son los asociados al protocolo de red ´CLNP´.

Tabla 3.2 Clasificación de funciones de protocolo [9.XII, sección 6.21] entregadas por la ´ ISO/CEI 8473-1/UIT-T X.213´ indica tres tipo de estado de protocolo.

Función	Protocolo completo	Subconjunto sin segmentación	Subconjunto inactivo
Composición de PDU	1	1	1
Descomposición de PDU	1	1	1
Análisis de formato de encabezamiento	1	1	1
Control de duración de PDU	1	1	N/A
Encaminamiento de PDU	1	1	N/A
Envío de PDU	1	1	N/A
Segmentación de PDU	1	N/A	N/A
Reensamblado de PDU	1	N/A	N/A
Descarte de PDU	1	1	N/A
Informe de error	1	1	N/A
Detección de error de encabezamiento	1	1	N/A
Seguridad	2	2	N/A
Encaminamiento de origen completo	2	2	N/A
Registro de ruta completa	2	2	N/A
Petición en eco	2	2	N/A
Respuesta en eco	2	2	N/A
Encaminamiento de origen parcial	2	2	N/A
Registro de ruta parcial	3	3	N/A
Prioridad	3	3	N/A
Mantenimiento de la calidad de servicio (código de formato 00)	2	2	N/A
Mantenimiento de la calidad de servicio (otros códigos de formato)	3	3	N/A
Notificación de congestión	3	3	N/A
Relleno	3	3	N/A
Control de alcance	3	3	N/A

NOTA 1 – Aunque se proporcionarán las funciones de informe de error y de detección de error de encabezamiento, éstas se invocan solamente cuando son seleccionadas por la entidad de red de origen.

NOTA 2 – El funcionamiento para la definición de funciones de tipo 3 es que en el caso de algunas funciones es más importante enviar las PDU entre sistemas intermedios o entregarlas a un sistema de extremo que sustentar las funciones. Las funciones de tipo 3 se deben utilizar cuando son de carácter informativo; no pueden hacer que se descarte una PDU cuando no son admitidas.

Como se expresa en tabla [3.2], la clasificación de funciones de protocolo [9.XII, capítulo 6.21] entregadas por la ´ ISO/CEI 8473-1/UIT-T X.213´ indica tres tipos de estado de protocolo. Las funciones de la capa ´LLC´ de ´Tipo 1´ entregan información de forma anónima o sin numeración para entrega servicios ´CL´ y de rendimiento asociado al mejor esfuerzo. Las funciones asociadas a la capa ´LLC´ ´Tipo 2´ entrega confianza y servicios orientado a la conexión, pueden o no ser admitidas, la función es seleccionada en una PDU, descartará esa PDU y se generará otra PDU de informe de error enviada a la entidad de red de origen, a condición de que la bandera de informe de error esté fijada y se satisfagan las condiciones indicadas [9.XII, sección 6.10.4]. Finalmente, el estado ´Tipo 3´ son funciones que pueden o no ser admitidas. Si una realización no admite una función de ´Tipo 3´ y la

función es seleccionada en una PDU, la función no se ejecuta y la PDU es procesada exactamente como si la función no hubiese sido seleccionada. La PDU no será descartada por este motivo.

Tabla 3.3 Funciones utilizadas en modos de comunicación según modelo ´UIT – T serie X orientada a servicios ´CL´ y ´CN´, referencia ´ISO/CEI 7498-1:1994(S) [9.XX, capitulo 5]´

Referencia (Subcláusula)	Función	Con conexión	Sin conexión
5.8.6	Establecimiento y liberación de la conexión	X	
5.8.6.4	Suspensión	X	
5.8.6.5	Reanudación	X	
5.8.7	Multiplexación y división	X	X
5.8.8.1	Transferencia de datos normal	X	X
5.8.8.2	Durante el establecimiento	X	
5.8.8.3	Control de flujo	X	X
5.8.8.4	Acelerado	X	
5.8.8.5	Segmentación	X	X
	Bloqueo	X	
	Concatenación	X	X
5.8.8.6	Secuenciación	X	X
5.8.9.1	Acuse de recibo	X	X
5.8.9.2	Detección y notificación de errores	X	X
5.8.9.3	Reiniciación	X	
5.9	Encaminamiento	X	X
5.10	Calidad de servicio	X	X

Como referencia para SNAP se usará protocolo ´IEEE 802.1aq-2012’ [22.V] para la comunicación de las SN con capacidad de servicio PBB o Mp2MP y ´IEEE 802.1Qav´ en los casos que se requería capacidad TSN en el FH, estos entregan capacidades para proveer servicios de transmisión o ´PBB-TE´ ampliando las funcionalidades entregadas por el estándar ´IEEE 802.1ah´ en conjunto a la virtualización vía uso de MIB. Para el caso de los servicios PBB-TE o P2P como servicios de transporte y soporte de ingeniería de tráfico se considera referencia ´IEEE 802.1Qay´.

Cada SN con capacidad de PBB-TE se identifica por tres elementos asociado a las NPDU, los asociados a las direcciones origen del SN o ´B-SA´, dirección destino de la SN o ´B-DA´ y la etiqueta VLAN o ´B –TAG´ más elemento asociado al plano de control como es el identificador de VLAN o el ´B-VID´ el cual es señalizado vía LSP [22.V, capítulo 12] para

construir la FIB. De este dependerá la habilitación de múltiples rutas, la prevención de duplicación de MAC en el plano de datos y la gestión de enlaces como lo son la conmutación del trafico según sus métricas (sub –TLV 29) [22.V, capítulo 15]. La convergencia de los servicios en el plano de reenvió de datos, dependerá SFC basadas en la información de los LSP recibidas para controlar el plano de reenvió de datos mediante las NPDU como son los datos de ruta SPMB [22.V, capítulo 4] y de control asociado a las SN, este utiliza los servicios entregados por las capas inferiores [23.IV, capítulo 8] (referido a L1 y L2) para la convergencia. Las funciones dependientes de subred o SNDF como se grafica en las figuras [3.7], [4.5.a] y [4.5.b], toma la información del plano de control y realiza acciones sobre el plano de servicios mediante una función dependiente SNDF, estas funciones permiten administrar y caracteriza la información obtenida de los puntos de agregación o SNPA como es la información que será obtenida a través de las MIB [23.III] para la virtualización de los elementos en L1 y L2. Cada SN con su SNDF descritas en ´ISO/IEC 8648:1988´, debe ejecutar funciones específicas a los requerimientos de QoS para cada SN [23.IV, capitulo 8, 23.V, 23.VI]. Las SNDF proporcionar información para la NPDU de ruta usada por la VNFF que referencia a un elemento IS o ES. El ES se asocia a una instancia de reenvió o ´MAC-Relay´ (ver figuras [4.3] y [4.4]) definida en un dominio CLNP sobre la capa L1 y L2. También proporcionan VNF asociada a elementos de QoS según clasificación requerida para cada servicio definidos en tabla [2.1], donde se especifican los requerimientos técnicos mínimos para los diferentes rendimientos [6.IV].

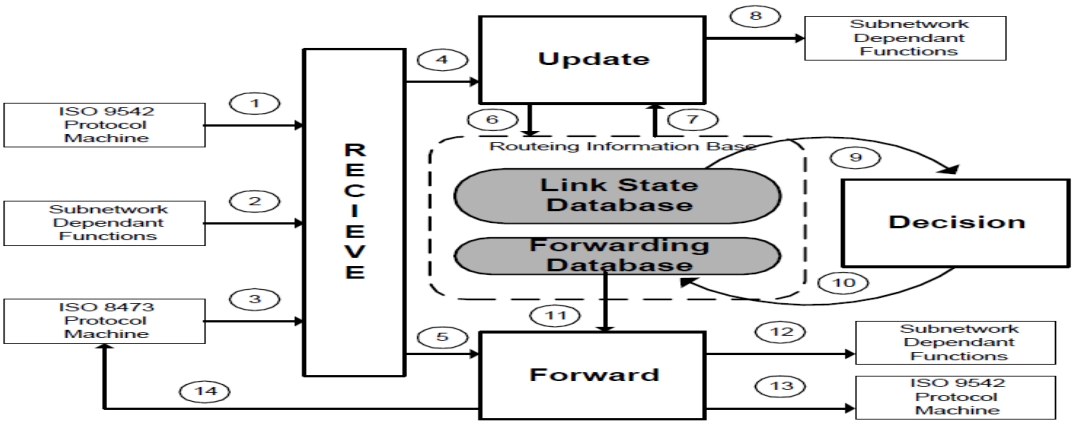


Figura 3.7 - Descomposición de subred de función independiente, ISO/IEC 10589:2002(E) ´, [23.XI, capitulo 6.8].

En la figura [3.7] se presenta el RIB conformado por la base de estado de enlace o LSD que contiene información de las últimas PDU de estado de enlace de todos los demás sistemas intermedios o IS del área, el proceso de decisión calcula la ruta más corta LSP entre este IS a todos los demás sistemas en el área (9) como se representa en la figura [3.7]. La LSD mantiene el proceso de actualización de la FIB mediante la interacción de la función dependiente del protocolo IS-IS el que mediante LSP informa estado del enlace. La ejecución del proceso de decisión da como resultado una tabla con adyacencias [23.XI, capítulo 6.5.2], asociado a la interfaz de servicio en la SN, que son almacenados en la FIB (10) y utilizados por la VNFF para reenvió de NPDU. El proceso de actualización construye, recibe y propaga LSP. Cada LSP asociado a un enlace contiene información sobre el valor de identidad y de las métricas del enrutamiento de las adyacencias del IS que originaron las LSP. El proceso de actualización recibe secuencia enumeradas del proceso de recepción (4) como en la figura [3.7] y coloca las actualizaciones de enrutamiento en la RIB (6), también propaga la información de enrutamiento a otros IS (7) y (8). El proceso de recepción obtiene sus entradas de las fuentes como son, las PDU recibidas del identificador de protocolo de capa red NLPID de enrutamiento al interior del dominio (2) y de la información de enrutamiento derivada por el protocolo ES-IS de la recepción de las PDU [23.III]. Luego realiza las acciones que pueden implicar pasar la PDU a alguna otra función, como lo es el proceso de reenvío para (5) y (11). Este último proceso realiza una búsqueda en la FIB (11),

para determinar las adyacencias de posibles salidas a utilizar para el reenvío a un destino determinado, elige una adyacencia (12). También genera indicaciones de error a ´ISO 8473´ [23.IV] (14) y señalización ´ISO 9542´ [23.III] para emitir PDU direccionamiento (13) definido en ´RFC 1162´ para el manejo de MIB.

Para todos los efectos consideramos que los NE y/o NR cumplen referencias ´ETSI - NFV´ implica que permiten virtualizar el proceso de reenvíos en el plano de datos de las SN en base a modelo ´IEEE 802.1ABcu´ adquisición de datos vía MIB [23.III] en base al estándar ´IEEE 802.1AB-2016´. Respecto a Los objetos gestionados y los atributos definidos para fines de gestión del sistema, se describen los procesos y bases de datos que son utilizados internamente por las funciones independientes como se representa en la figura [3.7] de la SN.

3.4 Calidad de Servicio ´QoS´

Los requerimientos de calidad en el acceso asociado a servicios del BH&FH [23.V], implican nuevas opciones para las NPDU [23.IV, capítulo 6, anexos A6, A7.1, B] como son las asociada al BFD [22.VI, capítulo 7], que deberán ser ajustados al tipo de clase o ´TC´, para entregar la resiliencia y tiempos de respuestas definidos frente a cambios en la transmisión producto de incidencias en la ruta del flujo de datos, como son los asociado a la propagación de la señal en el medio físico [9.VI, anexo II] y que están asociado con el proveer de QoS [9.XXIV, 23.IV, capítulo 8.2] y sincronismo basados en recomendaciones ´IEEE - TSN´ a la SN, donde el parámetro de mantenimiento de la QoS transmite información sobre la QoS solicitada por la SN mediante una PDU [23.IV, capítulo 6.16 – 6.21, 7.5.6]. Otra herramienta es la priorización, que permite organizar los envíos según etiquetas de priorización [23.IV, capítulo 6.17, 7.5.7] para administrar el ´BW´ disponible en estado de congestión de un enlace [23.IV, capítulo 6.18]. Para la validación de los elementos de control de la infraestructura NFVI como son las abstracciones CAL y MAL [23.IV, capítulo 6.19-6.20], se considera control de envió mediante prefijos.

Para el modelado DAL, CAL y MAL asociado a la implementación de QoS, se contemplan referencia entregadas por ´IEEE DCB TG´ (sigla que proviene del inglés ´ Data Center Bridging Task Group´) que contempla herramientas y modelos para la virtualización e

implementación o PICS (sigla que proviene del inglés ´Protocol Implementation Conformance Statement´) para implementar OAM&P de la QoS definidas en el estándar en desarrollo indicadas por ´IEEE P802.1DC´, el cual contempla la notificación basada en el estándar ´IEEE 802.1Qau´ el que proporciona administración de congestión o ´CM´ de extremo a extremo para protocolos que aún no tienen mecanismos de control de congestión incorporado, este proceso permite reaccionar a la congestión de manera más oportuna que ´TCP´, otra facilidad es el protocolo para la selección de transmisión mejorada o ´ETS´ basado en referencia ´IEEE 802.1Qaz´, el cual proporciona un marco de administración común para la asignación de ancho de banda de las clases de tráfico definidas en tabla [3.4], agrupadas por latencia, disponibilidad o capacidad, al contar con referencia por grupos. Otro elemento de gestión está asociado al control de flujo basado en prioridad o PFC definido según estándar ´IEEE 802.1Qbb´ proporciona un mecanismo de control de flujo a nivel de enlace que administra de forma independiente cada prioridad agrupadas o ´PG´ (del 0 al 7 asignación según TC, la 15 es para trafico URLL, de la 8 a 14 son etiquetas de control), con el objetivo de asegurar la QoS para cada grupo (del 0 al 7) y una pérdida cero para ciertos flujos (grupo 15) debido a la congestión en las redes DCB, todo esto soportado en el estándar ´IEEE 802.1Abu´ para el modelo ´YANG, del protocolo de descubrimiento de capa de enlace o LLDP. Para el caso de servicios punto a punto sobre equipos IATN, se recomienda capacidad de ingeniería de tráfico o TE, sobre una SN basada en el estándar ´IEEE 802.1Qay´ asociado al modelado ´YANG´ para tales fines y como referencia funcional en base a recomendación ´ITU-T Y.2113 (01/2009)´ [9.XXVII, capítulo 8.3 a 8.5], entrega especificación técnica para la parametrización de servicios ethernet recomendados por el ´MEF 10.1´ y ´MEF 23.1´. Los mecanismos de gestión del tráfico también se dividen en aquellos mecanismos implementados en el borde de las redes como se presenta en la figura [4.4] ya sean en la interfaz entre el cliente y el operador como tambien las implementadas dentro de la red para garantizar que el volumen de tráfico no exceda el ancho de banda o para tratar las tramas ethernet basados en sus requisitos de rendimiento. Los principales componentes asociado a los mecanismos de borde se denominan colectivamente como condicionamiento del tráfico como se describe en la referencia ´UIT-T G.8021´. En su forma general, las funciones de acondicionamiento de tráfico están compuestas por las funciones de clasificador de tráfico, medición, marcador, cuentagotas y modelador como se representa en la figura [3.8.b], referencia ´ITU-T Y.2113´, ´MEF 10.1´ el que define ´CIR´ (tasa de información comprometida) y EIR (tasa de información en exceso). Relacionados con ´CIR´

y EIR están el tamaño de ráfaga confirmado (CBS) y el tamaño de ráfaga en exceso (EBS). Los marcos se aceptan a la tasa de acceso (AR) siempre que estén dentro de sus tamaños de ráfaga. De lo contrario, los marcos se declaran no conformes según la definición de conformidad. Además, hay dos parámetros opcionales utilizados para determinar el comportamiento del algoritmo, el indicador de acoplamiento (CF) y el modo de color (CM) como se define en ´UIT-T G.8021'.

Para el caso de los servicios sobre bandas milimétricas y microonda contamos con la referencia asociado a los requerimientos del plano usuario o ´UP´ y plano de control o ´CP´ como se detalla en tabla [2.1], donde se especifican los perfiles de tráfico para cada servicio y plano indicado en figura [3.1]. Para la convergencia en el transporte consideramos las TC indicadas en tabla [2.6]. También están los requerimientos asociados al servicio sobre el FH indicados en tabla [2.4]. Para el caso de transporte sobre redes de accesos de tecnología óptica [9.VI, anexo III], se toma como referencia las lambdas en la banda de los nanómetros [9.V.a, 9.V.b] y asociado al portador y su distancia entre elementos, los cuales deben automáticamente ser identificados y controlados. Los parámetros a controlar son los asociados a la asimétrica en el ´UL´ y el ´DL´ de tráfico en el plano de datos, retardos en los elementos de control y plano datos [9.VI, anexo II] y sincronismo como se representa en la figura [3.8.a].

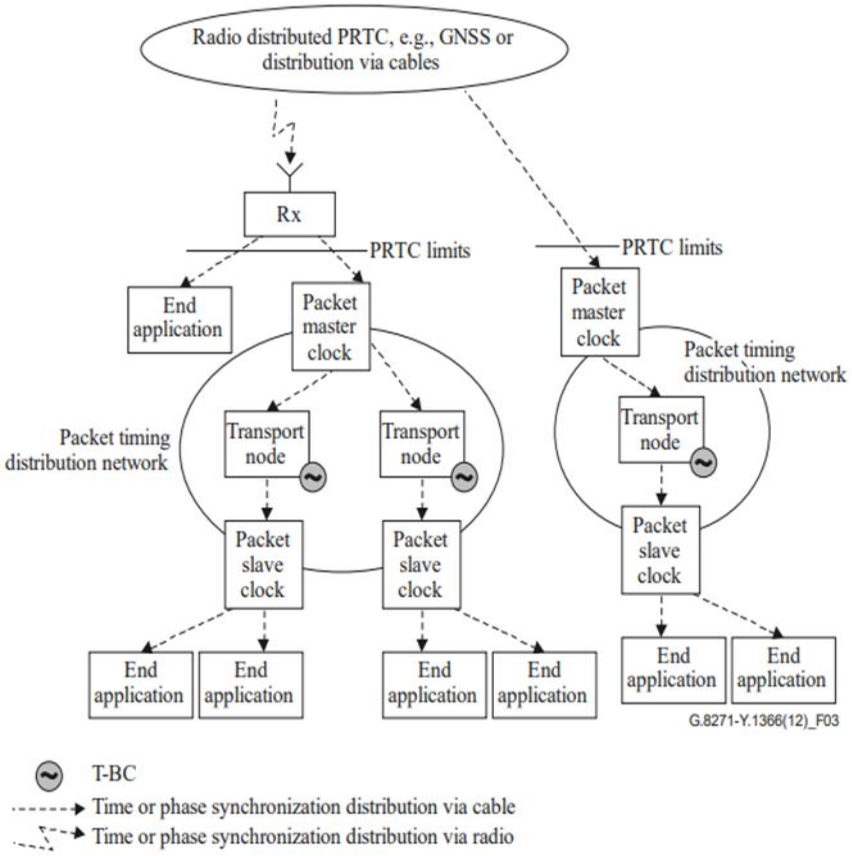


Figura 3.8.a - Diagrama jerárquico PTP, referencia G.827-Y.1366(12)_F03, [9.VI].

La figura [3.8.a] indica los elementos que componen la distribución del sincronismo mediante redes de paquetes, los cuales afectan la convergencia producto de la dinámica del medio de transporte y la del medio físico óptico o L1, se deben modelar en una VNF y ajustados mediante SFC (ver figura [4.5], funciones dependientes de convergencia en la capa ISS y funciones independientes en la capa EISS) requeridas por el estándar ´IEEE 802.1ASbt´, para proporcionar sincronismo en frecuencia y fase, son convocadas por una VNF asociada al plano CAL quien administra la QoS del flujo e interactúa sobre la capa de abstracción de los NE y/o NR denominada DAL. El DAL permite obtener las mediciones del medio de las MIB gestionadas por la capa MAL del NE o NR, tomamos como referencia MIB asociada al estándar ´IEEE 802.1Qav´. En la figura [3.8.a] se representa diagrama en

bloques de los elementos que componen la red de sincronismo. El protocolo de precisión de tiempo o PTP, será ajustado mediante una VNF usando SFC para ser implementada en un elemento de infraestructura de red asociada al sincronismo.

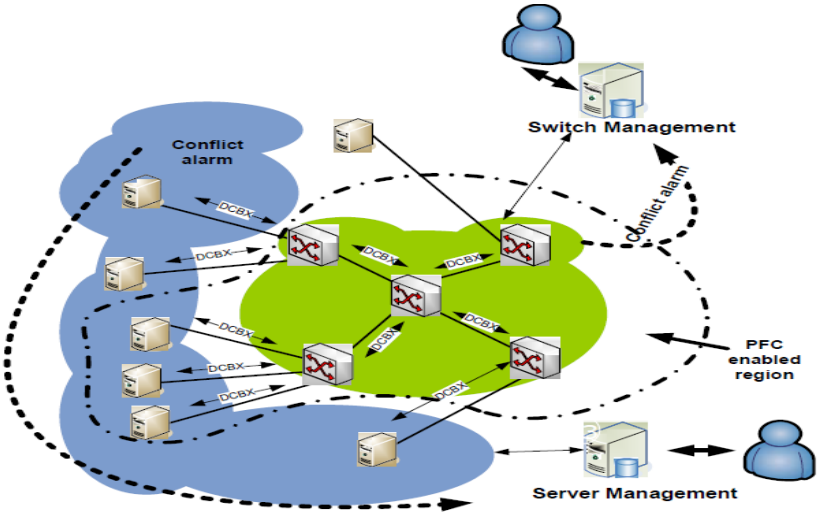


Figura 3.8.b – Desarrollo de escenarios QoS usando protocolo de intercambio de capacidades de ´Bridge Datacenter´(DCBX). Referencia ´IEEE P802.1DC´ [10.X]

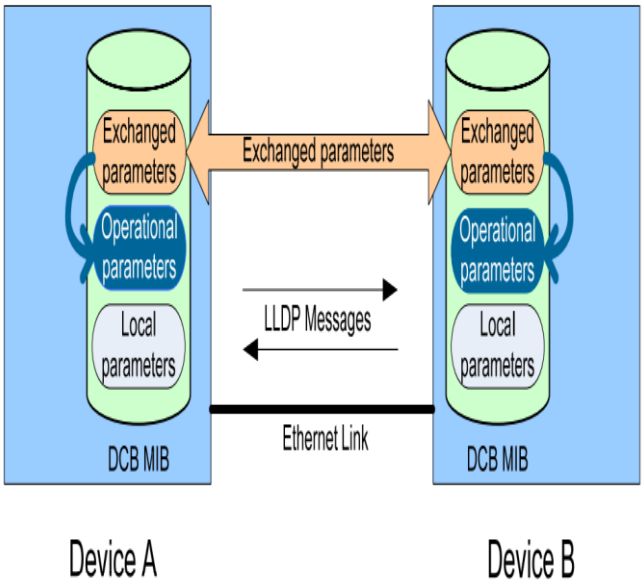


Figura 3.8.c - Parámetros de intercambios basado en LLDP (Protocolo de descubrimiento de nivel de enlace), [10.X].

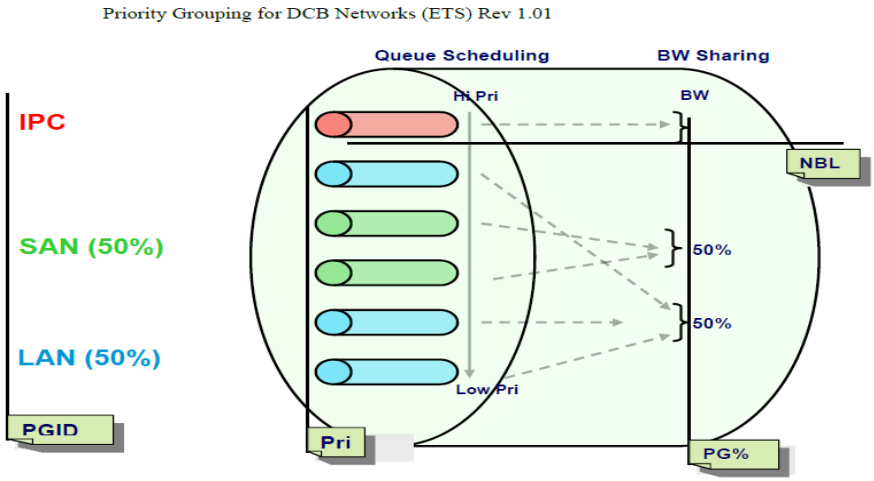


Figura 3.8.d - Prioridad por grupos para las diferentes TC basadas en convergencia PFC, AVB Y ETS, referencia ´ IEEE - 802.1Qaz´.

Como se representa en las figuras [3.8.b] y [3.8.c] la propagación del plano de control asociado a la QoS mediante señalización LLDP basadas en ambiente SDN, para implementar QoS según estándar ´IEEE DC´ [10.X], este permite intercambios de parámetros MIB, característica TLV, notificación de congestión, grupos de prioridad, control de flujo basado en la prioridad entre vecinos. El protocolo DCBX usa LLDP para conocer las capacidades del dispositivo homólogo y si admite una función particular como los grupos de prioridad (PG) basados en convergencia ´IEEE 802.1Qbb´ que define el control en la priorización de flujos (PFC), los estándares ´IEEE P802.1Qvb´ y ´IEEE 802.1Qav´ para el manejo de tráfico sensible a retardos ´AVB´ y la referencia ´IEEE 802.1Qaz´ para la selección mejorado de la transmisión (ETS), en base a las TC de tráfico definidas en tabla [2.6]. En la figura [3.8.d] se grafica los componentes asociadas a la configuración del enlace [10.XI], basadas en prioridades la implementación de tres ´PG´ asociado a las TC de servicios URLLC (identificado como ´IPS') asociada al ID número 15 de la PG o ´PGID´. Los servicios TC asociado a mMTC con requerimientos de capacidades TSN (identificados en la imagen como ´SAN´) y los servicios eMBB (representado como servicios ´LAN´). La imagen también muestra como ejemplo 6 prioridades mapeadas a 3 grupos de asignación de BW.

3.5 Direccionamiento

La estructura de direccionamiento que compone cada virtualización del NE y/o NR [23.XI, capítulo 7.1] asociado al NSAP o la entidad de títulos de red o NET [9.XVI, anexo A.8] como se representa en la figura [3.9] según ´ISO IEC 8348´, se encuentra contenida en el protocolo de red para la información de dirección o NPAI este cuenta con el formato que representa la figura [3.10] para la comunicación entre dominio, el plan de asignación es de forma manual o vía DHCP (domain host control protocol) para cada elemento IS o ES.

