



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

LABORATORIO DE NUEVAS MÉTRICAS EN ETHERNET

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL ELECTRICISTA

ÁLVARO CRISTIÁN ROUSSEAU FREY

PROFESOR GUÍA:

Sr. ALBERTO CASTRO ROJAS

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

Sr. SERGIO BUNEL TORREALBA

Sr. NESTOR BECERRA YOMA

SANTIAGO DE CHILE

MARZO 2013

RESUMEN DE LA MEMORIA
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL ELECTRICISTA
POR: ÁLVARO CRISTIÁN ROUSSEAU FREY
FECHA: 10 DE MARZO DE 2013
PROF. GUIA: SR. ALBERTO CASTRO ROJAS

LABORATORIO DE NUEVAS MÉTRICAS EN ETHERNET

En la actualidad la tendencia en redes de transporte de datos es usar tecnologías Ethernet, las que se emplean a nivel de usuarios y proveedores de servicios de comunicaciones. Por eso es tan importante disponer de mecanismos de medición de estos enlaces. Para ello se dispone en el mercado de una amplia variedad de instrumentos especializados y herramientas de software. Además existen normativas de medición recomendadas por los organismos de estandarización, las cuales permiten la evaluación de la calidad a través de protocolos como la RFC2544 para los enlaces y la nuevas medidas Y.1564 para los servicios.

Esta memoria tiene como objetivo efectuar comparaciones de desempeño entre las métricas obtenidas con Instrumentación dedicada y herramientas de Software. Se revisan condiciones y restricciones de equivalencia para utilizar equipos o programas de medición en distintos escenarios de evaluación.

En la implementación del laboratorio se emplean Instrumentos especializados en la medición de Ethernet, elementos de red y de transporte. Las aplicaciones de software para medición o simulación son de libre acceso en Internet. La metodología propuesta permite un fácil control y repetición de las pruebas. La plataforma de pruebas es portable, modular y estable para diversas condiciones físicas.

Los enlaces se despliegan con fibra óptica y atenuadores debido a su capacidad de control de los parámetros en observación: throughput; packet loss y delay variation. No se aconseja la tecnología WLAN pues no es posible manejar las condiciones de medición. Los datos se presentan en gráficos y tablas para la comparación de resultados.

Las observaciones permiten concluir que la equivalencia de mediciones con instrumentos y software no es confiable en todos los casos. Existe dependencia del software al tamaño de paquetes por lo que no es recomendable usar datagramas pequeños. Además para el caso de los programas de simulación se debe considerar las capacidades del hardware en donde se ejecutan. Los instrumentos son costosos y difíciles de sustituir pero son estables y confiables en la entrega de resultados. La RFC 2544 puede ser evaluada con equipos o software, sin embargo para la medida de servicios usando Y.1564 se debe emplear instrumentos dedicados.

Como extensión de este trabajo se propone desarrollar aplicaciones de medición que sean equivalentes al uso de Instrumentos. Además se sugiere realizar pruebas para redes en servicio activo.

Agradecimientos y Dedicatoria

Este trabajo, que hoy por fin ve la luz fue un anhelo de largos años de trabajo, llega a su término. Este es el momento de agradecer en primer lugar a mi familia que tuvo la paciencia y por sobre todo me inspiró a terminar esto, que en algún momento quedó en el camino. Agradezco en especial a mi querida esposa Marcela que me alentó día a día a terminar, a mis hijos Maximiliano y Alexis que sepan que todo se puede en la vida. Agradezco a mis amigos y colegas que de alguna manera aportaron con su sabiduría y consejos permanentes.

Agradezco también a quienes colaboraron desinteresadamente con materiales y equipos imprescindibles para el buen término de este trabajo

A todos muchas gracias.

A mi Señora Marcela Muñoz
e hijos Maximiliano y Alexis
A mis padres, Carlos y Tatiana

Tabla de Contenido

Tabla de Contenido	i
Índice de Figuras	v
Índice de Tablas	vii
Capítulo 1 : Introducción	1
1.1. Motivación.....	1
1.2. Objetivos	1
1.2.1. Objetivo General	1
1.2.2. Objetivos Específicos.....	2
1.3. Hipótesis de Trabajo.....	2
1.4. Descripción de Capítulos.....	2
Capítulo 2 : Antecedentes	4
2.1. Motivación.....	4
2.2. Estado del Arte	4
2.3. Revisión Genérica	6
2.3.1. Problemática de Medición.....	6
2.3.2. Tecnología Ethernet.....	6
2.3.2.1. Modelo Redes Sobrepuestas	6
2.3.2.2. Capa Física de Ethernet.....	7
2.3.2.3. Formato de Trama Ethernet	8
2.3.2.4. Auto-Negociación	11

2.3.2.5. Redes V-LAN.....	11
2.3.2.6. Tipos de Redes Ethernet.....	14
2.3.2.7. Tipos de nodos en redes Ethernet	16
2.3.2.8. Protocolo IP	17
2.3.2.9. Protocolo de Transporte.....	20
2.3.2.10. Pruebas Básicas en Redes Ethernet.....	21
2.4. Revisión Específica	22
2.4.1. Estándares de Medición.....	22
2.4.1.1. Recomendación RFC-2544	22
2.4.1.2. Norma Y-1564	25
2.4.1.3. Comparación Normativas de medición de Ethernet.....	29
2.4.2. Software de Simulación y de Medición	32
2.4.2.1. Disponibilidad del Mercado	32
2.4.2.2. Software de Medición y Simulación Empleados.....	32
2.5. Infraestructura Disponible.....	32
2.5.1. RxT-5122	32
2.5.2. XTT-5122	33
2.5.3. GigE Responder.....	34
2.5.4. Switch Ethernet.....	35
2.5.5. Router Inalámbrico.....	35
2.5.6. Extensor de Alcance Inalámbrico.....	36
2.5.7. Analizador de Redes WiFi.....	36
2.5.8. Conversor Electro-Óptico IMC Networks	37
2.5.9. Atenuador Óptico Variable Ericsson RDF10330/1.....	37
Capítulo 3 : Implementación	38
3.1. Motivación.....	38

3.2. Antecedentes	38
3.2.1. Hipótesis del Trabajo	38
3.2.1.1. Definición de Software.....	38
3.2.1.2. Definición de Parámetros	38
3.2.2. Escenario Base	39
3.2.2.1. Escenario de Simulación	39
3.2.2.2. Escenario de Medición	40
3.2.3. Materiales.....	41
3.3. Metodología	42
3.4. Desarrollo	43
3.4.1. Desarrollo de la Simulación	43
3.4.2. Desarrollo de la Medición.....	44
3.5. Métricas	45
3.6. Nuevo Escenario	47
3.6.1. Resultados Escenario Anterior.....	47
3.6.2. Modificación 1 de la Red Ethernet	51
3.6.3. Modificación 2 de la Red Ethernet	52
Capítulo 4 : Resultados y Discusión.	55
4.1. Discusión de la Metodología.....	55
4.2. Discusión de los Resultados.....	56
4.3. Gráficas y Análisis de los Resultados.....	56
4.3.1. Gráficas de Throughput	56
4.3.2. Análisis de Resultados para Throughput	59
4.3.2.1. Throughput en Enlace	59
4.3.2.2. Throughput con Servicios.....	59
4.3.3. Gráficas de Packet Loss	59

4.3.4. Análisis de los Resultados para Packett Loss	62
4.3.4.1. Packet Loss en Enlace	62
4.3.4.2. Packet Loss con Servicios.....	62
4.3.5. Gráficas de Delay Variation	62
4.3.6. Análisis de los Resultados para Delay Variation.....	64
Capítulo 5 : Conclusiones	65
5.1. Objetivos.....	65
5.2. Resultados.....	65
5.2.1. Software de Simulación	65
5.2.2. Software de Medición.....	65
5.2.3. Equipamiento Dedicado	66
5.2.4. Conclusiones Generales	66
5.3. Consideraciones de Laboratorio.....	66
5.4. Futuros Trabajos.....	67
Capítulo 6 : Referencias y Acrónimos	68
6.1. Bibliografía.....	68
6.2. Acrónimos.....	70
Capítulo 7 : Anexos	72
7.1. Especificaciones Plataforma RxT-5122.....	72
7.2. Especificaciones XTT 5122	77
7.3. Especificaciones Responder Sunlite GigE	82
7.4. Especificaciones Switch Ethernet DLink.....	84
7.5. Especificaciones Router Inalámbrico Dlink.....	85
7.6. Especificaciones Extensor de punto de red WiFi	87
7.7. Especificaciones Analizador WiFi – WP150	88

Índice de Figuras

Figura 2.1: Modelo OSI y TCP/IP.....	6
Figura 2.2: Red Sobrepuesta.	7
Figura 2.3: Interfaces 1000 base X.	8
Figura 2.4: Interfaz 10G base X.	8
Figura 2.5: Estructura de trama Ethernet.	8
Figura 2.6: Estructura de dirección MAC.	9
Figura 2.7: Inter Package Gap.	10
Figura 2.8: Redes VLAN.	12
Figura 2.9: Estructura de trama VLAN.	12
Figura 2.10: Campo TCI de VLAN.	13
Figura 2.11: Transporte transparente a través de LAN.....	14
Figura 2.12: Ethernet sobre SONET/SDH (EoS).	14
Figura 2.13: Ethernet sobre DWDM/CWDM.	15
Figura 2.14: LAN Conmutada.....	15
Figura 2.15: LAN a través de EVC's.....	15
Figura 2.16: LAN sobre RPR.....	16
Figura 2.17: Encabezado del Datagrama IPv4	17
Figura 2.18: Comando PING.....	21
Figura 2.19: Esquema de medición RFC-2544 en Ethernet.	22
Figura 2.20: Resultados de Throughput.....	23
Figura 2.21: Resultados de la Latencia.....	24
Figura 2.22: Resultado de medida Frame Lost Rate.	24
Figura 2.23: Analogía gráfica de CIR/CBS/EIR/EBS.	27
Figura 2.24: Gráfica de medición de Configuración de Servicios.	28
Figura 2.25: Gráfica de medición de Desempeño de Servicios.	29
Figura 2.27: Medición Y.1564 - Desempeño de Servicio	31

Figura 2.28: Plataforma RxT.	33
Figura 2.29: Equipo XTT.	33
Figura 2.30: Loop lógico en tramas IP.	34
Figura 2.31: Equipo Sunlite GigE Responder.	34
Figura 2.32: Switch D-LINK DGS 1008 G.	35
Figura 2.33: Router Inalámbrico DLink 524.....	35
Figura 2.34: Extensor de Alcance Inalámbrico TLWA730RE.....	36
Figura 2.35: Analizador de Redes WiFi Wi-Net 150.....	36
Figura 2.36: Conversor Electro-Óptico IMC Networks Media Chassis/1.....	37
Figura 2.37: Atenuador Óptico Variable.....	37
Figura 3.1: Escenario Base de Simulación.	39
Figura 3.2: Escenario Base de Medición.....	41
Figura 3.3: Metodología.	42
Figura 3.4: Desarrollo de la Simulación	43
Figura 3.5: Desarrollo de la Medición.....	44
Figura 3.6: Laboratorio de Pruebas.....	47
Figura 3.7: Resultados Iperf TCP Desarrollo Laboratorio.	48
Figura 3.8: Resultados Iperf UDP Desarrollo Laboratorio.....	49
Figura 3.9: Resultados RxT Desarrollo Laboratorio.	50
Figura 3.10: Modificación de Red Ethernet en Laboratorio.....	51
Figura 3.11: Laboratorio de Pruebas Modificado	51
Figura 3.12: Modificación 2 de Red Ethernet en Labortatorio.....	52
Figura 3.13: Laboratorio de Pruebas 2 ^{da} Modificación	52
Figura 3.14: Prueba de medición con equipos.....	54
Figura 3.15: Prueba de medición con Software.	54

Índice de Tablas

Tabla 2.1: Tipos de tráfico y sensibilidad a parámetros.....	5
Tabla 2.2 : Clases de Servicio de TCI.....	13
Tabla 2.3: Campos de Encabezado de Datagrama IPv4.....	18
Tabla 2.4: Cuadro comparativo IPv4 vs IPv6.....	19
Tabla 2.5: Mensajes del protocolo ICMP.	21
Tabla 2.6: Comparación RFC-2544 e Y.1564.....	29

Capítulo 1: Introducción

1.1. Motivación

Para la medición de parámetros y simulación de la red Ethernet existen dos opciones, una que utiliza equipos comerciales dedicados y otra que emplea software, ya sea open source o con licencias. Para este trabajo se dispone de equipamiento de verificación de servicios y programas gratuitos disponibles en Internet y de instrumentos especializados. Se propone la división del trabajo en tres etapas:

- a. Ya que existen diferencias entre la simulación y las mediciones prácticas se verifica la validez y restricciones de software de simulación, comparando sus resultados con las mediciones de instrumentos de certificación.
- b. Tanto en el ámbito comercial como académico existen alternativas de software open source ampliamente utilizadas para mediciones de servicios de los enlaces Ethernet, cuyos resultados son comparados con mediciones de instrumentos especializados de certificación.
- c. Siguiendo los puntos anteriores existe nueva normativa de medición de servicios en redes Ethernet (ITU-T Y.1564), la cual permite realizar medidas y verificaciones de los servicios que actualmente se ofrecen por las compañías proveedoras de comunicaciones. Esta normativa permite medir, no sólo el enlace Ethernet, como se ha estado realizando hasta ahora, sino además toma en cuenta los múltiples tipos de servicios simultáneos (video, audio, datos, etc.) que pueden ser transportados en el enlace. Además toma en cuenta la verificación de los SLA (Service Level Agreement) comprometidos por las compañías proveedoras para dichos servicios.

Para esta nueva normativa y métrica de servicios, se realizan mediciones prácticas que son comparadas con la anterior métrica de enlaces Ethernet.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Verificar las diferencias y similitudes producidas entre metodologías de medición

en redes Ethernet, con equipos de certificación y software open source. La medición de múltiples enlaces y servicios considera equipamiento dedicado a la verificación de las nuevas métricas en Ethernet, que es comparada con las alternativas open source en pruebas de laboratorio.

1.2.2. Objetivos Específicos

El trabajo tiene los siguientes objetivos específicos:

- a. Analizar los alcances y limitaciones de las simulaciones de redes Ethernet respecto de mediciones en ambientes productivos.
- b. Verificar las restricciones de software open source respecto de mediciones con equipamiento especializado.
- c. Describir y medir las nuevas métricas de servicios en redes Ethernet
- d. Generar laboratorio de pruebas de redes Ethernet, tanto para las medidas básicas como las nuevas métricas de servicio.

1.3. Hipótesis de Trabajo

Para el desarrollo del trabajo se dispone de diversos instrumentos dedicados para la pruebas en redes Ethernet además de equipos de transmisión, los que fueron proporcionados por la empresa ITEC S.A. Esto permite la creación y medición en un laboratorio.

Respecto de los software, tanto de medición como de simulación, se encuentran disponibles en Internet.

1.4. Descripción de Capítulos

El presente trabajo se desarrolla estructurada en los siguientes capítulos:

INTRODUCCIÓN

Presenta la fundamentación que avala el interés de esta investigación. La cual pretende comparar las mediciones en redes Ethernet realizadas con software open source e instrumentos dedicados, incluyendo además software de simulación de redes Ethernet. Se presenta en este capítulo el objetivo general mas los específicos perseguidos en el presente trabajo.

ANTECEDENTES

Previo a el desarrollo específico del trabajo se presenta una introducción que permite mencionar y explicar los aspectos teóricos utilizados en la investigación. Además se explica en este capítulo los conceptos básicos y distintos tipos de medidas en redes Ethernet.

También se entregan las formas de medición actualmente usados y las dos normativas más importantes actualmente empleadas en este campo, una para la prueba de enlaces y otra para los servicios.

IMPLEMENTACIÓN

Se entrega aquí la forma de implementar el laboratorio y de efectuar las pruebas de medición. En el proceso también se muestran los tipos de laboratorios que se descartaron para el desarrollo del proyecto para evitar futuros trabajos con ellos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se muestran gráficamente los resultados obtenidos en las diversas pruebas, además se entregan las consideraciones tomadas para la entrega de ellos. Se incluye también las modificaciones a la metodología que son realizadas.

CONCLUSIONES

Aquí se indican las conclusiones obtenidas por la realización del esta Tesis.

REFERENCIAS Y ACRÓNIMOS

Aquí se entrega el material bibliográfico utilizado entregando la forma de ubicarlo, incluso en internet y se describen las siglas empleadas a lo largo del presente documento.

ANEXOS

En esta sección se entregan las especificaciones técnicas de los elementos utilizados en el presente trabajo.

Capítulo 2: Antecedentes

2.1. Motivación

En la actualidad existen diversas formas de medir los parámetros de un enlace Ethernet, partiendo desde los aspectos básicos empleando un computador personal hasta medidas automatizadas con instrumentos comerciales dedicados. También existen software de simulación con los cuales se efectúan predicciones del comportamiento de una red.

Dentro de las mediciones básicas con software se puede generar tráfico Ethernet, el cual somete con carga la red y puede ser medido en el extremo remoto, sin embargo la complejidad y cantidad de parámetros que pueden abordarse con este tipo de software Open Source está limitado en el computador a la capacidad de proceso que se comparte con otras funciones propias. También la disponibilidad de interfaces es baja y la simultaneidad de mediciones de distintos parámetros no se puede realizar. Además al ser software open source el surgimiento de nuevas aplicaciones no sigue una línea de desarrollo, dificultando el seguimiento y mediciones de las recomendaciones o estándares entregados por los organismos oficiales del área.

En los equipos dedicados existe una buena oferta de tipos de mediciones con una variedad de interfaces, formatos de entrega de resultados, mediciones simultáneas de aceptación y búsqueda de fallas. Sin embargo éstas mediciones están plenamente orientadas a la verificación de enlaces, donde se considera que éste está 100% dedicado a un servicio.

2.2. Estado del Arte

Actualmente se realizan mediciones con software, comerciales y gratuitos, que pueden medir a la vez un parámetro y de un servicio de red. En de los equipos dedicados se puede evaluar más de un parámetro simultáneamente pero dentro de grupos reducidos. Por ejemplo para la medición de throughput se tiene: tasa de transmisión de bits; tasa de transmisión de tramas; velocidad de línea; velocidad de carga; etc. Todos relacionados pues las tramas y los bits se miden de la misma forma y al conocer la correlación entre ellos pueden deducirse. Pero en parámetros distintos como Tasa de transmisión, Latencia y Jitter son medidos por separado.

Actualmente algunos equipos, debido a su mayor capacidad de proceso, pueden evaluar la latencia de una trama utilizando los bits transmitidos en una

medición de throughput, pero aún así lo hacen en procesos separados.

Entre los usuarios de redes Ethernet, la recomendación más ampliamente utilizada es la RFC-2544, que verifica parámetros de un enlace asumiendo el 100% de ocupación de este por la medida.

También existen en la actualidad distintos tipos de servicios con diferentes sensibilidades a los diversos parámetros que requieren ser evaluadas en forma simultánea para que sigan un comportamiento parecido a la realidad. Pero no poseen una normativa que los regule.

La Tabla 2.1 muestra los distintos tipos de tráfico y sus sensibilidades.

Tabla 2.1: Tipos de tráfico y sensibilidad a parámetros.

TIPO TRÁFICO	TIPO SERVICIO	ANCHO BANDA	PÉRDIDA TRAMAS	RETARDO TRAMAS	VARIACIÓN RETARDO
Datos	a. Datos b. Acceso a Internet c. FTP download/upload d. Aplicaciones de Almacenamiento e. Aplicaciones de Servidor	Muy Sensible	Muy Sensible	Sensible	No Sensible
Tráfico en Tiempo Real	a. VoIP b. IPTV, VOD c. Radio en Internet, TV d. Juegos en Red e. Videoconferencia	Sensible	Muy Sensible	Sensible	Muy Sensible
Tráfico de Alta prioridad	a. Tramas OAM b. Tramas de Control (Switch/Route) c. Sincronización Red (SyncE, 1588v2)	Sensible	Muy Sensible	Sensible	No Sensible

Recientemente ha sido desarrollada por la ITU-T la norma Y.1564, que permite medir simultáneamente los servicios dentro de un enlace, mejorando significativamente los tiempos involucrados en su evaluación. Sin embargo por tratarse de una nueva aplicación posee elevados costos asociados y hasta ahora no ha sido usada masivamente por las compañías proveedoras de servicios.

2.3. Revisión Genérica

2.3.1. Problemática de Medición

Pese a ser una tecnología antigua, en escala de tiempo para sistemas de comunicación, las redes Ethernet durante mucho tiempo se han medido de la misma forma al utilizar pruebas básicas basadas en throughput, que requieren del uso exclusivo del enlace. Estas mediciones se realizan secuencialmente, es decir cuando se termina una medición comienza a realizarse otra, contrariamente a la naturalidad de un enlace en que todos los parámetros están presentes simultáneamente. Adicionalmente no se toma en cuenta el hecho que por un enlace van varias comunicaciones.

Tanto para los distintos software como para los equipos de mediciones actuales resulta difícil la medición simultánea de parámetros y servicios.

2.3.2. Tecnología Ethernet

2.3.2.1. *Modelo Redes Sobrepuestas*

Inicialmente se consideró el modelo OSI [1], ampliamente conocido y difundido, para todos los sistemas de comunicación. Sin embargo al poco tiempo y para redes Ethernet se definió el protocolo TCP/IP [2] pues se ajusta de mejor manera a los medios de transporte y aplicaciones utilizadas. Ambos modelos de referencia se muestran en la Figura 2.1.