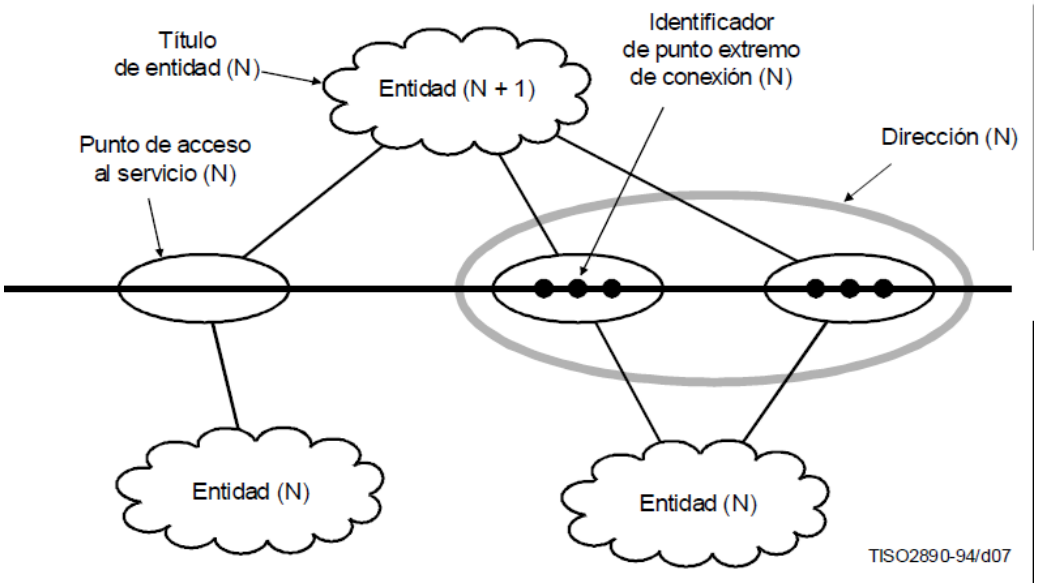


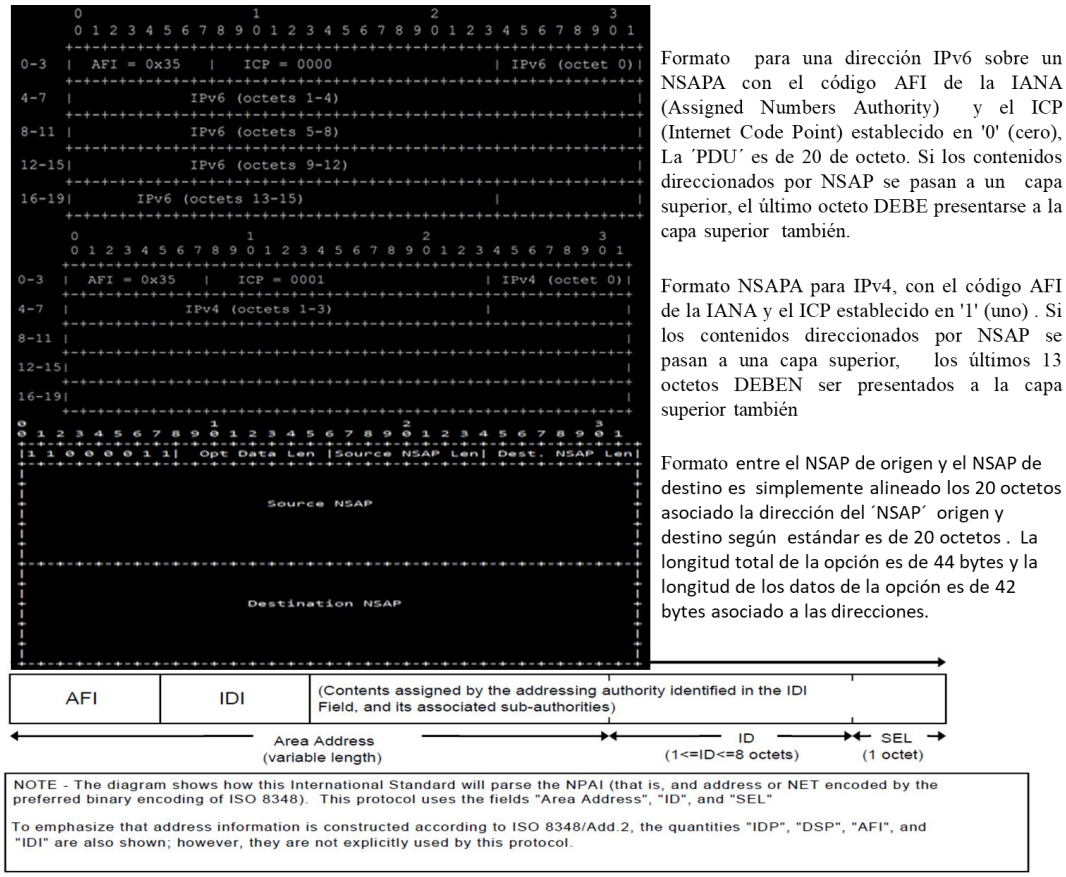
Figura 3.9 - Estructura de entidades de servicio o NSAP y puntos de agregación NSPA, [9.XVI].

En la figura [3.9] se identifican las direcciones NET, que son básicamente direcciones NSAP con el campo NSEL a 0x00. Este puede ser un identificador de una entidad de red ya sea un IS, ES o de una instancia de ´MAC-Relay´ [Figura 4.5], los títulos de las entidades se asignan desde el mismo espacio de nombres que las direcciones NSAP, y la determinación de su nombre en una dirección de NSAP o un título de entidad de red que depende del contexto en el que se interpreta el nombre asociado al protocolo de red. Algunos ejemplos como los parámetros de ruta y registro de ruta [23.V, capítulo 7.5.4 y 7.5.5] son títulos de

entidad de red. Los valores de los parámetros de dirección de origen y dirección de destino en la PDU de informe de errores definida en [23.V, capitulo 7.9], la PDU de solicitud de eco [23.V, capitulo 7.10] y en la PDU de respuesta de eco definida [23.V, capitulo 7.11], también son títulos de entidad de red.

Los tipos de entidad (N), contienen un conjunto de capacidades definidas para la capa (N), este es un elemento activo dentro de un subsistema (N) que incluye un conjunto de capacidades definidas para la capa (N) que corresponde a un tipo de entidad (N) específico (sin utilizar ninguna capacidad adicional). Estas entidades son invocadas para el uso específico de todas las capacidades de una entidad (N) determinada o parte de ellas (sin utilizar ninguna capacidad adicional). De estas observaciones se desprende que las entidades (N) se refieren solamente a las propiedades de una asociación entre entidades (N) pares, mientras que una invocación de entidad (N) se refiere a las ocasiones específicas y dinámicas de intercambio real de información. Una conexión real se establece siempre con una invocación de entidad (N) específica, aunque la petición de conexión se hace a menudo a una invocación de entidad (N) arbitraria (de un tipo específico). Si una invocación de entidad (N) conoce el nombre de la invocación de su entidad (N) par, es capaz de pedir otra conexión a esa invocación de entidad (N). Con excepción de la capa más alta, cada capa (N) que proporciona servicios (N) a las entidades (N+1) de la capa (N+1) en el SAP (N). De las propiedades de las SAP (N) [9.XX, capítulo 5.5], se supone que la capa más alta representa todas las utilizaciones posibles de los servicios que proporcionan las capas más bajas. Cuando las entidades (N) sustentan el modo sin conexión, mantienen una vinculación con los puntos de acceso del servicio (N) apropiados para entregar los datos sin conexión a las entidades (N+1), en cualquier de los casos de transmisión entre las entidades (N+1) deben utilizar el mismo modo de servicio (N). Los servicios en modo con conexión (N) y en modo sin conexión (N) se caracterizan por las facilidades que ofrecen a las entidades (N+1) y por la ´QoS´ vista por éstas. Para los servicios en modo con conexión (N) y en modo sin conexión (N), la capa (N) puede proporcionar funciones para mejorar las facilidades ofrecidas a las entidades (N+1) y la QoS vista por éstas con respecto a las ofrecidas a la capa (N) por la capa (N-1) y si fuera necesario, efectuar la conversión entre un modo de servicio y otro. La transmisión en modo sin conexión es la transmisión de una sola unidad de datos de un punto de acceso al servicio de origen a uno o más puntos de acceso al servicio de destino sin establecer una conexión. El servicio en modo sin conexión permite a una entidad iniciar

dicha transmisión mediante un solo acceso del servicio. La función de encaminamientos, dentro de una capa que traduce el título de una entidad o la dirección del punto de acceso al servicio al que la entidad está asociada, en un trayecto por el cual se puede llegar a dicha entidad donde el título de entidad (N), es el nombre utilizado para identificar inequívocamente a una entidad (N) como se representa en la figura [3.9], el cual emplea de una dirección de SAP (N) para identificar una entidad (N+1), este mecanismo es más eficaz, si es posible garantizar la permanencia de la vinculación entre la entidad (N+1) y el punto de acceso al servicio (N). Para inicializar y sincronizar el estado de las entidades correspondientes, se intercambia información equivalente donde la información de control y los datos de usuario se transfieren entre entidades (N) en unidades de datos de protocolo (N) o NPDU. Una NPDU (N) es una unidad de datos especificada en un protocolo (N) y contiene la información de control de protocolo (N) y posiblemente datos de usuario como es el tipo de calidad que ese SAP requiere. La información de control de protocolo (N) se transfiere entre unidades (N), utilizando un servicio (N-1). La información de control de protocolo (N) es cualquier información que sustenta el funcionamiento conjunto de entidades (N). Los datos de usuario o NSDU (N) se transfieren transparentemente entre entidades (N) por un servicio (N-1).



Formato para una dirección IPv6 sobre un NSAPA con el código AFI de la IANA (Assigned Numbers Authority) y el ICP (Internet Code Point) establecido en '0' (cero), La ´PDU´ es de 20 de octeto. Si los contenidos direccionados por NSAP se pasan a un capa superior, el último octeto DEBE presentarse a la capa superior también.

Formato NSAPA para IPv4, con el código AFI de la IANA y el ICP establecido en '1' (uno) . Si los contenidos direccionados por NSAP se pasan a una capa superior, los últimos 13 octetos DEBEN ser presentados a la capa superior también

Formato entre el NSAP de origen y el NSAP de destino es simplemente alineado los 20 octetos asociado la dirección del ´NSAP´ origen y destino según estándar es de 20 octetos . La longitud total de la opción es de 44 bytes y la longitud de los datos de la opción es de 42 bytes asociado a las direcciones.

Figura 3.10 - Estructura de encabezado de direccionamiento ISO/IEC 10589:2002 y su referencia a la direcciones con encabezado IP, [23.XI].

Según figura [3.10] muestra referencia ISO/IEC 10589:2002(E), la que define la estructura de dirección de enrutamiento al interior de un dominio IS-IS en L3. Asociada a referencias de direccionamiento NSAP según recomendación ´RFC 4548´ para el encapsulamiento de paquetes IP y la ´ISO 8348´ definen la parte especifica del dominio o ´DSP´ asociada a la estructura de los campos identificador del sistema ´ID´, este debe ser único en la red a nivel global, considerando la integración con otras entidades de enrutamiento. El selector NSAP o SEL de largo ´1 byte´, asociado al protocolo de información de dirección o ´NPAI´ (del inglés ´Network Protocol Addressing Information´) se interpreta por la entidad que va a recibir la PDU, como puede ser una entidad de transporte, de ´MAC-Relay´ o la propia entidad de red del sistema intermedio. Los campos del dominio inicial o ´IDP´ (del inglés ‘Initial Domain Part´) se divide en autoridad y formato Identificador o ´AFI´ seguido del Identificador de dominio inicial o ´IDI´ (del inglés ´Initial Domain Identifier´), esta

combinación es seguida por la parte específica del dominio o ´DSP´ (del inglés ´ Domain Specific Part´). Las descripciones de los diferentes elementos para servicios se detallan en la recomendación ´ITU-T X.213 | ISO/IEC 8348´ [9.XVI, Anexo A].

El direccionamiento ISO tiene las siguientes reglas:

- La dirección ISO es asignada al sistema, no al interfaz.
- La instancia IS, ES, ´MAC-Relay´ o de transporte tiene una dirección NET. El límite es de 3 direcciones NET por área o por IS.
- Si existen múltiples NET en un IS, todas deben de tener el mismo ´System ID.´
- La dirección del área tiene que ser la misma para todos los IS y/o ES del área.
- Todos los IS de nivel 2 deben tener el mismo ´System ID´ y tiene que ser único para todo el dominio.
- Todos los IS y/o ES de nivel 1 de un área tendrán el mismo ´System ID´.
- El ´System ID´ tiene que ser de la misma longitud para todos los IS y ES del dominio

3.6 Virtualización con NFV y control con SFC

3.6.1 Modelo NFV basado en bloques

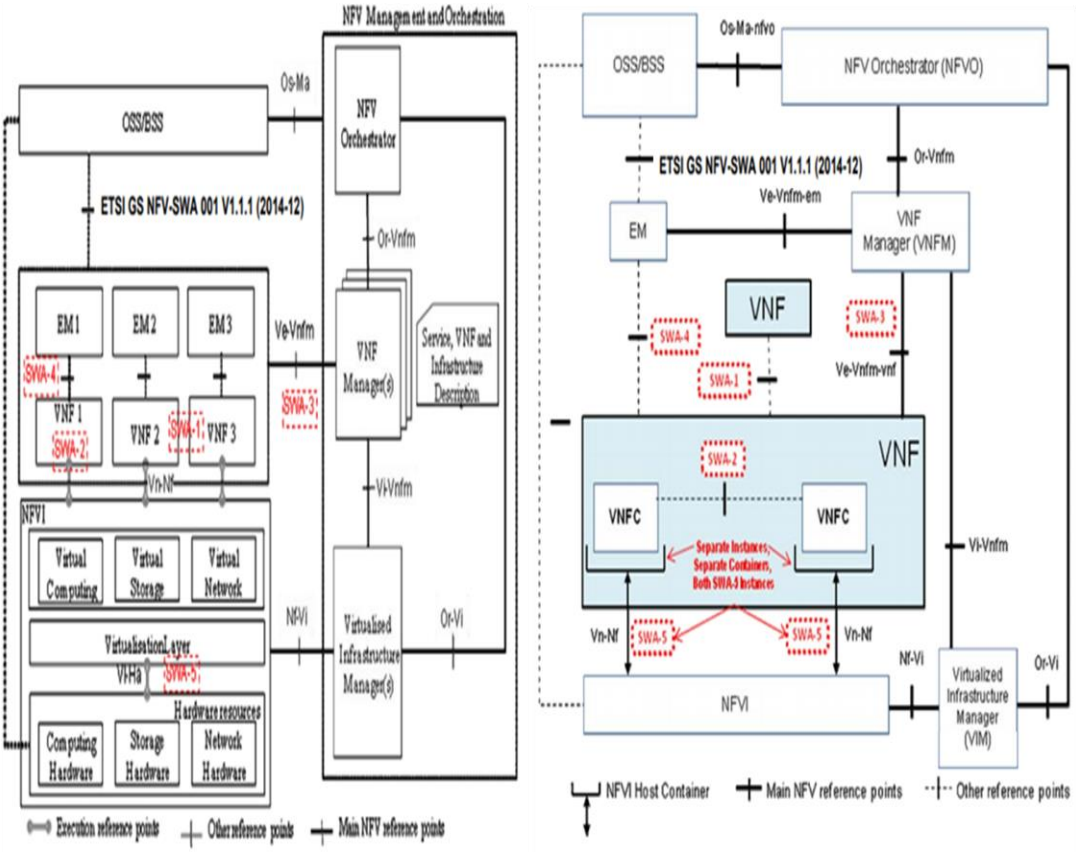
Un nodo de cálculo NFV es un dominio coherente (entidad arquitectónica) con una arquitectura de conjunto de instrucciones que se administran como un solo entorno de ejecución de cálculo. Un nodo de cálculo incluye un NIC (Controlador de interfaz de red) para comunicarse con otros nodos de cómputo, elementos de red y elementos de almacenamiento. El nodo NVF se representa como un bloque funcional compuestos por 2 elementos, un bloque representa los elementos asociado a la infraestructura o NFVI como lo es un servidor o NE y/o NR, que actúa como un bloque funcional de host o ´HFB´ y aloja bloques funcionales virtuales VFB, como VM´s y redes virtuales identificadas como VNF [8.XVI, capítulo 5], orientadas según KPI para implementar restricciones y realizar su función dentro de ciertos límites como por ejemplo el consumo de energía, CPU/GPU, recuento de núcleos, uso de slot PCI y con una buena relación precio v/s rendimiento. Una instancia asociada a un bloque funcional está compuesta por interfaces de ingreso, estado de la instancia, una función de transferencia y las interfaces de salida del bloque como se representa en la figura [3.11], en la vista funcional. Una propiedad central de los bloques funcionales es la separación formal y completa de las funciones estática de la dinámica, para bloques funcionales estandarizados y con el fin de garantizar una interoperabilidad adecuada entre proveedores de tecnología, el objetivo normalmente sería definir completamente todos los parámetros estáticos del bloque funcional en el estándar. Para la configuración dinámica, una entidad que inicie comunicación podría, por ejemplo solicitar objetivos mediante el envío de tráfico tipo ´unicast´, ´broacast´ o ´multicasta´ a través de un nodo que sea gestionado centralmente para descubrir los controladores disponibles, con lo cual se conectaría a uno o más de estos controladores. El objetivo más adecuado podría ser seleccionar el controlador de una red, considerando factores como la disponibilidad, proximidad, capacidad disponible de la ruta, versión de la interfaz o capacidades admitidas, etc. Se propone la suite ´Zeroconf´ (del inglés ´Zero Configuration Networking´) [22.XXIV] para el descubrimiento de HBF basados en protocolo L3 tipo IP.

La VNF es una función de red capaz de ejecutarse en una infraestructura NFV o ´NFVI´, dirigido por un orquestador NFV o ´NFVO´ y un administrador de VNF o ´VNFM´. Tiene

interfaces bien definidas (anexo G) para la interacción entre elementos como se representa en la figura [3.11]. Las VNF son estructuradas por componentes de software (vista de implementación de la arquitectura de software) que empaquetan esos componentes en uno o más imágenes (vista de despliegue de la arquitectura de software) o ´VNFC´. Las VNF se implementan con uno o más componentes VNF o ´VNFC´ y se asumen, sin pérdida de generalidad, ese mapa de instancia VNFC 1:1 a la interfaz del contenedor virtual NFVI como lo grafica la figura [3.13] en la vista funcional de las VNFC por su interfaz ´Vn-Nf´. El trabajo basa las VNFC asociada a la VNF de ´MAC-Relay´ referidos a estándar ´IEEE 802´.

La forma en que un proveedor de ´VNF´ estructura un VNF a partir de un conjunto de VNFC depende de muchos factores, por ejemplo, la priorización del flujo para la QoS, escalabilidad, confiabilidad, seguridad y otros objetivos no funcionales, la integración de componentes de otros proveedores de VNF, las consideraciones operativas, la base de código existente, etc. En general, no habrá dos proveedores de VNF estructurados en un VNF de los mismos VNFC.

En la figura [3.11] se describe la arquitectura NFV y sus interfaces. En la vista funcional se observa la interfaz ´Vn-Nf´ [8.IV], tal como se representa en la imagen asociada a los detalles de la sub interfaz ´SWA-5´ y referido a la comunicación con los elementos SDN como se representa en la figura [3.2.a]. La interfaz ´SWA-3´ define la interconexión con el elemento SDN administrador de las VNF por medio de un hipervisor, este permite facilitar las migraciones y actividades operativas, como respaldos, reportes y otras referido al estado de la VM/NE/NR. La imagen de la derecha muestra los puntos de referencia asociado a las interfaces indicadas y su referencia en el modelo ´ETSI – NFV´.



SW-1 interfaces entre VNF – VNF, VNF-PNF o VNF - ´End point´.

SW-2 interfaces internas VNF, es decir, para la comunicación entre componentes de las VNF o VNFC - VNFC.

SWA-3 Interface de interconexión con el orquestador, principalmente el asociado con el ´VFNM´ esta se podrá realizar en ´L2´o ´L3´

SWA-4 interfaces de Comunicación de EM con una VNF.

SWA-5 Interfaces entre VNF-NFVI, Este es un conjunto de interfaces que existen entre cada VNF y el NFVI subyacente. Existen diferentes tipos de VNFs, [8.VII, CAPITULO 4.3.6]

Figura 3.11 - Tipos de interfaces VNF y sus puntos de referencia según arquitectura ´ETSI – NFV´, [8.VII].

3.6.2 Control E2E con SFC

El trabajo se refiere [2.IV.a], a utilizar cadenas de funciones de servicio para habilitar y optimizar las prestaciones de servicios como se representa en la figura [2.10.b], ofrecer servicios de atención al cliente relacionados con la red, optimizar comportamiento de la red o proteger las redes contra los ataques, garantizar la privacidad, seguridad de los datos y de esta forma controlar la calidad de experiencia o QoE contratada. Los entornos de encadenamiento de servicios definidos con SFC permiten crear o modificar de forma instantánea las cadenas de servicios de una manera muy flexible y sencilla. La creación de cadenas de servicios debe estar integrada en las capas de soporte de negocio con las BSS y las plataformas de operación de la empresa o OSS/NMS/EMS, en un nivel funcional abstracto, independiente de cualquier red subyacente. El mapeo del modelo funcional de una cadena de servicio en la red subyacente real, se realiza por un paquete de software de aprovisionamiento similar al que se muestra en la figura [3.12].

Las SFC permiten contar con herramientas para la gestión flexible de servicio y de aplicación específica, aportando soluciones para la clasificación de flujos y hacer cumplir las políticas a lo largo de las rutas en los elementos de red ya sean estos NE y/o NR asociados al flujo de datos, de acuerdo a los requerimientos del servicio y teniendo en cuenta el estado de disponibilidad de la red. Las SFC se define como un conjunto de servicios ordenados en cadena de funciones (SF´s) que manejan el tráfico en el plano de datos, control y monitoreo (control plano) de un servicio y aplicaciones específicas. La NFV asocia una SFC para proporcionar una implementación efectiva y la orquestación de SF [22.I]. Los componentes del plano de control SFC, interactúan con los componentes del plano de datos SFC a través de cuatro interfaces como se indica en la figura [3.12]

```
                 +---------------------------------------------+
                 |                                             |
                 |              SFC  Control Plane             |
        +-------|                                             |
        |        |                                             |
        C1       +------^-----------^-------------^-------------+
+---------------------|C3---------|-------------|-------------+
|       |            +----+        |             |             |
|       |            | SF |        |C2           |C2           |
|       |            +----+        |             |             |
| +----V--- --+        |           |             |             |
| |   SFC     |      +----+      +-|--+        +----+          |
| |Classifier |---->|SFF |----->|SFF |------->|SFF |          |
| |   Node    |<----|    |<-----|    |<-------|    |          |
| +-----------+      +----+      +----+        +----+          |
|                      |           |             |             |
|                      |C2       -------         |             |
|                      |        |       |     +-----------+ C4  |
|                      V      +----+ +----+   | SFC Proxy |-->  |
|                             | SF | |SF  |   +-----------+     |
|                             +----+ +----+                     |
|                               |C3    |C3                      |
|  SFC Data Plane Components  V       V                         |
+-----------------------------------------------------------+
```

Figura 3.12 - Interfaces de interacción del plano de control en el plano de datos, [22.IV.c].

Como se representa en la figura [3.12] la arquitectura general del plano de control, [22.IV.c] de las SFC asociado a un servicio como ´MAC-Relay´ como se grafica en la figura [4.4], que incluye puntos de referencia de interfaz. En particular, la figura muestra las diversas interfaces que se requieren para transmitir información de control, entre el plano de control SFC y los elementos subyacentes del plano de datos SFC. El plano de control es responsable de la gestión de SFC, gestión de instancias de SF, mapeo de SFC a una función de servicio de ruta (SFP) como son las políticas de QoS, instalación, administración e implementación de reglas de reenvío sobre funciones de renvió o SFF. Los componentes del plano de datos y el ajuste de la SFP en términos de instancias de SF y enlaces de superposición como un resultado de su estado (es decir, sobrecargado, activo, inactivo, fallido, etc.). Los componentes del plano de control SFC, interactúan con los componentes del plano de datos SFC a través de cuatro interfaces. En la figura [3.12] se presenta el diagrama en bloques de los procesos de implementación de una SFC sobre un medio físico de red como se describe en la figura [3.2.b], estas son administradas y orquestadas desde el NFV. La implementación propuesta por el autor considera normas ´IEEE 802´ para el soporte del bloque asociado al

L1, L2 y la virtualización mediante MIB. Para la ejecución del control sobre el plano de reenvió, se referencian las ´VNFF´ que representan los elementos como los ´MAC-Relay´ invocados por SFC en base a modelo ´YANG´ y en formato ´XML´. Una SFC se generaliza por un gráfico dirigido, donde los vértices (nodos) representan una función de servicio elemental o primitiva. Este modelo [22.I, capítulo 2.3], permite bifurcar las condiciones en los vértices a modo de múltiples conexiones, como por ejemplo instancias ´MAC-Relay' como se representa en la figura [3.12] que describen cuatro clasificaciones de interfaces, como son.

- Interfaz entre el plano de control SFC y el clasificador SFC (C1): Esta interfaz se utiliza para gestionar las reglas de clasificación SFC en los clasificadores, estas reglas se pueden agregar, modificar o eliminar. Se proporciona información adicional [22.IV.C, capítulo 3.3.1], a fin de evitar las reglas de clasificación obsoletas. Esta interfaz permite coordinar y validar de forma local las SFC asociándolas con cada regla de clasificación, [22.IV.C, capítulo 4.9].

- Interfaz entre el plano de control SFC y SFF (C2): Esta interfaz se utiliza para configurar la SFF con diversos fines (por ejemplo, comunicar la información requerida para la decisión de envío de SFC requeridas, recopilamos información del estado del enlace, para ajustar los SFP, recopilamos SF´s conectadas, etc.). La referencia [22.IV.C, capítulo 3.3.2] especifica dicha interfaz.

- Interfaz entre el plano de control SFC y los SF compatibles con SFC (C3): Las SFC del plano de control utiliza esta interfaz para interactuar con las SF compatibles con las SFC. Esta interacción puede ser directa o a través de la gestión de SF de sistemas [22.IV.C, capítulo 3.3.3].

- Interfaz entre el plano de control SFC y el proxy SFC (C4): Las SFC del plano de control utiliza esta interfaz para interactuar con un proxy de las SFC, para comunicar instrucciones SFC y recuperar información de estado requerido, por ejemplo, para ajustes dinámicos de SFP [22.IV.C, capítulo 3.3.4]. El plano de control de las SFC utiliza estas estadísticas (recibidas a través de las interfaces C2, C3, y C4) para ajustar dinámicamente los SFP´s.

Las SFF´s reportan el estado de conectividad, según las SF adjuntas al plano de control de las SFC o por medio de la interfaz ´C3´ que se encuentra entre los SF´s y el plano de control

de las SFC que se utiliza para recoger algunas estadísticas de procesamiento de paquetes (por ejemplo, actualización de carga de SF´s) de las SF´s. Un proxy SFC se proporciona para recopilar estadísticas asociada a la transmisión como, por ejemplo, procesamiento de SF, latencia y carga de trabajo.

El clasificador SFC diferencia el tráfico entrante en flujos, basado en el objetivo, aplicación y otros requisitos predefinidos. El clasificador SFC etiqueta cada flujo agregando un encabezado SFC que contiene una ruta de función de servicio o SFP identificadora ID a cada encabezado de paquete de flujo. El identificador de ruta está relacionado con un SFC, identifica el conjunto ordenado de abstractos SF´s que deben realizarse al flujo particular, el SFP es el camino real (el exacto de SFF´s / SF´s) que los paquetes atraviesan. Un SF ejecuta un conjunto particular de acciones en paquetes entrantes (por ejemplo, inspección profunda de paquetes o funciones de firewall al plano de control MAL y CAL) y pueden procesar paquetes pertenecientes a varios SFP´s. Un SF puede estar presente con múltiples instancias distribuidas en la red, (por ejemplo, por razones de escalabilidad). Un SFF está a cargo de enviar el tráfico entrante a SF´s y /u otros SFF, de acuerdo con los SFP definidos.

La SFF implica dirigir los flujos de tráfico a través de un conjunto de SF como se grafica en la figura [3.13] en un orden específico. La ruta de reenvío real utilizada para realizar un SFC se denomina función de servicio de ruta o SFP asociado al módulo MS como se representa en la figura [4.5]. Las SF que conforman un SFC se alojan en diferentes puntos de la red, a menudo ubicadas con diferentes tipos de SF formando agrupaciones lógicas. La aplicación de un SFC requiere dirección de la infraestructura SFC desde una función de servicio. El plano de control de las SFC invoca con SFC del tipo OAM definidos según tabla [2.5] y [2.9].

En el plano de los datos o NSDU, la clasificación de paquetes puede procesarse por cadena de funciones de servicios como se representa en la figura [3.8.b] y considerando una SN basada en un SPBB del tipo ´IEEE 803.1ah´, las funciones de servicios de rutas SFP contienen función de servicios de reenvió de paquetes ver figura [2.10.b] o SFF´s. Las SFF utilizan la señalización de etiquetas NPDU como un metadato para establecer control de servicios E2E. Las SFC se complementan con SF de implementación específica, dependiendo en el nivel jerárquico del cual esa SF provenga, esto implica contar con funciones de control [23.IV, capítulo 6.21], para los elementos virtuales.