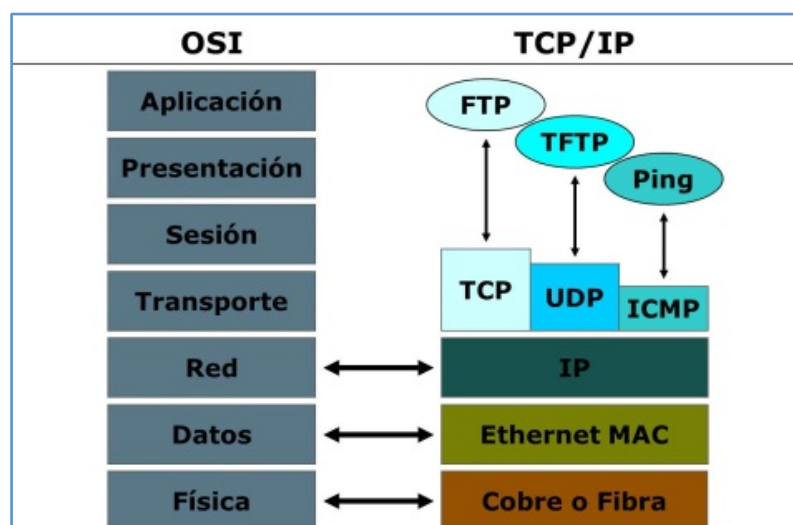


Figura 2.1: Modelo OSI y TCP/IP.

Sin embargo con el surgimiento de las redes virtuales, como las VLAN, estos modelos no pueden cubrir estos nuevos tipos de servicios. Por ello actualmente se utilizan los modelos de redes Sobrepuestas [3] o Redes Sobre Redes descritos a continuación.

Una Red Sobrepuesta es una o más redes virtuales de nodos y enlaces lógicos construidos sobre una o más redes existentes y tienen el propósito de brindar un servicio que no es posible otorgar por estas últimas. Un ejemplo claro es la red de Internet sobre las redes físicas de transporte de servicios telefónicos. Todos los nodos de la red sobrepuesta existen en la red existente, pero no todos los nodos de la red existente están en la red sobrepuesta, tal como es mostrado en la Figura 2.2.

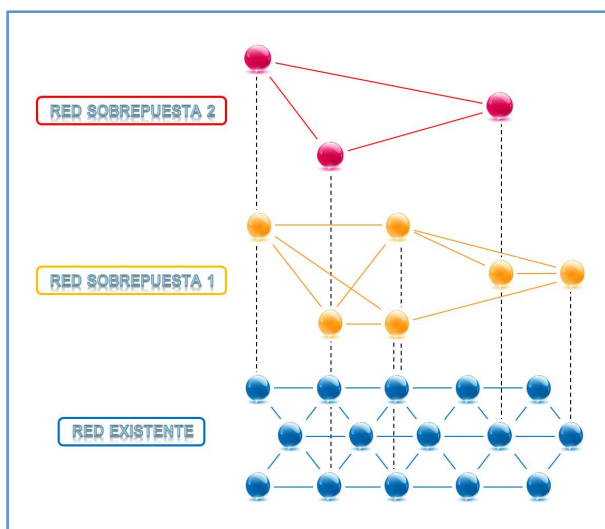


Figura 2.2: Red Sobrepuesta.

El enrutamiento entre los nodos lógicos de la *Red Sobrepuesta N* se realiza a nivel de aplicación, mientras que la comunicación entre ellos se hace utilizando los recursos de la *Red Sobrepuesta N-1* a través de circuitos virtuales. Este tipo de formato permite experimentar con nuevas formas de enrutamiento compatibles con las redes ya existentes y permite que un pequeño grupo de nodos se comuniquen con mejores características que la comunicación convencional (ej. Redes Sobrepuestas Resistentes). También permite el desarrollo de nuevas aplicaciones que requieran distintas formas de enrutamiento (ej. Redes de Distribución de Contenidos).

2.3.2.2. Capa Física de Ethernet

La capa física dentro de redes Ethernet se refiere al medio físico e interfaz donde se entrega la trama que se quiere transmitir. Estas pueden ser a través de cobre, fibra óptica o accesos inalámbricos.

La interfaz de cobre se usa para las velocidades de líneas de 10 o 100 Mbps usando dos pares y 1000 Mbps con 4 pares, todas con conector RJ-45. A esta interfaz se le llama base T. Por ejemplo la interfaz de cobre de 1 Gbps usa 4 pares con un conector RJ-45 y se le denomina 1000 base T ó 1000 bT.

Para fibra las velocidades consideradas son: 100 bFX con 100 Mbps a 1310 nm; 1000 base X para 1 Gbps y 10G base X para 10 Gbps. Las longitudes de onda para redes WAN o LAN en 1 Gb y 10 Gb son mostradas en las Figuras 2.3 y 2.4, respectivamente.

Longitud de Onda Nominal	Corta 850 nm	Larga 1310 nm	Extra Larga 1550 nm
Notación	1000BASE-SX	1000BASE-LX	1000BASE-ZX
Modo	Multi-modo	Mono-modo	Mono-modo
Longitud Máxima Segmento	500 m (50 µm) 220 m (62.5 µm)	10 km (SMF) 550 m (MMF)	40 or 80 km

Figura 2.3: Interfaces 1000 base X.

Longitud de Onda Nominal	Corta 850 nm	Larga 1310 nm	Extra Larga 1550 nm
Notación LAN WAN	10GBASE-S 10GBASE-SR 10GBASE-SW	10GBASE-L 10GBASE-LR 10GBASE-LW	10GBASE-E 10GBASE-ER 10GBASE-WR
Modo	Multi-modo	Mono-modo	Mono-modo
Longitud Maxima de Segmento	300 m (50 µm) 33 m (62.5 µm)	10 km	30 or 40 km

Figura 2.4: Interfaz 10G base X.

Respecto a la codificación para 10 Gbps se usa 66B/64B mientras que para 1 Gbps se usa 8B/10B. Este último caso se refiere a que cada bloque de 8 bits (1 Byte) se mapea en una palabra de 10 bits que es codificada para mantener la paridad de 1's o 0's, con ello la velocidad de línea para 1 Gbps es: $1\text{Gbps} \times 10/8 = 1.25\text{Gbps}$.

2.3.2.3. Formato de Trama Ethernet

En los enlaces Ethernet la transmisión de información se realiza en paquetes y la unidad que define a estos es la Trama, la cual consta de una secuencia de bits agrupados en Bytes (8 bits) distribuidos secuencialmente y poseen significados bien establecidos. La Figura 2.5 muestra el esquema de una trama en Ethernet [4].

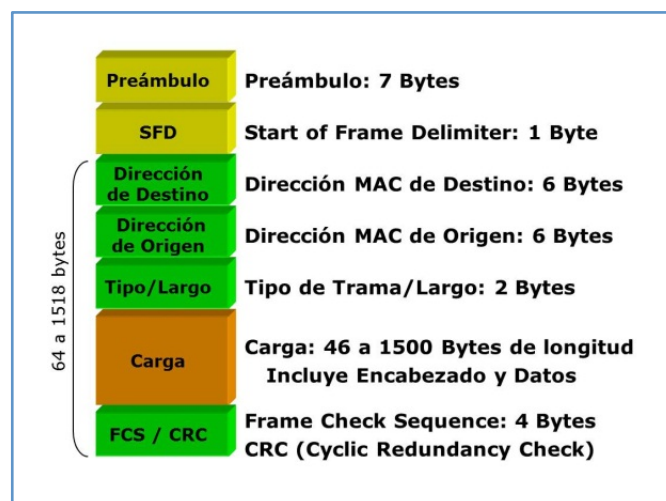


Figura 2.5: Estructura de trama Ethernet.

PREÁMBULO

El Preámbulo corresponde a 7 Bytes con 1's y 0's alternados con el objeto de sincronizar el reloj de recepción.

SFD

El SFD (Start Frame Delimiter) o Delimitador de Inicio de trama corresponde a un byte que indica el inicio de la trama y su valor es "10101011"

DIRECCIÓN DE DESTINO

La Dirección de Destino corresponde a la Dirección MAC (Media Access Control Address) de quién debe recibir la trama.

La Dirección MAC o Dirección de Control de Acceso al Medio es un identificador de 48 bits (6 bytes) que es único para cada elemento de la red. Su estructura de 6 Bytes representada en formato hexadecimal se muestra en la Figura 2.6.



Figura 2.6: Estructura de dirección MAC.

DIRECCIÓN DE ORIGEN

El La Dirección de Origen corresponde a la Dirección MAC de quién está enviando la trama.

TIPO DE TRAMA

El Tipo de Trama indica que estructura y contenido irá dentro de la sección destinada para la carga. Existen dos estándares principales [5] para este campo:

Ethernet II (DIX Ethernet)

Este estándar es más antiguo y en el campo de Tipo de Trama se indica el protocolo que se usará en la zona de carga.

IP: 0800; ARP: 0806; VLAN 802.1q: 8100; etc.

IEEE 802.3

La primera parte del campo de Tipo de Trama indica el largo de la zona de carga
46 bytes = 002E; 1500 = 05DC; Jumbo Frames = 8870; etc.

La segunda parte del campo de Tipo de Trama indica el protocolo que se usará en la zona de carga, el cual está dado por la IEEE 802.2 [6].

LLC (Logical Link Control): 3 bytes

SNAP (SubNetwork Access Protocol): 5 bytes

CARGA

Esta porción de la trama corresponde a la carga útil que se transportará.

FCS/CRC

La porción FCS (Frame Check Sequence) o Secuencia de Chequeo de Trama también llamado CRC (Cyclic Redundancy Check) o Chequeo de Redundancia Cíclica y es agregado al final de cada trama Ethernet. Es un número de 4 Bytes único, calculado en base a los datos incluidos en la trama y enviado en ésta, que es recalculado y comparado en la recepción para confirmar si es válida (CRC transmitido = CRC Recalculado). Si hay errores en el CRC la trama es descartada.

Un límite práctico del tamaño de trama es aquel que permite la efectividad del CRC. Sobre 12.000 Bytes se puede tener errores no detectados.

Inter Package Gap (IPG)

El Inter Frame Gap o Inter Package Gap (IPG) es el tiempo desocupado entre la transmisión de dos tramas consecutivas. El mínimo valor permitido es el equivalente a 12 Bytes. Si las tramas transmitidas tienen un IPG mínimo entonces el tráfico tiene máxima velocidad.

La Figura 2.7 muestra gráficamente el IPG.

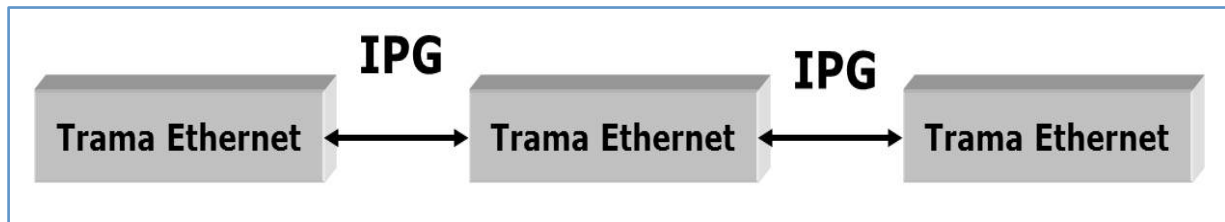


Figura 2.7: Inter Package Gap.

Velocidad de Línea

Es el número de bits transmitidos por segundo en la interfaz sin considerar: el tamaño de trama; utilización o codificación. Pues aún cuando no haya tráfico hay bits desocupados transmitiéndose. Ésta es 1.000.000.000 bps para Gigabit Ethernet y 10.000.000.000 bps para 10GE LAN.

Velocidad de Datos

Es el número de bits de tramas transmitidos incluyendo: Encabezado; MAC; Carga, etc. pero sin incluir el IPG ni el Preámbulo. Siempre es menor a la Velocidad de Línea.

Porcentaje de Utilización

Es el porcentaje de Velocidad de Línea basado en el tamaño del IPG, no en el tamaño de trama. Para el Mínimo IPG se tiene el máximo % de Utilización.

Velocidad de Trama

La Velocidad de Trama, Frame Rate, es el número de tramas transmitidas por segundo, basada en la utilización y tamaño éstas. Para un mismo porcentaje de utilización con tramas mas pequeñas mayor es la velocidad.

Tamaño de los Datos

El Tamaño de Datos, Data Size, corresponde al largo de la trama x 8 bits.

$$\begin{aligned} 64 \text{ Bytes} &= 512 \text{ bits} \\ 1518 \text{ Bytes} &= 12.144 \text{ bits} \end{aligned}$$

Mínimo Sobre encabezado

El Mínimo Sobre encabezado (Overhead), esta dado por:

$$7 \text{ bytes (Preamble)} + 1 \text{ byte (SFD)} + 96 \text{ bits (Minimum Frame Gap)} = 160 \text{ bits}$$

Ignora Encabezado MAC, VLAN Tags, IP Headers, etc.

Máxima Velocidad de Tramas

Max Frame Rate = Max Data Rate / (Data size + Overhead)

$$\begin{aligned} 64 \text{ bytes} &: 1 \text{ G} / (512+160) = 1,488,095.2 \text{ fps} \\ 1518 \text{ bytes} &: 1 \text{ G} / (12144+160) = 81,274.38 \text{ fps} \end{aligned}$$

2.3.2.4. Auto-Negociación

La Auto-Negociación en las redes Ethernet corresponde a una configuración automática que los enlaces realizan para establecer la mejor condición de transmisión. Ésta se puede habilitarse a voluntad del usuario y en ese caso los extremos del enlace al inicio de la comunicación prueban y deciden la conexión para los siguientes parámetros:

Velocidad de línea : 10 Mb, 100 Mb, 1 Gb.
Modo Duplex : Half-Duplex, Full-Duplex
Control de Flujo : Habilitado o Deshabilitado
Control Asimétrico : Habilitado o Deshabilitado

Para 10 GE la auto-negociación siempre está habilitada y el modo de transmisión es Full-Duplex. Cuando existe congestión y el Control de Flujo está habilitado el transmisor detiene la transmisión de datos por un periodo corto de tiempo, controlando la velocidad de envío de tramas evitando así su pérdida. Para el Control Asimétrico, en caso de estar habilitado, se permite un Control de Flujo independiente en cada dirección, A -> B o B -> A.

2.3.2.5. Redes V-LAN

Las redes VLAN (Virtual Local Area Network) o Red de Área Local Virtual, definida por la norma IEEE 802.1q [7] corresponde a una Red de Área Local (LAN), pero distribuida a través de Routers, es decir una puntos que no está dentro del área local. Las redes VLAN son necesarias pues incrementan el desempeño de la red,

separan los dominios broadcast para cada LAN e incrementan la seguridad para el tráfico entre puntos.

La Figura 2.8 muestra una esquema gráfico de redes VLAN, mientras que la Figura 2.9 muestra su estructura de la trama.

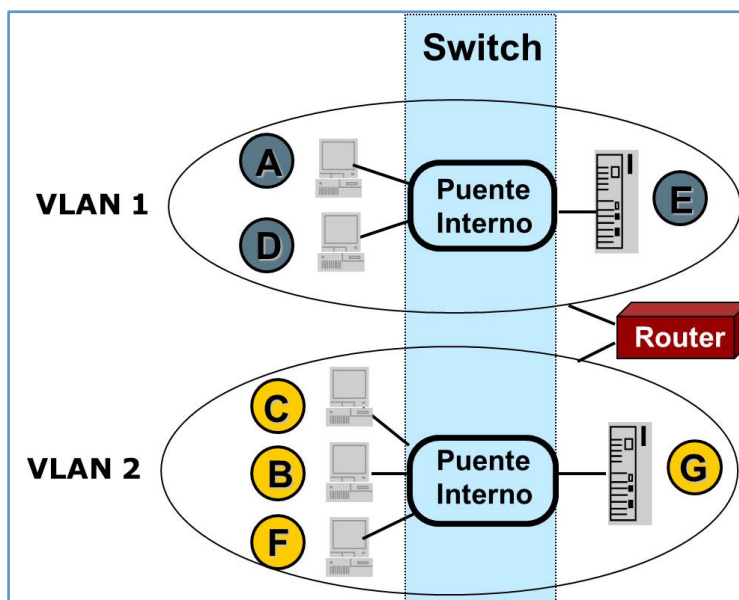


Figura 2.8: Redes VLAN.

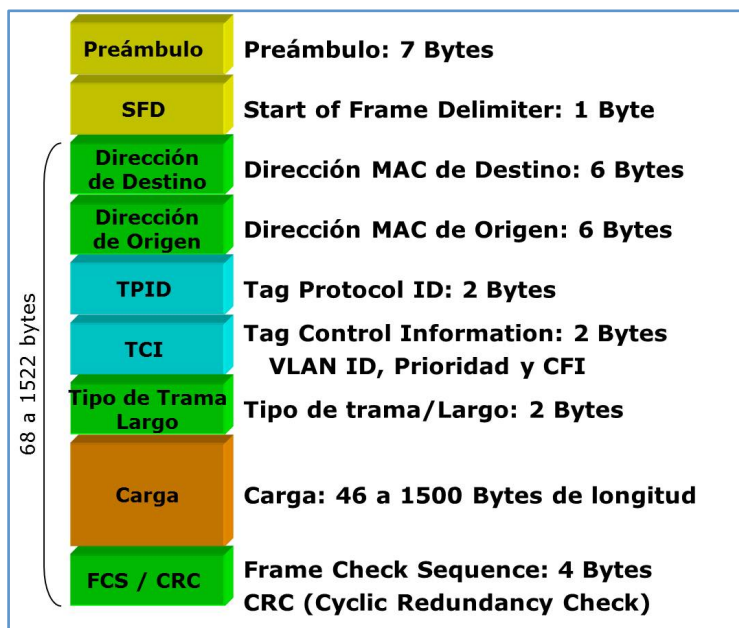


Figura 2.9: Estructura de trama VLAN.

Las redes V-LAN usan el mismo esquema de formato de trama que los enlaces Ethernet con algunos campos adicionales a continuación descritos:

TPID

Este campo (Tag Protocol ID) de 2 bytes se establece en Hex 8100 y significa que 802.1q es usado.

TCI

Este campo (Tag Control Information) posee la información de la VLAN y es mostrado en la Figura 2.10.

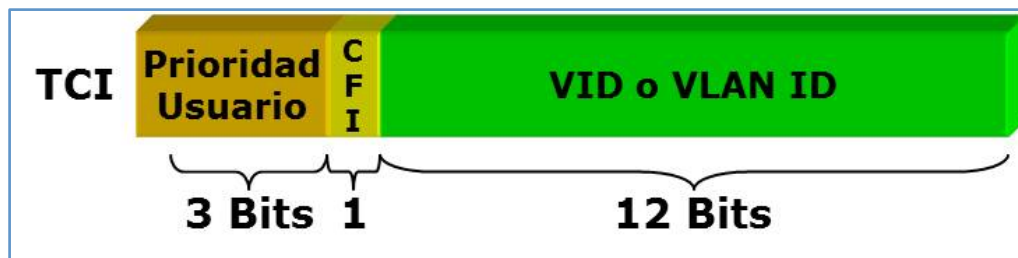


Figura 2.10: Campo TCI de VLAN.

Prioridad de Usuario (3 bits): (0 to 7)

Definida por 802.1p [8] para la Clase de Servicio (CoS) del vendedor y es indicada en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 : Clases de Servicio de TCI.

Prioridad	Tipo de Tráfico
7	Control de Red
6	"Voice" < 10 ms latencia y jitter
5	"Video" < 100 ms latencia y jitter
4	Carga Controlada
3	Excelente Esfuerzo
0	Mejor Esfuerzo (Defecto)
2	Indefinido
1	Segundo Plano

CFI (1 bit):

Indica el orden de los bits para VLAN ID. Establecido como 0 para Ethernet

VID (12 bits):

Es el identificador de la VLAN (0 to 4095)

- 4095 (FFF) es un valor reservado
- "0" indica que no hay VLAN
- "1" esta reservado para Puentes Ethernet

2.3.2.6. *Tipos de Redes Ethernet*

En este ítem se muestra de manera gráfica algunos tipos de redes Ethernet, según el tipo de servicio de red que se otorgue o tecnología de transporte que se use para los enlaces.

TIPO DE RED

E-LINE



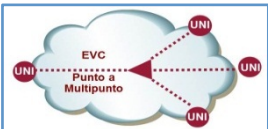
Corresponde a una conexión punto a punto de dos interfaces de usuario o User Network Interface (UNI) a través de una Conexión Virtual en Ethernet o Ethernet Virtual Connection (EVC).

E-LAN



Corresponde a una conexión multipunto a multipunto entre usuarios conectados a una red LAN Virtual (VLAN) a través de EVC's.

E-TREE



Corresponde a la conexión broadcast desde un usuario hacia varios otros a través de EVC's.