Respecto a los encapsulamientos del plano de control, tenemos los asociados a la virtualización y las SFF´s este se realiza sobre VXLAN y con soporte de servicio L4 como se representa en la figura [2.10]. A nivel de encapsulamiento de transmisión L1 y L2, se realiza sobre ´IEEE 802.1aq-2012´ como protocolo de red del tipo SPBB, controlado por LSP. El trabajo considera solo dos tipos de clases de metadatos, los estáticos que están relacionados con las políticas de suscriptores y servicios, estos normalmente residen en el entorno del plano de control vía NPDU y los metadatos dinámicos asociados a la entrega de información del estado de la red, dependiente del tiempo y la ubicación en algún lugar de la red u otras plataformas de servicio, por ejemplo, carga del enlace o interfaz, condiciones de congestión vía señalización LSP. Resumiendo, los metadatos se pueden inyectar por medio de las SFC asincrónicamente desde el entorno del plano de control mediante SFF asociadas a interfaces estandarizadas individuales como se grafica en la figura [4.4], las SFF entregan conectividad a un flujo de datos como los referidos en la figura [3.3] a un NSAP del tipo ´IEEE 802.1ah´ usando su punto de agregación SNPA más próximo, que se propone en L2, el cual puede requerir una SF como son las SNDF (ver figura [4.5]) que permiten controlar el flujo de datos como se grafica en la figura [3.7]. La SFF asociada a la VNFF denominada ´MAC-Relay´ [figura 4.4] son implementadas con VNF de L2 específicamente en la capa ´MAC Service´ o MS como se representa en la figura [4.5] o de forma virtual como se representa en la figura [3.2.b]. Las SF permiten controlar el flujo de datos o NSDU mediante NPDU adicionales en la ruta. El autor propone control por prefijo al SNPA para identificar flujos de servicios [23.IV, capitulo 6.21]. Las SFF para los servicios multipunto de acceso a red, se define que para cada NSAP cuya dirección NSAP contengan el mismo prefijo pueden ser accesibles a través del punto de agregación de SN o SNPA, para la implementación de servicios CLSN [23.II], finalmente el tipo de tecnología determinara la implementación, según las alternativas de la figura [3.2.a].

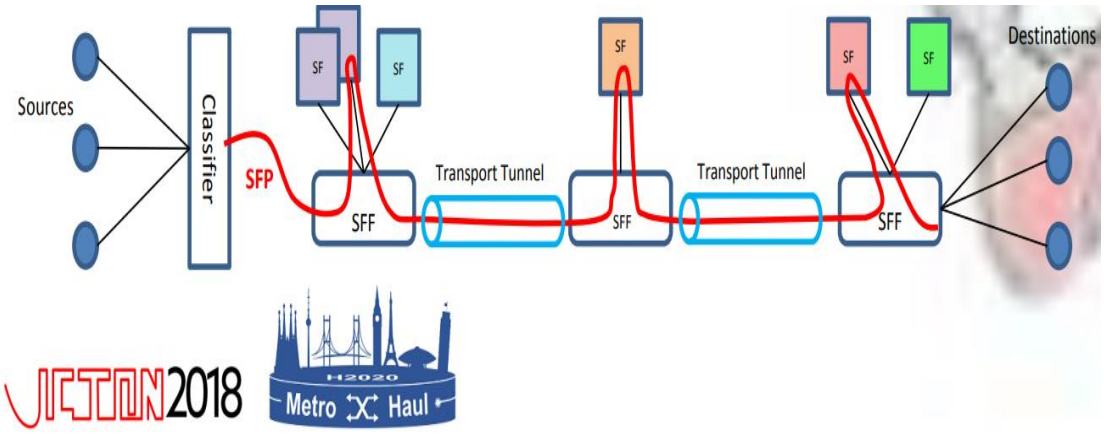
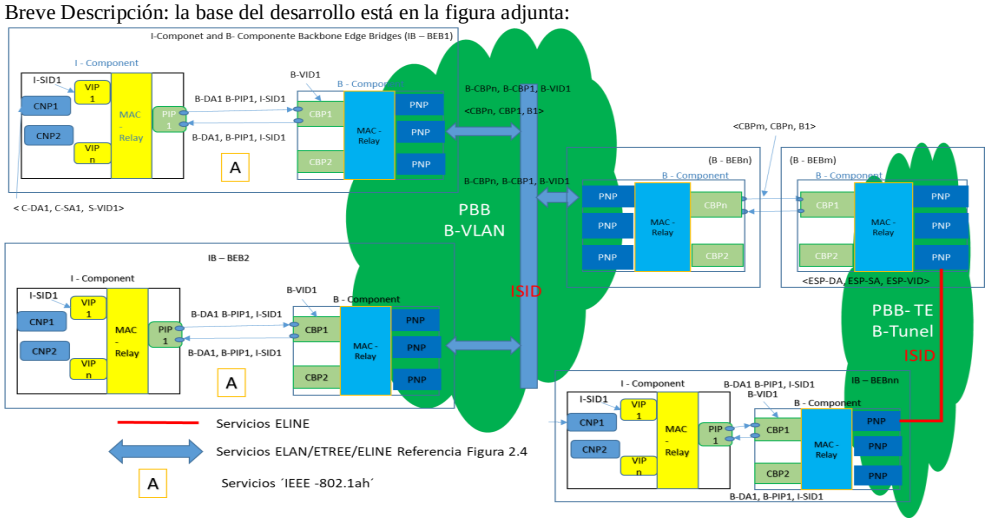


Figura 3.13 - Rutas con la habilitación del ´SFP´, asociado a las ´SF´, [12.II].

4 Implementación de servicios para el BH&FH

(Resumen de Ejecutivo)

Objetivo del capítulo: Identificar las componentes de la virtualización asociado a los servicios de BH&FH.
Breve Descripción: la base del desarrollo está en la figura adjunta:



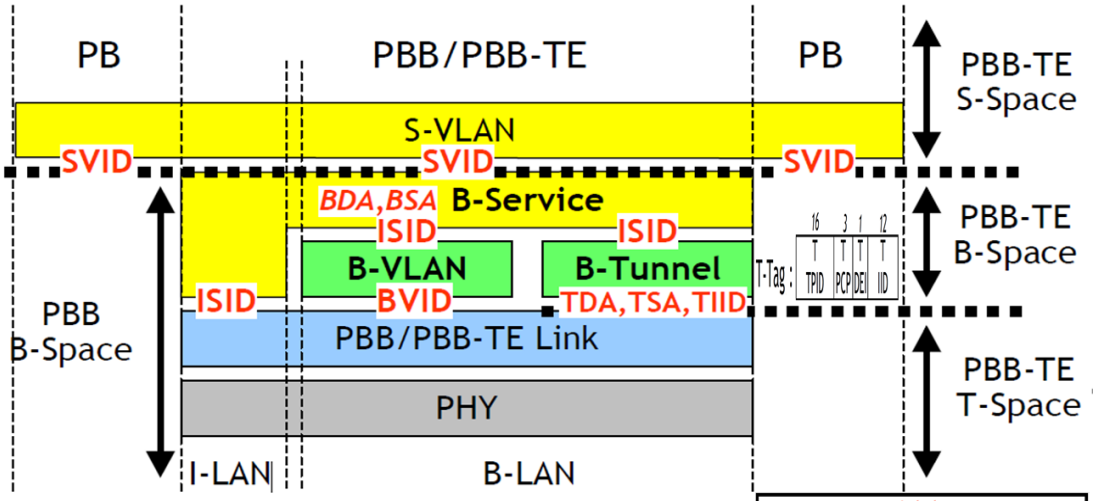
Servicios basados en SPBM para la configurados de forma estática

- Las instancias MAC-Relay asociado a la componente B, son identificados con una dirección NSAP asociado a un elemento ES que pertenece al área definida por el TAC.
- Los elementos ES asociado al estándar ´IEEE 802.1aq-2012´ para caso de servicios PBB y bajo es estándar ´IEEE 802.1Qay´ para servicios PBB-TE.
- Las etiquetas S-VLAN basados en el estándar ´IEEE 802.1ad´, encapsulada en una trama ´IEEE 802.1ah´, asociada a la instancia ´B-Servicios´
- Cada instancia de ´MAC- Relay´ asociada al BEB, cuenta con su propia tabla FIB y su política de QoS, que permite gestionar el trafico sobre el plano de datos mediante SFC, vía NPDU.
- Se identifican módulos BEB y BCB como elemento ES e IS respectivamente, asociado a su característica de funciones y rendimiento.
- El BEB es el punto de ingreso y egreso de las tramas MAC del cliente, que usa CNP ´Customer Network Port´, servicio basado en estándar ´IEEE 802.1ad´ asociado a S-VLAN.
- la virtualización de los elementos ´MAC-Relay´ referida al estándar ´IEEE 802.1ABcu´ basado en modelamiento de datos YANG, la que abarca las funcionalidades descritas en estándar ´IEEE 802.1AB-2016´ el que considera LLDP de administración y LLDP de monitoreo vía MIB para la instancia MAC-Relay y las funciones asociada a las capas ISS y EISS.
- Los elementos MAC-Relay son monitoreados y gestionados por MIB y configurados por SFC vía NETCON desde el plano de control.

El trabajo presenta referencia en base plataforma ´VMware NSX®´ para soporte OAM&P y el control de la virtualización de redes de SDN vía hipervisor para los elementos de red ya sean de NE o NR o mediante VM. Las redes virtuales se provisionan y administran de manera independiente del hardware de red

4.1 Virtualización de servicios PBB y PBB-TE

PBB y PBB-TE [10.XII.a, 10.XII.b] son arquitecturas con un conjunto de protocolos soportados bajo el estándar ´IEEE 802.1Q – 2018´ y referente a la virtualización de interfaces como se representa en las figuras [4.4] y [4.5] que grafican la interconexión de los planos de servicios (I) y de backbone (B) mediante instancias que gestionan una interfaz ´PIP´ (sigla que proviene del inglés ´ Provider Instance Port´), para la componente ´I´ o ´I-Componente´ y su puerto cliente ´CBP´ (del inglés ´Customer Backbone Port´), para la componente ´B´ o ´B-Componente´, proporcionando aislamiento mediante encapsulación de servicios basados en túneles ´B-VLAN´/´B-Tunel' [10.XII.b] como se representa en la figura [4.1] para servicios PBB/PBB-TE.



La etiqueta de instancia de servicio de red o ´NSDU´ (etiqueta I) que conmuta reenvía / filtra / aprende las direcciones de los clientes con identificadores ´S-VLAN' (capacidad para 16 millones de instancias o ´PB´ ´sigla que proviene del ingles ´provedor bridgin´). Las etiquetas de instancias de servicios de red ´NPDU´ (etiqueta B), esta contiene una dirección ´MAC´ de origen de red troncal (B-MAC SA) y una dirección destino de red troncal ´MAC´ (B-MAC DA). Una nueva secuencia de verificación de secuencia (FCS) es calculada en reemplazando el antiguo ´FCS´. Las direcciones ´B-MAC´ (B-DA / B-SA) se insertan en la capa ´B-Servicio´ creando la trama ´B-LAN´.

Labels		
	PB	PBB/PBB-TE
S-VLAN	S-VID	S-VID or PVID
PBB B-Service	-	I-SID
PBB B-VLAN	-	B-VID
PBB-TE B-Tunnel	-	T-DA,T-SA,T-IID

4 | PBB/PBB-TE Layer Stack| November 2007

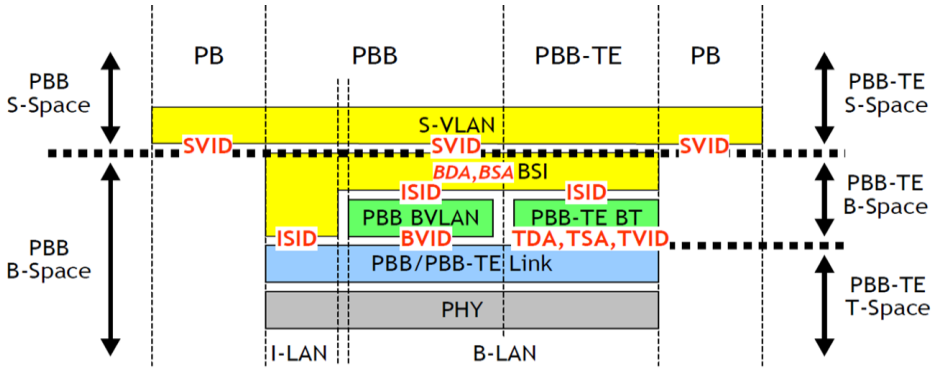
Las direcciones ´B-MAC´ identifican los puntos finales de una Instancia asociada a un ´B-Servicio´ y se utilizan para reenviar una trama ´B-Servicio´ a uno o más de los puntos finales de su instancia ´B-Servicio´, las direcciones ´B-MAC´ o ´NPDU´ son independientes de las direcciones ´T-MAC´ que Identificar los puntos finales del ´B-Túnel´, la ´NPDU´ ´T-MAC´ compone la ruta conmutada ethernet o ´ESP´ (del ingles ´Ethernet Switched Path´) compuesta por un vector de 3 dimensiones (T-DA,T-SA, Tipo). La variable ´Tipo´ es una instancia identificadora de túneles o ´T-IID'. Las instancias ´B-Servicio se identifican dentro de una ´´ B-VLAN´ o ´B-Tunel´ por su ´I-SID´

Figura 4.1 - Encapsulado trama ´S-VLAN´ en servicio PBB/PBB-TE, [10.X.II.b].

En la figura [4.1], muestra encapsulación PBB/PBB-TE según referencia ´IEEE 802.1ah´ [24]. El campo de etiquetado ´I-Tag´ compuesto por 48 bits soporta instancias de servicios ´S-VLAN´ o ´I-SID´ de 24 bits de etiquetas para la identificación de las instancias de servicio para la encapsulación de direcciones de clientes usando encabezado de ´B-MAC´ que contiene las direcciones de red troncal agregadas cuando se crea la etiqueta ´I´. El servicio de red de transporte considera la clasificación ´I-PCP´ (del inglés ´Instance Priority Code Point´ de 3 bits), este campo codifica los parámetros de prioridad de la primitiva de petición de servicio asociada a la trama (anexo B) para la implementación de PFC. PCP maneja el retardo de transmisión experimentado por una trama en un puente o bridge, se trata de una QoS según referencia ´IEEE DC´ ver figuras [3.8.b], [3.8.c] y [3.8.d]. La instancia de servicio de red troncal asociado al indicador de desconexión elegible o I-DEI, (del inglés ´Instance Drop Eligible Indicator´ y de largo 1 bit), quien lleva la etiqueta que asociada al control de congestión, este asigna un valor verdadero (1) si queda para descarte la trama**, e**stas referencias son mapeadas para la definición del flujo al cual se le asocia. Como se presenta en la figura [4.1], asociada a la imagen del encapsulamiento de la trama por el servicio PBB y/o PBB-TE [10.XII] representa las distintas instancias que son soportadas por los servicios indicados. La capa B-Servicio es una instancia de servicio de cliente, las instancias se identifican en una B-VLAN/B-Tunel por su ´I-SID´. La instancia asociada a la capa B-VLAN son servicios entre MP2MP y la capa B-Tunel para los servicios punto a punto (P2P). La capa B-Servicio, es aislada respecto al plano servicios PBB para la capa B-VLAN y servicios PBB-TE para la capa B-Tunel. La interfaz I-LAN admite uno o más instancias B-Servicio. Una interfaz B-LAN soporta cero o más instancias B-VLAN y cero o más instancias B-Tunel.

La instancia asociada a la etiqueta B-Servicio se identifican en una B-VLAN/B-Tunel por su I-SID como se representa en las figuras [4.4] y [4.5]. Las instancias de B-VLAN se identifican en un enlace ´IEEE 802.3´ por su ´B-VID´ y las instancias de B-Tunel se identifican de un enlace ´IEEE 802.3´ por su ´T-MAC´ compuesto por tres elementos como se grafica la figura [4.1], una dirección MAC local asociado al PIP que se define con el acrónimo ´T-SA´, una dirección MAC destino deriva del campo destino de red troncal predeterminado en la tabla de instancia de servicio de red se define por el acrónimo ´T-DA´

que corresponde a una dirección PIP. El tercer componente del metadato ´T-MAC' es el ´Tipo´ que corresponde a la instancia identificador del túnel o ´T-IID´ (del inglés ´Tunnel Instance Identifier´). El T-IID es una NPDU de 12 bits, asociada a la instancia de red PBB-TE identificada con un ´T-Tag´ que informa la instancia del túnel o ´TPID´ en red con un ´ID´ de 16 bits. Adicional el ´T-Tag´ cuenta con un campo PCP y DEI similar al que se representa en la figura [4.1].



Labels			
	PB	PBB	PBB-TE
S-VLAN	S-VID	S-VID or PVID	S-VID or PVID
PBB B-Service (BSI)	-	I-SID	I-SID
PBB B-VLAN	-	B-VID	-
PBB-TE B-Tunnel (BT)	-	-	T-DA,T-SA,T-VID

Figura 4.2 - Apilamiento de servicios S-VLAN sobre servicio PBB y este encapsulado sobre servicio PBB-TE [10.X.II.b].

En la figura [4.2], se presenta el apilamiento de servicios S-VLAN basados en el estándar ´IEEE 802.1ad´, encapsulada en una trama ´IEEE 802.1ah´, asociada a la instancia ´B-Servicios´, esta identifica a la ´B-VLAN´ o al ´B-Tunel´ por su I-SID. Respecto a la PDU del plano de control de la instancia ´B-VLAN´ identificada por un enlace ´IEEE 802.3´ por su BVID. Respecto a las PDU de control para la instancia asociada al ´B-Tunel´ queda definida por su ´T-DA´, ´T-DS´ y ´T-VID´.

Tomaremos como referencia [10.XII.a] el modelo de proveedor de red de transporte PBB o PBBN, el cual nos permite identificar las componentes asociadas al borde, asociado a los elementos ES [22.XXI] y su punto de agregación de tráfico o NSAP [23.XI] asociado al módulo BEB (del inglés ´Backbone Edge Bridges´), el cual separa las funciones y

componentes, asociada a la entrega de servicios ´IEEE 802.1ad´, identificados con la etiqueta ´I´ asociado a la ´Instancia de Servicio´ con las funciones y componentes propios de la entrega de servicios ´IEEE 802.1ah´ asociado a la etiqueta ´B-Componente´ como se representa en la figura [4.3.a], más detalles del tipo de tramas en [anexo B].

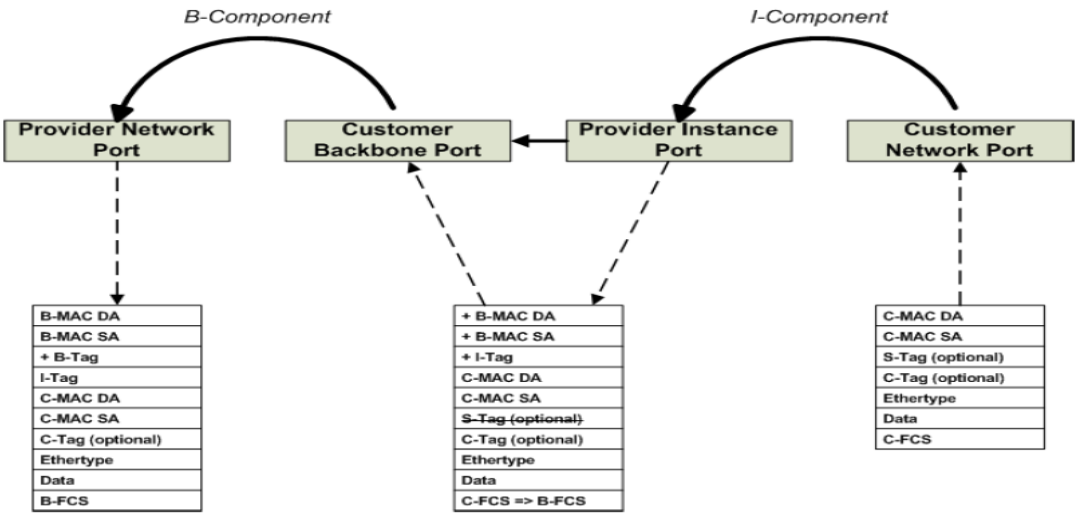


Figura 4.3.a - Trama para encapsulado sobre elemento BEB, [24]

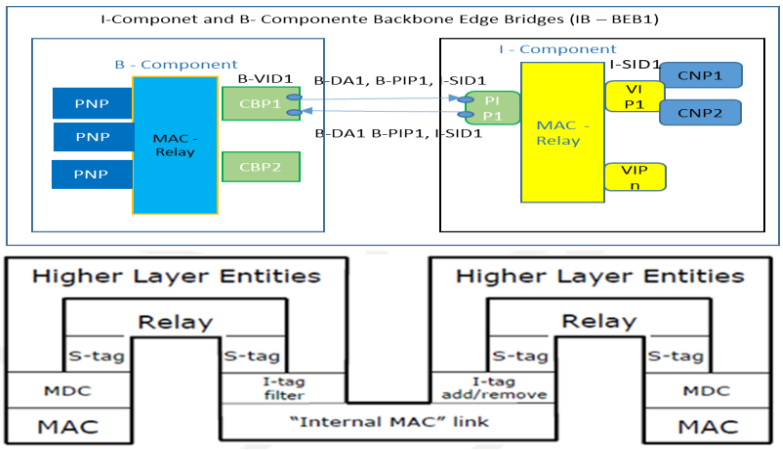


Figura 4.3.b - Virtualización de componentes de red asociada a Backbone (B) y a la Infraestructura de servicio (I), [10.XII.a] ´.

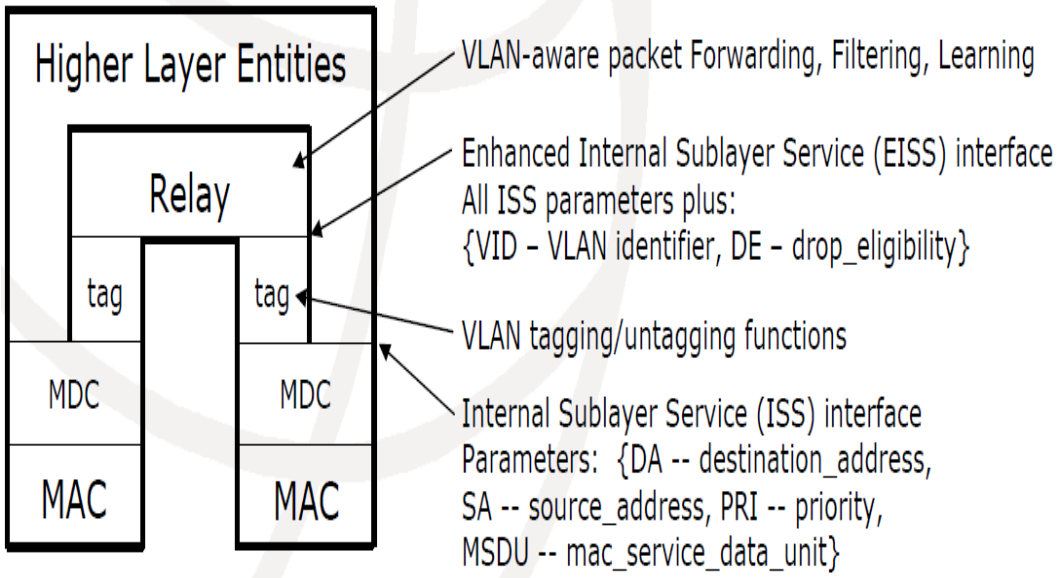


Figura 4.3.c - Ejemplo funciones de instancias ´MAC-RELAY´ de elementos ISS y EISS, [10.XII.a]

En la figura [4.3.a], se representa la virtualización del L2 identificando las componentes de red e instancias de servicios asociados a estándar ´IEEE 802.1aq´ y ´IEEE 802.1Qay´. La PBBN tiene básicamente dos componentes, el borde de red o ´BEB´ (del inglés ´Backbone Edge Bridges´) asociada a instancias ES [capítulo 3.3] y la componente del backbone ´BCB´ (del inglés ´Backbone Core Bridges´), esta última componente pertenece a las instancias de control IS-IS vía LLDPDU o LLDP. Como se representa en la figura [4.3.b], el BEB es el punto de ingreso y egreso de las tramas MAC del cliente, que usa CNP ´Customer Network Port´, servicio basado en estándar ´IEEE 802.1ad´ asociado a S-VLAN. El ´I-Componete´ es conectado a la ´B-Componente´ mediante un ´puerto de instancia del proveedor´ o ´PIP´ (del inglés ´Provider Instance Port´). La ´B-Componente´ asocia la instancia al ´puerto de red para cliente´ o ´CBP´ (del inglés ´Customer Backbone Port´), es la responsable de enviar las tramas de cliente a través de la PBBN. Las tramas son entregadas a la ´B-Componente' a través del ´puerto de red del proveedor´ o ´PNP´ (del ´ingles Proveer Network Port´) para su ingreso a la red troncal. La imagen representa el módulo de ´MAC-Relay´ el cual cumple las funciones de reenvió, control de la componente a la cual pertenezca ya sea ´I´ o ´B´ e implementa y controla los flujos con su QoS definidos [capítulo 3.4]. Las funciones como se

representa en la figura [4.3.c], asociadas a servicios ´IEEE 802.3´ relacionada con la ´convergencia del medio´ o ´MDC´ (del inglés ´Media Dependent Convergence´), son las que entregaran conectividad y sincronismo en línea entre otras funciones. El servicio de subcapa interna o ´ISS´ (del inglés ´Internal Sublayer Service´) forma la base del control del flujo de datos en la capa de servicio MAC o MS, proporcionando los elementos necesarios, como la priorización para el rendimiento en la transferencia de datos entre punto de acceso a servicios SAP asociado a una instancia ´MAC-Relay´ o ´MSAP´. El ISS excluye características y procedimientos específicos de ´MAC-Relay´ e implementa el manejo de las etiquetas en tramas [anexo B] y las políticas de descartes y priorizados, cuyo funcionamiento se limita a una instancia virtual de puerto o VIP. También proporciona interfaz para la implementación de servicios mejorados de subcapa interna o ´EISS´ (del inglés ´Enhanced Internal Sublayer Service´).

4.2 Modelo de servicios y red objetivo

La red objetivo según se representa en las figuras [4.4] y [4.5] propone servicios PBB para el BH&FH en los equipos TN y ETN para agregar servicios MP2MP y aportar a una cobertura L2 en un área asociado al TAC. Para el transporte se propone que los equipos ETN y IATN soporten PBB-TE para habilitar servicios P2P. La figura [4.2] representa el conjunto de etiquetas apiladas representando un flujo de datos compuesto por una agregación de servicios PBB, transportados por un servicio PBB-TE.

El trabajo define los parámetros que intervendrán en la virtualización, como se representa en las figuras [4.4] y [4.5] asociada a la integración de los servicios requeridos por el BH&FH representados en las figuras [2.2.b], [2.4], [2.6.a] y [2.6.b] según se referencia.

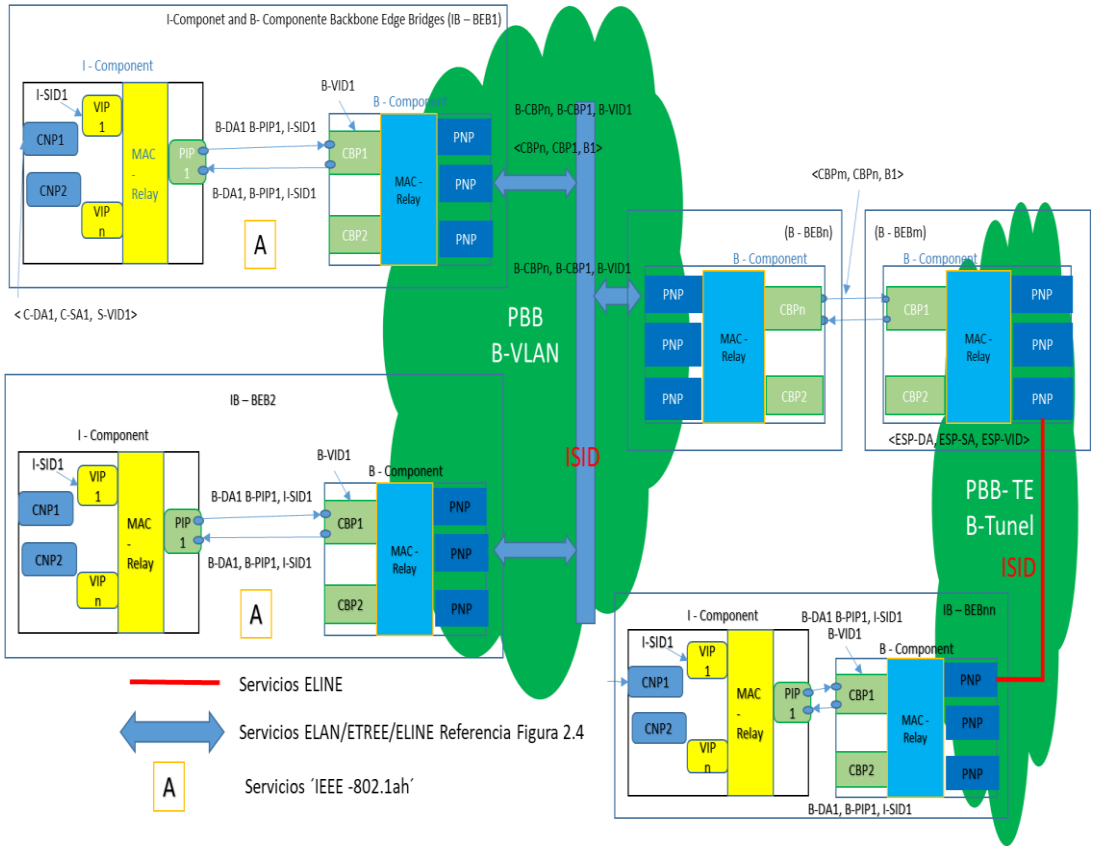


Figura 4.4 - Servicios basados en estándar ´IEEE 802.1aq´ y ´IEEE 802.1Qay´

La figura [4.4] presenta la virtualización de las componentes asociada a servicios basados en estándar ´IEEE 802.1aq´ y ´IEEE 802.1Qay´, se define la componente ´I´ asociados servicios basados en instancia con etiqueta de servicios S-VLAN. La instancia de MAC-Relay de la ´I-Componente´ tiene las funciones de conmutar y reenvía / filtra / aprende las direcciones de los clientes con identificadores de ´S-VLAN´, también realiza asociaciones entre las direcciones de los clientes, almacenadas en la base de datos aprendida y de las direcciones ´B-MAC´ de red troncal. Las funciones de la instancia ´MAC-Relay´ se encuentra modelada en la arquitectura YANG definido por el estándar ´IEEE 802.1Qcp´ que permite virtualizar las funciones de proveedor de servicios encapsulando la trama de servicios definida por el estándar ´IEEE 802.1ad´ por una trama de servicio PBB/PBB-TE definida por a estándar ´IEEE 802.1ah’, la señalización es realizadas por NPDU. La instancia asociada a la ´I-Componente´ de ´MAC-Relay´ usando interfaz PIP conecta a la instancia asociada a la ´B-

Componente´ mediante interfaz CBP, realizando el direccionamiento de instancias mediante un vector de servicio, compuesto por las direcciones ´B- MAC´, más el identificador de servicio ´ISID´. La instancia MAC-Relay de la ´B-Componente´ tiene la función de conmutación de reenvíos, filtra según QoS, aprende direcciones de red troncal con identificadores ´B-MAC´. Este plano es señalizado por LSP mediante PDU de control para la definición de las tablas FIB como se grafica en la figura [3.7]. La señalización para servicios PBB es en base a NPDU de L2 y su cobertura es señalizada mediante los LSP, a diferencia con las NPDU de control para servicios PBB-TE son en base a LSP.

Para la virtualización de los elementos [capítulo 3.3], se consideran interfaz de servicio PIP asociada a un NSAP y CBP asociado a un SNPA estas se comunican bajo el módulo de ´MAC-Relay´ señalizadas con PDU del tipo LLD o ´LLDPDU´, la virtualización se realiza bajo el estándar ´IEEE 802.1ABcu´ basado en ´YANG´ y cubre las funcionalidades descritas en estándar ´IEEE 802.1AB-2016´. La implementación de la OAM basadas en recomendación ´IEEE P802.1Qcx´ para arquitectura YANG que modela los datos para el control de fallas asociado a la conectividad o ´CFM´ (del inglés ´Connectivity Fault Management´) contempla protección de los NSAP del tipo ´B-Servicios´ los cuales realizan la finalización del servicio o ´end point´ de la encapsulación de B-VLAN/B-Tunel, también contempla elementos de OAM asociados al punto de medida ´end point´ o ´MEP´ para B-VALN/B-Tunel. Complementando la inserción / extracción del B-Tag con la inserción / extracción de la etiqueta asociada al ´puerto de red del proveedor´ (PNP) permitiendo la medición del punto intermedio (MIP) del servicio PBB. Para el B-Tunel los MEP en el PNP solo son necesarios cuando las instancias de B-Tunel asociada a una PNP terminando en una interfaz ´E – NNI´. Respecto a la implementación sobre redes inalámbricas aún está en estudio la integración de las referencias ´IEEE P802.1Qbz´ para la propagación del ´bridgin´ considerando su homólogo inalámbrico ´IEEE P802.11ak´.

4.3 Implementación y Orquestación

4.3.1 Virtualización BEB y BCB

Principalmente se analizará elemento BEB basados en funciones ES [capítulo 3.3] con soporte de NSAP del tipo PBB en el caso de elementos BH&FH y NSAP del tipo PBB-TE para el transporte. Los componentes BCB realizan funciones IS, permitiendo reenvió de tramas ´IEEE 802.3´ basadas en tabla FIB, estos elementos conviven en instancias separadas en la misma VM. Solo se analizan caso asociado a servicios CLSN, implementados en base a funciones dependientes [23.XI, capítulo 6.5.2] definidas por es estándar ´ISO´ y referencia ´IETF´ [23.III] asociada a la identificación de las entidades de red vecinas y la dirección MAC para realizar la agregación o SNPA y su interacción con los elementos IS. Las funciones dependientes asociadas al ISS son las que caracterizan la información de la capa de enlace de datos, para los servicios de funciones independientes [23.XI, capítulo 6.5.1] asociado a servicios ´ISO 8802´ como se representa en la figura [4.5] se muestra la instancia asociada al plano de control de las etiquetas ´B´ mediante el punto de acceso a servicio MAC o ´MSAP´, para su capa de control de enlace de datos asociado al control de ´B-MAC´ mediante etiquetas LSP. La operación de la función de subred para la convergencia dependiente [23.IV] realiza la inicialización de la capa de enlace de datos, las etiquetas de prioridad de flujos de datos o el control de la fragmentación es señalizado con LLDP. Las funciones Independientes, cumplen la misión de determinar la ruta de una NPDU entre dos ES. Una ruta es la secuencia de sistemas y enlaces entre un ES origen y un ES destino. Esta combina el conocimiento de todas las entidades de la capa de red de todos los IS en un dominio de enrutamiento y se utiliza para determinar la existencia de una ruta y enrutar la NPDU a su destino. El componente de enrutamiento en un IS cuenta con funciones independientes que extraen e interpretan la información de control del protocolo o ´PIC´ en una NPDU, ejecutan el reenvió de las NPDU en base a la ´MAC-DA´, administran la característica de la ruta de conectividad como son las asociadas al QoS y CFM entre otras. También cumple la función OAM las que interactuar con las funciones dependientes de la SN asociada a la capa ISS para recibir informes sobre un SNPA que se ha convertido en no disponible, un sistema que ha fallado, o la subsiguiente recuperación de un sistema SNPA.

Las EISS también informa a la función de informe de errores ´ISO 8473´ cuando la función de reenvío no puede transmitir un NPDU, por ejemplo, cuando el destino es inalcanzable o cuando la NPDU hubiera necesitado ser segmentada, esta debe informar si fue segmentada NPDU.

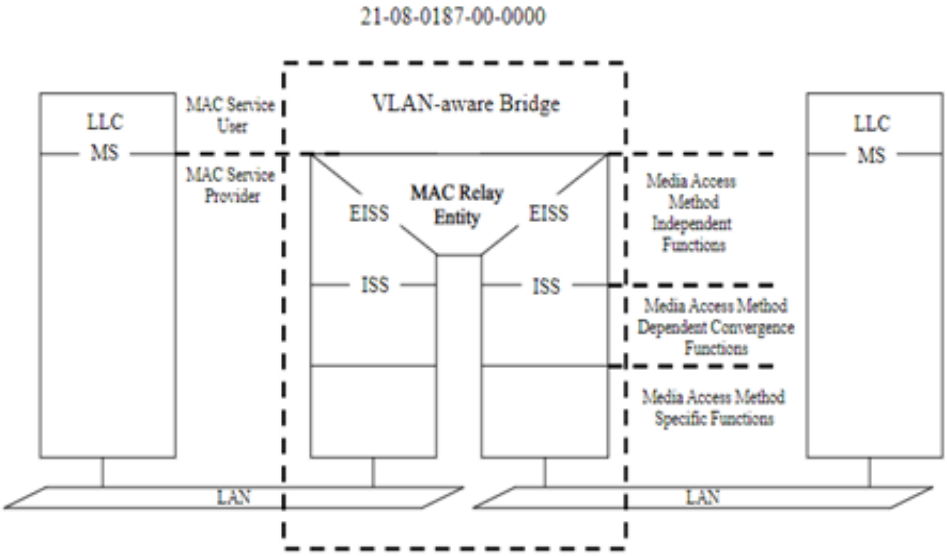


Figura 4.5.a - Virtualización de la capa de servicios MAC (MS) , referencia ´IEEE 802.3´.

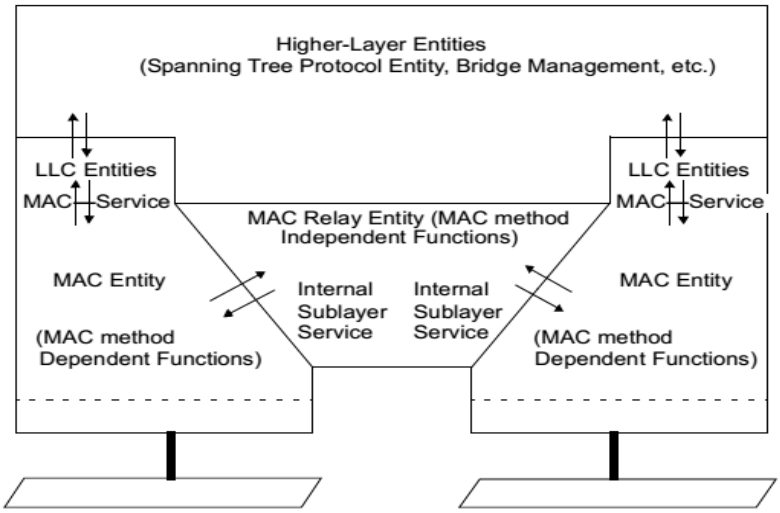


Figura 4.5.b - Representación de la interacción del módulo LLC con las funciones dependientes (ISS) e independientes (EISS), referencia ´IEEE 802.3´.

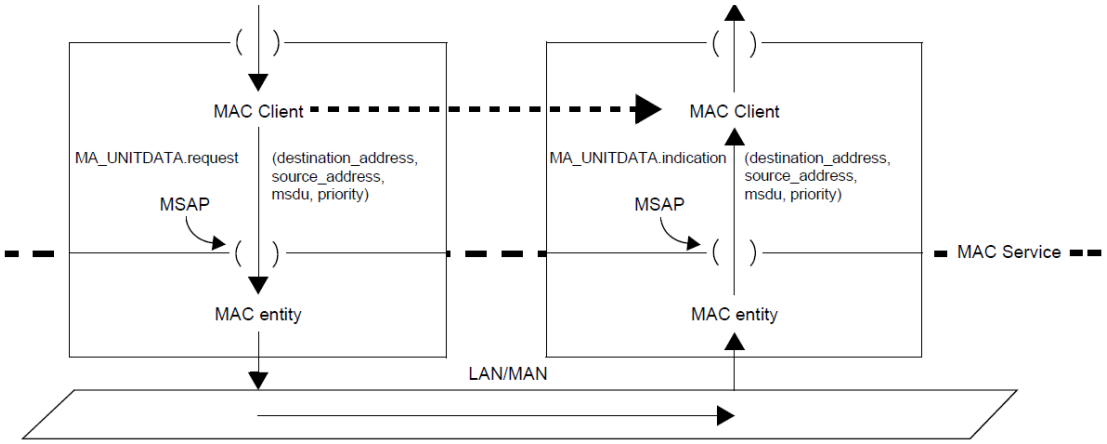


Figura 4.5.c - Entidad MAC, para un servicio vía MAC de cliente, [10.XIII].

Las figuras [4.5.a] y [4.5.b] representan la virtualización de la capa de control de enlace o ´LLC´ para los servicios ´IEEE 802.1ad´ encapsuladas en ´IEEE 802.1ah, esta permite administrar el envío de tramas mediante señalización ´LLDP´, mediante entidad ´MAC-Relay´. Las entidades ´ISS´ y ´EISS´, cuentas con funciones como las descrita en tabla [3.3]. Las sub capas MAC que componen el modelo L2 permiten controlar el plano de servicios de datos NPDU vía LSP en el plano de datos para un PBBN. La figura [4.5.c], representa un servicio basado en estándar ´IEEE 802.1AX-REV´ [10.XIII] el que proporciona mediante MSAP servicios, como ejemplo se encuentran los grupos de agregación de enlaces ´LAG´ los que proporcionan protocolos, procedimientos y objetos administrados, de esta manera permiten el establecimiento de enlaces mediante la capa LLC. En la capa ISS se implementan control salto a salto de servicios de priorización PRI, direcciones ´MAC-DA´, ´MAC-SA, ´MSDU´ y la fragmentación de la unidad de servicio de datos de la SN o ´SNSDU´, en el caso de servicios VXLAN no se debe realizar fragmentación de la SNSDU y se debe definir una unidad de transporte mínimo o MTU en la ruta, esta se informa mediante las NPDU. En la capa EISS se implementan funciones de enrutamiento de NPDU con su correspondiente seguridad, QoS, CFM, OAM entre otras funciones.

La implementación de servicios se realize via interfaz SBI usando SFC sobre los elementos BEB y BCB. El elemento de medición usado es vía MIB asociada a una una VNF la que crea el NSAP y SNPA requerido para un flujo de tráfico especifico.

EL BEB cuenta con dos componenetes como se representa en las figuras [4.3.a] y [4.4], la componente ´I´ asociado a un tipo ES que finaliza los servicios de red PBB/PBB-TE sobre una interfaz PIP encapsulado en trama ´IEEE 802.1ah´, es entregado a la instancia de ´MAC-Relay´ la cual desencapsula y reenvia trama al conjunto VIP asociada a la FIB construida en base a NPDU. Esta VIP entrega un NSAP para las interfaces CNP definido por el estandar ´IEEE 802.1Q-2018´ con trama tipo ´IEEE 802.1ad´. Otro tipo de ES, es el asociado al componente ´B´, que mediante interfaz CBP toma el tráfico PBB/PBB-TE y lo entrega a la instancia ´MAC-Relay´ la que conmuta en base a LSP para señalizar la ruta de la NPDU.

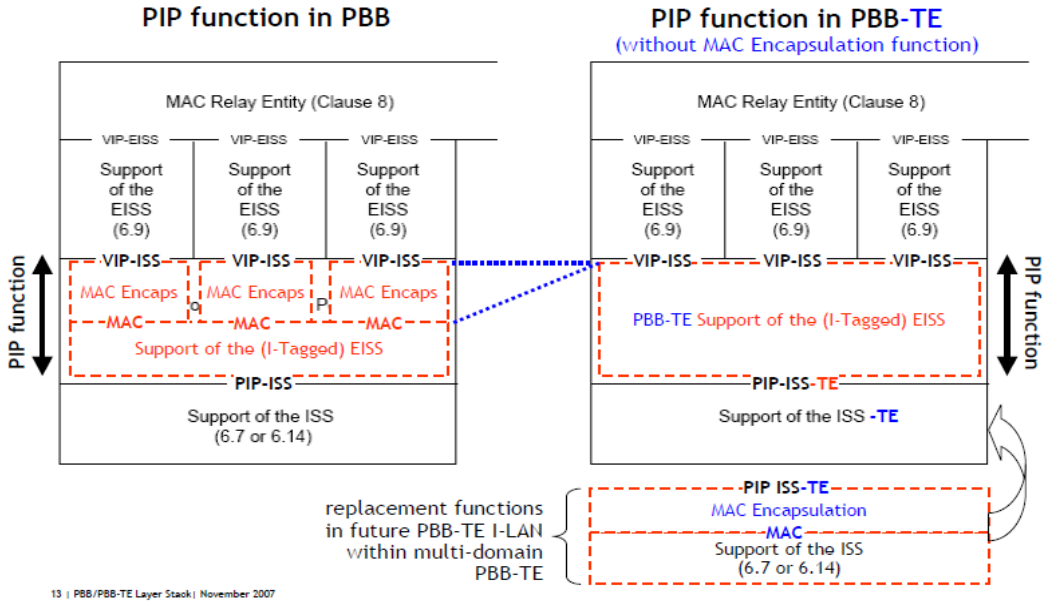


Figura 4.6.a - Virtualizaciones de las interfaces ´PIP´ asociada a su función en la ´PBBN´/´PBBN-TE, [10.X.II.b].

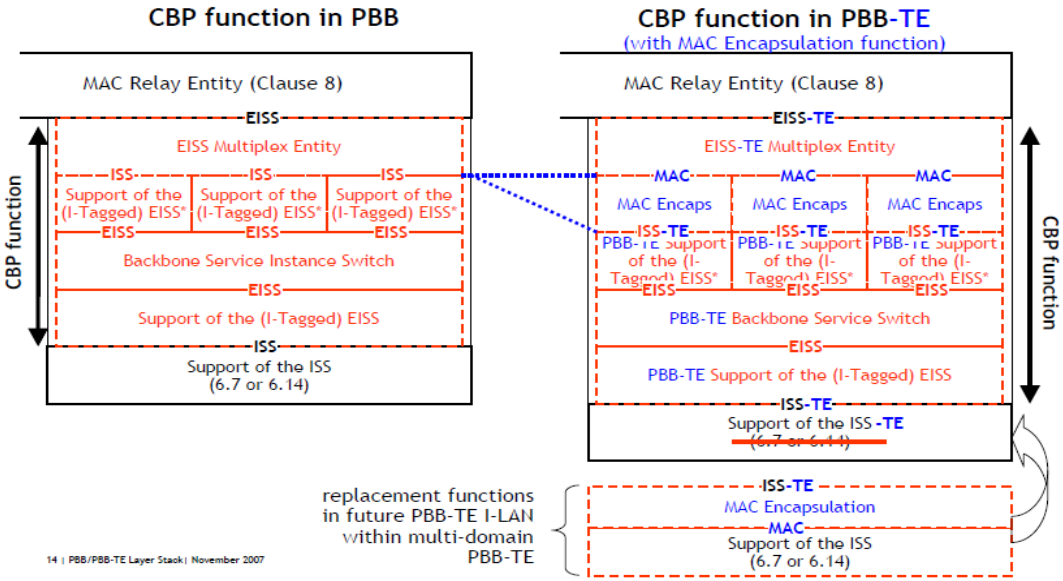


Figura 4.6.b - Virtualizaciones de las interfaces ´CBP´ asociada a su función en la ´PBBN´/´PBBN-TE´, [10.X.II.b].

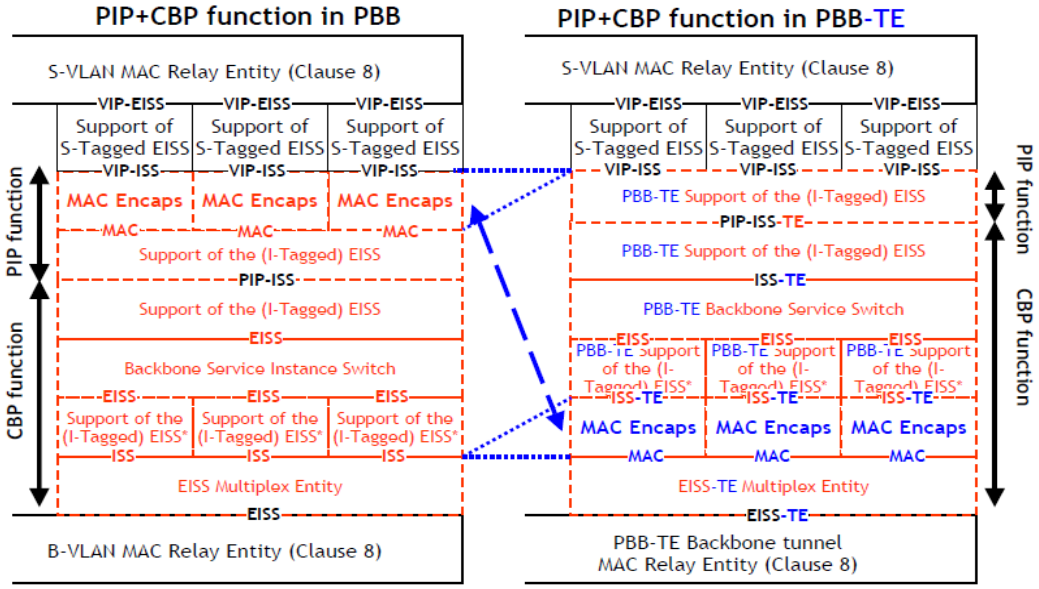


Figura 4.6.c - Virtualización de interfaz virtual ´VIP´ mapeada hacia el ´PBB´/´PBB-TE´ pasando por el proceso de ´MAC- Relay´ como parte de una entidad de la componente ´B´ de la capa ´EISS´, [10.X.II.b].

En las figuras [4.6.a], [4.6.b] y [4.6.c] se representa la virtualización de interfaz de elementos BEB con funciones definidas en ´ISO/IEC 10589´ y las ´RFC 1142´ para las capas ISS y EISS. El BCB, principalmente contiene instancia IS, asociada a señalización de rutas y control mediante LSP. Se usan PDU de control asociadas a las capas de señalizacion de red como son las NPDU para funciones asocada a las capas ISS y EISS. La NSDU estan asociada a los datos requeridos por estas instancia. Este último elemento solo cuenta como componentes ´B´ y puertos del tipo PNP con características de gran rendimiento respecto al reenvío de tramas ethernet [anexo B] y capacidad para almacenamientos de diferentes instancias tipo VB con tablas FIB.

4.3.2 Orquestación

Basaremos nuestro modelo según referencias ´ETSI-NFV' como se representa en la figura [4.7.a], el cual define las funciones e interfaces de comunicación entre OSS/BSS/NMS representado en el módulo de orquestación y su interacción con las funciones de red virtualizadas [capítulo 3.6], como son los EMS o una plataforma SNMP en un bloque de funciones o VNF y el módulo HFB asociado a la NFVI o directamente sobre un medio físico PNF, representado como un modelo de paso sin elementos hipervisados por la NFVI como se representa en la figura [4.7.b] asociado al modelo abstracto o NSAL como se representa en la figura [3.1].

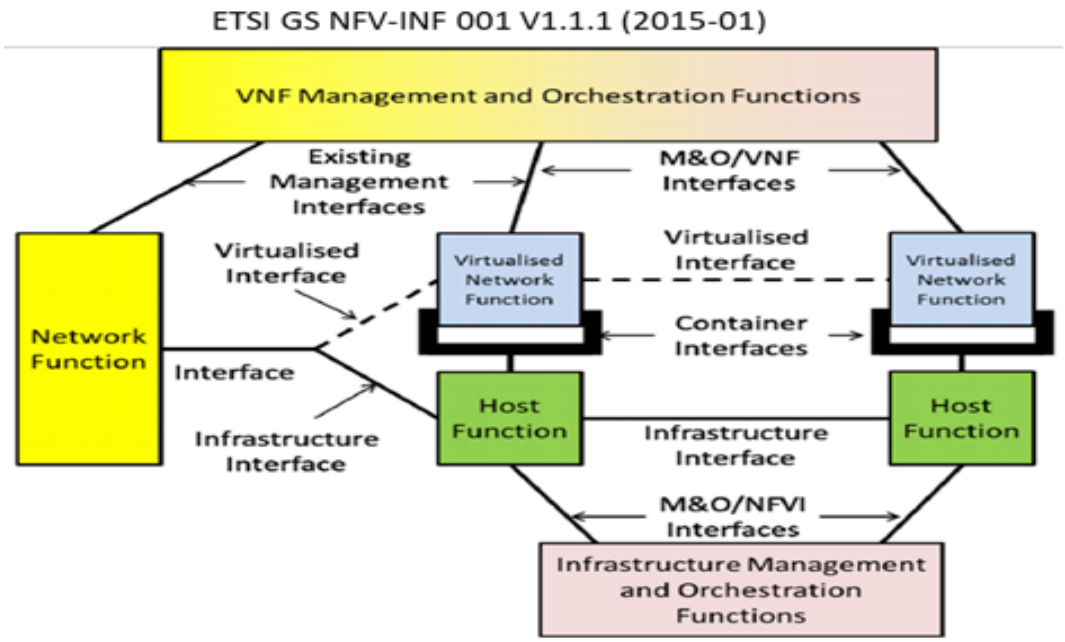


Figura 4.7.a - Diagrama en bloques, interfaces con elementos de la orquestación, [8.IV]

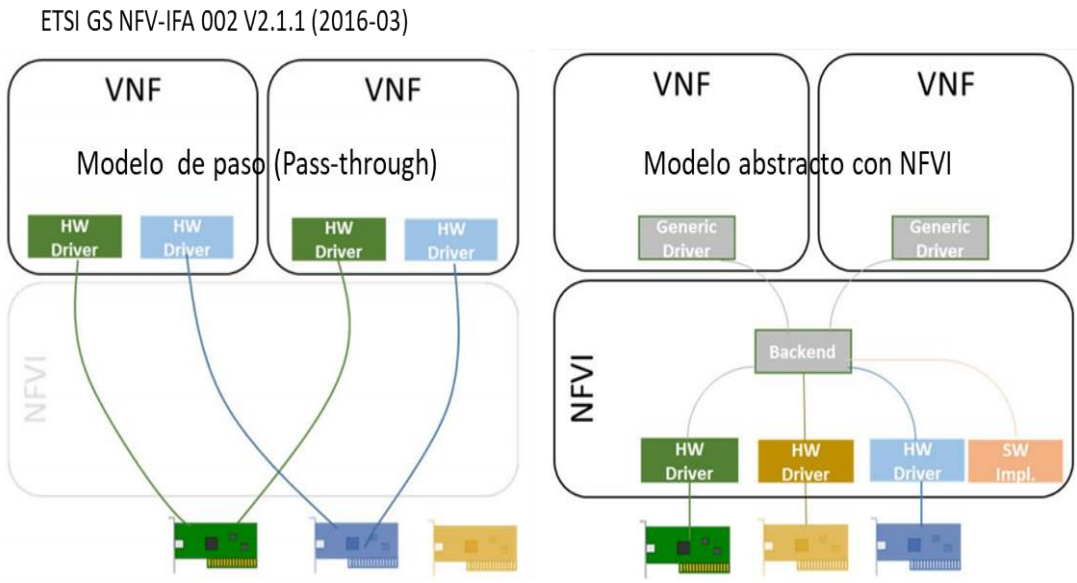


Figura 4.7.b - Modelos para la implementación de VFB sobre el HFB, [8.XII]´

En la figura [4.7.a], el bloque asociado a la NVF compuesta por el bloque VFB, que son las funciones de red o VNF y sus componentes, estas están comunicadas con los HFB a través de su interfaz ´SWA-5´ como se detalla en la figura [3.11]. En el modelo de paso como se representa en la figura [4.7.b], requiere que el ´hardware´ cuente con soporte SDN como son las PNF que podrán ser administrada directamente por un gestor de elemento EM a diferencia del modelo abstracto que la infraestructura es administrada por un hipervisor asociado al NFVI. La descripción de cada interfaz se presenta en [anexo G].