TIPO DE TRANSPORTE

SERVICIO TRANSPARENTE DE LAN

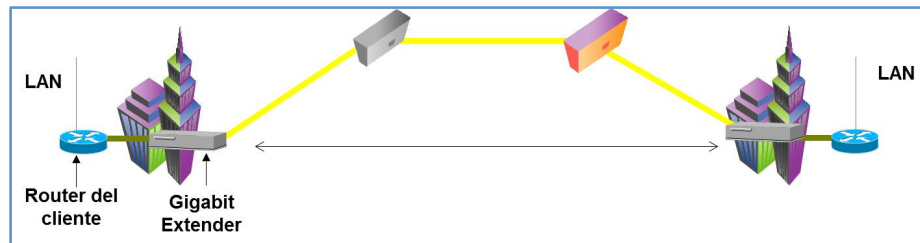


Figura 2.11: Transporte transparente a través de LAN.

Esta red es un servicio punto a punto en capa 1 a través de extensores de redes LAN. En este caso el Router del cliente diseña las rutas y proporciona la inteligencia.

ETHERNET SOBRE SONET/SDH

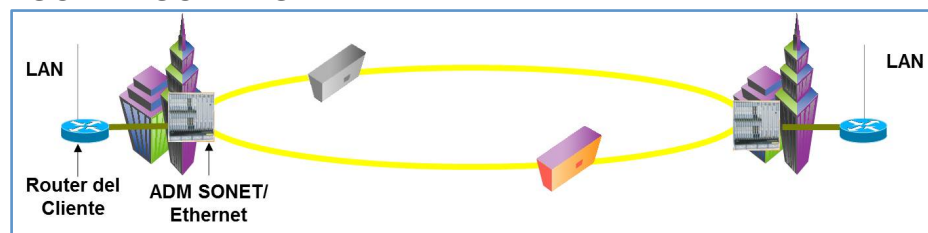


Figura 2.12: Ethernet sobre SONET/SDH (EoS).

En este tipo de red el transporte del enlace Ethernet se hace a través de la infraestructura existente SONET/SDH, en cualquiera de sus configuraciones: 622Mb; 2.5G; 10G; Protección; GFP con concatenación virtual LCAS; etc.

ETHERNET SOBRE DWDM/CWDM

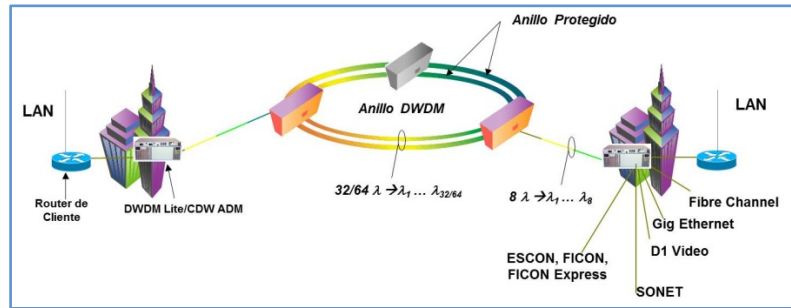


Figura 2.13: Ethernet sobre DWDM/CWDM.

En este caso el transporte de los enlaces Ethernet se realiza a través de redes ópticas con multilongitud de onda DWDM/CWDM, con anillos protegidos, usando multiprotocolo de transporte: LAN (10/100/1000 Mb); SAN (Ficon/Escon/Fibre Channel); EOS (Ethernet Over SDH); NGN (GFP/LCAS); etc.

LAN CONMUTADA

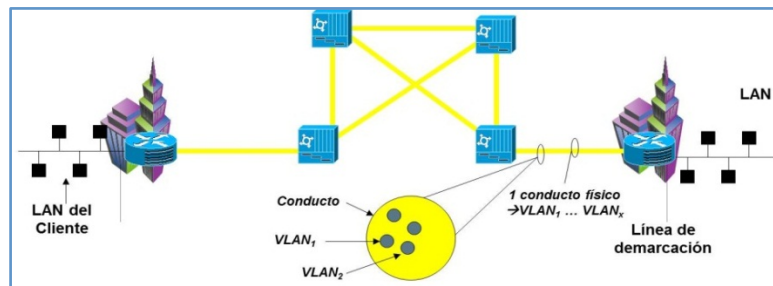


Figura 2.14: LAN Conmutada.

Corresponde a una red conmutada con switches de capa 3 o Metropolitan Area Network (MAN), con servicios de línea privados (similar a Frame Relay), transparente a los servicios LAN.

VLAN

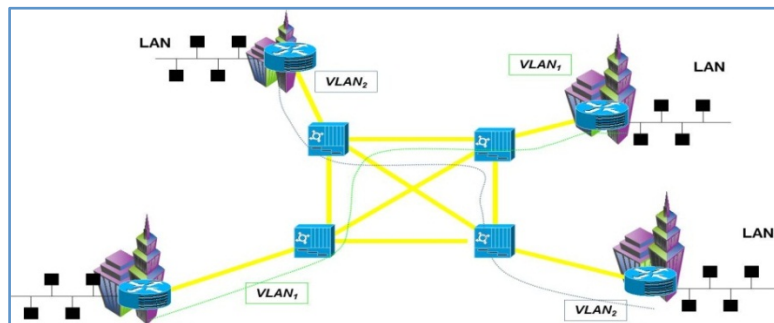


Figura 2.15: LAN a través de EVC's.

Corresponde a Redes LAN pero con extremos en distintos puntos de la red Internet. Se denominan VLAN, pues los usuarios ven todos los puntos como si estuvieran conectados en una red local.

LAN SOBRE RPR

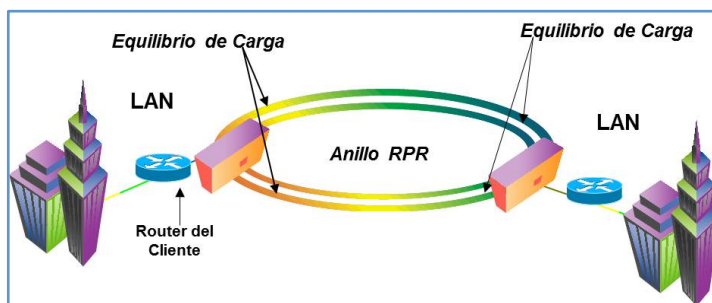


Figura 2.16: LAN sobre RPR.

Esta red está basada en la IEEE 802.17 RPR, Resilient Packet Ring o Anillo de Recuperación de Paquetes [9], que tiene un equilibrio de cargas basados en la dirección MAC con protección de tráfico de capa 2.

REDES INALÁMBRICAS

Las redes inalámbricas corresponden al transporte de la red Ethernet a través de señales de radiofrecuencia y se denomina WiFi (Wireless Fidelity). Estas redes están estandarizadas por la serie IEEE 802.11 [10].

Los estándares de esta serie pertinentes para este trabajo son:

802.11b

Este estándar es muy utilizado actualmente. Ofrece un rendimiento total máximo de 11 Mbps (6 Mbps en la práctica) y tiene un alcance de hasta 300 metros en un espacio abierto. Utiliza el rango de frecuencia de 2,4 GHz con tres canales de radio disponibles.

802.11g

El estándar 802.11g ofrece un ancho de banda elevado (con un rendimiento total máximo de 54 Mbps pero de 30 Mbps en la práctica) en el rango de frecuencia de 2,4 GHz. El estándar 802.11g es compatible con el estándar anterior, el 802.11b, lo que significa que los dispositivos que admiten el estándar 802.11g también pueden funcionar con el 802.11b.

2.3.2.7. *Tipos de nodos en redes Ethernet*

ROUTER



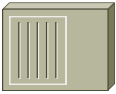
Los ROUTERS son los encargados de elegir las mejores rutas para el tráfico enviado optimizando el enlace. Estas máquinas pueden ser computadores con varias direcciones IP o bien elementos específicos dedicados. Los ROUTERS deben conocer, al menos parcialmente, la estructura de la red que les permita enrutar de forma correcta cada mensaje hacia su destino.

SWITCH



Los SWITCH controlan el flujo de red mediante la utilización de la información dentro de la trama, el dispositivo lee la información de destino del paquete y distingue los dispositivos que están conectados a sus puertos, con ello redirige el paquete hacia el dispositivo al cual está dirigido. De esta manera se reduce la cantidad de tráfico innecesario porque la información recibida en un puerto se envía solamente al dispositivo correcto.

HUB



Los HUB transmiten los paquetes recibidos desde cualquier equipo conectado a el hacia todos los otros puertos. Se han dejado de usar debido la gran cantidad de colisiones y al la gran cantidad de tráfico que generan.

BRIDGE



Cuando se quiere interconectar dos segmentos de red se utiliza el BRIDGE. Este equipo monitorea la red estableciendo los puntos que existen y a que lado están, generando una tabla con direcciones MAC. De esta forma si dos elementos de un mismo lado de la red quieren comunicarse en el momento de atravesar este dispositivo la señal rebota, permitiendo el paso y redirigiendo los paquetes sólo de elementos que se encuentran en distintos lados de él.

2.3.2.8. Protocolo IP

Internet Protocol es el principal protocolo de la capa de red definido en la RFC-791 [11]. Este protocolo define la unidad básica de transferencia de datos entre el origen y el destino, atravesando toda la red. Además, el software IP es el encargado de elegir la ruta más adecuada por la que los datos serán enviados. Se trata de un sistema de entrega de paquetes (llamados datagramas IP) que tiene las siguientes características:

- Es no orientado a conexión debido a que cada uno de los paquetes puede seguir rutas distintas entre el origen y el destino. Entonces pueden llegar duplicados o desordenados.
- Es no fiable porque los paquetes pueden perderse, dañarse o llegar retrasados.

Primer Byte		Segundo Byte		Tercer Byte		Cuarto Byte	
Versión	IHL	Tipo de Servicio		Largo Total			
Identificación				Banderas	Offset		
Tiempo de Vida		Protocolo		Checksum de Encabezado			
Dirección de Origen							
Dirección de Destino							
Opciones (puede ser nulo)						Relleno	

Figura 2.17: Encabezado del Datagrama IPv4

La Figura 2.17 muestra los campos del encabezado del datagrama IPv4 mientras que la Tabla 2.3 entrega un resumen del significado de cada uno de ellos.

Tabla 2.3: Campos de Encabezado de Datagrama IPv4.

CAMPO	LARGO (BITS)	DESCRIPCIÓN
Versión	4	Indica la versión del protocolo IP que se utilizó para crear el datagrama. (IPv4 o IPv6).
IHL	4	Longitud de la cabecera expresada en múltiplos de 32 bits.
Tipo de Servicio	8	Los 8 bits de este campo se dividen a su vez en: Prioridad (3 bits). “0” indica baja prioridad y “7” máxima prioridad. Los siguientes tres bits indican una sugerencia a los Routers de cómo se prefiere que el mensaje se transmita: Bit D (Delay) . Solicita retardos cortos (enviar rápido). Bit T (Throughput) . Solicita un alto rendimiento (enviar la mayor cantidad en el menor tiempo posible). Bit R (Reliability) . Solicita que se minimice la probabilidad de que el datagrama se pierda o resulte dañado (enviar bien). Los últimos dos bits no tienen uso.
Largo Total	16	Indica la longitud total del datagrama expresada en bytes. Como el campo tiene 16 bits, la máxima longitud posible de un datagrama es de 65535 bytes.
Identificación	16	Número de secuencia que junto a la dirección origen, dirección destino y protocolo utilizado identifica de manera única un datagrama en toda la red. Si se trata de un datagrama fragmentado, llevará la misma identificación que el resto de fragmentos.
Banderas	3	Sólo 2 bits de los 3 bits disponibles están actualmente utilizados. MF (Más Fragmentos) indica que no es el último datagrama. NF (No Fragmentar) prohíbe la fragmentación del datagrama. Si este bit está activado y en una determinada red se requiere fragmentar el datagrama, éste no se podrá transmitir y se descartará.
Off set	13	Indica el lugar en el cual se insertará el fragmento actual dentro del datagrama completo, medido en unidades de 64 bits. Por esta razón los campos de datos de todos los fragmentos, menos el último, tienen una longitud múltiplo de 64 bits. Si el paquete no está fragmentado este campo tiene el valor de cero.

Tiempo de Vida	8	Número máximo de segundos que puede estar un datagrama en la red. Cada vez que el datagrama atraviesa un router se resta 1 a este número. Cuando llegue a cero, el datagrama se descarta y se devuelve un mensaje ICMP de tipo "tiempo excedido" para informar al origen de la incidencia.
Protocolo	8	Indica el protocolo utilizado en el campo de datos: 1 para ICMP; 2 para IGMP; 6 para TCP; 17 para UDP.
Checksum de Encabezado	16	Contiene la suma de comprobación de errores sólo para la cabecera del datagrama. La verificación de errores de los datos corresponde a las capas superiores.
Dirección de Origen	32	Contiene la Dirección IP del origen.
Dirección de Destino	32	Contiene la Dirección IP del destino.
Opciones	Depende de usuario	Este campo no es obligatorio y especifica las distintas opciones solicitadas por el usuario que envía los datos (generalmente para pruebas de red y depuración).
Relleno	C.S.P. múltiplo 32 bits	Si las opciones IP (en caso de existir) no ocupan un múltiplo de 32 bits, se completa con bits adicionales hasta alcanzar el siguiente múltiplo de 32 bits.

La información de la Dirección MAC es responsable de dirigir los datos a través de la red mientras que la Dirección IP, mapeada a una MAC específica, es responsable de dirigir los datos a través de la Internet (TCP/IP) y puede diferenciar 4.294.967.296 direcciones (32 bits) que son administradas por la IETF (Internet Engineering Task Force). Normalmente son asignadas dinámicamente por el administrador de la red a través del servidor DHCP.

El anterior datagrama presentado corresponde a la versión 4 de IP (IPv4), sin embargo en la actualidad ya se encuentran presentes redes con IPv6 y gradualmente todos los sistemas migrarán a esta nueva versión. En la Tabla 2.4 se muestra un cuadro comparativo con las principales diferencias entre estas dos versiones:

Tabla 2.4: Cuadro comparativo IPv4 vs IPv6.

IPV4	IPV6
2 ³² direcciones IP ~ 4.2x10 ⁹ .	2 ¹²⁸ direcciones IP ~ 3.4x10 ³⁴ .
Tipo de Servicio (ToS).	Etiqueta de Flujo y Clase de Tráfico (QoS).
Seguridad es algo opcional.	Seguridad extremo a extremo con IPsec.
Configuración Manual o dinámica (DHCP).	Configuración "Plug & Play".
Encabezado de 20 bytes.	Encabezado de 40 bytes.
Fragmentación de paquetes se realiza en <i>Hosts</i> y <i>Routers</i> .	Fragmentación de paquetes se realiza sólo en <i>Hosts</i> .
Realiza <i>Checksum</i> de encabezado.	<i>Checksum</i> de encabezado se realiza en otras capas.
No escalable.	Escalable.

2.3.2.9. **Protocolo de Transporte**

Los principales protocolos de transporte para IP son:

PROTOCOLO TCP

El protocolo TCP (Transmission Control Protocol), definido en la RFC-793 [12], está basado en IP que es no fiable y no orientado a conexión, y sin embargo este es:

ORIENTADO A LA CONEXIÓN: Es necesario establecer una conexión previa entre los dos equipos antes de poder transmitir datos. A través de esta conexión los datos llegarán siempre a la aplicación destino de forma ordenada y sin duplicados. Es necesario cerrar la conexión.

FIABLE: La información enviada llega de forma correcta al destino, cada vez que al receptor llega un mensaje se devuelve una confirmación (acknowledgement) para que el emisor sepa que ha llegado correctamente. Si no le llega esta confirmación pasado un cierto tiempo, el emisor renvía el mensaje.

El protocolo TCP permite una comunicación fiable entre dos aplicaciones. De esta forma, las aplicaciones que lo utilicen no tienen que preocuparse de la integridad de la información, dan por hecho que todo lo que reciben es correcto.

PROTOCOLO UDP

El protocolo UDP (User Datagram Protocol), definido en la RFC-768 [13] proporciona una comunicación muy sencilla entre las aplicaciones de dos equipos. Al igual que el protocolo IP, UDP es:

NO ORIENTADO A LA CONEXIÓN : No se establece una conexión previa con el otro extremo para transmitir un mensaje UDP. Los mensajes sólo se envían y pueden duplicarse o llegar desordenados al destino.

NO CONFIABLE: Los mensajes UDP se pueden perder o llegar dañados.

UDP utiliza el protocolo IP para transportar sus mensajes. No agrega ninguna mejora en la calidad de la transferencia; aunque sí incorpora los puertos origen y destino en su formato de mensaje. Las aplicaciones (y no el protocolo UDP) deben programarse teniendo en cuenta que la información puede no llegar de forma correcta.

PROTOCOLO ICMP

El protocolo ICMP (*Internet Control Message Protocol*), definido en la RFC-792 [14], es un protocolo de mensajes de control y error que se encarga de informar al origen si se ha producido algún error durante la entrega de su mensaje. Pero no sólo se encarga de notificar los errores, sino que también transporta distintos mensajes de Control que se indican en la sección 2.3.2.10.

2.3.2.10. Pruebas Básicas en Redes Ethernet

Para las pruebas más básicas de conectividad entre dos extremos en una red Ethernet se utiliza el protocolo ICMP. Este protocolo transporta distintos mensajes de control e informa al origen si se ha producido un error en la entrega del mensaje. Estos viajan en el campo de datos de una trama IP, sus valores y significados se muestran en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5: Mensajes del protocolo ICMP.

Campo de tipo	Tipo de mensaje ICMP
0	Respuesta de eco (<i>Echo Reply</i>)
3	Destino inaccesible (<i>Destination Unreachable</i>)
4	Disminución del tráfico desde el origen (<i>Source Quench</i>)
5	Redireccionar (cambio de ruta) (<i>Redirect</i>)
8	Solicitud de eco (<i>Echo</i>)
11	Tiempo excedido para un datagrama (<i>Time Exceeded</i>)
12	Problema de Parámetros (<i>Parameter Problem</i>)
13	Solicitud de marca de tiempo (<i>Timestamp</i>)
14	Respuesta de marca de tiempo (<i>Timestamp Reply</i>)
15	Solicitud de información (obsoleto) (<i>Information Request</i>)
16	Respuesta de información (obsoleto) (<i>Information Reply</i>)
17	Solicitud de máscara (<i>Addressmask</i>)
18	Respuesta de máscara (<i>Addressmask Reply</i>)

PING

El comando más utilizado del protocolo ICMP que permite establecer en forma directa la conectividad entre dos puntos es la *Solicitud y Respuesta de Eco* o *PING*. En éste se envía a la Dirección de Destino un mensaje del tipo 8 (Solicitud de Eco) y se recibe desde ésta última un mensaje del tipo 0 (Respuesta de Eco), lo que indica el establecimiento de una comunicación con éxito entre ambos puntos. En caso que no pueda establecerse la conexión se recibe un mensaje del tipo 11 (Tiempo Excedido). La Figura 2.18 muestra un ejemplo del comando Ping.

```
C:\>ping 192.168.1.1
Haciendo ping a 192.168.1.1 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.1: bytes=32 tiempo=2ms TTL=254
Respuesta desde 192.168.1.1: bytes=32 tiempo=3ms TTL=254
Respuesta desde 192.168.1.1: bytes=32 tiempo=14ms TTL=254
Estadísticas de ping para 192.168.1.1:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
            (0% perdidos)
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 2ms, Máximo = 14ms, Media = 5ms
```

Figura 2.18: Comando PING.

THROUGHPUT

Una vez que se ha establecido la conexión entre dos puntos la siguiente prueba básica es generar tráfico entre ambos extremos con en objeto de verificar la calidad de la conexión y evaluar así parámetros básicos del traspaso de datos. Esta prueba se conoce como Throughput y agrupa una serie de medidas individuales como: Velocidad de línea en Transmisión; Velocidad de Carga en Transmisión; % de Utilización en Transmisión; Velocidad de Transmisión de Tramas; % de Utilización en Recepción; Velocidad de Línea en Recepción; Velocidad de Carga en recepción; Velocidad de Tramas en Recepción; Tasa de Error; Número de Tramas Transmitidas; Número de Tramas Erróneas; Colisiones; Errores de CRC, Etc. El número de parámetros a evaluar

medir dependerá exclusivamente de la velocidad de procesamiento del instrumento de medición y de su programación o Firmware.

Para ello, en la porción de carga de la trama, desde el punto A se introduce un flujo de datos con un patrón establecido que viaja a través del enlace hasta el punto B donde se compara bit a bit los datos transmitidos. En caso que en el punto B exista un loop físico (capa 1) o lógico (capas superiores) la comparación se realiza en el punto A y los resultados abarcan los enlaces de ida y vuelta.

2.4. Revisión Específica

2.4.1. Estándares de Medición

2.4.1.1. *Recomendación RFC-2544*

La recomendación RFC-2544 [15] corresponde a un método de evaluación comparativa para elementos de interconexión de redes elaborado por la IETF. No está diseñada para probar enlaces de Ethernet pero es ampliamente utilizada para este propósito. Corresponde a seis pruebas semi-automáticas estandarizadas: Throughput, Rendimiento; Latency, Latencia; Frame Lost Rate, Tasa de Pérdida de Tramas; Back-to-Back Frames, Mínimo Espacio entre Tramas; System Recovery, Recuperación de Sistema; y Reinicio, Reset. La medición es intrusiva por lo que su aplicación en redes activas provocará errores o cortes de tráfico en clientes. Para Ethernet se deben usar tramas de los siguientes tamaños: 64; 128; 256; 512; 1024; 1280 y 1518 bytes.

Éstas mediciones semi-automáticas incrementan la eficiencia y sus resultados son reconocidos por los clientes, sin embargo no siempre se alinean con los acuerdos de servicios, clases de servicios, etc. y las pruebas toman más tiempo de lo requerido en orden práctico.