El trabajo presenta una alternativa de organización basada en el modelamiento de los datos denominada ´YANG´ (del inglés ´Yet Another Next Generatio´) [22.XVI] es una arquitectura asociada a servicios sobre interfaz SBI que define el modelamiento de los datos asociado al lenguaje de configuración, notificaciones y el contenido requerido para la comunicación entre una VNF y su HFB. La interacción es bajo un procedimiento remoto de configuración de red o ´NETCONF´ [22.IX]´ y vía MIB para el monitoreo de los elementos BEB y/o BCB sean estas VM, NE o NR. YANG pérmite definir el formato para cada notificación enviada a por los HFB mediante la referencia MIB. El procedimiento de implementación del lenguaje al ser independiente del protocolo se podra usar muchos formatos, el trabajo propone uso de

archivos XML como lenguajes máquina como se grafica en la figura [3.8.b], donde se representa la implenmentación de politacas de calidad PFC usando protocolo LLDP definidos en la norma ´IEEE 802.1Qaz´.

Respecto a las herramientas asociada a la optimización de la red, se propone el uso de ´vSphere´ [21] como gestor de hipervisores para los NE, NR o VM asociados al modelo con NFVI como se representa en la figura [4.7.a]. La virtualización de los NE, NR o VM se implementara con ´ESX/ESXi´ para la virtualización de elementos BEB y BCB. La función de reenvío definida en el módulo ´MAC-Relay´ para servicios indicados en la figura [4.4] soportar referencia ´IEEE 802.1aq-2012´ para los elementos físicos donde se entrega el servicio como por ejemplo la NIC, como se presenta en la figura [4.8]. Esta última tambien podrá constituir parte de una ´VNF´ y agregar ´NSAP´ de forma virtual [22.XVI.b], para las interfaces definidas y que cumplan con la funcion indicada en figura [4.8].

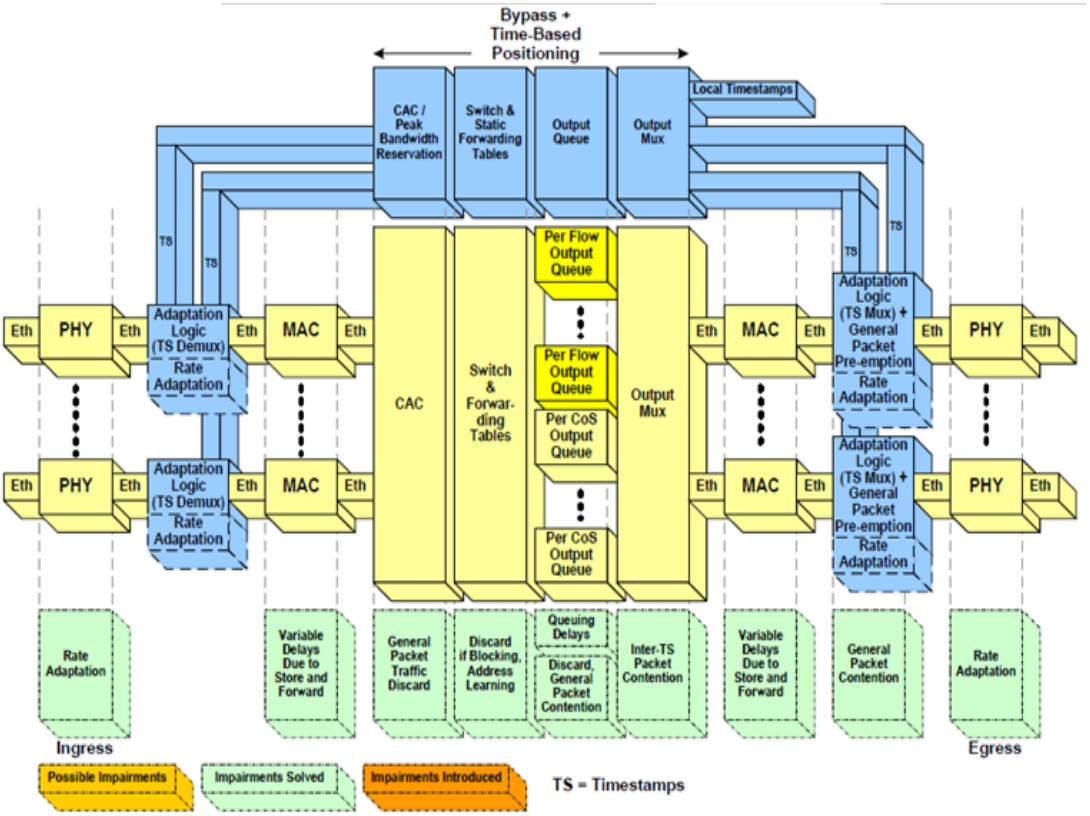


Figura 4.8 - Referencia ´IEEE-TSN´ [10.IV] para servicios PBB/PBB-TE y su integración al modelo ´ETSI-NFV´.

En la figura [4.8] se presenta diagrama en bloques [10.IV.b] asociado a la virtualización de una instancia VB y sus interfaces de red NIC con los elementos asociados a la referencia ´IEEE-TSN´ [10.IV] para definir las componentes de la entidad ´MAC-Relay´ que tiene como función implementar el reenvío e implementar etiquetas L2 para el perfil de QoS requerido por el flujo de datos. Para el caso del flujo sensible al tiempo (flujo de color azul) la referencia ´IEEE 802.1Qav´ entrega herramientas para la identificación del flujo y su derivación a un proceso diferente de otros flujos, menos sensibles al tiempo (en amarillo). La obra propone soportar referencia ´IEEE P802.1ABcu´ asociado a la virtualuzamiento de las funciones LLDP. Para la virtualizacion de la interfaces de servicios de red, asociado al estandar ´IEEE 802.1ad´ y basadas en el estandar ´IEEE 802.1Qbc´ que define su modelamiento para las componentes ´I´ de las BEB. Respecto a la virtualización de las distintas interfaces BEB y BCB, definidas en la figura [4.4] para servicios PBB/PBB-TE, se propone refrencia asociada a estandar ´IEEE 802.1aq-2012´ y ´IEEE 802.1Qay´ respectivamente.

En la figura [4.8], se presenta el modelo referencia VB según estándar ´IEEE 802.1Qav´, asociado a una tarjeta de red y sus módulos de servicios en sus distintas etapas, se destacan la capa asociada a las funciones específica referida al ´método de acceso al medio´ como se representa en las figuras [4.5] y [4.8], asociada a la capa de adaptación al medio, donde se da origen del flujo azul, al detectar el reloj de línea o ´SyncE´ [9.XXVI], el módulo asociado al ´control de admisión de conexión´ o ´CAC´ implementa las funciones de la capa ISS y define los parámetros establecidos para el tráfico de paquetes en general, es necesario un tratamiento diferenciado de los paquetes con marca de tiempo. El módulo de reenvió requiere un tratamiento sin bloqueo para mantener la referencia del reloj de línea, en el proceso de salida se visualiza el módulo asociado a la implementación de políticas para el QoS y la reinyección de la marca de reloj a la línea.

4.3.3 Aplicación

Según el modelo SDN que se representa en la figura [3.1], se define el plano de aplicaciones y su comunicación con la capa de abstracción del servicio de red o NSAL, mediante su interfaz NBI la cual está conectada a los equipos del núcleo de red, para todos los casos se propone como protocolo IGP a IS-IS. Referente al modelo NFV se asocia al bloque VFB que

contiene las VNF que controlaran los HFB. Esta capa contiene los gestores de red de los hiprevisores, las OSS/BSS/NMS, herramientas de resolución de problemas y diagnósticos, en general las VNF contiene varias VNFC asociado a los distintos perfiles y flujos de tráfico a controla según QoS requerida.

La capa de aplicaciones contiene las funciones necesarias para satisfaces las distintas VNF requeridas por el NSAL. El trabajo presenta referencia en base plataforma ´VMware NSX®´ para soporte de OAM&P y el control de la virtualización de redes de SDN vía hipervisor para los elementos de red ya sean de NE o NR o mediante VM. Las redes virtuales reproducen el modelo de red L2 a la L7 asociado, con los aplicativos que permiten crear topologías de red complejas de varios niveles y aprovisionarlas programáticamente en segundos.

NSX incluye una biblioteca de servicios de redes lógicas, como son los conmutadores lógicos o enrutadores lógicos, entre otras VNFC asociadas a las diferentes instancias de red como se representa en la figura [1.4.b], con las VNF de OAM interactuando con el gestor de red por su interfaz SWA-4 como se explica en la figura [3.11], puede crear combinaciones personalizadas de estos servicios en redes virtuales aisladas basadas en software que admiten aplicaciones existentes sin modificaciones o entregar requisitos únicos para nuevas cargas de trabajo de aplicativos. Las redes virtuales se provisionan y administran de manera independiente del hardware de red.

5 Conclusiones

En este trabajo se ha desarrollado una propuesta de red BH&FH para tecnologías de acceso 5G, según requerimientos técnicos definido en tabla [2.1] implementada a nivel de capa 2. Se espera contar con diferentes tecnologías para la red de acceso, para cada una de las demandas definidas en el capítulo [2.1], se propone implementación del BH&FH como se grafica en las figuras [2.7.a] y [2.7.b] según referencias ´OMNIRAM´ y ´Proyecto 5G X-Haul´ asociadas al modelo definido por el estándar ´IEEE P802.1CF´ para el control de las SFF basadas en soluciones SDN.

En la presentación ´omniran-18-0027-00TG´ se contempla un conjunto de normas y modelamiento de datos según referencia ´IEEE TSN´, específicamente en el estándar ´IEEE P802.1CM´ que define los perfiles de selección según características, opciones, configuraciones, valores predeterminados, procedimientos y protocolos como por ejemplo lo es LLDP basados en estándar ´IEEE 802.1ABcu' el que considera LLDP de administración y LLDP de monitoreo vía MIB, para el FH.

Todo el modelamiento de datos de elementos de red está basado en YANG para la implementación de las SFF asociadas, como, por ejemplo, las SFF asociada a las QoS en la entidad MAC-RELAY como se representa en las figuras [4.3.b] y [4.8] soportada por las capas MS y LLC detallada en las figuras [4.5.a] y [4.5.b]. Cada capa cuenta con su SAP como se representa en la figura [4.5.c] que permite gestionar los flujos de datos, señalizados con LLDP definidos en el estándar ´IEEE P802.1DC´ e implementado según referencia ´IEEE 802.1Qav´ como se representa en la figura [4.8] sobre el HBF.

Respecto al ´hardware´ que compone la HBF asociado al BEB se propone que sea en base a 'circuito integrado de aplicación específica´ (ASIC), hardware que permite integrar funciones propias de la transmisión (referido al tema). Básicamente un ASIC específico presenta buen rendimiento de consumo por interfaz de acceso como se presenta cuadro comparativo en el [anexo F]. La componente del HBF asociado a la instancia MAC-Relay de la componente (I) del BEB descrito en la figura [4.3] es señalizado por una NPDU basada en estándar ´IEEE 802.1ah´ como se representa en la figura [4.1]. Para las componentes ´B´ la señalización es

vía ´LSP´ basada en estándar ´IEEE 802.1aq-2012´ para servicios PBB y ´IEEE 802.1Qay´ para servicios PBB-TE.

Respecto a la topología, podemos destacar que esta se modifica en la medida que la capilaridad del despliegue sea necesaria. Para la virtualización de los NE y/o NR presenta como referencia controladora vSphere sobre elementos NE, NR y/o VM con su protocolo de encapsulamiento VXLAN como se describe en el capítulo [2.2] para implementar el control sobre NFVI. Los elementos virtualizados consideran referencia ´ETSI-NFV´ para la organización y control de las VNF y su implementación en la NFVI usando la plataforma ´VMware NSX®´ como aplicativo para la capa asociada a la interacción con las plataformas OSS/BSS/NMS/EMS. Para el reconocimiento topológico se plantea uso de protocolo IGP IS-IS como se describe en el capítulo [3.3], para la identificación de las entidades ES que componen el BEB asociado a los elementos de decisión de la tabla de FBI según se representa en a figura [3.6]. La FIB se implementa, sobre elemento MAC-Relay afectando el flujo de datos mediante una SFF. También se encarga de la entrega de señalización LSP para servicios ´IEEE 802.1aq-2012´ y ´IEEE 802.1Qay´.

Se propone señalización estática vía MAC o SPBM, la que soporta la distribución del sincronismo de red asociado al estándar ´IEEE P802.1ASbt´ y de la lectura de LSP mediante MIB, para el control de la QoS en la ruta del flujo de datos. La implementación de la OAM basadas en recomendación ´IEEE P802.1Qcx´ como se detalla en el capítulo [4.2] para la definición en base al modelamiento de datos referida a las funcionalidades descrita en tabla [2.5] asociada a referencia ´IEEE´ y en la tabla [2.9] asociada referencias MEF.

Respecto a las interfaces de red se reconocen cuatro tipos de interfaz asociadas a elementos BEB, dos tipos de interfaces asociada a las componentes (I) como son la interfaz de cliente o CNP, con funciones de lectura y mapeo de tramas ´IEEE 802.1ad´ y las PIP que son las que mapean tramas ´IEEE 802.1ah´. Por otro lado, tenemos dos tipos de interfaces asociada a las componentes (B), como son las interfaces de tipo CBP que realizar mapeo de tramas ´IEEE 802.1ah´ y las interfaces de tipo PNP (algunas lo referencian como interfaz PBP) que realizan solo lectura y conmutación. Cada una de estas se diferencia por su capacidad de memoria y

velocidad de conmutación, por lo que se espera que el hardware asociado a cada uno de estos elementos sea definido según su función y rendimiento esperado. Respecto a los elementos BCB (del inglés Backnbone Core Bridg), están compuesto principalmente por elementos PNP con soporte de lectura de tramas ´IEEE 802.1ah´ y una alta capacidad de conmutación de tramas sin bloqueo ni perdidas.

6 Proyecciones

6.1 Ejemplos servicios eMMB

Hoy en día para una población de aproximadamente 15 millones de habitantes, existe en servicios aproximadamente 7,5 millones de equipos móviles con un consumo de BW de acceso a internet de aproximadamente 150 Gbps con un crecimiento anual del orden del 5%. Se espera que la demanda de BW se vea incrementada entre un 10 a 100 veces, como se describe en el capítulo [1] pudiendo llegar inicialmente a 1500 Gbps el acceso internet.

A continuación, se presentan algunos ejemplos asociado a la demanda de servicios del BH&FH donde se considera agregar tráfico de eNb y NR sobre interfaces de FO preferentemente para los centros urbanos densamente poblados o espacios públicos ´indoor´. En estos casos se proyectan equipos TN para atender servicios definidos en capítulo [2.1], con capacidad de 12 interfaces de 10/50 Gbps y 4 interfaces de 50/100 Gbps como troncal, el tráfico esperado en la troncal es de 100 Gbps hacia equipo tipo ETN o IATN. Para un área definida por un TAC para servicios eMBB de aproximadamente 3 hectáreas, se espera aproximadamente 130 TN atendiendo un total aproximado de 1500 equipos BS y/o eREC´s y sus eRE´s, con un tráfico total agregado de 680 Gbps considerando una tasa de agregación de 1:4 para el tráfico de cada eRE.

Para el caso de servicios en espacios públicos abiertos como estadios, el ´IMT-2020´ define un tráfico total 10 Mb/s/m², el ejercicio evaluado contempla atender la capacidad definida en horario punta, para el caso local se proponen equipos TN con interfaz de 50 Gbps para elementos eRE, de 100 Gbps para elementos conectar eREC, BS y troncales. Se proyecta equipos TN donde el 50% de los equipos son tipo NE y el otro 50% es del tipo NR, con capacidad de 12 puertas. El tráfico proyectado en horario punta por troncal de TN se estima

bajo los 70 Gbps y un tráfico total estimado 140 Gbps hacia equipo ETN o IATN, con un total de 8 TN por TAC para cubrir una superficie de 1,2 hectáreas.

Considerando la actual limitación de servicio ´IEEE 802.1aq-2012´ a 1000 elementos, la solución en base a servicios PBB soporta inicialmente 7 zonas densamente pobladas y incluidos estadio y centros públicos por etiqueta de NS. Se concluye que con una implementación en L2 se puede cubrir 21 hectáreas para una zona ultra densa (app 5 Tbps) para proveer de servicios eMMB.

REFERNCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1] ´Reporte Gatner asociado a negocios digitales y las nuevas arquitecturas de redes WAN, basado en atención de más 2000 clientes, Mark Fabbi, Neil Rickard´. [ID G00317251]. https://www.gartner.com/en. [11 2016].

[2]´Common Public Radio Interface, eCPRI presentacion, 2018 Ericsson AB, HuaweiTechnologies Co. Ltd Corporation and Nokia´. Disponible. http://www.cpri.info. [01 2018]

[2.I] ´eCPRI Transport Network V1.0, Requirements Specification Common Public Radio Interface:Requirements for the eCPRI Transport Network´. [01 2018].

[2.II] ´eCPRI Specification V1.1, Interface Specification Common Public Radio Interface: eCPRI Interface Specification´. [01 2018].

[3] ´Research Trends and IMT Beyond 2020. [Online]´. J. Skold. Disponible: https://www.itu.int/en/ITU-D/Regional-Presence/AsiaPaci_c/Documents/. [02 2014].

[4] ´Visión IMT 2020 basada en la recomendación ITU-R M.2083-0, Capitulo 4 – 5´. Disponible : https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2083-0-201509-I!!PDF-E.pdf. [10/2015].

[5] ´MONA JABER1 (Student Member, IEEE), MUHAMMAD ALI IMRAN1 (Senior Member, IEEE), ´5G Backhaul Challenges and Emerging Research Directions: A Survey'. ID 10.1109 / ACCESS.2016.2556011, https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/. [5/2016].

[6] ´Workshop on IMT-2020 terrestrial radio interfaces, Presentations by registered independent evaluation groups, 5G Infrastructure Association (5GPPP-EU)'. Disponible: https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/imt-2020/Pages/ws-20171004.aspx, [10 2017].

[6.I] ´Presentations by potential IMT-2020 RIT/SRIT proponents, ´Parámetros de rendimiento de servicios 5G según ETSI DECT ´, Mr. Daniel Hartnett (DECT Forum). [10 2017].

[6.II] ´Presentations by registered independent evaluation groups, 5G Infrastructure Association (5GPPP-EU)´, Mr. Werner Mohr (Nokia Solutions and Networks). [10 2017].

[6.III] ´Mapa de avance de versión 15 a la 16 3GPP 5G´, Mr. Giovanni Romano (Telecom Italia, 3GPP). [10 2017].

[6.IV] ´Minimum Technical Performance Requeriments for IMT-2020 RIT, Eiman Mohyeldin, NEC´. [10 2017].

[6.V] ´Guidelines for evaluation of radio interface technologies for IMT-2020 "Report ITU-R M.[IMT-2020.EVAL]", Dr. Ying Peng (DaTang Telecommunication Technology & Industry Holding Co. Ltd, P.R. China), Dr. Jungsoo Jung (Samsung, Republic of Korea Co-chairs of SWG EVALUATION in ITU-R WP5D)

[6.VI] ´Architectural aspects of mm-wave radio access, 5G PPP mmMAGIC, integration with 5G ecosystem´. [04 2016].

[7] ´3rd Generation Partnership Project´. Disponible: http://www.3gpp.org/about-3gpp. [12 2018].

[7.1] ´Descripción de interfaz S1, EUTRAN REL 15, 3GPP TS 36.414 V15.0.0´. [2018-06].

[7.II] ´Descripción de interfaz X2, EUTRAN REL 15, 3GPP TS 36.424 V15.0.0´. [2017-12].

[7.III] ´Descripción de interfaz EUTRAN arquitectura REL 15, capitulo 6, 3GPP TS 36.401 V15.0.0´. [2017-12]

[7.IV] ´Proyección de servicios 3GPP 5G, versión 16, para UIT - R IMT – proyección al 2020´. Keith Mallinson. Disponible http://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/1774-5g_wiseharbour. [05 2016]

[7.V] ´Aspectos de sistemas y especificaciones técnicas sobre interfaces y arquitecturas para tecnologías 5G, 3rd Generation Partnership Project´. 3GPP TS 23.501 V15.2.0´. Capítulo 4 – 5. [06 2018].

[7.VI] ´Aspectos de sistemas y especificaciones técnicas sobre Conceptos MANO, ´Management and orchestration of 5G networks´. 3GPP TS 28.530 V1.2.2´(Release 15), capítulo 4 – 5. [08 2018].

[7.VII] ´Study on Scenarios and Requirements for Next Generation Access Technologies´. 3GPP TR 38.913 version 14.2.0 (Release 14). [2017-05].

[7.VIII] ´Descripción del estado de las NR y NG_RAN, REL 15´. 3GPP TS 38.300 V15.2.0. [06 2018].

[7.IX] ´Aspectos de sistemas y especificaciones técnicas sobre tecnologías 5G, ´ Study on system and functional aspects of energy efficiency in 5G networks (Release 16) ´. 3GPP TR 32.972 V0.5.0, capítulos 4.2.3 – 10. [09 2018].

[7.X] ´Aspectos de sistemas y especificaciones técnicas sobre provisión, ´ Management and orchestration of 5G networks ´ 3GPP TS 28.531 V1.2.2 (2018-08), capítulos 4 – 5. [08 2018].

[7.XI] ´Presentación roadmap servicios 3GPP de relase 15 a 16, Balazs Bertenyi, Chairman of 3GPP RAN´. balazs.bertenyi@nokia.com. Disponible; http://www.3gpp.org/ftp/Information/presentations/presentations_2018/RAN80_webinar_summary(brighttalk)extended.pdf. [06 2018]

[7.XII] ´5G ; Service requirements for next generation new services and markets´. 3GPP TS 22.261 versión 15.5.0 Release 15, Capitulo 6. [07 2018].

[7.XIII] ´Technical Specification Group Services and System Aspects;Telecommunication management;Principles and high level requirements (Release 15)´. 3GPP TS 32.101 V15.0.0, Capitulo 6 – 7. [09 2017]

[7.XIV] ´Technical Specification Group Services and System Aspects; Policy and charging control architecture (Release 15), Policy and charging control architecture´. 3GPP TS 23.203 V15.3.0, [06 2018]

[8] ´This document has been produced and approved by the Network Functions Virtualisation (NFV) ETSI Industry Specification Group (ISG) and represents the views of those members who participated in this ISG. It does not necessarily represent the views of the entire ETSI membership´. Network Functions Virtualisation (NFV);Terminology for Main Concepts in NFV´. ETSI GS NFV 003 V1.3.1. [01 2018].

[8.I] ´Network Functions Virtualisation (NFV)´ Arquitectura´. ETSI GS NFV 002 V1.2.1. [12 2014].

[8.II] ´Informe sobre el uso de SDN en el marco arquitectónico de la NFV´. ETSI GS NFV-EVE 005 V1.1.1. [12 2015].

[8.III] ´Network Functions Virtualisation (NFV) Release 3; Management and Orchestration; Report on Management and Connectivity for Multi-Site Services´. ETSI GR NFV-IFA 022 V3.1.1. [04 2018].

[8.IV] ´Network Functions Virtualisation (NFV); Infrastructure Overview´. ETSI GS NFV INF 001 V1.1.1. [01 2015].

[8.V] ´Network Functions Virtualisation (NFV); Management and Orchestration; Functional requirements specification Disclaimer´. ETSI GS NFV-IFA 010 V2.1.1. [04 2016].

[8.VI] ´Network Functions Virtualisation (NFV), Virtual Network Functions Architecture Management and Orchestration´. ETSI GS NFV-MAN 001 V1.1.1. [12 2014]

[8.VII] ´Network Functions Virtualisation (NFV)´. ETSI GS NFV-SWA 001 V1.1.1. [12 2014]

[8.VIII] ´Management and Orchestration, VNF Packaging Specification Network Functions Virtualisation (NFV), Management and Orchestration´. ETSI GS NFV-IFA 011 V2.4.1. [2018-02].

[8.IX] ´5G; System Architecture for the 5G System (3GPP TS 23.501 version 15.2.0 Release 15)´. ETSI TS 123 501 V15.2.0. [06 2018].

[8.X] ´Perspectivas para la operación de red basadas en la virtualización (NFV), basadas en las prioridades, capitulos 2-3. 5G. http://portal.etsi.org/NFV/NFV_White_Paper_5G.pdf. [02 2017].

[8.XI] ´OSM RELEASE THREE A TECHNICAL OVERVIEW MANO, An ETSI OSM Community White Paper´. [10 2017].

[8.XII] ´Network Functions Virtualisation (NFV); Acceleration Technologies;VNF Interfaces Specification´. ETSI GS NFV-IFA 002 V2.1.1, Capitulos 5.11 VXLAN offloading functional group. [2016-03].

[8.XIII] ´Network Functions Virtualisation (NFV); Infrastructure; Hypervisor Domai´. ETSI GS NFV-EVE 004 V1.1.1. [03 2016].

[8.XIV] ´Network Functions Virtualisation (NFV); Acceleration Technologies; Management Aspects Specification ´. ETSI GS NFV-IFA 004 V2.1.1. [04 2016].

[8.XV] ´Network Functions Virtualisation (NFV) Release 2; Acceleration Technologies; vSwitch Benchmarking and Acceleration Specification´. ETSI GS NFV-IFA 003 V2.4.1. [02 2018].

[8.XVI] ´Methodology to describe Interfaces and Abstractions of Infrastructure, Network Functions Virtualisation (NFV)´. ETSI GS NFV-INF 007 V1.1.1. [10 2014].

[9] ´Las Comisiones de Estudio del Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T) reúnen a expertos de todo el mundo para elaborar normas internacionales conocidas como Recomendaciones UIT, que actúan como elementos definitorios de la infraestructura mundial de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). https://www.itu.int/es/ITU-T/about/Pages/default.aspx.

[9.I] ´Interfaces for the optical transport network, Corrigendum 1. ITU-T G.709/Y.1331. [08 2017].

[9.II] ´Next Generation Networks – Frameworks and functional architecture models General overview of IPv6-based NGN, SERIES Y'. ITU-T Y.2051. [02 2018].

[9.III] ´Funciones y mecanismos de operación, administración y mantenimiento (OAM) para redes basadas en Ethernet´. UTI - T G.8013/Y.1731. [08 2015].

[9.IV] ´Characteristics of Ethernet transport network equipment functional blocks´, SERIES G and SERIES Y´. ITU-T G.8021/Y.1341. [06 2018].

[9.V.a] ´ Transmission media and optical systems characteristics – Characteristics of optical systems Spectral grids for WDM applications: DWDM frequency grid. ITU-T G.694.1. [02 2012]

[9.V.b] ´Características de los medios de transmisión – Características de los componentes y los subsistemas ópticos´. UIT-T G.694.2. [12 2003]

[9.VI] ´SERIES G: Packet over Transport aspects – Synchronization, quality and availability targets ´ & ´SERIES Y: Internet protocol aspects – Transport´. ITU-T G.8271/Y.1366. [08 2017]

[9.VII] ´Recommendation Guidelines for evaluation of radio interface technologies for IMT-Advanced´. ITU-R M.2135-1. [12/2009]

[9.VIII] ´DRAFT NEW REPORT ITU-R M.[IMT-2020.EVAL], Guidelines for evaluation of radio interface technologies for IMT-2020'. Capitulo 8. [10 2017]

[9.IX] ´Precision time protocol telecom profile for phase/time synchronization with full timing, support from the network Packet over Transport aspects – Synchronization, quality and availability targets´. ITU-T G.8275.1/Y.1369.1. [07/2014]

[9.X] ´ Data over Transport – Generic aspects – Transport network control aspects´. ITU-T G.7714.1/Y.1705.1. [08/2017]

[9.XI] ´Generic functional architecture of transport networks´. ITU-T Recommendation G.805. [03 2000].

[9.XII] ´Recomendaciones en la arquitectura y topología de red de transporte según´. REPORTE ITU-R M.2375-0. capítulo 7 – 10. [06 2015].

[9.XIII] ´Optical Transport Networks & Technologies Standardization Work Plan Issue ´Optical and other Transport Networks & Technologies (OTNT), Status of IEEE 802.1 Ethernet frames over transport FlexE in OIF´. [02 2017]. https://www.itu.int/en/ITU-T/studygroups/com15/Pages/otn.aspx

[9.XIV] ´ Arquitectura funcional de las redes de capa sin conexión´, SERIE G: SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES DIGITALES´. UIT-T G.809. [03 2003].

[9.XV] ´Recomendaciones Servicios & OAM´. ITU-T SG13 & SG15 Update Dinesh Mohan (Nortel) – SG13 Liaison // Hiroshi Ohta (NTT) – SG15 Liaison´. Disponible; http://www.ieee802.org/1/files/public/docs2006/ag-mohand-liaison-itut-sg13-15-update.pdf

[9.XVI] ´SERIE X: REDES DE DATOS Y COMUNICACIÓN ENTRE SISTEMAS ABIERTOS, SECCIÓN 3 – DEFINICIÓN DEL SERVICIO EN MODO SIN CONEXIÓN´. UIT-T X.213 | ISO/IEC 8348. [10 2001].

[9.XVII] ´REDES DE DATOS Y COMUNICACIÓN ENTRE SISTEMAS ABIERTOS. INTERCONEXIÓN DE SISTEMAS ABIERTOS – DEFINICIONES DE LOS SERVICIOS, SECCIÓN 3 – DEFINICIÓN DEL SERVICIO EN MODO SIN CONEXIÓN. UIT-T X.214´. [11 1995].

[9.XVIII] ´ Interconexión de sistemas abiertos – Definición del servicio de enlace de datos, recomendación UIT-T X.212 [11 1995]

[9.XIX] Interconexión de sistemas abiertos (ISA); seguridad, estructura y aplicaciones del CCITT, recomendación X.800´. CCITT X.800. [03 1991].

[9.XX] ´Interconexión de sistemas abiertos – Modelo y notación tecnológica de la información - Modelo de referencia básico, recomendación UIT-T X.200 - ISO/CEI 7498-1 : 1994 (S) ´. [11 1995]

[9.XXI] ´Definición del servicio físico´. Recomendación UIT-T X.211. [11 1995]

[9.XXII] ´Protocolo para proporcionar el servicio de red sin conexión: Especificación del protocolo´. X.233. [08 1997].

[9.XXIII] ´Internet protocol aspects – Transport Ethernet service characteristics'. ITU-T G.8011/Y.1307. [11 2016].

[9.XXIV] ´Calidad de servicio – Guía para métodos y mecanismos´. UIT-T X.642. [09 1998]

[9.XXV] ´Next Generation Networks – Quality of Service and performance Ethernet QoS control for next generation networks´. Recommendation ITU-T Y.2113. [01 2009]

[9.XXVI.a] ´ITU-T Rec. G.8261 that defines aspects about the architecture and the wander performance of SyncE networks´

[9.XXVI.b] ´ITU-T Rec. G.8262 that specifies Synchronous Ethernet clocks for SyncE´

[9.XXVI.c] ´ITU-T Rec. G.8264 that describes the specification of Ethernet Synchronization Messaging Channel (ESMC)´

[9.XXVII] ´Next Generation Networks – Quality of Service and performance Ethernet QoS control for next generation networks´. Recomendación ITU-T Y.2113. [01 2009]

[9.XXVIII] 'Information processing systems - Open Systems Interconeconnection - Internal organization of the Network Layer, ISO 8648 first edition' [02 1988].

[10] ´IEEE GET Program TM, GET 802(R) Standards´. Disponible; https://ieeexplore.ieee.org/browse/standards/get-program/page/

[10.I] ´Especificaciones de 802-2014 - IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Overview and Architecture, Revision of IEEE Std 802-2001´. Revisión of IEEE Std 802-1990.

[10.II] ´802c-2017 - IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Overview and Architecture--Amendment 2: Local Medium Access Control (MAC) Address Usage, IEEE Std 802-2014´. Revisión IEEE Std 802-2001.

[10.III] ´Shor test Path Bridging IEEE 802.1aq, IEEE Interim San Diego´. [07 2010]

[10.IV] ´IEEE TSN´. Disponible; https://1.ieee802.org/tag/tsn/

[10.IV.a] ´Recomendaciones 802.1AV Time Synchronization for Wired and Wireless 802 LANs´. Kevin Stanton, Intel Corporation. [5 2006].

[10.IV.b] 'TSN, Timestamp-Based Synchronization Contribution for IEEE'. Author: Serge F. Fourcand / Huawei Technologies (USA). [10 2008]

[10.V] ´IEEE Standard for Ethernet, SECTION SIX, IEEE Std 802.3-2015 ´. Capitulo 80, Introducción interfaces de RED 40 Gb/s y 100 Gb/s.

[10.VI] ´802.1 – Activities & status´, Glenn Parsons Chair, IEEE 802.1 WG, glenn.parsons@ericsson.com // John Messenger Vice Chair, IEEE 802.1 WG, JMessenger@advaoptical.com. [07 2018]. Disponible; https://mentor.ieee.org/802-ec/dcn/18/ec-18-0112-00-00EC-802-1-opening-report.pdf

[10.VII] ´802.1CF Network Reference Model and Functional Description of IEEE 802 Access Network´. Disponible en https://1.ieee802.org/omniran/802-1cf/.

[10.VII.a] ´IEEE P802.1CF for vertical applications, IEEE 802.1 OmniRAN T. Chair: Max Riegel . Network Reference Model 802, scope Medium backhaul, functional description and network virtualization . (Nokia Bell Labs). Omniran-18-0027-00-00TG, ec-16-0039-01-5GSG, Omniran-14-0037-00-00TG.

[10.VIII.a] ´P802.1DC – Quality of Service Provision by Network Systems´. [05 2018]

[10.IX] "Standard for Local and Metropolitan Area Networks-Media Access Control (MAC) Bridges and Virtual Bridged Local Area Networks Amendment: Stream Reservation Protocol (SRP) Enhancements and Performance Improvements PAR for Quality of Service Provision for Non-Bridges, 802.1XY PAR. Norman Finn Huawei Technologies Co. Ltd v03. [03 2018]

[10.X] ´DCB Capability Exchange Protocol Base Specification, DCBX Base Protocol Rev 1.01'. Manoj Wadekar (Qlogic). [11 2009].

[10.XI] ´Priority Grouping for DCB Networks Enhanced Transmission Selection (ETS), Rev 1.01´. IEEE - 802.1Qaz. Manoj Wadekar (Qlogic). [11 2009].

[10.XII.a] ´802.1Qay, Carrier Bridge Architecture, Joint ITU-T/IEEE Workshop on Carrier-class Ethernet, Geneva.´. Stephen Haddock // ChiefTechnologyOfficer // Extreme Networks. [06 2007].

[10.X.II.b] ´802.1Qay. PBB/PBB-TE Network with B-Service, 802.1aq / B-VLAN and 802.1Qay / B-Tunnel layers´. Maarten Vissers. [11 2007]

[10.XIII] ´802.1AC™-2016, (Revision of IEEE Std 802.1AC-2012), Media Access Control (MAC) Service Definition´. New York, NY 10016-5997. [2016]

[11] ´Open Network Foundationm, 2275 E. Bayshore Road, Suite 103, Palo Alto, CA 94303´. https://www.opennetworking.org/sdn-definition/

[11.I] ONF SDN Evolution´ Version 1.0 ONF TR-535 2016-09-08

[11.II] ´Functional Requirements for Transport API. ONF TR-527. [06 2016]

[11.III] ´Microwave Information Model Vrsion 1.0´. TR-53. [12 2016

[11.IV] ´OpenFlow Management and Configuración OF-CONFIG 1.2 Protocol ONF TS-016 Copyright©. [2014]

[12] Estudio sobre la infraestructura pública, privada y las próximas redes y servicios asociados, Proyecto Comisión Europea Horizon 2020, Visión 5GPPP, contrato 643973, capitulos 3-4, https://5g-ppp.eu/roadmaps/, [02 2015]

[12.I] ´5G - Xhaul - Dynamically Reconfigurable Optical-Wireless Backhaul/Fronthaul with Cognitive Control Plane for Small Cells and Cloud-RANs D2.1´, D2.1 Requirements Specification and KPIs Document, Capitulo 4 – 5. [06 2015]

[12.II] ´ Service Function Chaining (SFC) and Network Slicing in Backhaul and Metro Networks in Support of 5G, Commission for the H2020-ICT-2016-2 METRO-HAUL project. G.A. 761727. Adrian Farrel : Old Dog Consulting.[2018]

[13] ´Latency Evaluation of a Virtualized MME´, Jonathan Prados-Garzon, Juan J. Ramos-Munoz, Pablo Ameigeiras, Pilar Andres-Maldonado, Juan M. Lopez-Soler. Research Center on Information and Communications Technologies. University of Granada, Granada, Spain. Emails: jpg@ugr.es, jjramos@ugr.es, pameigeiras@ugr.es, pam91@correo.ugr.es, juanma@ugr.es

[14] ´MEF 3.0 Transformational Global Services Framework´. Disponible; http://www.mef.net/

[14.I] ´MEF 22.1. ´Mobile Backhaul Implementation Agreement Technical Specification´. [02 2012]

[14.II] ´MEF 23.2 - Carrier Ethernet Class of Service – Phase 3, Implementation Agreement´. [08 2016]

[14.III] ´MEF 33 - Ethernet Access Services Definition´. [06 2012].

[14.IV] ´MEF 56 - Service Configuration and Activation´. [05 2017].

[14.V] ´MEF 6.2 - EVC Ethernet Services Definitions Phase 3´. [08 2014].

[15] ´Protocolo de encaminamiento por rutas facilidades SDN - SR´. Disponible; http://www.segment-routing.net/

[16] ´Monitor de máquinas virtuales Hipervisor KVM´. Disponible; https://www.linux-kvm.org/page/Main_Page

[17] ´QEMU is a generic and open source machine emulator and virtualizer´. Disponible; https://www.qemu.org/

[18] ´Configuration of Tracking Area Code (TAC) for Paging Optimization in Mobile Communication Systems, Article in Lecture Notes in Electrical Engineering´. Disponible; https://www.researchgate.net/publication/287248743. [01 2014]

[19] ´Virtualización de redes para interfaz L3. ´Virtual Network User-Mode-Linux (VNUML)´, http://web.dit.upm.es/vnumlwiki/

[19.I] ´VNUML, es una herramienta de virtualización diseñada para definir y probar rápidamente escenarios complejos de simulación de red basados en software de virtualización User Mode Linux (UML). Disponible; https://sourceforge.net/projects/vnuml/

[20] ´Redes Virtuales Linux (VNX)'. http://www.dit.upm.es/vnx

[21] ´vSphere 6.7 ESXi Hypervisor´. Disponible; https://vspherecentral.vmware.com/

[21.I] ´Soluciones vSwitch sobre VMware´. Disponible; https://vspherecentral.vmware.com/t/esxi-host-and-virtual-machine/storage-and-networking/

[21.II] ´Funciones de vSphere ESXi Hypervisor´. https://www.vmware.com/cl/products/esxi-and-esx.html

[22] ´IETF, Internet Engineering Task Force. Disponible; https://www.ietf.org/

New transport technology, https://www.ietf.org/topics/transport/

Automated network management. https://www.ietf.org/topics/netmgmt/

[22.I] ´Service Function Chaining (SFC) Architecture´. J. Halpern, Ed. Ericsson/ C. Pignataro, Ed. Cisco. RFC: 7665, ISSN: 2070-1721. [10 2015].

[22.II] ´Referencias para el uso de acrónimos 'OAM´, BCP: 161´. L. Andersson Ericsson / H. van Helvoort Huawei Technologies / R. Bonica Juniper Networks / D. Romascanu Avaya / S. Mansfield Ericsson. RFC: 6291, ISSN: 2070-1721. Disponible; http://datatracker.ietf.org/wg/sfc/. [06 2011].

[22.III] Métricas y Medidas para la eficiencia energéticas en redes de acceso inalámbricas, Capitulo 5.1 especifica el módulo de transmisión en la BS´. ETSI ES 202 706-1 V1.5.0. [10 2016].

[22.IV]´Service Function Chaining (SFC) Control Plane Components & Requirements´ Disponible Draft; https://datatracker.ietf.org/wg/sfc/documents/. [09 2018]

[22.IV.a] ´Service Function Chaining Use Cases in Mobile Networks´. Disponible Draft; draft-ietf-sfc-use-case-mobility-08. Internet-Draft, Capitulo 6. [05 2018].

[22.IV.b] ´Service Function Chaining, Internet-Draft Service Function Path Optimization, draft-kumar-sfc-sfp-optimization-01, S. Kumar / J. Guichard / P. Quinn, Cisco Systems Inc., J. Halpern, Ericsson´. [10 2014]

[22.IV.c] ´Service Function Chaining (SFC) Control Plane Components & Requirements´. M. Boucadair, Ed. Orange. Disponible Drft; draft-ietf-sfc-control-plane-08'. [05 2016].

[22.IV.d] Service Function Chaining (SFC) Architecture, draft-ietf-sfc-architecture-11. J. Halpern, Ericsson/ C. Pignataro, Cisco´. [07 2015]

[22.V] ´ISIS Extensions Supporting IEEE 802.1aq Shortest Path Bridging´. RFC:6329, ISSN: 2070-1721. [04 2012].

[22.VI] ´Seamless Bidirectional Forwarding Detection (S-BFD), upgrade RFC 5880´. RFC:7880, ISSN: 2070-1721. [06 2016]

[22.VII] ´Path Computation Element (PCE) Communication Protocol (PCEP), Network Working Group, Category: Standards Track ´. RFC: 5440. [03 2009]

[22.VIII] ´North-Bound Distribution of Link-State and Traffic Engineering (TE) Information Using BGP´. S. Previdi. RFC: 7752, ISSN: 2070-1721. [03 2016]

[22.IX.a] ´Network Configuration Protocol (NETCONF)´. RFC:6241, ISSN:2070-1721. [06 2011]

[22.IX.b] ´Changing the Registration Policy for the NETCONF URNs Registry, Best Current Practice Capability´. RFC_BCP: 7803_203 Update RFC:6241, ISSN: 2070-1721. [02 2016]

[22.X] ´The Open vSwitch Database Management Protocol´. RFC: 7047, ISSN: 2070-1721. [12 2013]

[22.XI] ´Network Service Header (NSH)´. RFC; 8300, ISSN: 2070-1721. [01 2018]

[22.XII] ´Software-Defined Networking (SDN): Layers and Architecture Terminology, Internet Research Task Force (IRTF)´. RFC: 7426, ISSN: 2070-1721. [01 2015]

[22.XII.a] ´Overview of RFC7426: SDN Layers and Architecture Terminology´, IEEE Softwarization. Evangelos Haleplidis, Mojatatu Networks, Canada´. Disponible; https://sdn.ieee.org/newsletter/september-2017/overview-of-rfc7426-sdn-layers-and-architecture-terminology. [09 2017].

[22.XIII] ´A Policy Control Mechanism in IS-IS Using Administrative Tags´. RFC:5130. [02 2008].

[22.XIV] 'Virtual eXtensible Local Area Network (VXLAN): A Framework for Overlaying Virtualized Layer 2 Networks over Layer 3 Networks´. RFC: 7348, ISSN: 2070-1721. [08 2014]

[22.XV] ´Framework for Data Center (DC) Network Virtualization´. RFC:7365, ISSN: 2070-1721. [10 2014]

[22.XVI.a] ´The YANG 1.1 Data Modeling Language. RFC:7950, ISSN: 2070-1721. [08 2016]

[22.XVI.b] ´A YANG Data Model for Interface Management´. RFC:8343, ISSN: 2070-1721. [06 2018]

[22.XVI.c] ´A YANG Data Model for Network Topologies´. RFC: 8345, ISSN:2070-1721. [03 2018]

[22.XVI.d] ´Common YANG Data Type´. RFC:6991, ISSN: 2070-1721. [06 2013]

[22.XVI.e] ´Defining and Using Metadata with YANG´. RFC:7952, ISSN: 2070-1721. [08 2016].

[22.XVI.f] ´YANG - A Data Modeling Language for the Network Configuration Protocol (NETCONF)´. RFC: 6020, ISSN: 2070-1721. [10 2010]

[22.XXII] ´Network Management Datastore Architecture (NMDA)´. RFC:8342, ISSN: 2070-1721. [03 2018]

[22.XXI] ´OSI IS-IS Intra-domain Routing Protocol, Network Working Group´. David Oran, Editor Digital Equipment Corp. RFC:1142. [01 1990]

[22.XXII.a] ´IS-IS Extensions in Support of Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS) - TE´. RFC: 5307. [10 2010]

[22.XXII.b] ´Generalized MPLS (GMPLS) Protocol Extensions for Multi-Layer and Multi-Region Networks (MLN/MRN) - TE ´. RFC: 6001, ISSN: 2070-1721. [10 2010].

[22.XXII.c] ´Generalized MPLS (GMPLS) Data Channel Switching Capable (DCSC) and Channel Set Label Extensions - TE´. RFC: 6002, ISSN: 2070-1721. [10 2018]

[22.XXIII] ´OSI NSAPs and IPv6, Abstract. Internet Draft´. Disponible Draft: draft-ietf-ipngwg-nsap-ipv6-01.txt´. IPng Working Group. [05 1996]

[22.XXIV] ´Zero Configuration Networking o ZEROCONF´. Disponible: http://www.zeroconf.org/

[23] ´ISO es una organización internacional para la estandarización´. Disponible: https://www.iso.org/structure.html

[23.I] ´El modelo básico, sistema de interconexión abierto, Tecnología de la información´. ISO/IEC 7498-1. [11 1994]

[23.II] ´Provisión de servicios en capas inferiores asociado a las normas IEEE 802´. ISO/IEC 8802. [03 1996]

[23.III] ´CLNS MIB for use with Connectionless Network Protocol (ISO 8473) and End System to Intermediate System (ISO 9542), update RFC 1162´. RFC 1238. [06 1991].

[23.IV] ´International standad, Information technology — Protocol for providing the connectionless-mode network service, Protocol specification´.ISO/IEC 8473-1. [11 2002]

[23.V] ´Information processing systems — Data Communications — Local Area Networks — Logical Link Control.— Protocol for providing the connectionless-mode under layer, network service, Protocol specification ISO/IEC 8802 subnetwotrk ´. ISO/IEC 8473-2. [06 1996].

[23.VI] 'Provision of the underlying service by an ISO/IEC 8802 subnetwork´. ISO/IEC 8473 - 2. [03 1996]

[23.VII] ´Sistemas abiertos, Modelo de referencia básico OSI'. ISO/IEC 7498 -1. [06 1996]

[23.VIII] ´Sistemas abiertos Modelo básico, Nombres y direccionamiento´. ISO/IEC 7498 -3. [04 1997]

[23.IX] ´Sistemas abiertos, Modelo básico, Marco de referencia para la Gestión´. ISO/IEC 7498 -4. [11 1989]

[23.X] ´ISIS, Network servicie definición´. ISO/IEC 8348. [11 2002]

[23.XI] ´Intermediate System to Intermediate System intra-domain routeing information exchange protocol for use in conjunction with the protocol for providing the connectionless-mode network service (ISO 8473)´. ISO/IEC 10589 Second edition. [11 2002]

[23.XII] ´Marco de trabajo del enrutamiento, modelo OSI´. ISO/IEC TR 9575. [10 1995]

[24] ´802.1ah in NetherLight, System and Network Engineering, Research Projet 1, Master of Science Program, University of Amsterdam.´ Sevickson KWIDAMA.UvA Supervisor : Dr. Ir. Cees de Laat. [2009]. www.os3.nl

[33] ´H2020 Project 5G-XHaul, Dynamically Reconfigurable Optical-Wireless Backhaul/Fronthaul with Cognitive Control Plane for Small Cells and Cloud-RANs´. Disponible: https://www.5g-xhaul-project.eu/publication_deliverables.html.

[33.1] ´Dynamically Reconfigurable Optical-Wireless Backhaul/Fronthaul with Cognitive Control Plane for Small, Cells and Cloud-RANs, D2.2 System Architecture Definition´. [07 2016].

[34] ´Mejoras para una arquitectura de red multiservicio adaptativa 5G´. Disponible: https://5gnorma.5g-ppp.eu/, 5G NORMA , 5GPPP: https://5g-ppp.eu/. [04 2017].

ANEXO A

Carta referencia empresa

DEPARTAMENTO DE ELECTRONICA

movistar

SANTIAGO, 8 de enero del 2019

Dr.
Walter Grote H.
Profesor Departamento Ingeniería Electrónica
Universidad Tecnica Federico Santa Maria
Presente

De mi consideración:

Por medio del presente documento certifico que el Sr. Manuel Alberto Arriagada Muñoz, desarrolló integramente su trabajo de título basado en redes transporte asociado a requerimientos definidos por el backhaul y fronthaul para tecnologías de quinta generación o ´5G´.

El trabajo tiene como objetivo presentar una alternativa de conectividad, basada en servicios de capa 2 del modelo OSI/ISO. La descripción está basada en los estándares definido y en proceso de definición que entrega la industria.

El aporte del trabajo mencionado, es la de entregar una visión temprana de las expectativas de la industria respecto a los requerimientos ´5G´ y entrega herramientas para la homologación de soluciones en base a estándares internacionales.

Esperando una buena acogida y con la certeza de que el aporte de este trabajo nos entregara como beneficio un mejor entendimiento del futuro tecnológico que nos tocara afrontar en un mediano plazo.

LUIS MUHICA MARTINEZ
Jefe de Área Senior
Backhaul y Conectividad
Telefónica Chile
Móvil: +56992496664

Telefónica Chile | Desde Móviles marcar 103 | 600 600 3000 | movistar.cl | @movistarchile

ANEXO B

Encapsulamientos para servicios PBB y PBB-TE

Basado en referencias ´IEEE 802.1aq´/´IEEE 802.1Qay´

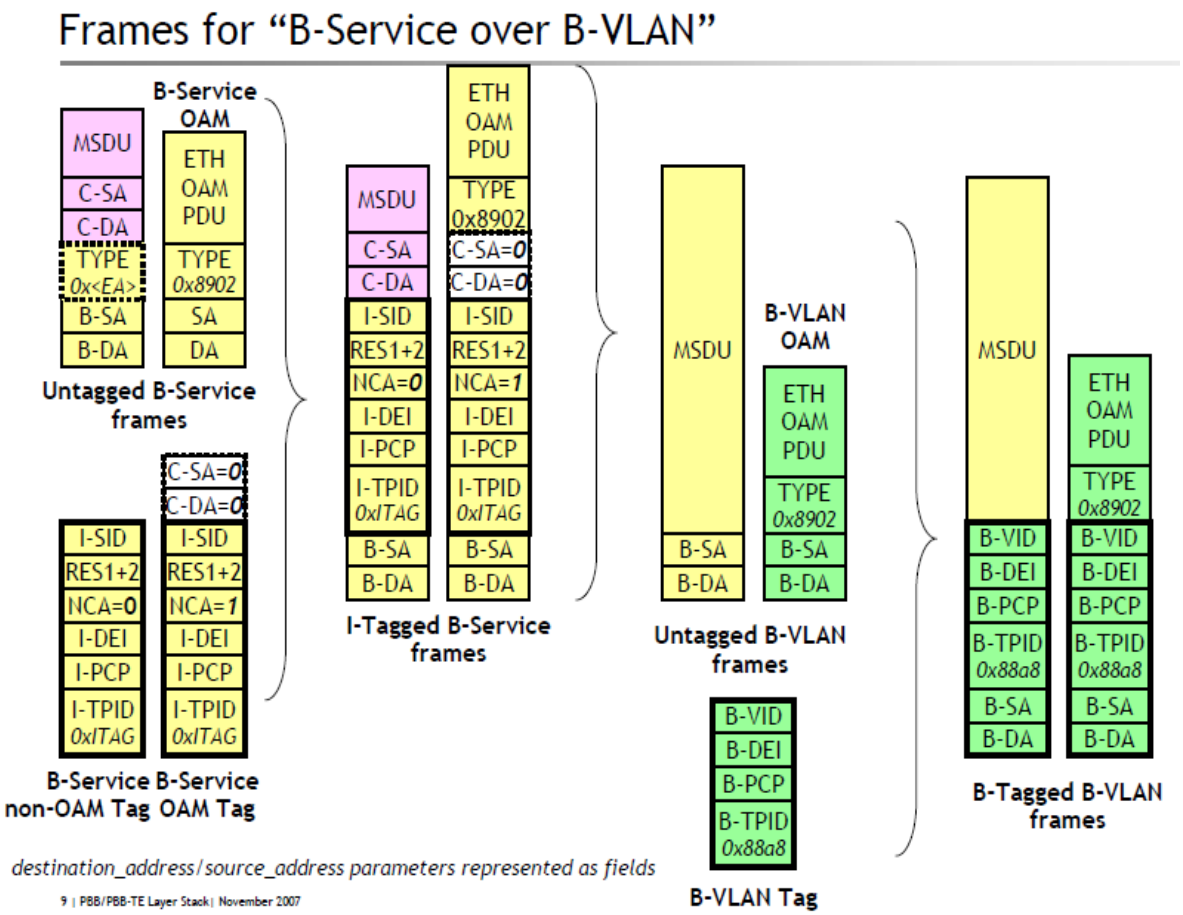


Figura B 1 Encapsulado de servicios SPB sobre PBB, referencias ´IEEE 802.1aq´

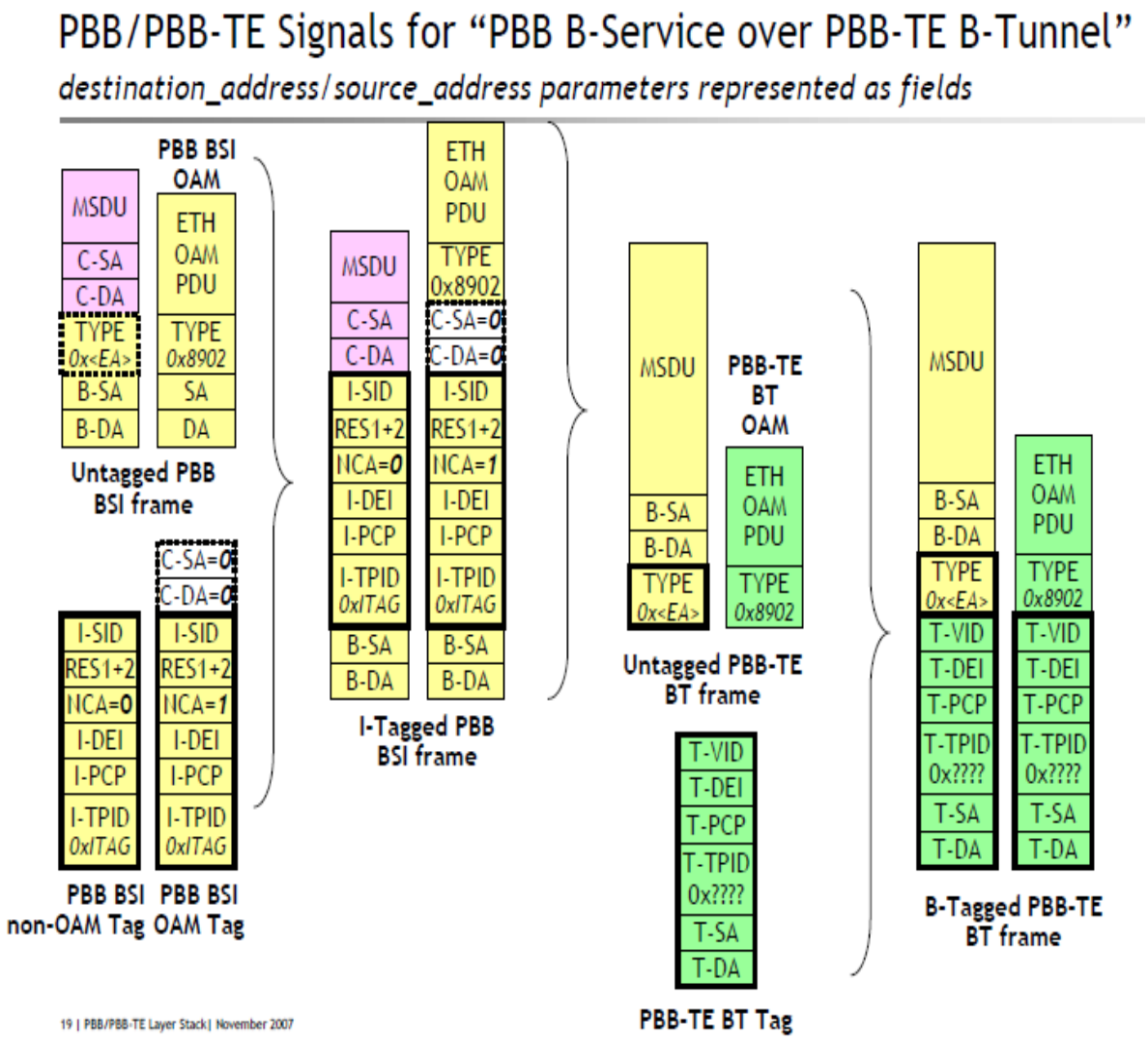


Figura B 2 Encapsulado de servicios PBB sobre PBB-TE, referencias ´IEEE 802.1Qay´