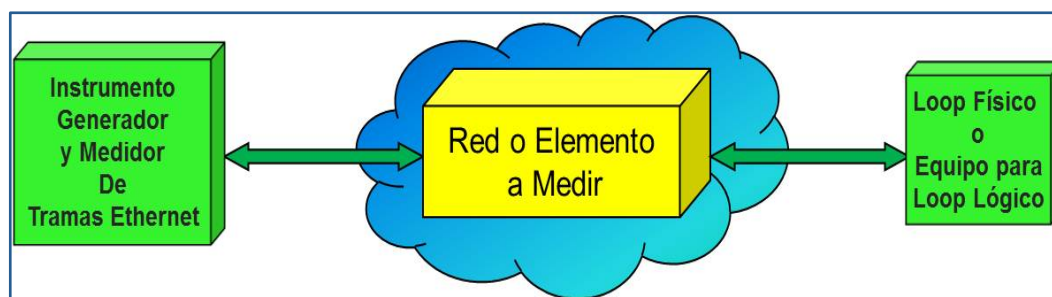


Figura 2.19: Esquema de medición RFC-2544 en Ethernet.

La Figura 2.19 muestra la forma de medición de la recomendación RFC-2544 en equipo o enlace Ethernet. Las mediciones semi-automáticas se explican a continuación:

RENDIMIENTO

El objetivo de la medición de Rendimiento o Throughput es determinar la máxima tasa de línea sin pérdida de tramas que el dispositivo o red puede manejar. La medición se hace por separado para cada tamaño de tramas y para cada una el procedimiento es comenzar la medición a un 100% de velocidad de línea por un periodo determinado de tiempo, si hay pérdida de al menos 1 trama se reduce la velocidad de medición hasta que no las haya, momento en el cual se comienza la medición con el próximo tamaño de trama. Finalmente se entrega de una tabla o gráfico de la velocidad de línea sin pérdida de tramas para cada tamaño de ésta, tal como es mostrado en la Figura 2.20.

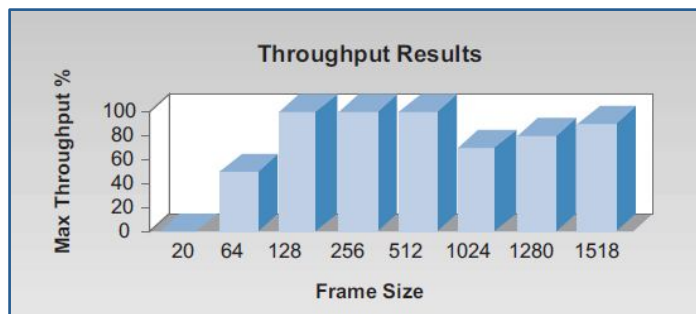


Figura 2.20: Resultados de Throughput.

Esta medida permite programar un gran número de pruebas juntas en un proceso automático y entrega el máximo throughput alcanzable aún para valores menores al 100%, sin embargo al ser muy sensible a la pérdida de tramas no es recomendado para redes ruteadas, wireless o aquellas con muchas pérdidas.

Otro problema de esta medida se debe a que asume un 100% de la velocidad de línea dedicada al servicio. Para enlaces de 10 G si la política para servicios pone como restricción una velocidad máxima entonces la medida de throughput fallará para todas las velocidades superiores.

LATENCIA

El objetivo de esta medición es determinar el tiempo que toma una trama en cruzar la red. Se prueba mide como una medición de retardo de ida y vuelta o Roundtrip Delay.

Del mismo modo que para el throughput la medida se realiza para cada tamaño de trama, a las cuales se les inserta una marca de tiempo antes de ser enviada y así poder compararlas con el tiempo de recepción a su retorno. El estándar requiere generar tráfico a una determinada velocidad durante dos minutos y luego medir el retardo de una única trama marcada, el promedio sobre 20 medidas es obtenido y entregado para cada tamaño de trama al final de la medición. La tabla final es el resultado de la Latencia para un tamaño de trama a un determinado Throughput y es mostrado en la Figura 2.21.

Frame Size	Throughput	Quick Latency (ms)		
		Average	Minimum	Maximum
64	100.00%	0.014	0.007	0.014
128	100.00%	0.021	0.009	0.021
256	100.00%	0.020	0.009	0.020
512	100.00%	0.020	0.009	0.020
1024	100.00%	0.020	0.008	0.020
1280	100.00%	0.020	0.009	0.020
1518	100.00%	0.020	0.009	0.020
4018	100.00%	0.020	0.008	0.020

Figura 2.21: Resultados de la Latencia.

La Latencia, Latency, de una red es una medida clave y tiene directo impacto los servicios de tiempo real tales con voz y video. Pero siguiendo el estándar requiere de 4,5 horas para obtener los resultados para todas las velocidades de trama y en algunas redes el valor puede variar al ser evaluados en diferentes horas o días.

TASA DE PÉRDIDA DE TRAMAS

La medida de Tasa de Pérdida de Tramas, Frame Loss Rate, evalúa la cantidad de tramas perdidas a diferentes velocidades de línea y tamaños de trama.

Se envía tramas de un determinado tamaño a diferentes velocidades partiendo del 100% de la velocidad máxima y bajando en determinados pasos (10% normalmente), midiendo el porcentaje de pérdidas. Si para un mismo tamaño de trama dos velocidades diferentes y continuas, ej. 100% y 90%, no hay pérdidas se omiten las mediciones a menores velocidades y se pasa al siguiente tamaño de trama. El resultado se muestra en la Figura 2.22 y corresponde a una tabla de doble entrada o gráfico indicando el porcentaje de pérdida de trama para distintos tamaños y velocidades.

Input Rate	Frame Size (bytes)						
	1518	1280	1024	512	256	128	64
100.00%	36.76%	27.75%	21.56%	16.62%	12.19%	8.11%	3.99%
90.00%	35.62%	25.97%	19.26%	13.87%	9.06%	4.51%	0.00%
80.00%	33.47%	23.32%	16.21%	10.40%	5.07%	0.00%	0.00%
70.00%	30.35%	19.95%	12.37%	5.93%	0.00%	0.00%	0.00%
60.00%	26.52%	15.53%	7.20%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
50.00%	21.16%	9.30%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
40.00%	13.19%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
30.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
20.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
10.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

Figura 2.22: Resultado de medida Frame Lost Rate.

La Tasa de Pérdida de Tramas nos proporciona una guía para comprender el comportamiento del enlace o equipo bajo distintas cargas y permite comparar especificaciones entre distintos elementos de red. Pero rara vez proporciona información útil para los servicios. Se deduce que para sistemas perfectos, que ya pasaron la prueba de Throughput al 100%, realizar esta prueba carece de sentido.

MÍNIMO ESPACIO ENTRE TRAMAS

El Mínimo Espacio Entre Tramas, Back to Back Frames, permite saber cuantas tramas pueden ser enviadas sin pérdidas a un 100% de utilización, es decir con el mínimo IPG, Inter Package Gap. La prueba comienza con un determinado número de

tramas y se repite aumentando o disminuyendo éstas hasta determinar el número máximo. La prueba se repite para los distintos tamaños y los resultados se entregan sólo en formato de tabla.

RECUPERACIÓN DE SISTEMA

Esta medida indica cuanto tiempo toma dejar de perder tramas desde una condición de sobrecarga una vez que se reduce la velocidad. La prueba se inicia sobrecargando el sistema a un 110% del Throughput establecido durante un minuto, entonces se reduce la velocidad de carga al 50% midiendo el tiempo entre la baja de velocidad y la última trama perdida. El resultado corresponde a un promedio de varias mediciones y se entrega par cada tamaño de trama.

REINICIO

Esta prueba indica cuanto tiempo toma el sistema en reiniciarse. De la misma forma que en la medida de Recuperación de Sistema, este se estresa con tramas a carga normal y se provoca un tipo de interrupción. El tiempo entre la última trama enviada antes de dicha específica interrupción y la primera recibida después de éste corresponde al resultado final. La prueba se realiza sólo con una trama de 64 Bytes y se realiza para cada tipo de interrupción: Hardware, Software, Energía, etc.

2.4.1.2. Norma Y-1564

La Y.1564 [16] corresponde a una nueva normativa de la ITU-T para la aceptación y medición de servicios en enlaces Ethernet. Esta norma permite verificar y medir simultáneamente múltiples servicios transportados a través de circuitos virtuales en un enlace Ethernet. Además introduce mejoras en la metodología de medición que permiten reducir considerablemente los tiempos que se demora el equipo en realizar la medición completa.

Esta nueva normativa [17] permite simular en la red en forma simultánea los SLA, Service Level Agreement, para cada tipo de servicio provisionado en el enlace, además de verificar la calidad de sus servicios al medir cada KPI, Key Performance Indicator, en éstos [18]. También toma en cuenta la prioridad de cada trama transmitida permitiendo así una medición real tanto de la calidad del transporte en la red como del tipo de servicio acordado entre el proveedor y el cliente.

Para la evaluación correcta de las prioridades primero se deben definir los parámetros del Perfil de Ancho de Banda para el enlace y que toma en cuenta los rangos de tráfico de éste:

CIR:

El CIR, Committed Information Rate, o Tasa de Información Comprometida es el promedio de la máxima tasa de información que el cliente tiene permitido para transmitir tráfico en la red cumpliendo los objetivos de desempeño del servicio. Esta tasa es la asegurada para todos los servicios por los proveedores de red. Si el cliente transmite más rápido le está permitido por el parámetro CBS (Committed Burst Size), pero si este exceso es constante por mucho tiempo entonces su tráfico podría ser descartado, sufrir largos retardos o altas variaciones de retardo.

CBS:

El CBS, Committed Burst Size, o Tamaño de Ráfagas Comprometida corresponde a una mayor velocidad de transmisión permitida al cliente, en forma temporal, para cubrir ráfagas de información.

El tráfico conformado por las velocidades CIR y CBS se llama tráfico “Verde” y es marcado como seguro en el cumplimiento de los objetivos de desempeño.

EIR:

El EIR, Excess Information Rate, o Tasa de Información en Exceso es el promedio de la máxima tasa de información adicional a la que el cliente tiene permitida y asegurada, es decir es la velocidad de información por sobre CIR+CBS. Esta velocidad es ofrecida sin seguridad de cumplir los objetivos de desempeño y la capacidad de otorgarse dependerá de la congestión de la red.

EBS:

El EBS, Excess Burst Size, o Tamaño de Ráfagas en Exceso corresponde a una mayor velocidad de transmisión permitida forma temporal para cubrir ráfagas de información en las que enviar el tráfico que esté por sobre el EIR por un determinado período de tiempo.

El tráfico conformado por las velocidades EIR y EBS es llamado tráfico “Amarillo” y no es seguro de ser transmitido por ello no se le exigen objetivos de desempeño.

La transmisión de velocidades por sobre EIR+EBS se denomina tráfico “Rojo” y es descartado inmediatamente, aún cuando exista capacidad de red.

CM:

CM, Color Mode, o Modo Coloreado de tráfico le indica al cliente cuanto tráfico le está permitido transmitir y que prioridad asignarle a cada trama mediante una marca de color, Verde o Amarillo. “Color Aware” o Conciencia de Color es usado cuando el cliente marca las tramas con prioridad, verde o amarillo, y la red toma en cuenta esta marca para forzarla a ser transmitida dentro del flujo CIR/CBS o EIR/EBS. “Color Blind” o Ceguera de Color indica a la red que todas las tramas serán consideradas con la misma prioridad, pudiendo ser transmitidas en el flujo garantizado o el adicional inmediatamente.

CF:

CF, Coupling Flag, o Bandera de Acople permite acoplar la capacidad de tráfico verde no usada en el tráfico Amarillo, permitiendo así bajo tráfico continuo pero gran capacidad de tráfico en ráfagas.

La Figura 2.23 muestra una analogía para los tráficos mencionados anteriormente.

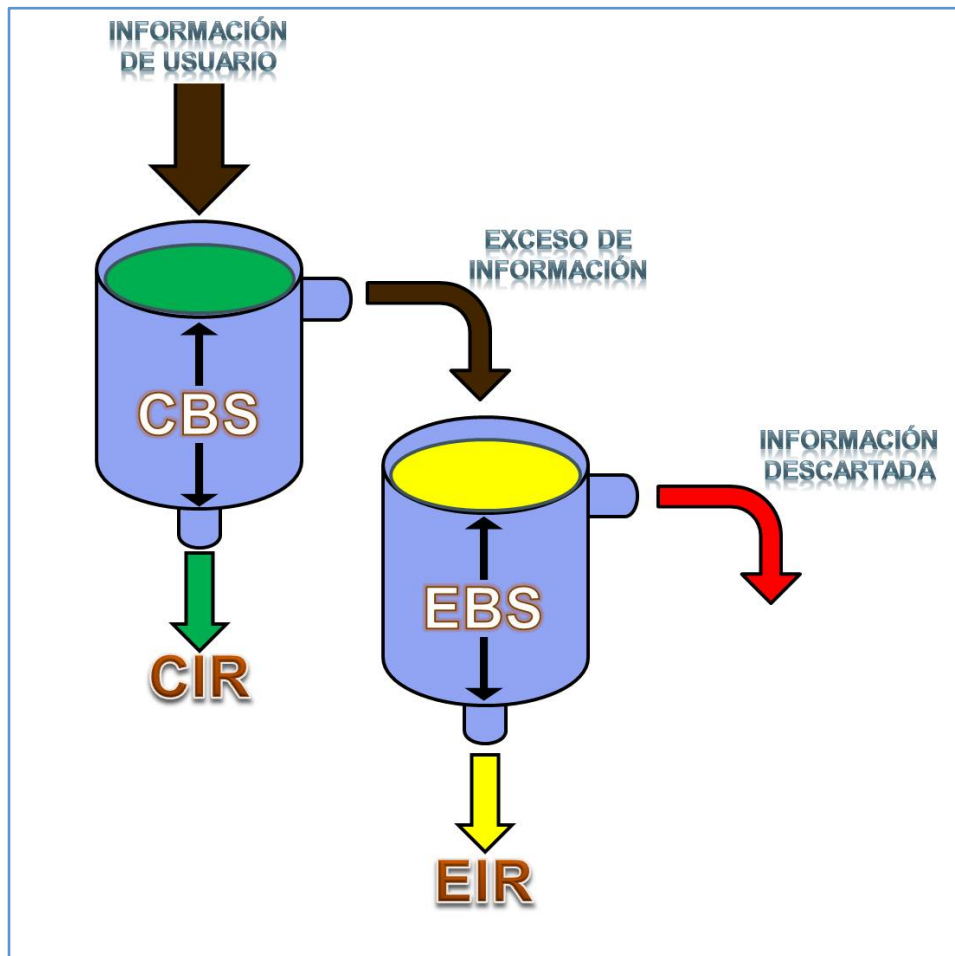


Figura 2.23: Analogía gráfica de CIR/CBS/EIR/EBS.

Los Parámetros de Desempeño o KPIs (Key Performance Indicator) considerados para la evaluación de la calidad de servicio corresponden a los mismos ya indicados en la Recomendación RFC-2544: Rendimiento o Throughput; Pérdida de tramas o Frame Loss; Latencia o Frame Delay; y Jitter o Frame Delay Variation que corresponde a la fluctuación de los valores de la latencia.

La forma de medir con esta nueva normativa está dividida en dos partes específicas: La *Prueba de Configuración de Servicios* que permite verificar la correcta interconexión de los distintos elementos de la red y su configuración para transportar la información a las velocidades requeridas; y la *Prueba de Desempeño del Servicio* que toma en cuenta la revisión de capacidad de la red para transportar los servicios garantizados con parámetros en rangos aceptables, sin degradación del rendimiento y tomando en cuenta las prioridades asignadas.

PRUEBA DE CONFIGURACIÓN DE SERVICIOS

En esta prueba se verifica el ancho de banda de cada servicio por separado, midiendo para cada uno de ellos todos los parámetros de desempeño en forma simultánea. Las pruebas se realizan en tres etapas:

ETAPA 1: VELOCIDAD MÍNIMA – CIR

Para cada servicio considerado se comienza midiendo desde una velocidad mínima determinada hasta el CIR, en pasos establecidos, midiendo en forma automática y simultánea los KPI's. Con ello se asegura su cumplimiento para distintas velocidades y no se sobrecarga la red en caso de estar mal configurados.

La prueba se pasa satisfactoriamente en caso que todos los KPI's se encuentren dentro de los SLA en todos los rangos de velocidades hasta el CIR.

ETAPA 2: CIR – EIR

Para cada servicio considerado mide desde CIR hasta EIR, con lo que se asegura la correcta configuración para alcanzar esa velocidad, sin embargo como el desempeño no está asegurado no se mide ningún KPI. Ahora como tampoco está asegurado el ancho de banda por sobre CIR pudiera no alcanzarse la velocidad EIR.

La prueba se pasa satisfactoriamente si se mide la velocidad de transmisión entre CIR y EIR, fallando si la velocidad medida está bajo CIR.

ETAPA 3: PRUEBA DE SOBRECARGA

En esta etapa se envía tráfico por sobre EIR, el cual en una red bien configurada debiera ser descartado para asegurarse de no sobrecargar la red. La prueba se pasa satisfactoriamente si se mide la velocidad de transmisión entre CIR y EIR, fallando si se mide bajo sobre EIR o bajo CIR.

La Figura 2.24. muestra una gráfica de los alcances de la verificación y configuración de cada servicio para la Y.1564.

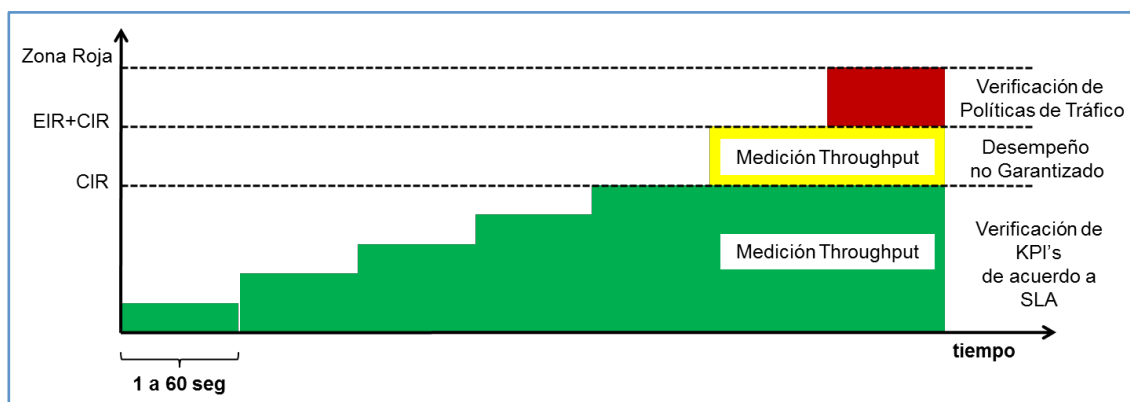


Figura 2.24: Gráfica de medición de Configuración de Servicios.

PRUEBA DE DESEMPEÑO DE SERVICIOS

Mientras la prueba anterior toma en cuenta la verificación de la configuración de servicios, esta prueba sirve para revisar los parámetros de desempeño comprometidos en forma simultánea para todos los servicios. De esta manera se simula las condiciones del enlace en condiciones reales.

En la medición se genera tráfico por un determinado periodo de tiempo en forma simultánea en todos los servicios a velocidad CIR, mientras se mide el cumplimiento de

los SLA en todos los KPI's: Throughput, Frame Loss, Frame Delay y Frame Delay Variation.

La prueba se considera éxitos cuando se cumplen en forma simultánea los SLA para todos los KPI's en la totalidad de los servicios, a la velocidad máxima CIR. La Figura 2.25 muestra la forma de medir los servicios a lo largo del tiempo.

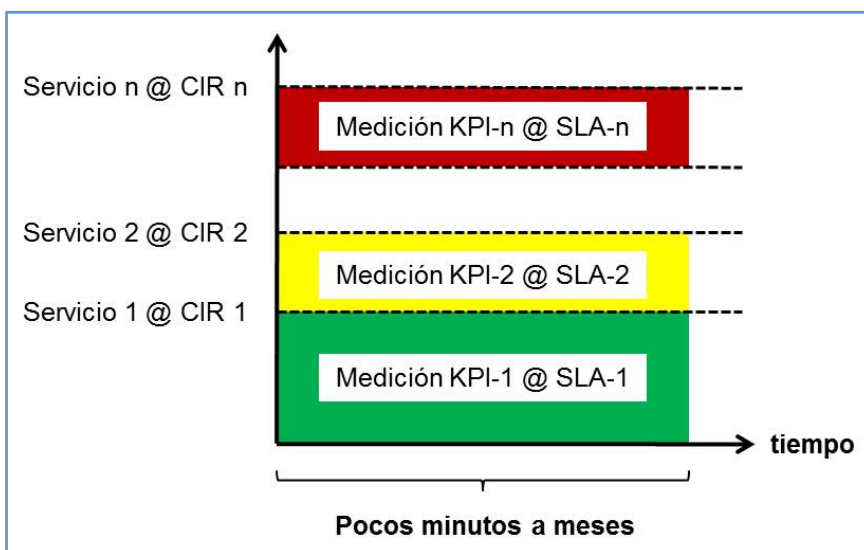


Figura 2.25: Gráfica de medición de Desempeño de Servicios.