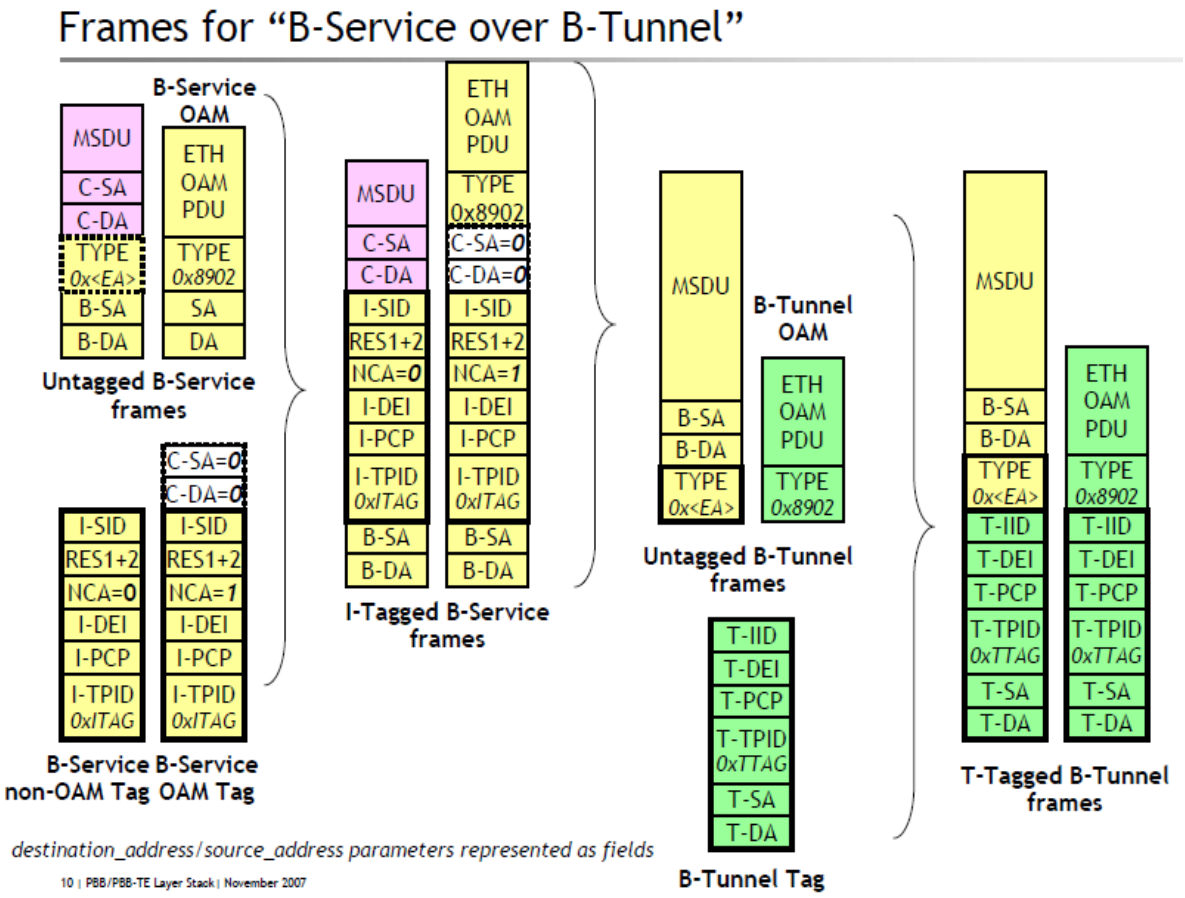


Figura B 3 Encapsulado de servicios SPB sobre PBB-TE, referencias ´IEEE 802.1Qay´

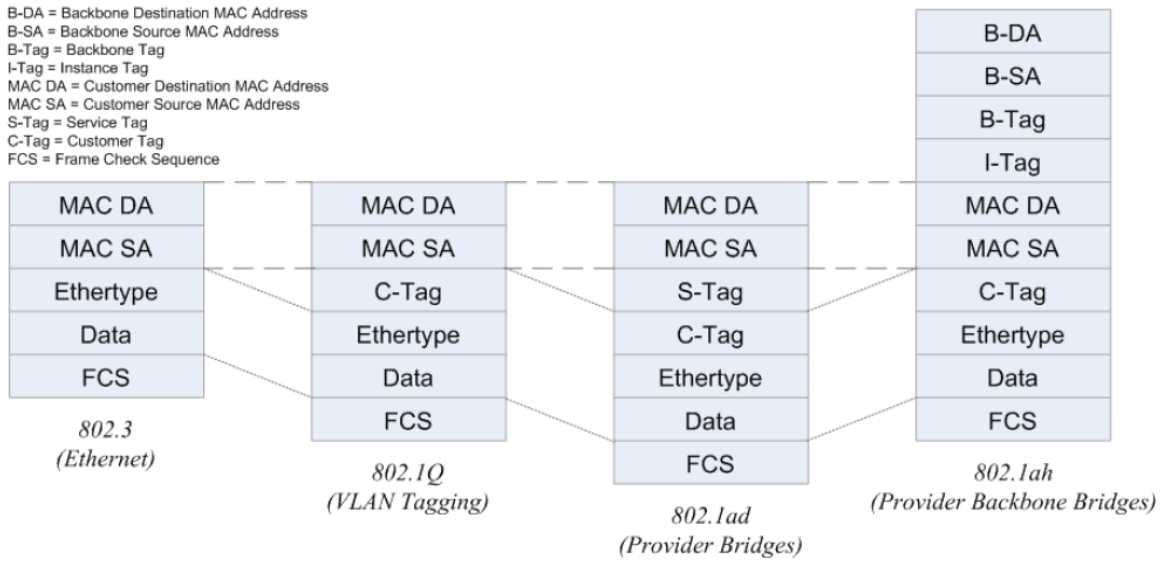


Figura B 4 Encapsulado de servicios 802.3 sobre transporte referencias ´IEEE 802.1aq´/´IEEE 802.1Qay, referencia Sevickson Kwidama | sevickson.kwidama ⇒ os3.nl.

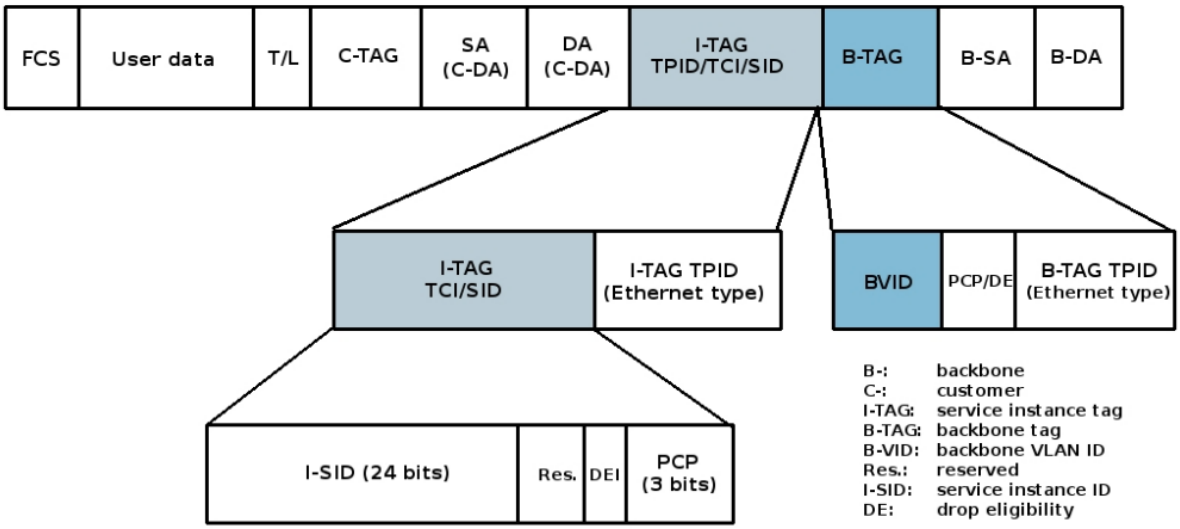


Figura B 5 Encapsulado de servicios 802.1ah basada en referencias ´IEEE 802.1aq´/´IEEE 802.1Qay´, referencia Web de OMNeT++ http://www.omnetpp.org

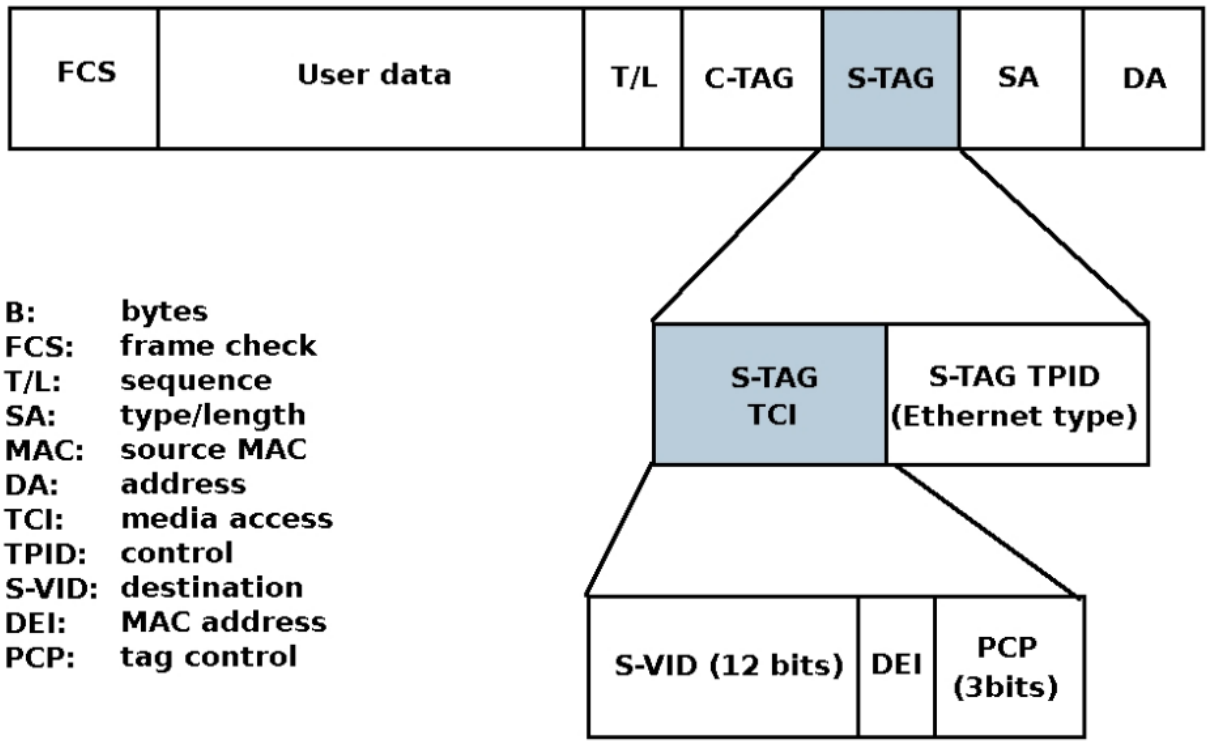


Figura B 6 Encapsulado de servicios 802.1ad , referencia Web de OMNeT++ http://www.omnetpp.org

Anexo C

Códigos y estructura datos PDU referencia ISO/IEC

Códigos y estructura datos PDU referencia ISO/IEC 8473-1 / UIT-T Rec X.233 (1997E)

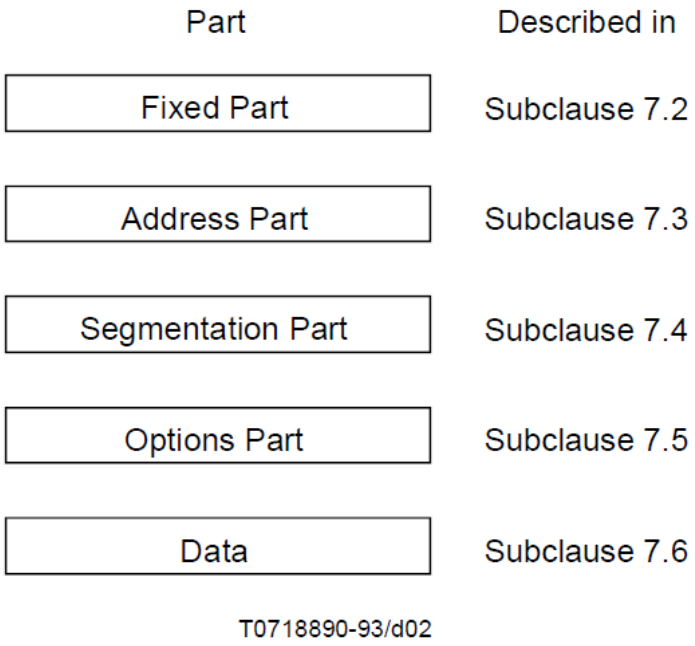


Figura C 1 Códigos y estructura datos PDU referencia ISO/IEC 8473-1 / UIT-T Rec X.233 (1997E), capitulo 7

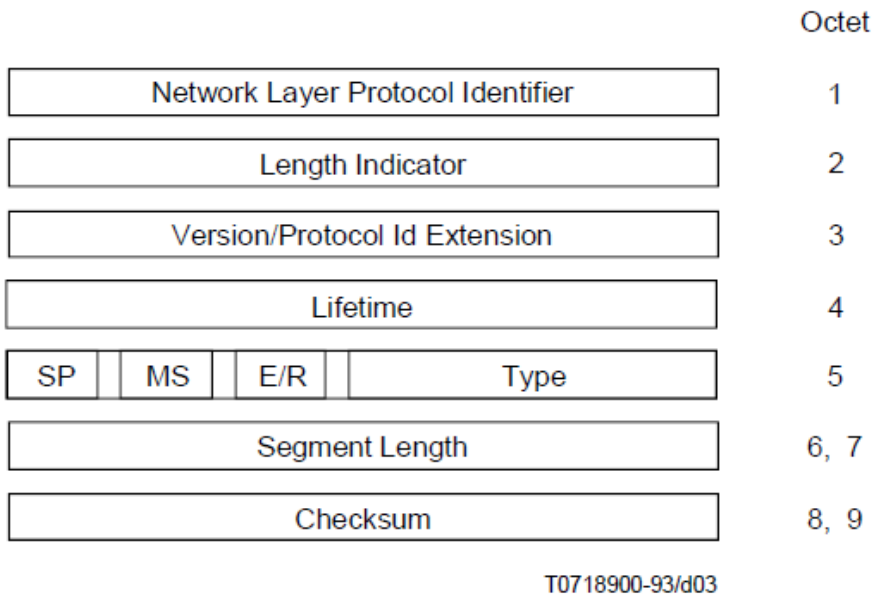


Figura C 2 Estructura de cebecera PDU – Parte fija

Identificador de Protocolo de capa red: Campo de 1 byte e identifica el protocolo de red. El valor ´0´ se informa la inactividad de los sub set de protocolos de red.

Indicador de largo: Define el largo en bytes que tendra la PDU, esta informacion es usada para homegenizar las reglas de reenvio y evitar la frgmentacion

Version del protocolo : Identifica la version del protocolo

PDU Lifetime: Tiempo de vidad e la PDU, inicialmente se define en 500 mseg

Bandera segmentacion permitida (SP) : Informa si valor de tamaño PDU, como el segmentado podra ser modificado por otra instancia de red.

Bandera mas segmentos (MS): Informa si la PDU contenida fue segmentada. En caso de bandera SP es valor (1), la bandera MS, no podra ser segmentada. En este caso el ultimo octeto de datos de parte de la PDU es el ultimo octeto de la NSDU.

Reporte de error (E/R): Cuando esta bandera esta en (1), se usan las reglas usada para determinar si se genera un reperto de error PDU, si s necesario descartar esta PDU.

Codigo Tipo (TC): Identifica el tipo de PDU, según valores en tabla adjunta.

Tabla C 1 Tipos de PDU (Echo Request – ERQ // Echo Response – ERP // Multicast Data – MD // Error Report – ER // Data Protocol Data Unit - DT)

PDU type	Type code					
	Bits	5	4	3	2	1
DT PDU		1	1	1	0	0
MD PDU		1	1	1	0	1
ER PDU		0	0	0	0	1
ERQ PDU		1	1	1	1	0
ERP PDU		1	1	1	1	1

Largo de segmentos de PDU: Este campo informa el largo en bytes de la PDU, incluyendo el encabezado. Este valor no cambia durante el ciclo de vida de la PDU.

Validacion PDU ´Checksum´ : La validacion es leida y tratada para todos las PDU (datos y control), este incluye un capado para informar las razon del descarte.

Direccionamiento PDU.

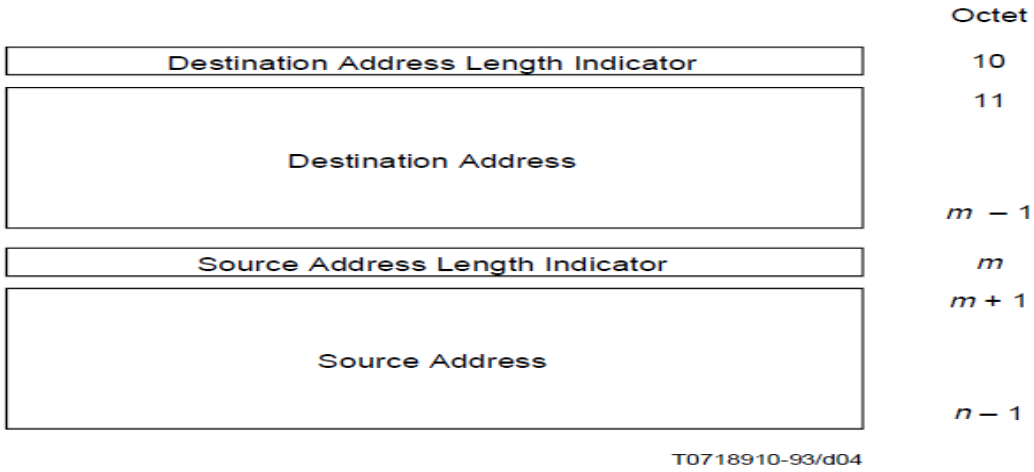


Figura C 3 Parte de direccionamiento - Encabezado PDU

Octet *n*	Address Parameter Length Indicator (e.g. '*m*')
Octets *n* + 1 to *n* + *m*	Address Parameter Value

T0718920-93/d05

Figura C 4 Parámetros de Dirección

La dirección de origen utilizada por este protocolo es una dirección de punto de acceso al servicio de red o un título de entidad de red como se define en ITU-T Rec. X.213 | ISO/IEC 8348. Son usados por PDU únicas definida en tabla, ´tipo de PDU´ y por la PDU multicas o MD PDU.

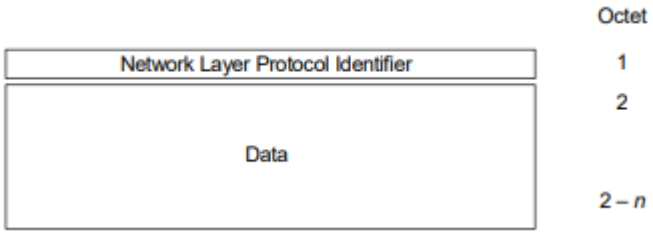


Figura C 5 Estructura de protocolo capa de red inactivas

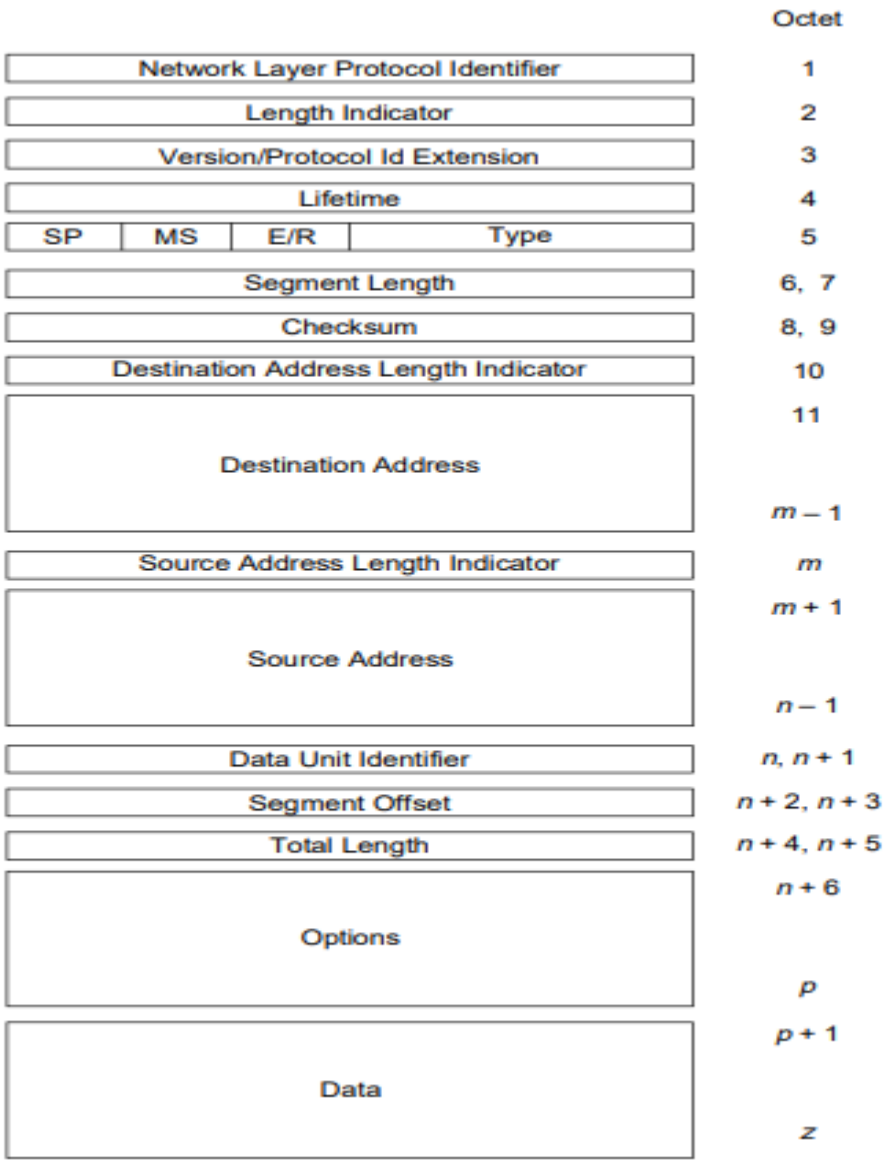


Figura C 6 Estructura PDU

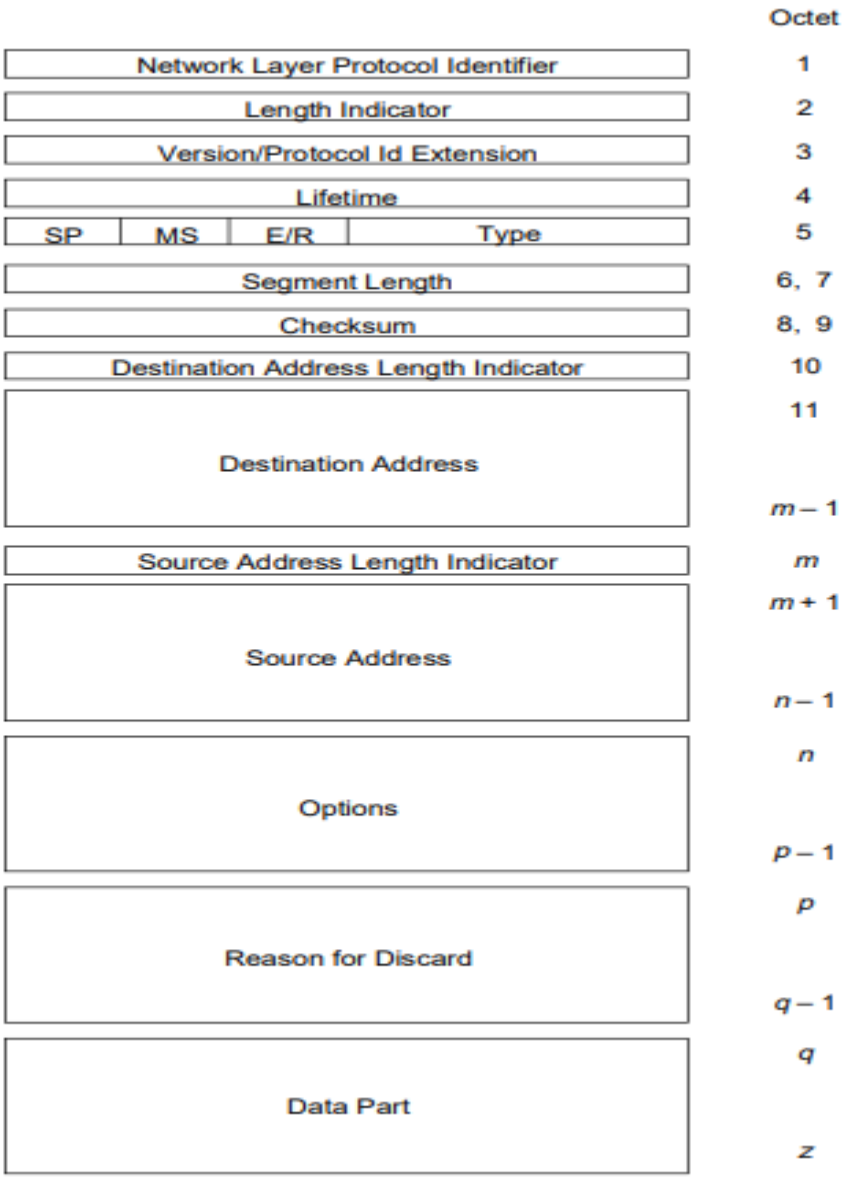


Figura C 7 Estructura de PDU para reporte de errores

Tabla C 2 Parámetros razones para descarte - Valores

Parameter value		Class of error	Meaning
0000	0000 0001 0010 0011 0100 0101 0110 0111 1000	General	Reason not specified Protocol procedure error Incorrect checksum PDU discarded due to congestion Header syntax error (cannot be parsed) Segmentation needed but not permitted Incomplete PDU received Duplicate option Unknown PDU type
1000	0000 0001	Address	Destination address unreachable Destination address unknown
1001	0000 0001 0010 0011	Source routeing	Unspecified source routeing error Syntax error in source routeing field Unknown address in source routeing field Path not acceptable
1010	0000 0001	Lifetime	Lifetime expired while data unit in transit Lifetime expired during reassembly
1011	0000 0001 0010 0011 0100 0101	PDU discarded	Unsupported option not specified Unsupported protocol version Unsupported security option Unsupported source routeing option Unsupported recording of route option Unsupported or unavailable QOS
1100	0000	Reassembly	Reassembly interference

Tabla C 3 Conformidad estática

Protocol function	Reference	End system (Note 1)		Intermediate system
		Sending	Receiving	
PDU Composition (Note 2)	6.1	M	N/A	N/A
PDU Decompositon (Note 2)	6.2	N/A	M	N/A
Header Format Analysis	6.3	N/A	M	M
PDU Lifetime Control	6.4	M	O	M
Route PDU	6.5	M	N/A	M
Forward PDU	6.6	M	N/A	M
Segmentation (Note 2)	6.7	M	N/A	Note 3
Reassembly (Note 2)	6.8	N/A	M	O (Note 4)
Discard PDU	6.9	N/A	M	M
Error Reporting	6.10	M	M	M
Header Error Detection	6.11	M	M	M
Security	6.13	O	O (Note 4)	O (Note 4)
Complete Source Routeing	6.14	O	N/A	O (Note 4)
Complete Route Recording	6.15	O	O (Note 4)	O (Note 4)
Echo request	6.19	O	O (Note 4)	O (Note 4)
Echo response	6.20	N/A	O (Note 4)	O (Note 4)
Partial Source Routeing	6.14	O	N/A	O (Note 4)
Partial Route Recording	6.15	O	O (Note 4)	O (Note 4)
Priority	6.17	O	O (Note 4)	O (Note 4)
QOS Maintenance	6.16	O	O (Note 4)	O (Note 4)
Congestion Notification	6.18	N/A	O (Note 4)	O (Note 4)
Padding	6.12	O	M	M
Scope Control	6.21	O	N/A	Note 5

M Mandatory function; this function shall be implemented.
O Implementation option, as described in the text.
N/A Not applicable.