2.4.1.3. Comparación Normativas de medición de Ethernet

Las metodologías anteriormente descritas tienen diferencias importantes respecto de los alcances en medición sobre redes Ethernet. A continuación se presenta un cuadro comparativo con las diferencias más significativas entre ellas:

Tabla 2.6: Comparación RFC-2544 e Y.1564.

DESCRIPCIÓN	RFC-2544	Y.1564
Servicios	Sólo mide un servicio y supone el 100% de utilización del enlace.	Mide varios servicios distintos simultáneamente.
Configuración	No verifica configuración.	Mide los parámetros de la configuración en los servicios contratados.
Pruebas que provocan fallos	Mide hasta que se producen fallo en los enlaces	Evita las pruebas que provocan la falla de la red.
Velocidades	Sólo mide el máximo posible en la velocidad.	Mide las velocidades comprometidas y excesivas para todos los servicios.

KPI's	Mide los KPI's para un servicio, hasta los máximos posibles.	Mide los KPI's para todos los servicios simultáneamente, sólo en las velocidades comprometidas.
Throughput	No hay diferencias entre tipos de tráfico (garantizado o exceso), siempre se mide al máximo de velocidad posible.	Se diferencia entre tráfico comprometido (CIR) y excesivo (EIR), midiendo los KPI sólo para el primero.
Frame Loss	Se realiza una medición por separado y toma en cuenta la generación de tramas a un intervalo específico, no la diferencia de velocidades garantizadas ni excesivas.	Esta medida se realiza durante la prueba de Throughput para la velocidad garantizada (en las mismas tramas), reduciendo significativamente el tiempo de medición.
Frame Delay	La medición se realiza para una trama individual, lo que impide medir posteriormente la variación de retardo (jitter)	La medición de retardo se realiza para todas las tramas, lo que otorga una base para obtener máximos, mínimos, promedios y variaciones.
Frame Delay Variation	Este parámetro no es medido.	La medida se obtiene con los resultados de las mediciones del frame delay, pues se dispone de varias.
Tiempo de Medición	Lento, pues mide los parámetros de servicios secuencialmente.	Significativamente más rápido (hasta un 98% de ganancia en tiempo de medición). Mide parámetros simultáneamente.
Congestión	No puede evaluarse la congestión de la red.	Puesto que se miden múltiples servicios con prioridades distintas se puede medir y evaluar la congestión.

A continuación se muestra un ejemplo, obtenido desde un instrumento dedicado, de una medición utilizando la norma Y.1564. La Figura 2.26 entrega para la Prueba de Configuración de Servicio el Throughput, la Pérdida de Tramas y Round Trip delay y Frame Delay Variation. En la Figura 2.27 se entrega la prueba de Rendimiento de Servicio con Throughput, Frame Loss, RTD, FDV y Availability (Disponibilidad).

Service Configuration Part 1										Service Configuration Part 2					
Test	Status	Information Rate (Mb/s)			Frame Loss		RTD (µs)			SES Total					
		Min	Avg	Max	Rate (%)	Total	Min	Avg	Max						
Service #1										Service #1					
CIR	Pass	Duration:5000ms, Started: 2012-07-22 20:00:04, Stopped: 2012-07-22 20:00:29								CIR	Pass	Duration:5000ms, Started: 2012-07-22 20:00:04, Stopped: 2012-07-22 20:00:29			
Step 1	Pass	0.01	0.01	0.01	0	0	709.42	709.63	709.94	Step 1	Pass	0.12	0.17	0.40	0
Step 2	Pass	0.02	0.02	0.02	0	0	709.22	709.59	710.04	Step 2	Pass	0.02	0.18	0.80	0
Step 3	Pass	0.03	0.03	0.03	0	0	709.40	709.73	710.06	Step 3	Pass	0.08	0.25	0.66	0
Step 4	Pass	0.04	0.04	0.04	0	0	709.26	709.77	710.32	Step 4	Pass	0.18	0.32	0.58	0
CIR/EIR	Pass	Duration:5000ms, Started: 2012-07-22 20:00:32, Stopped: 2012-07-22 20:00:37								CIR/EIR	Pass	Duration:5000ms, Started: 2012-07-22 20:00:32, Stopped: 2012-07-22 20:00:37			
Total	Pass	0.06	0.06	0.06	0	0	794.84	797.60	800.64	Total	Pass	0.20	0.74	1.54	0
Service #2										Service #2					
CIR	Pass	Duration:5000ms, Started: 2012-07-22 20:00:38, Stopped: 2012-07-22 20:01:03								CIR	Pass	Duration:5000ms, Started: 2012-07-22 20:00:38, Stopped: 2012-07-22 20:01:03			
Step 1	Pass	2.22	2.50	3.22	0	0	229.08	337.68	594.48	Step 1	Pass	0.02	174.18	364.92	0
Step 2	Pass	3.46	5.00	7.07	0	0	229.12	337.98	606.02	Step 2	Pass	0.02	172.15	365.32	0
Step 3	Pass	6.56	7.50	22.63	0	0	229.12	337.85	594.60	Step 3	Pass	0.00	72.69	365.12	0
Step 4	Pass	6.56	10.00	92.59	0	0	229.10	337.83	594.66	Step 4	Pass	0.00	172.76	365.36	0
CIR/EIR	Pass	Duration:5000ms, Started: 2012-07-22 20:01:06, Stopped: 2012-07-22 20:01:11								CIR/EIR	Pass	Duration:5000ms, Started: 2012-07-22 20:01:06, Stopped: 2012-07-22 20:01:11			
Total	Pass	7.04	15.00	96.29	0	0	229.12	347.17	594.66	Total	Pass	65.36	195.01	308.78	0
Service #3										Service #3					
CIR	Pass	Duration:5000ms, Started: 2012-07-22 20:01:12, Stopped: 2012-07-22 20:01:37								CIR	Pass	Duration:5000ms, Started: 2012-07-22 20:01:12, Stopped: 2012-07-22 20:01:37			
Step 1	Pass	6.68	12.50	96.29	0	0	229.10	343.30	594.58	Step 1	Pass	44.64	194.50	285.18	0
Step 2	Pass	7.76	25.00	96.29	0	0	229.08	363.20	594.74	Step 2	Pass	0.88	151.27	364.06	0
Step 3	Pass	8.99	37.50	96.29	0	0	229.14	394.87	594.58	Step 3	Pass	27.92	105.38	333.50	0
Step 4	Pass	10.75	50.00	96.29	0	0	264.58	436.48	594.64	Step 4	Pass	39.28	67.34	275.92	0
CIR/EIR	Pass	Duration:5000ms, Started: 2012-07-22 20:01:40, Stopped: 2012-07-22 20:01:45								CIR/EIR	Pass	Duration:5000ms, Started: 2012-07-22 20:01:40, Stopped: 2012-07-22 20:01:45			
Total	Pass	14.66	75.00	96.29	0	0	357.94	521.94	594.74	Total	Pass	11.92	21.55	133.04	0

Figura 2.26: Medición Y.1564 – Configuración de Servicio

Service Performance Part 1									
Test	Status	Information Rate (Mb/s)			Frame Loss		RTD (µs)		
		Min	Avg	Max	Rate (%)	Total	Min	Avg	Max
Duration:60000ms,Started: 2012-07-22 20:01:47,Stopped: 2012-07-22 20:02:47									
Service #1	Pass	0.04	0.04	0.04	0	0	674.04	686.19	795.96
Service #2	Pass	4.65	10.00	24.06	0	0	322.04	455.75	755.52
Service #3	Pass	6.75	49.98	96.29	0	0	325.06	474.54	755.56

Service Performance Part 2									
Test	Status	FDV (µs)			SES Total	Availability			
		Min	Avg	Max		Avail	Unav	Av(%)	Unav(%)
Duration:60000ms,Started: 2012-07-22 20:01:47,Stopped: 2012-07-22 20:02:47									
Service #1	Pass	0.00	23.67	121.82	0	60	0	100.00	0.00
Service #2	Pass	0.66	103.02	313.66	0	60	0	100.00	0.00
Service #3	Pass	0.00	52.36	317.64	0	60	0	100.00	0.00

Figura 2.27: Medición Y.1564 - Desempeño de Servicio

2.4.2. Software de Simulación y de Medición

2.4.2.1. Disponibilidad del Mercado

Existe una gran variedad de software de medición y simulación, de los cuales se listan:

- i. Iperf (Medición)
 - ii. TracePlus Ethernet (Medición)
 - iii. HTTP Perf (Medición)
 - iv. HTTP Load (Medición)
 - v. OPNet (Simulación)
 - vi. IPSimulator (Simulación)
 - vii. Graphical Network Simulator 3, GNS3 (Simulación)
 - viii. Kiva (Simulación)
 - ix. OMNet++ (Simulación)
- Etc.

2.4.2.2. Software de Medición y Simulación Empleados

El software de medición de libre uso IPerf [19] es en la actualidad ampliamente utilizado para las medidas básicas de throughput en los enlaces Ethernet. Este se instala en un computador personal y utiliza la puerta RJ45 como interfaz de entrada/salida para la medición.

El software OPNet permite realizar simulaciones de redes Ethernet de forma totalmente independiente, con el cual se puede modelar el comportamiento de las redes a analizar. La versión académica del software OPNet corresponde a OPNet IT GURU Academic Edition [20].

2.5. Infraestructura Disponible

2.5.1. RxT-5122

Este equipo RxT corresponde a un Instrumento modular del proveedor SUNRISE TELECOM, consta de un chasis que permite alojar distintos tipos de módulos. Esta plataforma posee las características básicas para operar tales como: Pantalla color sensible al tacto; Puertos USB para almacenamiento e interfaces de entrada y salida; Puerto Ethernet para el control del equipo; Slot para tarjeta SD; Slot para FlashCard; Interfaz WiFi; Baterías para operación autónoma; GPS, etc.

El Módulo RxT-5122 [21] es uno de los múltiples módulos que pueden utilizarse el Chassis RxT, el cual posee interfaces Ethernet de 10/100/1000 baseT y 100/1000/10G Base FX. En dichas Interfaces se puede efectuar medidas en redes Ethernet básicas como Ping y Trace Route o de enlace como; FTP; Throughput; Latencia; Delay; Frame Delay Variation (Jitter); etc.

La versión de hardware, software y opciones que dispone este equipo permite además efectuar mediciones de verificación para la Recomendación RFC-2544 y la Norma Y-1564, que requieren un loop lógico en el extremo opuesto de la medición.



Figura 2.28: Plataforma RxT.

La Figura 2.28 muestra el instrumento RxT-5122. El detalle de las mediciones de este equipo comercial se encuentra en el capítulo de Anexos en el ítem 7.1

2.5.2. XTT-5122

El equipo XTT corresponde a un Instrumento específico para Ethernet de marca SUNRISE TELECOM, consta de un chasis único con el hardware de medición incorporado y a diferencia del equipo RxT no es modular. Esta plataforma posee similares características al equipo RxT: Pantalla color sensible al tacto; Puertos USB para almacenamiento e interfaces de entrada y salida; Puerto Ethernet para el control del equipo; Slot para tarjeta SD; Slot para FlashCard; Baterías para operación autónoma, etc.

El equipo viene con el hardware 5122 con interfaces Ethernet de 10/100/1000 baseT y 100/1000/10G Base FX [22]. Al igual que en equipo RxT en dichas interfaces se puede efectuar medidas en redes Ethernet básicas y enlace. La versión de software y opciones que dispone este equipo permite además efectuar la medición de la Recomendación RFC-2544. La figura 2.29 muestra el equipo XTT-5122.



Figura 2.29: Equipo XTT.

2.5.3. GigE Responder

El Sunlite GigE Responder [23] es un equipo dedicado sólo a redes Ethernet. Posee interfaces 10/100/1000 BaseT y 100/1000 Base FX. Permite efectuar ambos comandos básicos ICMP: Ping y Trace Route.

Sin embargo su principal característica corresponde a la capacidad de efectuar loops lógicos en capas 1, 2 y 3 para circuitos Ethernet. Esta función se basa en la capacidad de: recibir una trama IP Unicast; invertir la dirección IP; invertir la dirección MAC y retornar sin modificaciones la carga que transporta dicha trama. Con ello la información es retornada desde el destino hacia el origen creando así un loop entre dos posiciones Ethernet conectadas a través de la red. En este modo de Loop las tramas Broadcast y Multicast son descartadas.

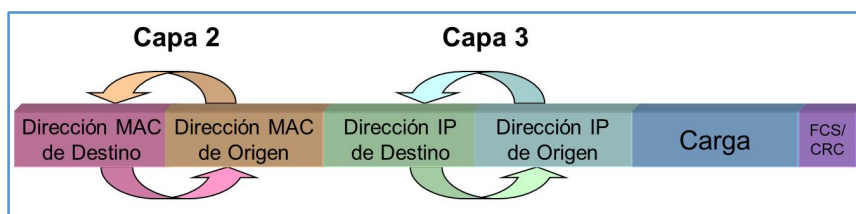


Figura 2.30: Loop lógico en tramas IP.

La Figura 2.30 indica gráficamente la acción realizada en el Responder a una trama recibida. Mientras que la Figura 2.31 muestra el equipo Sunlite GigE Responder.



Figura 2.31: Equipo Sunlite GigE Responder.

El detalle de las características técnicas de este equipo están indicadas en el Ítem 7.3 del capítulo 7 de Anexos.

2.5.4. Switch Ethernet

Este equipamiento corresponde a un Switch estándar comercial Ethernet, que se usa como medio de comunicación entre equipos, para este trabajo se emplea el equipo marca DLink, modelo DGS 1008 G con 8 puertos Gigabit Ethernet 1000bT y es mostrado en la Figura 2.32.



Figura 2.32: Switch D-LINK DGS 1008 G.

2.5.5. Router Inalámbrico

Para los efectos de este trabajo el Router Inalámbrico permite conectar los puntos RJ45 y enviarlos vía inalámbrica (WiFi). La figura 2.33 muestra el equipo Dlink 524 usado en el laboratorio.



Figura 2.33: Router Inalámbrico DLink 524.

2.5.6. Extensor de Alcance Inalámbrico

El extensor de alcance inalámbrico permite la conexión con el Router Inalámbrico y proporciona una salida RJ-45. El equipo usado corresponde al TP-WA730RE de TP-LINK y es mostrado en la figura 2.34.



Figura 2.34: Extensor de Alcance Inalámbrico TLWA730RE

2.5.7. Analizador de Redes WiFi

El equipo Wi-Net 150 es un analizador de redes inalámbricas que detecta y se conecta con equipos inalámbricos, informa la intensidad de la señal y ejecuta la función Ping sobre direcciones IP, e identifica los componentes de la red. Muestra la intensidad de la señal en una barra luminosa (LED) y en formato porcentaje en la pantalla LCD. Funciona con IEEE802.11 b y g.



Figura 2.35: Analizador de Redes WiFi Wi-Net 150.

2.5.8. Conversor Electro-Óptico IMC Networks

El equipo IMC Networks modelo Media Chassis/1, mostrado en la figura 2.36, convierte la señal Ethernet desde la interfaz eléctrica a la interfaz óptica. Puede transmitir 100 Mbps. full-duplex a través de una sola fibra óptica, pues utiliza distintas longitudes de onda para los distintos sentidos de transmisión.



Figura 2.36: Conversor Electro-Óptico IMC Networks Media Chassis/1

2.5.9. Atenuador Óptico Variable Ericsson RDF10330/1

Este equipo, mostrado en la Figura 2.37, permite graduar el nivel la señal óptica transmitida entre los convertidores electro-ópticos, mediante un control continuo de la atenuación.

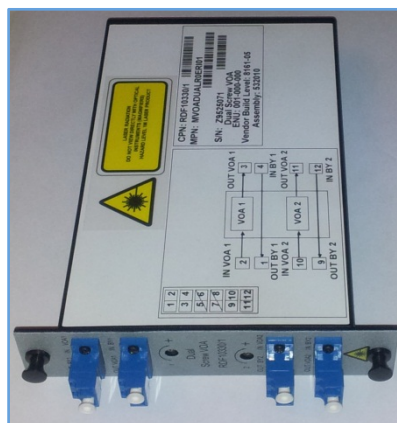


Figura 2.37: Atenuador Óptico Variable

Capítulo 3: Implementación

3.1. Motivación

En la implementación del trabajo se toma en cuenta la gran cantidad de escenarios posibles de desarrollo, por ello es necesario elegir elementos a emplear y acotar los parámetros a considerar. Para la elección se tomará en consideración el uso que los resultados tendrán en el ámbito académico, por ello se utilizarán software comúnmente empleados en universidades. También se restringirán los parámetros de acuerdo a la disponibilidad de los instrumentos y la utilidad que ellos representen para la comparación de resultados.

La implementación y la metodología esta orientada a la obtención de una evaluación comparativa del uso de software de libre uso e instrumentos dedicados. Además se privilegia la capacidad de replicar el laboratorio para futuros trabajos al simplificar la metodología empleada.

3.2. Antecedentes

3.2.1. Hipótesis del Trabajo

3.2.1.1. *Definición de Software*

Pese a existir una gran variedad de software de medición y simulación el trabajo sólo toma en cuenta dos de ellos. Se deja para futuros trabajos la comparación de mediciones con otras opciones disponibles.

Para simulación de redes Ethernet se utilizará el software **OPNET** y para medición parámetros sólo se tomará en consideración el programa **IPerf**. Ambas decisiones se basan en el amplio uso de ellos en las universidades de nuestro país y en empresas relacionadas con la provisión de redes Ethernet.

3.2.1.2. *Definición de Parámetros*

Con el objeto de acotar el universo de posibilidades de medición se describen las consideraciones y restricciones de parámetros en una red Ethernet tomadas en cuenta para este trabajo:

- 1) Se considera sólo el formato IPv4 debido a que sólo se tiene ésta versión en los instrumentos dedicados disponibles.
- 2) Se considera tráfico TCP y UDP.
- 3) Para la simulación y medición de un servicio se considera sólo los tamaños de paquetes de 64, 1024 y 1518 bytes, con los cuales se cubren los extremos necesarios para la comparación. En el uso de la norma Y.1564 se usarán los mismos tamaños.
- 4) Para Y.1564 se restringe la medición a un total de 3 flujos simultáneos que simularán los servicios de: voz @ 4 kbps, datos @ 100 kbps, video @ 500 kbps, utilizando para cada uno de ellos los tamaños de paquetes de 64, 1024 y 1518 bytes respectivamente.
- 5) Por la limitación de resultados que entrega el software IPerf, el trabajo se concentra en la medición de Throughput, Packet Loss y Delay Variation.
- 6) Como simulación de tráfico de carga, que generará lo más parecido a una interferencia de señal en la red, se introduce una señal repetitiva con ráfagas al 50% de la carga máxima por 2 segundos seguida de un aumento de la carga al 100% por 2 segundos, con mínimo IGP. Esto permite generar un canal con máxima velocidad de línea y variaciones de ésta.

3.2.2. Escenario Base

3.2.2.1. *Escenario de Simulación*

Previo a la implementación del laboratorio se presenta el esquema base de la comparación de resultados en el área de simulación. Este se muestra en la figura 3.1.

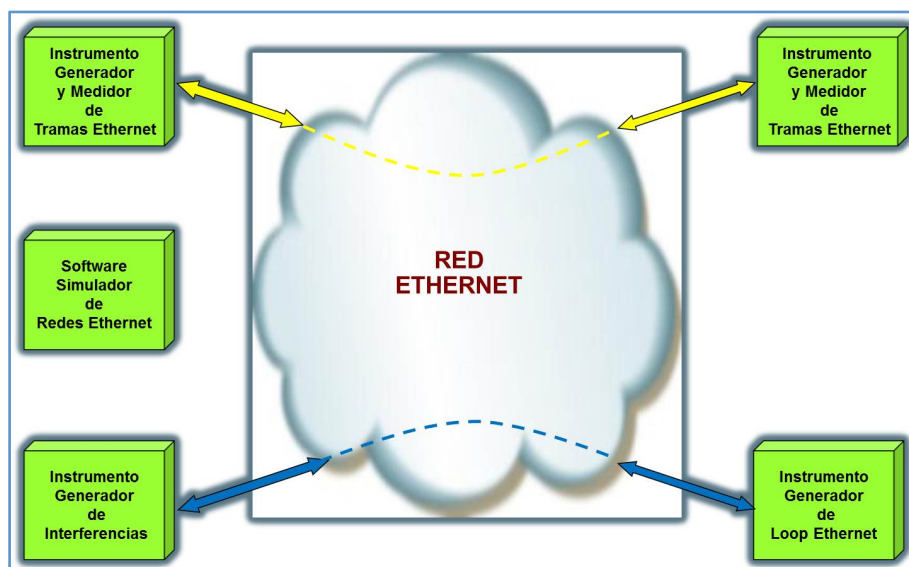


Figura 3.1: Escenario Base de Simulación.

En este esquema se identifican los siguientes elementos junto con sus interconexiones:

- 1) Red Ethernet, que transfiere el tráfico bajo prueba.
- 2) Instrumentos generadores y medidores de señal Ethernet que miden bidireccionalmente el flujo bajo prueba de instrumentos.
- 3) Instrumento generador de interferencias, el cual genera tráfico Ethernet bidireccional a través de la red mediante un generador de loop lógico. Este tráfico no se mide, sólo se inserta para la generación de una condición real en los enlaces.
- 4) Software simulador de Redes Ethernet. Este elemento no se conecta a la red, sino que simula todo el conjunto, red y enlaces.

En la red se interconectan los dos instrumentos generador/medidor de paquetes Ethernet entre sí, direccionando los flujos a las respectivas direcciones IP. Cada equipo recibirá y medirá en forma independiente para ambos sentidos de la comunicación.

El equipo generador de interferencias se conectará y enviará un flujo de datos en ráfagas al equipo generador de loop, quien retornará sólo los datos de la carga. Con ello se producirá una interferencia en el sistema.

El software simulador de redes Ethernet se instala en una computadora independiente y en se programa ambos enlaces, medición e interferencia, bajo las mismas condiciones que los equipos dedicados. Los datos obtenidos en ambos casos se comparan entre sí.

3.2.2.2. Escenario de Medición

El esquema base de la comparación de resultados en el área de medición simulación se muestra en la figura 3.2.

En este esquema se identifican los siguientes elementos junto con sus interconexiones:

1. Red Ethernet, que transfiere el tráfico bajo prueba.
2. Instrumentos generadores y medidores de señal Ethernet que miden bidireccionalmente el flujo bajo prueba de instrumentos.
3. Instrumento generador de interferencias, el cual genera tráfico Ethernet bidireccional a través de la red mediante un generador de loop lógico.

Software medidor de Redes Ethernet. Estos elementos se conectan entre sí generando un segundo flujo bajo prueba.

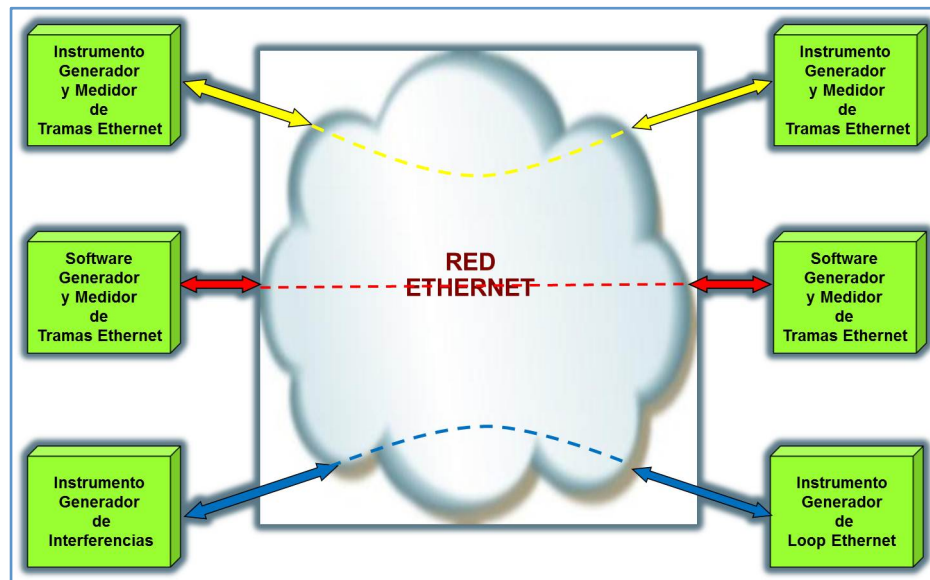


Figura 3.2: Escenario Base de Medición.

La interconexión e interacción entre los instrumentos generador/medidor de tramas y del equipo generador de interferencias con el generador de loop es similar al del escenario base de simulación. El software medidor de redes Ethernet se instala en dos computadoras independientes, uno opera como cliente y otro como servidor y entre ellos se direcciona un flujo bidireccional de datos. Los datos obtenidos entre los instrumentos se comparan con los obtenidos entre los software de medición.

3.2.3. Materiales

Los materiales disponibles para la realización del trabajo, ya mencionados en los antecedentes, se entregan a continuación y sólo se mencionan las características relevantes:

- 1) Software IPerf. Utilizado para efectuar mediciones de Throughput en Ethernet.
- 2) Software OPNet. Utilizado para simular una red Ethernet.
- 3) Dos computadores con interfaz Ethernet RJ45 y velocidad de 1 Gbps, Windows 7 y ventana Command COM. Se requieren dos equipos pues IPerf funciona en dos sesiones separadas, una como cliente y otra como servidor.
- 4) Equipo RxT, con dos puertos 1000 base T, IPv4, RFC2544, Y.1564. Este instrumento se usa para las mediciones de instrumento dedicado.
- 5) Equipo XTT, con puerto 1000 base T, IPv4, RFC2544, Y.1564. Este instrumento se utiliza para producir interferencia.

- 6) Equipo GigE Responder, con puerto 1000 base T. Este instrumento le genera un loop al equipo XTT, permitiendo que la fuente interferente atraviese la red.
- 7) Switch DLink DGS 1008 G, con 8 puertos 1000 base T. Este equipo se usa para interconectar los elementos anteriores, simulando así una red.

3.3. Metodología

La metodología usada de muestra gráficamente en la figura 3.3. y es similar para los tres casos considerados en este trabajo.

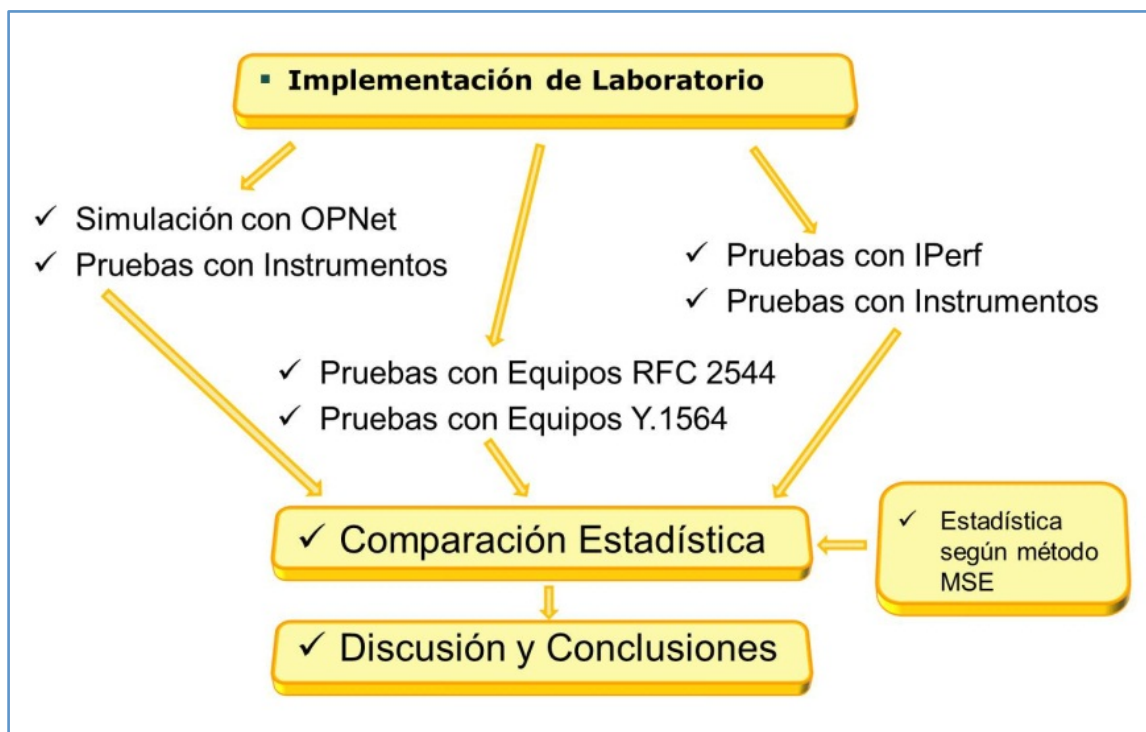


Figura 3.3: Metodología.

Esta tiene las siguientes etapas:

1. Implementación del laboratorio. Etapa en la cual se interconectan los materiales disponibles para formar con ellos el escenario base, tanto para medición como para simulación.
2. Simulación de la Red / Medición con Instrumentos. Se simula la red del Escenario Base de Simulación y se miden los mismos flujos simulados con los instrumentos en el laboratorio.
3. Medición con SW / Medición con Instrumentos. Se miden en la red del Escenario Base de Medición los flujos descritos con IPerf e instrumentos en el laboratorio.

4. Medición de RFC2544 e Y.1564 con Instrumentos. Para los puntos 2 y 3 anteriores se repiten las pruebas, pero en esta oportunidad se simula y mide con Software tres flujos de datos en forma simultánea. Con los instrumentos se realiza la prueba con la aplicación de las normas de calidad ya descritas.
5. Para los puntos anteriores se realiza una repetición de 20 medidas en cada prueba para generar una base de datos mínima que permite efectuar una comparación estadística.
6. Los resultados obtenidos en la simulación y medición con SW se comparan con los obtenidos con los instrumentos. La comparación se hace usando el método MSE (Minimum Square Error) y se entregan en forma gráfica y tabulada.
7. De las tablas obtenidas en el punto 6 se obtendrán las conclusiones.

3.4. Desarrollo

3.4.1. Desarrollo de la Simulación

La implementación del escenario base de simulación con los materiales disponibles se muestra en la figura 3.4. En este esquema la relación entre los módulos genéricos y los materiales disponibles es directa y de fácil comprensión:

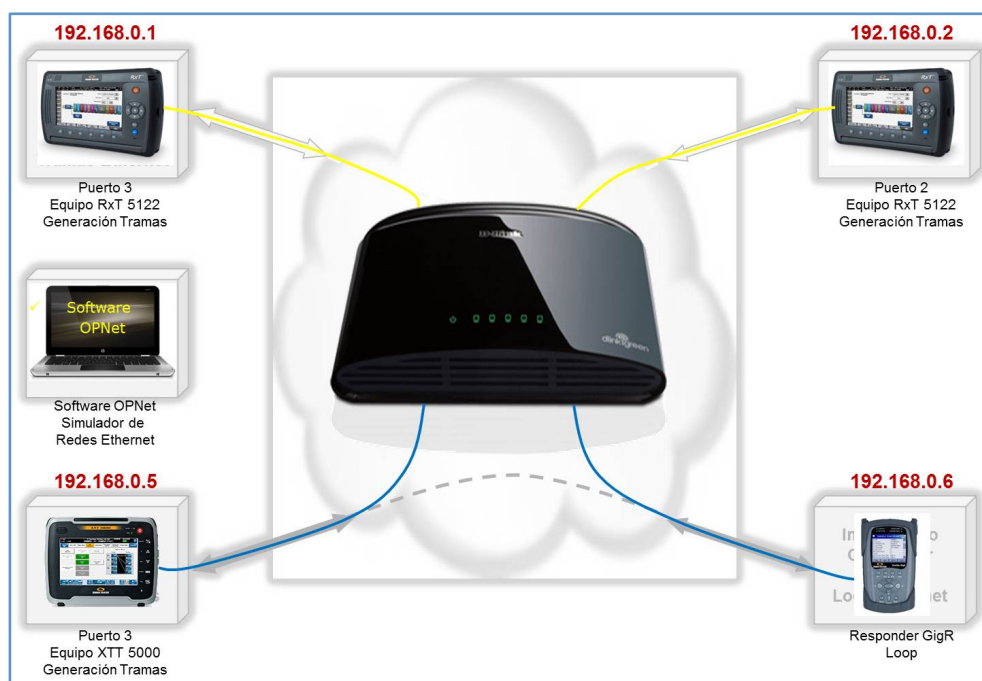


Figura 3.4: Desarrollo de la Simulación

- 1) Red Ethernet, es simulada con el Switch DLink DGS 1008 G, en cuyos puertos se conectan en forma directa los instrumentos para la prueba e interferencia.
- 2) Instrumentos generadores y medidores de trafico Ethernet. Se utiliza para ambos extremos el equipo RxT 5122. A los puertos de Gigabit Ethernet 3 y 2 se les programa la dirección IP 192.168.0.1 y 192.168.0.2, respectivamente y se establece el flujo de datos de prueba bidireccionalmente.
- 3) Para el Instrumento generador de interferencias se utiliza el equipo XTT 5122, utilizando el puerto Gigabit número 3 con una dirección IP 162.198.0.5 el cual genera tráfico Ethernet a través de la red hacia el Generador de loop lógico Sunlite Gigabit Responder, que se programa con la IP 192.168.0.6.
- 4) Software simulador de Redes Ethernet. Este elemento es el Software OPNet instalado en un computador con Microsoft Windows 7 © .

3.4.2. Desarrollo de la Medición.

La implementación del escenario base de medición es similar a la mostrada en el ítem anterior y se presenta en la figura 3.5.

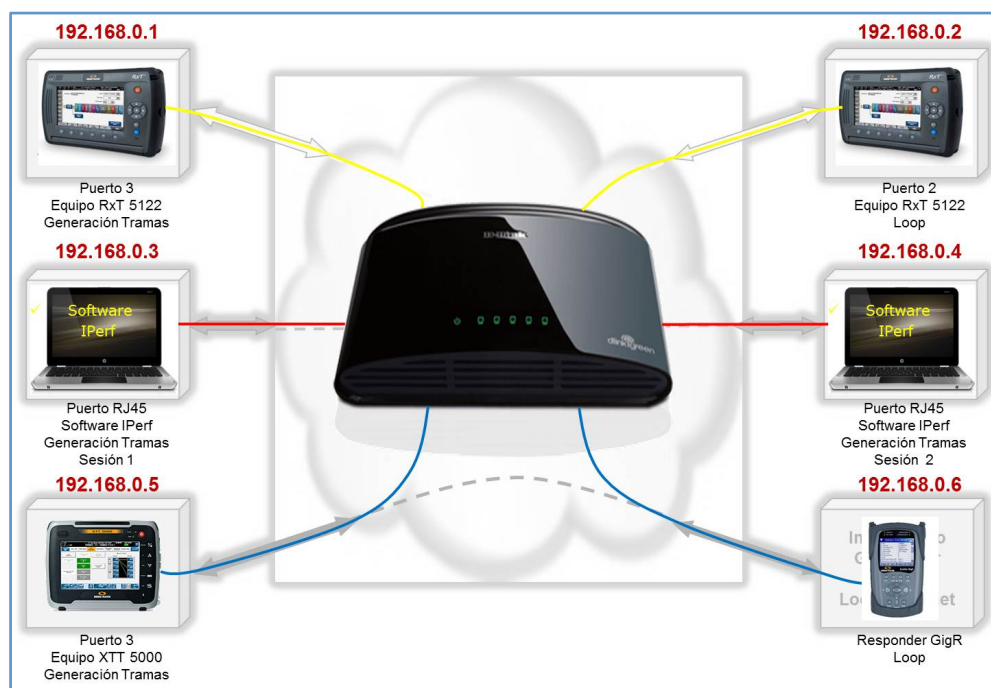


Figura 3.5: Desarrollo de la Medición.

De la misma forma que en el desarrollo anterior se indica la relación entre los módulos genéricos y los materiales disponibles:

- 1) Red Ethernet, es simulada con el Switch DLink DGS 1008 G, en cuyos puertos se conectan en forma directa los instrumentos para la prueba e interferencia.
- 2) Instrumentos generadores y medidores de tráfico Ethernet. Se utiliza para ambos extremos el equipo RxT 5122. A los puertos de Gigabit Ethernet 3 y 2 se les programa la dirección IP 192.168.0.1 y 192.168.0.2, respectivamente y se establece el flujo de datos de prueba bidireccionalmente.
- 3) Para el Instrumento generador de interferencias se utiliza el equipo XTT 5122, utilizando el puerto Gigabit número 3 con una dirección IP 162.198.0.5 el cual genera tráfico Ethernet a través de la red hacia el Generador de loop lógico Sunlite Gigabit Responder, que se programa con la IP 192.168.0.6.
- 4) Las mediciones con software se realizan conectando en el switch las puertas Ethernet de dos computadores independientes con el software en ellos. Las IP para los puertos son 192.168.0.3 para el IPerf en modo Cliente y 192.168.0.4 para IPerf en modo Servidor.

Para las pruebas que usan las normativas los esquemas y desarrollo de las medidas son equivalentes a las ya mostradas. La variación consiste en la apertura simultánea de varias sesiones en los computadores y el uso de la funcionalidad que habilita el uso de la RFC 2544 e Y.1564.

3.5. Métricas

Para todo el trabajo de laboratorio y sus mediciones se tendrá para cada etapa en común lo siguiente:

- 1) En cada tipo de medida se harán 20 repeticiones para su análisis estadístico.
- 2) Para cada medida se entregará en la tabla los mínimos, máximos y medias de los resultados.
- 3) La carga del sistema, o interferencia, será una señal de 500 Mbps, con mínimo IGP, tamaño de trama de 1518 bytes y carga útil con patrón ITU de 2^{31-1} . Se envía del generador de trama XTT 5122 al generador de loop Sunlite GIGR, permitiendo que el flujo sea bidireccional.
- 4) Se usa el protocolo UDP/IP y TCP/IP.
- 5) En TCP se usa Ethernet II.
- 6) Las pruebas con Software e Instrumentos las medidas se hacen simultáneamente.

Las mediciones son:

SIMULACIÓN CON SOFTWARE Y MEDICIÓN CON INSTRUMENTOS

De acuerdo a lo mostrado en la figura 3.4 y a lo expuesto en el desarrollo las mediciones realizadas se indican a continuación y/o bajo las siguientes condiciones:

- 1) Entre los puertos 3 y 2 del equipo RxT se genera y mide: un tráfico TCP y UDP bidireccional; al 100% de la carga, es decir 1 Gbps; carga útil con patrón ITU de 2^{31-1} bits.
La prueba se repite para un tamaño de paquetes de 128, 1024 y 1518 bytes. Se obtiene como resultado el Throughput y Packet Loss.
- 2) Con el software OPNet se simula la red de forma equivalente a lo realizado con los instrumentos, interferencia y medición.

MEDICIÓN CON SOFTWARE E INSTRUMENTOS

Con la implementación de la figura 3.5 las mediciones y condiciones son las siguientes:

- 1) Entre los puertos 3 y 2 del equipo RxT se genera y mide: un tráfico TCP y UDP bidireccional; al 100% de la carga o 1 Gbps; carga útil con patrón ITU de 2^{31-1} .
La prueba se repite para un tamaño de paquete de 128, 1024 y 1518 bytes. Se obtiene como resultado el Throughput y Packet Loss.
- 2) Entre los Software IPerf Cliente e IPerf Servidor se genera y mide: un tráfico TCP y UDP bidireccional; al 100% de la carga o 1 Gbps.
La prueba se repite para un tamaño de paquete de 128, 1024 y 1518 bytes. Se obtiene como resultado el Throughput, Packet Loss y Delay Variation.

MEDICIÓN CON SOFTWARE E INSTRUMENTOS PARA RFC 2544

Para la norma RFC 2544 se realizan las mismas pruebas del punto anterior pero sólo con los instrumentos y se efectúa la misma comparación. Esta prueba entrega los resultados de Throughput, Packet Loss y Delay Variation.

MEDICIÓN CON SOFTWARE E INSTRUMENTOS PARA Y.1564

Con la implementación de la figura 3.5 las mediciones y condiciones son las siguientes:

- 1) El puerto 2 del equipo RxT se programa como generador de loop para responder al flujo que le envía el puerto 3. En el puerto 3 equipo RxT se programa para medir con la norma Y.1564 con tres servicios: S1 (Servicio 1) de 400 Kbps con tamaño de paquete a 128 Bytes; 100 Mbps con 1024 Bytes y 500 Mbps con 1518 Bytes. Todos con tráfico UDP bidireccional con loop en el extremo opuesto y patrón ITU de 2^{31-1} .

- 2) Para esta etapa se ejecuta en el punto con dirección IP 192.168.0.3 tres sesiones TCP en paralelo con Iperf en modo cliente: 400 Kbps con tamaño de paquete a 128 Bytes; 100 Mbps con 1024 Bytes y 500 Mbps con 1518 Bytes. En el Iperf lado Servidor también se efectúan tres sesiones en paralelo equivalentes.

La figura 3.6 nos muestra el laboratorio de pruebas implementado.



Figura 3.6: Laboratorio de Pruebas.

3.6. Nuevo Escenario

3.6.1. Resultados Escenario Anterior

A continuación se muestra un resumen de las primeras pruebas de comparación desarrolladas de acuerdo a la figura 3.5.