NOTE 1 – The status in the "sending" column applies to the support of the given function for DT, ER, ERQ, and ERP PDUs sent by the end system; similarly, the status in the "receiving" column applies to the support of the given function for DT, ER, ERQ, and ERP PDUs received by the end system.

NOTE 2 – The PDU composition, PDU decomposition, segmentation, and reassembly functions are not relevant for ER PDUs.

NOTE 3 – The segment PDU function is in general mandatory for an intermediate system. However, a system which is to be connected only to subnetworks that all offer the same maximum SDU size (such as identical local area networks) will not need to perform this function, and therefore does not need to implement it.

NOTE 4 – See 9.2 for related dynamic conformance requirements that apply when this option is not supported.

NOTE 5 – The scope control function is mandatory for multicast capable intermediate systems and not relevant for intermediate systems which are not multicast capable. See 9.1.3 for additional conformance requirements if the intermediate system is multicast capable.

Tabla C 4 Funciones soportadas por PDU

Item	Function	Reference	Status	Support		
iPDUC	PDU composition	6.1	M		YES •	
iPDUD	PDU decomposition	6.2	M		YES •	
iHFA	Header format analysis	6.3	M		YES •	
iPDUL	<s> PDU lifetime control	6.4	M		YES •	
iRout	Route PDU	6.5	M		YES •	
iForw	Forward PDU	6.6	M		YES •	
iSegm	Segment PDU	6.7	iDSNS:M	N/A •	YES •	
iReas	Reassemble PDU	6.8	iErsp:M	N/A •	YES •	
			∧ iErsp:O	N/A •	YES •	NO •
iDisc	Discard PDU	6.9	M		YES •	
iErep	Error reporting	6.10	M		YES •	
iEdec	<s> Header error detection	6.11	M		YES •	
* iSecu	<s> Security	6.13	O		YES •	NO •
* iCRR	<s> Complete route recording	6.15	O		YES •	NO •
* iPRR	<s> Partial route recording	6.15	O		YES •	NO •
* iCSR	Complete source routeing	6.14	O		YES •	NO •
* iPSR	Partial source routeing	6.14	O		YES •	NO •
* iPri	<s> Priority	6.17	O		YES •	NO •
* iQOSM	<s> QOS maintenance	6.16	O		YES •	NO •
* iCong	<s> Congestion notification	6.18	O		YES •	NO •
iPadd	<s> Padding	6.12	M		YES •	
iEreq	Echo request	6.19	O		YES •	NO •
* iErsp	Echo response	6.20	O		YES •	NO •
iSegS	Create segments smaller than necessary	6.8	O		YES •	NO •
iDSNS	Simultaneous support of subnetworks with different SN-Userdata sizes	Table 10 (Note 3)	O		YES •	NO •

ANEXO D

Tabla con MIB ´IEEE´ Recomendadas

Fecha	Estándar	Nombre Archivo	Nota
16/06/2001	802.1X-2001	IEEE8021-PAE-MIB-200101160000Z.txt	
22/06/2004	802.1X-2004	IEEE8021-PAE-MIB-200406220000Z.txt	
06/05/2005	802.1AB-2005	LLDP-MIB-200505060000Z.txt	
06/05/2005	802.1AB-2005	LLDP-EXT-DOT1-MIB-200505060000Z.txt	
06/05/2005	802.1AB-2005	LLDP-EXT-DOT3-MIB-200505060000Z.txt	
15/10/2010	802.1Q, 2008 ed	IEEE8021-BRIDGE-MIB-200810150000Z.txt	
15/10/2008	802.1Q, 2008 ed	IEEE8021-CFM-MIB-200810150000Z.txt	
15/10/2008	802.1Q, 2008 ed	IEEE8021-CFM-V2-MIB-200810150000Z.txt	
15/10/2008	802.1Q, 2008 ed	IEEE8021-MSTP-MIB-200810150000Z.txt	
15/10/2008	802.1Q, 2008 ed	IEEE8021-PBB-MIB-200810150000Z.txt	
15/10/2008	802.1Q, 2008 ed	IEEE8021-PB-MIB-200810150000Z.txt	
15/10/2008	802.1Q, 2008 ed	IEEE8021-Q-BRIDGE-MIB-200810150000Z.txt	
15/10/2008	802.1Q, 2008 ed	IEEE8021-SPANNING-TREE-MIB-200810150000Z.txt	
15/10/2008	802.1Q, 2008 ed	IEEE8021-TC-MIB-200810150000Z.txt	
10/06/2006	802.1AE-2006	IEEE8021-SECY-MIB-200601100000Z.txt	Has a syntax error
02/10/2006	-	IEEE8021-SECY-MIB-200610020000Z.txt	See Interpretation 3

Fecha	Estándar	Nombre Archivo	Nota
08/06/2009	802.1AB-2009	LLDP-EXT-DOT1-V2-MIB-200906080000Z.txt	
08/06/2009	802.1AB-2009	LLDP-EXT-DOT3-V2-MIB-200906080000Z.txt	
08/06/2009	802.1AB-2009	LLDP-V2-MIB-200906080000Z.txt	
08/06/2009	802.1AB-2009	LLDP-V2-TC-MIB-200906080000Z.txt	
25/06/2009	802.1AR-2009	IEEE8021-DEVID-MIB-200906250000Z.txt	
18/12/2009	802.1Qau-2010	IEEE8021-CN-MIB-200912180000Z.txt	
13/07/2011	802.1AS-2011	IEEE8021-AS-MIB-201011110000.txt	
02/12/2011	802.1Q-2011	IEEE8021-TC-MIB-201102270000Z.txt	
02/12/2011	802.1Q-2011	LLDP-EXT-DOT1-V2-MIB-201103230000Z.txt	
02/12/2011	802.1Q-2011	IEEE8021-TPMR-MIB-201102270000Z.txt	
02/12/2011	802.1Q-2011	IEEE8021-SRP-MIB-201102270000Z.txt	
02/12/2011	802.1Q-2011	IEEE8021-FQTSS-MIB-201102270000Z.txt	
02/12/2011	802.1Q-2011	IEEE8021-DDCFM-MIB-201102270000Z.txt	
02/12/2011	802.1Q-2011	IEEE8021-CN-MIB-201102270000Z.txt	
02/12/2011	802.1Q-2011	IEEE8021-CFM-V2-MIB-201102270000Z.txt	
02/12/2011	802.1Q-2011	IEEE8021-CFM-MIB-201102270000Z.txt	
02/12/2011	802.1Q-2011	IEEE8021-BRIDGE-MIB-201102270000Z.txt	

Fecha	Estándar	Nombre Archivo	Nota
02/12/2011	802.1Q-2011	IEEE8021-SPANNING-TREE-MIB-201103240000Z.txt	
02/12/2011	802.1Q-2011	IEEE8021-Q-BRIDGE-MIB-201102270000Z.txt	
02/12/2011	802.1Q-2011	IEEE8021-PB-MIB-201102270000Z.txt	
02/12/2011	802.1Q-2011	IEEE8021-PBBTE-MIB-201102270000Z.txt	
02/12/2011	802.1Q-2011	IEEE8021-PBB-MIB-201102270000Z.txt	
02/12/2011	802.1Q-2011	IEEE8021-MSTP-MIB-201103230000Z.txt	
21/03/2012	802.1Qbe-2011	IEEE8021-MIRP-MIB-201104050000Z.txt	
21/03/2012	802.1Qbe-2011	IEEE8021-MVRPX-MIB-201104050000Z.txt	
21/03/2012	802.1Qbc-2011	IEEE8021-TC-MIB-201104060000Z.txt	
21/03/2012	802.1Qbc-2011	IEEE8021-BRIDGE-MIB-201104060000Z.txt	
21/03/2012	802.1Qbc-2011	IEEE8021-PB-MIB-201104060000Z.txt	
21/03/2012	802.1Qbb-2011	IEEE8021-PFC-MIB-201002080000Z.txt	
21/03/2012	802.1Qaz-2011	LLDP-EXT-DOT1-V2-MIB-201103250000Z.txt	
21/03/2012	802.1Qbf-2011	IEEE8021-TEIPS-MIB-201108170000Z.txt	
21/03/2012	802.1Qbf-2011	IEEE8021-TC-MIB-201108230000Z.txt	
21/03/2012	802.1aq-2012	IEEE8021-SPB-MIB-201202030000Z.txt	
21/03/2012	802.1aq-2012	MIBs/IEEE8021-MSTP-MIB-201112120000Z.txt	

Fecha	Estándar	Nombre Archivo	Nota
21/03/2012	802.1aq-2012	IEEE8021-PB-MIB-201202100000Z.txt	
21/03/2012	802.1aq-2012	IEEE8021-Q-BRIDGE-MIB-201112120000Z.txt	
21/03/2012	802.1Qbg-2012	LLDP-EXT-DOT1-EVB-EXTENSIONS-MIB-201202150000Z.txt	
21/03/2012	802.1Qbg-2012	IEEE8021-BRIDGE-MIB-201202150000Z.txt	
21/03/2012	802.1Qbg-2012	IEEE8021-EVB-MIB-201202150000Z.txt	
21/03/2012	802.1Qbg-2012	IEEE8021-TC-MIB-201202150000Z.txt	
11/04/2012	802.1X-2010	IEEE8021X-PAE-MIB-200910011650Z.txt	
05/07/2012	802.1BR-2012	IEEE8021-PE-MIB-201201220000Z.txt	
05/07/2012	802.1BR-2012	LLDP-EXT-DOT1-PE-MIB-201201230000Z.txt	
10/07/2012	802.1AXbk-2012	IEEE8023-LAG-MIB-201201160000Z.txt	
23/10/2012	802.1Q-2011 Cor 2-2012	IEEE8021-BRIDGE-MIB-201208100000Z.txt	
23/10/2012	802.1Q-2011 Cor 2-2012	IEEE8021-MSTP-MIB-201208100000Z.txt	
12/12/2012	802.1AS-2011 Cor 1-2013	IEEE8021-AS-MIB-201212120000Z.txt	
10/12/2014	802.1Xbx-2014	IEEE8021X-PAE-MIB-201404101619Z.txt	
10/12/2014	802.1AX-2014	IEEE8023-LAG-MIB-201412180000Z.txt	
03/11/2014	802.1Q-2014	IEEE8021-BRIDGE-MIB-201412150000Z.txt	
03/11/2014	802.1Q-2014	IEEE8021-CFM-MIB-201412150000Z.txt	
03/11/2014	802.1Q-2014	IEEE8021-CFM-V2-MIB-201412150000Z.txt	
03/11/2014	802.1Q-2014	IEEE8021-CN-MIB-201412150000Z.txt	

Fecha	Estándar	Nombre Archivo	Nota
03/11/2014	802.1Q-2014	IEEE8021-DDCFM-MIB-201412150000Z.txt	
03/11/2014	802.1Q-2014	IEEE8021-ECMP-MIB-201412150000Z.txt	
03/11/2014	802.1Q-2014	IEEE8021-EVB-MIB-201412150000Z.txt	
03/11/2014	802.1Q-2014	IEEE8021-FQTSS-MIB-201412150000Z.txt	
03/11/2014	802.1Q-2014	IEEE8021-LLDP-EXT-DOT1-EVB-EXTENSIONS-MIB-201412150000Z.txt	
03/11/2014	802.1Q-2014	IEEE8021-LLDP-EXT-DOT1-V2-MIB-201412150000Z.txt	
03/11/2014	802.1Q-2014	IEEE8021-MIRP-MIB-201412150000Z.txt	
03/11/2014	802.1Q-2014	IEEE8021-MSTP-MIB-201412150000Z.txt	
03/11/2014	802.1Q-2014	IEEE8021-MVRPX-MIB-201412150000Z.txt	
03/11/2014	802.1Q-2014	IEEE8021-PBB-MIB-201412150000Z.txt	
03/11/2014	802.1Q-2014	IEEE8021-PBBTE-MIB-201412150000Z.txt	
03/11/2014	802.1Q-2014	IEEE8021-PB-MIB-201412150000Z.txt	

Fecha	Estándar	Nombre Archivo	Nota
03/11/2014	802.1Q-2014	IEEE8021-PFC-MIB-201412150000Z.txt	
03/11/2014	802.1Q-2014	IEEE8021-Q-BRIDGE-MIB-201412150000Z.txt	
03/11/2014	802.1Q-2014	IEEE8021-SPANNING-TREE-MIB-201412150000Z.txt	
03/11/2014	802.1Q-2014	IEEE8021-SPB-MIB-201412150000Z.txt	
03/11/2014	802.1Q-2014	IEEE8021-SRP-MIB-201412150000Z.txt	
03/11/2014	802.1Q-2014	IEEE8021-TC-MIB-201412150000Z.txt	
03/11/2014	802.1Q-2014	IEEE8021-TEIPS-V2-MIB-201412150000Z.txt	
03/11/2014	802.1Q-2014	IEEE8021-TPMR-MIB-201412150000Z.txt	
16/02/2015	802.1AB-2009 Cor-2-2015	LLDP-V2-MIB-201502160000Z.txt	
16/02/2015	802.1Qcd-2015	IEEE8021-LLDP-EXT-DOT1-V2-MIB-201502160000Z.txt	

ANEXO E

AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR MONOGRAFÍA ACADÉMICA

1.- Identificación del Autor

Nombre del Autor(a): Manuel Alberto Arriagada Muñoz
Carrera: Ingeniería Civil Electrónica, mención en telecomunicaciones RUT: 10735536-7
Teléfono/Celular: +56 999096506 E-mail: manuel_arriagada@hotmail.com
Dirección: Camino Vecinal Los Paltos, parcela A3

2.- Identificación de la Publicación

Título de la Publicación: Diseño de red de Transporte exclusivo para servicios ´5G´
Campus/Sede: Campus Casa Central Departamento/Área: Departamento de Electrónica
Carrera: Ingeniería Civil Electrónica, mención en telecomunicaciones Profesor Guía: Walter Grote H.
Palabras Clave : SDN, NFV, VM, PLMN, NE, NR, backhaul, fronthaul, VXLAN y 802.1aq.
Uso interno Biblioteca
Código de barra: …….…… Fecha de Ingreso a RI: …..……..……

3.- Autorización a Publicar

En conformidad a las Leyes 17.336 sobre "Propiedad Intelectual" y 20.435 que modifica la anterior, en mi calidad de Autor de la obra antes identificada, informo a la Dirección de Información y Documentación Bibliográfica Institucional (DIDBI) mi decisión acerca de publicar en formato digital mi **Monografía Académica (Tesis/Trabajo de Título)**:

Autorizo a que se publique en (favor marcar con X una de las categorías):	
X	A. Internet abierta www.repositorio.usm.cl y otros repositorios a que la USM se adscriba
	B. Solamente disponible para consulta en sala ***(opción por defecto)***
	C. Documento con embargo de publicar hasta .....…….…… (mes/año).

4.- Unidad Académica avala la publicación

El Jefe de Carrera que suscribe en representación del Departamento/Carrera, en virtud de la calidad técnica y originalidad del documento, determina . Si X…… No, respaldar la publicación abierta en Internet, o el embargo solicitado, dadas las siguientes razones:

1. Espero que sea un documento de dominio público para que nuevas ideas aporten con el mejoramiento de las comunicaciones.
2. Que los lectores entreguen su retroalimentación respecto a lo propuesto
3. Se orienten las nuevas ideas en estándares y con una fuerte orientación al ahorro energético

Fecha:	Nombre: Fecha:	Uso interno Nombre: Fecha:
Firma:	Firma:	Firma:
Firma del Autor y Fecha	***Responsable de la Carrera***	***Catalogador Monografía***

Consultas: monografias.bib@usm.cl Form: GC-01.16

ANEXO F

Cuadro comparativo para soluciones con NE con controladora integrada para servicios L3 versus soluciones para Centro de datos con arquitectura SDN y soporte NFV

Mediciones realizadas Elementos de Borde PE para red MPLS y NE red MPLS-TP

Conceptos considerados

Evaluación en base a información técnica de equipos web y algunas mediciones de elementos similares funcionalmente, referencia Huawei.

Tabla F 1 Cuadro comparativo tecnologías siwtching para dataceter basadas en SDN

Descripción	CE 128045	CE 128085	CE 12804	CE 12808	CE 12812	CE 12816
Switch (Tbps)	258	516	258	516	774	1032
Forwarding (Mpps]	17280	34560	17280	34560	51840	69120
slot tributario}	4	8	4	8	12	16
Max Watt	6000	12000	6000	12000	18000	30000
Agregación 10G	48	48	48	48	48	48
Agregación 100/40G	36	36	36	36	36	36
Rendimiento Mbps/watt	2,88	2,88	2,88	2,88	2,88	2,304

Tabla F 2 Cuadro comparativo tecnologías siwtching para soluciones SDN

Concepto	NE40-X3	NE40-X8	NE40-X16	NE40-X3A	NE40-X8A	NE40-X8
Switch (Tbps)	108	708	1258	419	2516	8192
Forwarding (Mpps]	540	2880	5760	900	9600	48000
Agregación 10G	6	6	6	6	6	6
Agregación 100/40G	2	2	2	2	2	2
slot tributario}	3	8	16	3	8	16
Max Watt	1070	3220	6210	1120	4770	7720
Rendimiento Mbps/watt	0,50	0,89	0,93	0,80	2,01	6,22

Tabla F 3 Cuadro comparativo tecnologías con controladora integrada v/s SDN

Concepto	**Router con controladora integrada**	**Elemento SDN**
Consumo Base	**1500 Watt**	**300 Watt**
Consumo máximo	**4000 Watt**	**2500 Watt**
Consumo promedio por slot	**2 amperes**	**2 amperes**

Según cuadro, se soportan mayor densidad de interfaz por slot, sin que esto provoque inconveniente en el diseño de las tarjetas asociado a problemas por sobre consumo.

ANEXO G

Descripción de Interfaces ´ETSI – NFV´

Tabla G 1 Catálogos de interfaces inter dominio Arquitectura ´ETSI – NFV´, ETSI GS NFV-INF 001 V1.1.1 (2015-01)

Interface Type	#	Description
NFVI Container Interfaces	4	This is the primary interface provided by the infrastructure to host VNFs. The applications may be distributed and the infrastructure provides virtual connectivity which interconnects the distributed components of an application.
VNF Interconnect Interfaces	3	These are the interfaces between VNFs. The specification of these interfaces does not include, and is transparent to, the way the infrastructure provides the connectivity service between the hosted functional blocks, however distributed.
VNF Management and Orchestration Interface	8	The interface that allows the VNFs to request different resources of the infrastructure, for example, request new infrastructure connectivity services, allocate more compute resources, or activate/deactivate other virtual machine components of the application.
Infrastructure Container Interfaces	6	**Virtual Network Container Interface:** the interface to the connectivity services, for example E-Line and E-LAN service, provided by the infrastructure. This container interface makes the infrastructure appear to the NFV applications as instances of these connectivity services.
	7	**Virtual Machine Container Interface:** the primary hosting interface on which the VNF virtual machines run. NOTE: NFV orchestration and management functions are expected to run on this interface.
	12	The primary compute hosting interface on which the hypervisor runs.
Infrastructure Interconnect Interfaces	9	Management and Orchestration interface with the infrastructure network domain.
	10	Management and Orchestration interface with the hypervisor domain.
	11	Management and Orchestration with the compute domain.
	14	Network interconnect between the compute equipments and the infrastructure network equipments.
Legacy Interconnect Interfaces	1	The interface between the VNF and the existing network. This is likely to be higher layers of protocol only as all protocols provided by the infrastructure are transparent to the VNFs.
	2	Management of VNFs by existing management systems.
	5	Management of NFV infrastructure by existing management systems.
	13	The interface between the infrastructure network and the existing network. This is likely to be lower layers of protocol only as all protocols provided by VNFs are transparent to the infrastructure.

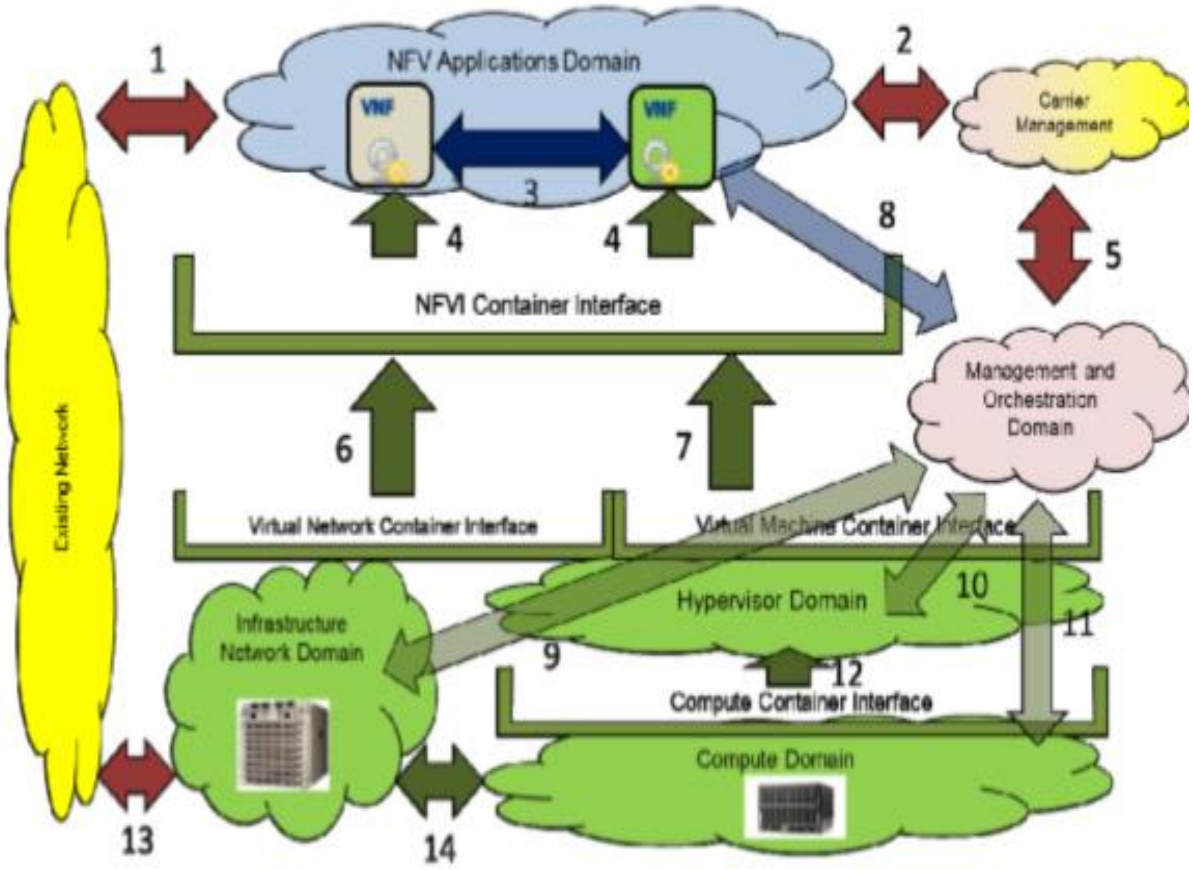


Figura G 1 Modelo ETSI GS NFV-INF 001V1.1.1 (2015-01), puntos de referencias descritos en tabla 2, asociada a la imagen que muestra los a las caracteristicas e interfaces de comunicación entyre la virtualizacion y la infraestructura.

ETSI GS NFV-INF 001V1.1.1 (2015-01)

Tabla G 2 Caracteristicas y puntos de referencia de la arquitectura NFV

INF Context	NFV Framework Reference Point	INF Reference Point	Reference Point Type	Correspondence with figure 9 Interfaces	Description and Comment
External	Vn-Nf	[Vn-Nf]/VM	Execution Environment	7	This reference point is the virtual machine (VM) container interface which is the execution environment of a single VNFC instance.
		[Vn-Nf]/N	Execution Environment	6	This reference point is the virtual network (VN) container interface (e.g. an E-Line or E-LAN) which carrying communication between VNFC instances. Note that a single VN can support communication between more than a single pairing of VNFC instances (e.g. an E-LAN VN).
	Nf-Vi	[Nf-Vi]/N	Management, and Orchestration Interface	9	This is the reference point between the management and orchestration agents in the infrastructure network domain and the management and orchestration functions in the virtual infrastructure management (VIM). It is the part of the Nf-Vi interface relevant to the infrastructure network domain.
		[Nf-Vi]/H	Management, and Orchestration Interface	10	This is the reference point between the management and orchestration agents in hypervisor domain and the management and orchestration functions in the virtual infrastructure management (VIM). It is the part of the Nf-Vi interface relevant to the hypervisor domain.
		[Nf-Vi]/C	Management, and Orchestration Interface	11	This is the reference point between the management and orchestration agents in compute domain and the management and orchestration functions in the virtual infrastructure management (VIM). It is the part of the Nf-Vi interface relevant to the compute domain.
	Vi-Vnfm		Management, Interface	5	This is the reference point that allows the VNF Manager to request and/or for the VIM to report the characteristics, availability, and status of infrastructure resources.
	Or-Vi		Orchestration Interface	5	This is the reference point that allows the Orchestrator to request resources and VNF instantiations and for the VIM to report the characteristics, availability, and status of infrastructure resources.
		Ex-Nf	Traffic Interface	13	This is the reference point between the infrastructure network domain and any existing and/or non-virtualised network. This reference point also carries an implicit reference point between VNFs and any existing and/or non-virtualised network (Interface 1 of figure 9).
Internal	Vl-Ha	[Vl-Ha]/CSr	Execution Environment	12	The framework architecture (see figure 2) shows a general reference point between the infrastructure 'hardware' and the virtualisation layer. This reference point is the aspect of this framework reference point presented to hypervisors by the servers and storage of the compute domain. It is the execution environment of the server/storage.
		[Vl-Ha]/Nr	Execution Environment		The framework architecture (see figure 2) shows a general reference point between the infrastructure 'hardware' and the virtualisation layer. While the infrastructure network has 'hardware', it is often the case that networks are already layered (and therefore virtualised) and that the exact choice of network layering may vary without a direct impact on NFV. The infrastructure architecture treats this aspect of the Vi-Ha reference point as internal to the infrastructure network domain.
		Ha/CSr-Ha/Nr	Traffic Interface	14	This is the reference point between the infrastructure network domain and the servers/storage of the compute domain.

Características de los puntos de referencias NFVI, ETSI GS NFV-INF 003 V1.1.1 (2014-12)

INF Context	NFV Framework Reference Point	INF Reference Point	Reference Point Type	Correspondence with figure 2 Interfaces	Description and Comment
Internal	Vl-Ha	[Vl-Ha]/CSr	Execution Environment	12	The framework architecture [2] shows a general reference point between the infrastructure 'hardware' and the virtualisation layer. This reference point is the aspect of this framework reference point presented to hypervisors by the servers and storage of the compute domain. It is the execution environment of the server/storage.
		[Vl-Ha]/Nr	Execution Environment		The framework architecture [2] shows a general reference point between the infrastructure 'hardware' and the virtualisation layer. While the infrastructure network has 'hardware', it is often the case that networks are already layered (and therefore virtualised) and that the exact choice of network layering may vary without a direct impact on NFV. The infrastructure architecture treats this aspect of the Vi-Ha reference point as internal to the infrastructure network domain.
		Ha/CSr-Ha/Nr	Traffic Interface	14	This is the reference point between the infrastructure network domain and the servers/storage of the compute domain.
External	Nf-Vi	[Nf-Vi]/C	Management, and Orchestration Interface	11	This is the reference point between the management and orchestration agents in compute domain and the management and orchestration functions in the virtual infrastructure management (VIM). It is the part of the Nf-Vi interface relevant to the compute domain.