TCP IPERF

La figura 3.7 muestra los resultados de la prueba con IPerf con TCP.

```
C:\Users\Alvaro>iperf -c192.168.0.3 -P1 -i1 -p5001 -w300K -fg -t10
-----
Client connecting to 192.168.0.3, TCP port 5001
TCP window size: 0.00 GByte
-----
[108] local 192.168.0.4 port 50020 connected with 192.168.0.3 port 5001
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth
[108] 0.0- 1.0 sec  0.11 GBytes 0.92 Gbits/sec
[108] 1.0- 2.0 sec  0.11 GBytes 0.94 Gbits/sec
[108] 2.0- 3.0 sec  0.11 GBytes 0.94 Gbits/sec
[108] 3.0- 4.0 sec  0.11 GBytes 0.93 Gbits/sec
[108] 4.0- 5.0 sec  0.11 GBytes 0.93 Gbits/sec
[108] 5.0- 6.0 sec  0.11 GBytes 0.94 Gbits/sec
[108] 6.0- 7.0 sec  0.11 GBytes 0.94 Gbits/sec
[108] 7.0- 8.0 sec  0.11 GBytes 0.91 Gbits/sec
[108] 8.0- 9.0 sec  0.11 GBytes 0.93 Gbits/sec
[108] 9.0-10.0 sec 0.10 GBytes 0.83 Gbits/sec
[108] 0.0-10.0 sec 1.07 GBytes 0.92 Gbits/sec

C:\Users\ALVARO>iperf -s -P1 -i1 -p5001 -w300K -fg
-----
Server listening on TCP port 5001
TCP window size: 0.00 GByte
-----
[248] local 192.168.0.3 port 5001 connected with 192.168.0.4 port 50020
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth
[248] 0.0- 1.0 sec  0.11 GBytes 0.92 Gbits/sec
[248] 1.0- 2.0 sec  0.11 GBytes 0.94 Gbits/sec
[248] 2.0- 3.0 sec  0.11 GBytes 0.94 Gbits/sec
[248] 3.0- 4.0 sec  0.11 GBytes 0.93 Gbits/sec
[248] 4.0- 5.0 sec  0.11 GBytes 0.93 Gbits/sec
[248] 5.0- 6.0 sec  0.11 GBytes 0.94 Gbits/sec
[248] 6.0- 7.0 sec  0.11 GBytes 0.94 Gbits/sec
[248] 7.0- 8.0 sec  0.11 GBytes 0.91 Gbits/sec
[248] 8.0- 9.0 sec  0.11 GBytes 0.93 Gbits/sec
[248] 9.0-10.0 sec 0.10 GBytes 0.83 Gbits/sec
[248] 0.0-10.0 sec 1.07 GBytes 0.92 Gbits/sec

C:\Users\Alvaro>iperf -c192.168.0.3 -P1 -i1 -p5001 -w300K -fg -t10
-----
Client connecting to 192.168.0.3, TCP port 5001
TCP window size: 0.00 GByte
-----
[108] local 192.168.0.4 port 50032 connected with 192.168.0.3 port 5001
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth
[108] 0.0- 1.0 sec  0.10 GBytes 0.88 Gbits/sec
[108] 1.0- 2.0 sec  0.11 GBytes 0.94 Gbits/sec
[108] 2.0- 3.0 sec  0.11 GBytes 0.94 Gbits/sec
[108] 3.0- 4.0 sec  0.11 GBytes 0.94 Gbits/sec
[108] 4.0- 5.0 sec  0.11 GBytes 0.94 Gbits/sec
[108] 5.0- 6.0 sec  0.11 GBytes 0.94 Gbits/sec
[108] 6.0- 7.0 sec  0.11 GBytes 0.94 Gbits/sec
[108] 7.0- 8.0 sec  0.11 GBytes 0.94 Gbits/sec
[108] 8.0- 9.0 sec  0.11 GBytes 0.92 Gbits/sec
[108] 9.0-10.0 sec 0.11 GBytes 0.94 Gbits/sec
[108] 0.0-10.0 sec 1.08 GBytes 0.93 Gbits/sec

C:\Users\ALVARO>iperf -s -P1 -i1 -p5001 -w300K -fg
-----
Server listening on TCP port 5001
TCP window size: 0.00 GByte
-----
[248] local 192.168.0.3 port 5001 connected with 192.168.0.4 port 50032
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth
[248] 0.0- 1.0 sec  0.10 GBytes 0.88 Gbits/sec
[248] 1.0- 2.0 sec  0.11 GBytes 0.94 Gbits/sec
[248] 2.0- 3.0 sec  0.11 GBytes 0.94 Gbits/sec
[248] 3.0- 4.0 sec  0.11 GBytes 0.94 Gbits/sec
[248] 4.0- 5.0 sec  0.11 GBytes 0.94 Gbits/sec
[248] 5.0- 6.0 sec  0.11 GBytes 0.94 Gbits/sec
[248] 6.0- 7.0 sec  0.11 GBytes 0.94 Gbits/sec
[248] 7.0- 8.0 sec  0.11 GBytes 0.94 Gbits/sec
[248] 8.0- 9.0 sec  0.11 GBytes 0.92 Gbits/sec
[248] 0.0-10.0 sec 1.08 GBytes 0.93 Gbits/sec

C:\Users\Alvaro>iperf -c192.168.0.3 -P1 -i1 -p5001 -w300K -fg -t10
-----
Client connecting to 192.168.0.3, TCP port 5001
TCP window size: 0.00 GByte
-----
[108] local 192.168.0.4 port 50185 connected with 192.168.0.3 port 5001
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth
[108] 0.0- 1.0 sec  0.10 GBytes 0.89 Gbits/sec
[108] 1.0- 2.0 sec  0.11 GBytes 0.92 Gbits/sec
[108] 2.0- 3.0 sec  0.11 GBytes 0.94 Gbits/sec
[108] 3.0- 4.0 sec  0.11 GBytes 0.93 Gbits/sec
[108] 4.0- 5.0 sec  0.11 GBytes 0.93 Gbits/sec
[108] 5.0- 6.0 sec  0.11 GBytes 0.94 Gbits/sec
[108] 6.0- 7.0 sec  0.11 GBytes 0.91 Gbits/sec
[108] 7.0- 8.0 sec  0.11 GBytes 0.94 Gbits/sec
[108] 8.0- 9.0 sec  0.11 GBytes 0.94 Gbits/sec
[108] 9.0-10.0 sec 0.11 GBytes 0.94 Gbits/sec
[108] 0.0-10.0 sec 1.08 GBytes 0.93 Gbits/sec

C:\Users\ALVARO>iperf -s -P1 -i1 -p5001 -w300K -fg
-----
Server listening on TCP port 5001
TCP window size: 0.00 GByte
-----
[248] local 192.168.0.3 port 5001 connected with 192.168.0.4 port 50185
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth
[248] 0.0- 1.0 sec  0.10 GBytes 0.89 Gbits/sec
[248] 1.0- 2.0 sec  0.11 GBytes 0.92 Gbits/sec
[248] 2.0- 3.0 sec  0.11 GBytes 0.94 Gbits/sec
[248] 3.0- 4.0 sec  0.11 GBytes 0.93 Gbits/sec
[248] 4.0- 5.0 sec  0.11 GBytes 0.93 Gbits/sec
[248] 5.0- 6.0 sec  0.11 GBytes 0.94 Gbits/sec
[248] 6.0- 7.0 sec  0.11 GBytes 0.91 Gbits/sec
[248] 7.0- 8.0 sec  0.11 GBytes 0.94 Gbits/sec
[248] 8.0- 9.0 sec  0.11 GBytes 0.94 Gbits/sec
[248] 0.0-10.0 sec 1.08 GBytes 0.93 Gbits/sec
```

Figura 3.7: Resultados Iperf TCP Desarrollo Laboratorio.

UDP IPERF

La figura 3.8 muestra los resultados de la prueba con IPerf con UDP.

```
C:\Users\Alvaro>iperf -c192.168.0.3 -P1 -i1 -p5001 -w300K -fg -t10 -u -l65000B -
b1000M
-----
Client connecting to 192.168.0.3, UDP port 5001
Sending 65000 byte datagrams
UDP buffer size: 0.00 GByte
-----
[108] local 192.168.0.4 port 49261 connected with 192.168.0.3 port 5001
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth
[108] 0.0- 1.0 sec  0.07 GBytes 0.57 Gbits/sec
[108] 1.0- 2.0 sec  0.06 GBytes 0.53 Gbits/sec
[108] 2.0- 3.0 sec  0.07 GBytes 0.60 Gbits/sec
[108] 3.0- 4.0 sec  0.07 GBytes 0.60 Gbits/sec
[108] 4.0- 5.0 sec  0.07 GBytes 0.60 Gbits/sec
[108] 5.0- 6.0 sec  0.07 GBytes 0.60 Gbits/sec
[108] 6.0- 7.0 sec  0.07 GBytes 0.60 Gbits/sec
[108] 7.0- 8.0 sec  0.07 GBytes 0.60 Gbits/sec
[108] 8.0- 9.0 sec  0.07 GBytes 0.58 Gbits/sec
[108] 9.0-10.0 sec 0.07 GBytes 0.59 Gbits/sec
[108] 0.0-10.0 sec 0.69 GBytes 0.59 Gbits/sec
[108] Server Report:
[108] 0.0-10.0 sec 0.68 GBytes 0.59 Gbits/sec 0.434 ms 2/11316 (0.018%)
[108] 0.0-10.0 sec 3 datagrams received out-of-order
[108] Sent 11316 datagrams

C:\Users\ALVARO>iperf -s -P1 -i1 -p5001 -w300K -fg -u -l65000B
-----
Server listening on UDP port 5001
Receiving 65000 byte datagrams
UDP buffer size: 0.00 GByte
-----
[132] local 192.168.0.3 port 5001 connected with 192.168.0.4 port 49261
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth    Jitter  Lost/Total Datagrams
[132] 0.0- 1.0 sec  0.07 GBytes 0.57 Gbits/sec 0.024 ms 2/ 1104 (0.18%)
[132] 0.0- 1.0 sec  3 datagrams received out-of-order
[132] 1.0- 2.0 sec  0.06 GBytes 0.53 Gbits/sec 0.169 ms 0/ 1020 (0%)
[132] 2.0- 3.0 sec  0.07 GBytes 0.60 Gbits/sec 0.190 ms 0/ 1155 (0%)
[132] 3.0- 4.0 sec  0.07 GBytes 0.60 Gbits/sec 0.270 ms 0/ 1153 (0%)
[132] 4.0- 5.0 sec  0.07 GBytes 0.60 Gbits/sec 0.092 ms 0/ 1160 (0%)
[132] 5.0- 6.0 sec  0.07 GBytes 0.60 Gbits/sec 0.208 ms 0/ 1160 (0%)
[132] 6.0- 7.0 sec  0.07 GBytes 0.60 Gbits/sec 0.289 ms 0/ 1159 (0%)
[132] 7.0- 8.0 sec  0.07 GBytes 0.60 Gbits/sec 0.505 ms 0/ 1152 (0%)
[132] 8.0- 9.0 sec  0.07 GBytes 0.58 Gbits/sec 0.504 ms 0/ 1125 (0%)
[132] 9.0-10.0 sec 0.07 GBytes 0.59 Gbits/sec 0.435 ms 2/11316 (0.018%)
[132] 0.0-10.0 sec 3 datagrams received out-of-order

C:\Users\Alvaro>iperf -c192.168.0.3 -P1 -i1 -p5001 -w300K -fg -t10 -u -l65000B -
b1000M
-----
Client connecting to 192.168.0.3, UDP port 5001
Sending 65000 byte datagrams
UDP buffer size: 0.00 GByte
-----
[108] local 192.168.0.4 port 49278 connected with 192.168.0.3 port 5001
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth
[108] 0.0- 1.0 sec  0.08 GBytes 0.66 Gbits/sec
[108] 1.0- 2.0 sec  0.08 GBytes 0.66 Gbits/sec
[108] 2.0- 3.0 sec  0.08 GBytes 0.67 Gbits/sec
[108] 3.0- 4.0 sec  0.08 GBytes 0.67 Gbits/sec
[108] 4.0- 5.0 sec  0.08 GBytes 0.66 Gbits/sec
[108] 5.0- 6.0 sec  0.08 GBytes 0.66 Gbits/sec
[108] 6.0- 7.0 sec  0.08 GBytes 0.66 Gbits/sec
[108] 7.0- 8.0 sec  0.08 GBytes 0.66 Gbits/sec
[108] 8.0- 9.0 sec  0.08 GBytes 0.66 Gbits/sec
[108] 9.0-10.0 sec 0.08 GBytes 0.66 Gbits/sec
[108] 0.0-10.0 sec 0.77 GBytes 0.66 Gbits/sec
[108] Server Report:
[108] 0.0-10.0 sec 0.77 GBytes 0.66 Gbits/sec 0.709 ms 2/12716 (0.016%)
[108] 0.0-10.0 sec 4 datagrams received out-of-order
[108] Sent 12716 datagrams

C:\Users\ALVARO>iperf -s -P1 -i1 -p5001 -w300K -fg -u -l65000B
-----
Server listening on UDP port 5001
Receiving 65000 byte datagrams
UDP buffer size: 0.00 GByte
-----
[132] local 192.168.0.3 port 5001 connected with 192.168.0.4 port 49278
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth    Jitter  Lost/Total Datagrams
[132] 0.0- 1.0 sec  0.08 GBytes 0.66 Gbits/sec 0.389 ms 2/ 1270 (0.16%)
[132] 0.0- 1.0 sec  4 datagrams received out-of-order
[132] 1.0- 2.0 sec  0.08 GBytes 0.66 Gbits/sec 0.201 ms 0/ 1264 (0%)
[132] 2.0- 3.0 sec  0.08 GBytes 0.67 Gbits/sec 0.004 ms 0/ 1279 (0%)
[132] 3.0- 4.0 sec  0.08 GBytes 0.67 Gbits/sec 0.317 ms 0/ 1283 (0%)
[132] 4.0- 5.0 sec  0.08 GBytes 0.66 Gbits/sec 0.593 ms 0/ 1272 (0%)
[132] 5.0- 6.0 sec  0.08 GBytes 0.66 Gbits/sec 0.551 ms 0/ 1275 (0%)
[132] 6.0- 7.0 sec  0.08 GBytes 0.66 Gbits/sec 0.622 ms 0/ 1270 (0%)
[132] 7.0- 8.0 sec  0.08 GBytes 0.66 Gbits/sec 0.659 ms 0/ 1269 (0%)
[132] 8.0- 9.0 sec  0.08 GBytes 0.66 Gbits/sec 0.560 ms 0/ 1273 (0%)
[132] 9.0-10.0 sec 0.08 GBytes 0.66 Gbits/sec 0.709 ms 2/12716 (0.016%)
[132] 0.0-10.0 sec 4 datagrams received out-of-order

C:\Users\Alvaro>iperf -c192.168.0.3 -P1 -i1 -p5001 -w300K -fg -t10 -u -l65000B -
b1000M
-----
Client connecting to 192.168.0.3, UDP port 5001
Sending 65000 byte datagrams
UDP buffer size: 0.00 GByte
-----
[108] local 192.168.0.4 port 49283 connected with 192.168.0.3 port 5001
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth
[108] 0.0- 1.0 sec  0.07 GBytes 0.60 Gbits/sec
[108] 1.0- 2.0 sec  0.07 GBytes 0.60 Gbits/sec
[108] 2.0- 3.0 sec  0.07 GBytes 0.59 Gbits/sec
[108] 3.0- 4.0 sec  0.07 GBytes 0.59 Gbits/sec
[108] 4.0- 5.0 sec  0.07 GBytes 0.59 Gbits/sec
[108] 5.0- 6.0 sec  0.07 GBytes 0.59 Gbits/sec
[108] 6.0- 7.0 sec  0.07 GBytes 0.58 Gbits/sec
[108] 7.0- 8.0 sec  0.07 GBytes 0.58 Gbits/sec
[108] 8.0- 9.0 sec  0.07 GBytes 0.58 Gbits/sec
[108] 9.0-10.0 sec 0.07 GBytes 0.58 Gbits/sec
[108] 0.0-10.0 sec 0.68 GBytes 0.59 Gbits/sec
[108] Server Report:
[108] 0.0-10.0 sec 0.68 GBytes 0.59 Gbits/sec 0.028 ms 4/11271 (0.035%)
[108] 0.0-10.0 sec 1 datagrams received out-of-order
[108] Sent 11271 datagrams

C:\Users\ALVARO>iperf -s -P1 -i1 -p5001 -w300K -fg -u -l65000B
-----
Server listening on UDP port 5001
Receiving 65000 byte datagrams
UDP buffer size: 0.00 GByte
-----
[132] local 192.168.0.3 port 5001 connected with 192.168.0.4 port 49283
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth    Jitter  Lost/Total Datagrams
[132] 0.0- 1.0 sec  0.07 GBytes 0.60 Gbits/sec 0.560 ms 4/ 1163 (0.34%)
[132] 0.0- 1.0 sec  1 datagrams received out-of-order
[132] 1.0- 2.0 sec  0.07 GBytes 0.60 Gbits/sec 0.418 ms 0/ 1151 (0%)
[132] 2.0- 3.0 sec  0.07 GBytes 0.59 Gbits/sec 0.397 ms 0/ 1134 (0%)
[132] 3.0- 4.0 sec  0.07 GBytes 0.59 Gbits/sec 0.420 ms 0/ 1126 (0%)
[132] 4.0- 5.0 sec  0.07 GBytes 0.58 Gbits/sec 0.434 ms 0/ 1125 (0%)
[132] 5.0- 6.0 sec  0.07 GBytes 0.59 Gbits/sec 0.486 ms 0/ 1129 (0%)
[132] 6.0- 7.0 sec  0.07 GBytes 0.57 Gbits/sec 0.200 ms 0/ 1105 (0%)
[132] 7.0- 8.0 sec  0.07 GBytes 0.58 Gbits/sec 0.401 ms 0/ 1115 (0%)
[132] 8.0- 9.0 sec  0.07 GBytes 0.58 Gbits/sec 0.236 ms 0/ 1121 (0%)
[132] 9.0-10.0 sec 0.07 GBytes 0.59 Gbits/sec 0.028 ms 4/11271 (0.035%)
[132] 0.0-10.0 sec 1 datagrams received out-of-order
```

Figura 3.8: Resultados Iperf UDP Desarrollo Laboratorio.

Medidas en equipo RxT

Para todo el período de pruebas con las mediciones de Iperf, TCP y UDP, el instrumento XTT se mantuvo generando la interferencia y el equipo RxT realizando la prueba de Throughput. El resumen del resultado para la prueba se muestra en la figura 3.9.

System Information			
RxT-10GE Test Set Information			
System Version		System Serial No	
Module Version	01.03.0003	Module Serial No	000144
Calibration		Due Date	
Longitude		Latitude	
Measurement			
Start	2012-06-08 15:09:36	Stop	2012-06-08 18:04:57
Report Name	test_udp_08062012_ppal.pdf		
Throughput Test Setup			
Test Type	BERT		
Test Layer	Layer 2/3/4		
Total Stream	1		
General Stream Setup			
Stream No.	Structure	Frame Type	Frame Size
1	MAC IPv4 UDP	FIXED	1518
Summary Data			
TX Utilized Line Rate (%)		100.00	
TX Utilized Line Rate (kbps)		1,000,000	
TX Information Rate (kbps)		987,015.75	
TX Frame Rate (fps)		81,276.00	
RX Utilized Line Rate (%)		100.00	
RX Utilized Line Rate (kbps)		1,000,000	
RX Information Rate (kbps)		987,017.81	
RX Frame Rate (fps)		81,280.00	
Vendor			
Wavelength (nm)		0	
Rx Power (micro watts)		0.00	
Rx Power (dBm)		0.00	
Event Log			
Time:	Summary Events:		
2012-06-08 15:09:36	REC Start		
2012-06-08 15:09:37	No Bert Traffic		
2012-06-08 15:09:50	No Errors		
2012-06-08 18:04:57	REC Stop		

Figura 3.9: Resultados RxT Desarrollo Laboratorio.

3.6.2. Modificación 1 de la Red Ethernet

Las pruebas entregadas en el ítem 3.6.1 nos muestran que el switch es capaz de soportar muy bien la carga de tráfico de todos los equipos conectados, lo que significa una gran estabilidad y por ende una poca capacidad de comparación para la obtención de conclusiones para los objetivos del trabajo. Por ello para la red Ethernet que se implementa en el laboratorio se realizó el cambio número 1. En la figura 3.10 se muestra el diagrama esquemático y en la figura 3.11 su implementación física.

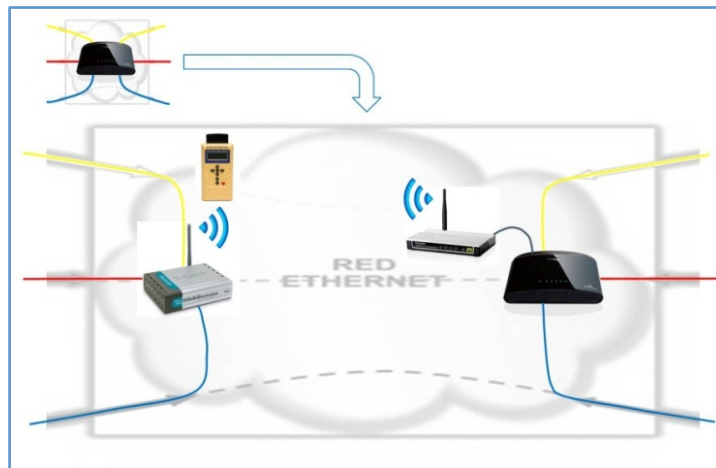


Figura 3.10: Modificación de Red Ethernet en Laboratorio

En el nuevo escenario la red que es representada por un Switch Ethernet se cambia por un Router inalámbrico conectado a un Extensor de Redes Inalámbricas cuyo único puerto de salida se ingresa al Switch. Con lo anterior la se conectan los enlaces por un extremo a las puertas del Router Inalámbrico y por el otro extremo a las puertas del Switch. Además la intensidad de la señal inalámbrica es medida con el Monitor de Redes WiFi.



Figura 3.11: Laboratorio de Pruebas Modificado

3.6.3. Modificación 2 de la Red Ethernet

La modificación 1, pese a disminuir su velocidad de línea a 100 Mbps. no fue capaz de soportar una carga suficiente para realizar pruebas válidas. En ella sólo se logró traspasar un tráfico efectivo de 4 Mbps., por ello se realiza una segunda modificación al esquema que simula la red Ethernet.

El esquema de la modificación 2 se muestra en la figura 3.12 y su implementación física en la figura 3.13.

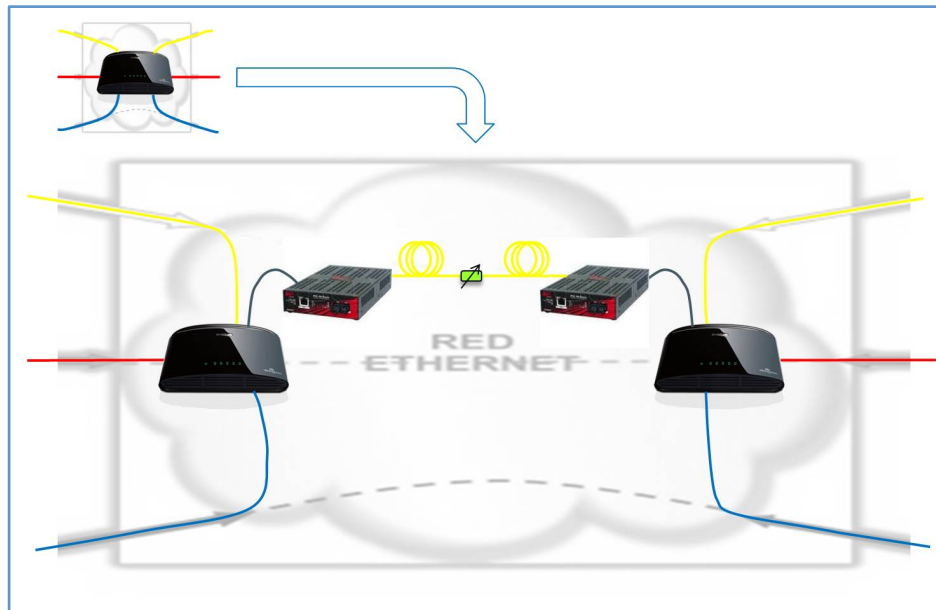


Figura 3.12: Modificación 2 de Red Ethernet en Laboratorio



Figura 3.13: Laboratorio de Pruebas 2^{da} Modificación

Este nuevo escenario tiene los equipos de ambos extremos conectados cada uno a un switch Gigabit Ethernet unido a un conversor electro óptico, que transfiere la señal Ethernet a una señal de fibra óptica. Al medio de transporte óptico se le agrega atenuación por medio del atenuador óptico variable.

Para la configuración de la red se realizan las siguientes programaciones y cambios:

- 1) Las velocidades de línea se cambian desde 1 Gigabit a 100 Megabit debido a la restricción del conversor eléctrico óptico.
- 2) La medición se realiza sólo con protocolo UDP y así no considerar retransmisiones de tramas realizadas por TCP.
- 3) En el enlace de Iperf se envía un archivo para que los datagramas vayan con una carga similar a las generadas por los instrumentos.
- 4) Se modifica el patrón de prueba de los instrumentos desde 2^{31-1} a 2^{15-1} para bajar el tamaño del archivo que se transmitirá a través de Iperf.
- 5) Para la Y.1564 los servicios a medir serán: S1 (Servicio 1) de 40 Kbps con tamaño de paquete a 128 Bytes; 10 Mbps con 1024 Bytes y 50 Mbps con 1518 Bytes. Para EIR se incrementará la velocidad de línea en un 50% por sobre CIR. Todos con tráfico UDP bidireccional con loop en el extremo opuesto y patrón ITU-T de 2^{15-1} .

Se medirá además por separado las pruebas con el instrumento RxT de las realizadas con el Software Iperf. En ambos casos la señal generadora de carga, XTT y GigE Responder, se mantendrá activa. Con esto el escenario para ambos casos será el mismo, permitiendo usar los mismos resultados de los equipos dedicados para la comparación con el software de simulación. Ambos escenarios de medición son presentados en las figuras 3.14 para los equipos dedicados y 3.15 para el software de medición Iperf.

Para la medición con IPerf se transmite una cadena de 4.096 caracteres o 32.767 bits equivalente a 2^{15-1} . Esta cadena se repite en forma consecutiva formando un archivo de texto lo suficientemente largo para ser transmitido en el periodo de la medición.

Las figuras 3.14 y 3.15 muestran los esquemas de las pruebas con equipos y software por separado. Se aprecia claramente la equivalencia de ambas pruebas para la comparación.

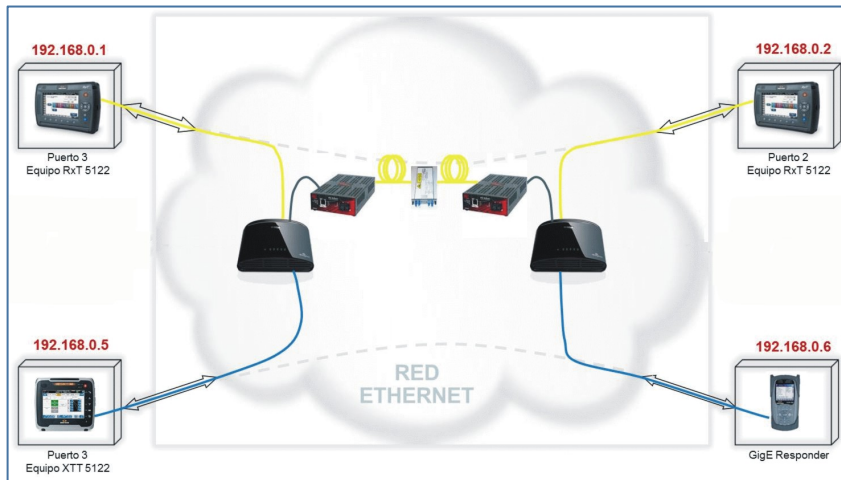


Figura 3.14: Prueba de medición con equipos.

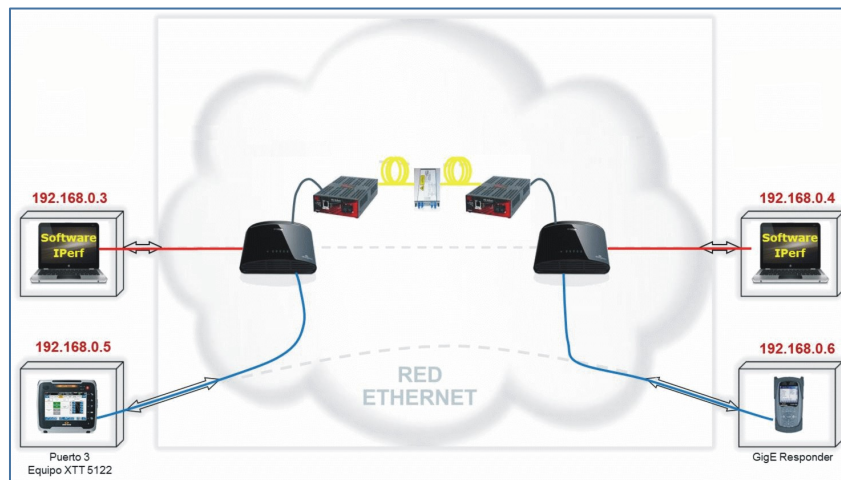


Figura 3.15: Prueba de medición con Software.

La figura 3.16 nos muestran las imágenes de la implementación en el software de simulación OPNet para estas pruebas.

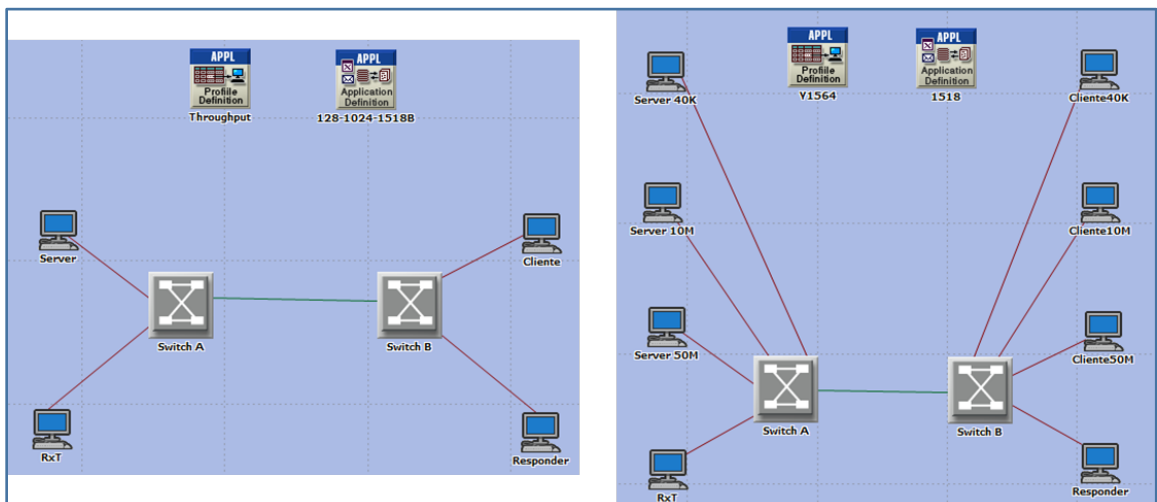


Figura 3.16: Simulación Throughput y Servicios Y.1564 en OPNet

Capítulo 4: Resultados y Discusión.

En el presente capítulo se indican las consideraciones hechas para la obtención de resultados, incluyendo las modificaciones a la metodología planteada originalmente.

4.1. Discusión de la Metodología

Para las mediciones obtenidas y debido a que los equipos y software entregan los resultados con distintos períodos de tiempo se decidió llevar todas las muestras a la escala de parámetro/segundo. Con esto es posible efectuar una comparación y obtener conclusiones de ellas.

Dado los resultados gráficos obtenidos se prefiere no efectuar la comparación mediante el uso de la herramienta estadística Minimum Square Error. Las conclusiones se obtienen directamente de la gráfica mostrada a lo largo del eje temporal.

Dentro de los distintos tipos de formatos en los que son entregados los resultados se puede efectuar una comparación en los siguientes parámetros:

Mediciones de enlace : Throughput y Packet Loss.

Mediciones con servicios : Throughput, Packet Loss y Delay Variation.

En la simulación se debió realizar las siguientes adecuaciones para acercarse lo más posible al formato de mediciones de laboratorio:

- i. Se utilizó dentro de los elementos de red un Switch Óptico debido a la no disponibilidad del conversor Electro-Óptico en las librerías del OPNet.
- ii. Se insertó la simulación de tráfico de videoconferencia puesto que es el único disponible para alcanzar las velocidades de 100 Mbps.
- iii. Se aplica para el tamaño de paquete de 128 Bytes una ventana de tiempo de 75 segundos, mucho menor que los 240 segundos usada para 1024 y 1518 Bytes, debido a que la RAM del computador se agota y no puede concluir la medida completamente. Esto se debe a la gran cantidad de paquetes que se deben transmitir para lograr la velocidad de tráfico seleccionada.

4.2. Discusión de los Resultados

Existen sólo algunas condiciones en las cuales los resultados obtenidos son similares entre el Instrumento dedicado y los software opensource. Como hay condiciones en las que no son comparables y no hay un patrón que pueda establecerse, se puede concluir que no es equivalente medir con Instrumentos dedicados en comparación con IPerf y OPNet.

Para la medición con servicios el mayor problema se evidenció en la aplicación de la prueba con el IPerf debido a que se ejecutaron tres aplicaciones simultáneas al abrir tres sesiones paralelas, con distintos puertos, no siendo posible sincronizar la partida de ellas debiendo hacerlo secuencialmente. Por ello sólo se usó los resultados intermedios para asegurarse que todos los servicios estén con tráfico activo.

4.3. Gráficas y Análisis de los Resultados

Una vez realizadas la mediciones de acuerdo a lo indicado en el capítulo anterior, a continuación se entregan los gráficos y tablas comparativas.

4.3.1. Gráficas de Throughput

Se muestra en las figuras 4.1 y 4.2 los resultados obtenidos para la medición del parámetro Throughput. En ambas figuras se entrega en forma simultánea todos los tamaños de paquetes para las pruebas de enlace y todas las velocidades de línea para servicios.

THROUGHPUT EN ENLACE

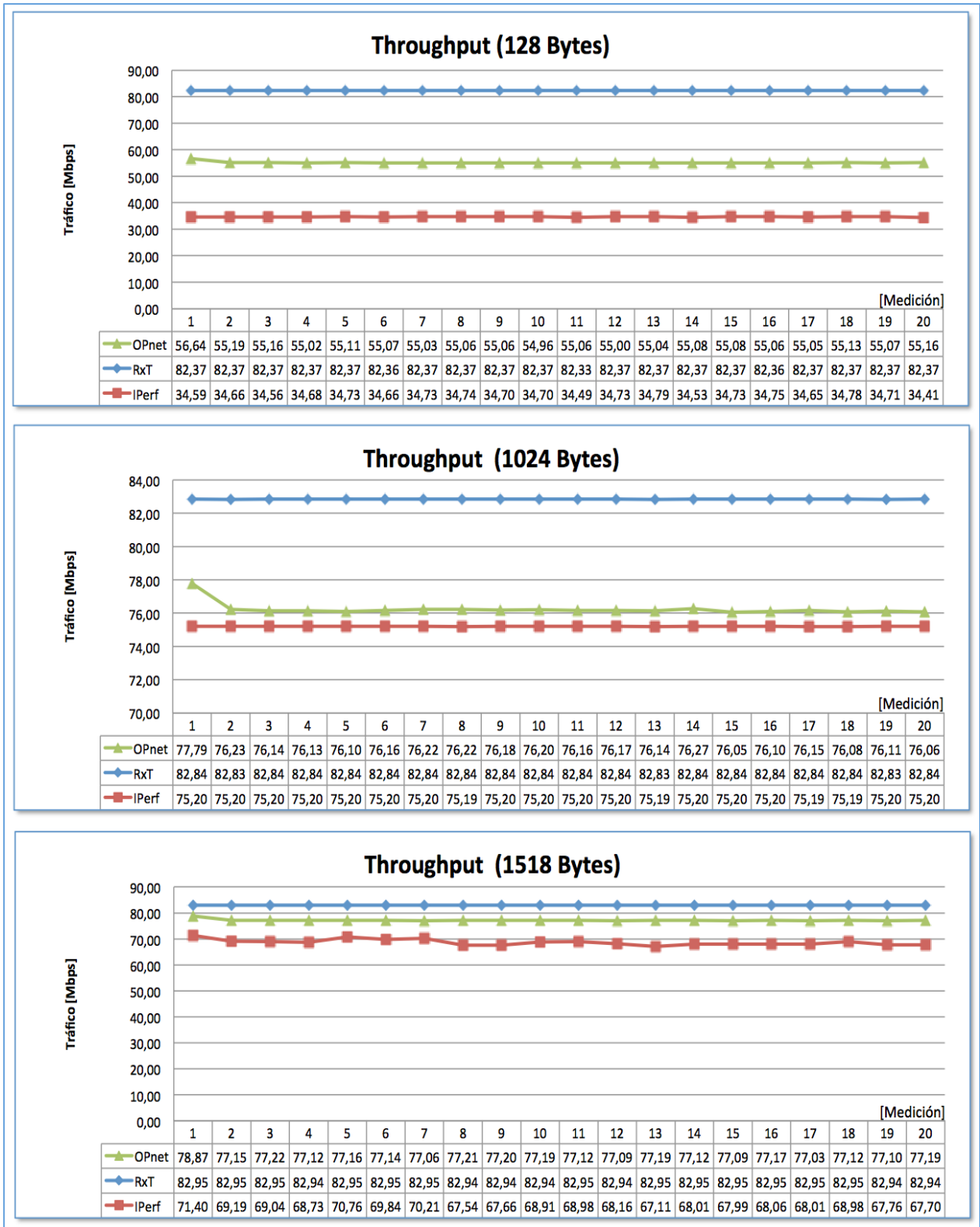


Figura 4.1: Resultados de Throughput en Enlace.

THROUGHPUT CON SERVICIOS – Y.1564

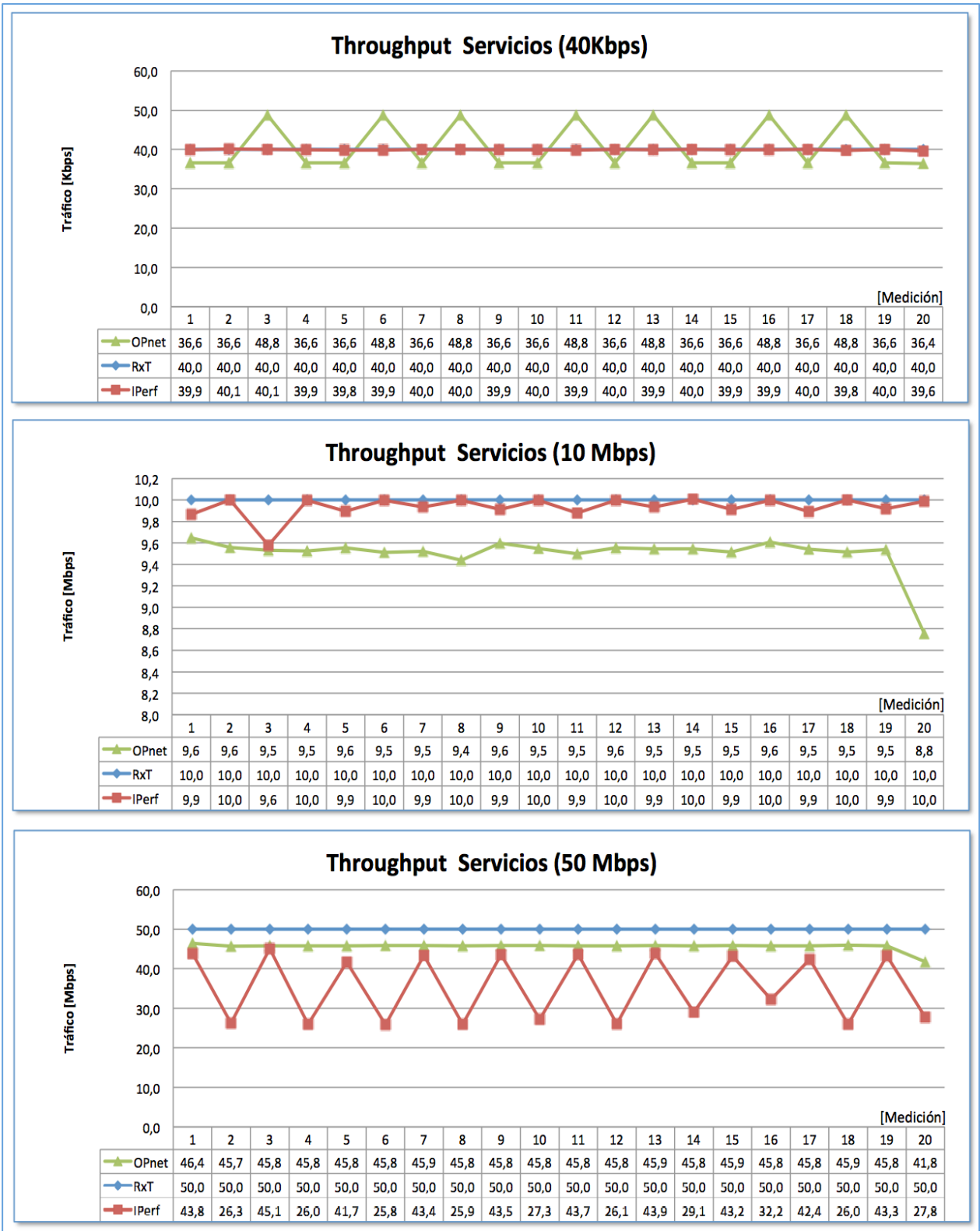


Figura 4.2: Resultados de Throughput con Servicios – Y.1564

4.3.2. Análisis de Resultados para Throughput

En las mediciones de enlace realizadas con el IPerf se encontró un significativo problema al inicio de ésta. En un alto porcentaje de ellas el primer segundo entrega resultados incoherentes estabilizándose desde el segundo número dos en adelante, por ello sólo se consideran las medidas intermedias para el análisis y obtención de resultados.

4.3.2.1. *Throughput en Enlace*

En esta prueba se constata que en los software de medición y simulación la dependencia de la medida al tamaño de paquetes, mientras que para el instrumento el resultado permanece estable. Para paquetes de 128 bytes lo obtenido en los software no puede ser usado en una prueba real ya que se aleja mucho de los resultados deseados y a medida que aumenta el tamaño de este se acercan las medidas a lo teóricamente esperado.

4.3.2.2. *Throughput con Servicios*

Para la prueba con los tres servicios activos y debido a que se usó paquetes de 1518 bytes los resultados obtenidos estuvieron dentro de un rango comparable. Aquí al igual que en las pruebas de enlace el Instrumento dedicado muestra medidas bastante estables y precisas, de acuerdo a los resultados esperados.

Para el software de simulación se evidencia una inestabilidad leve en el servicio con velocidad baja, llegando a medir más de lo transmitido en algunos períodos, pero en el largo plazo cae dentro de lo aceptable. Sin embargo para el servicio con alta velocidad es muy estable y comparable con la medición del Instrumento, aunque impreciso respecto del resultado esperado.

Para el software de medición sucede todo lo contrario que con el de simulación, en el servicio de baja velocidad es muy estable y comparable al Instrumento, pero en el servicio con alta velocidad es muy inestable y sus resultados no son precisos. En ambos software para la velocidad intermedia se produce una transición en la inestabilidad.

4.3.3. Gráficas de Packet Loss

Se muestra en las figuras 4.3 y 4.4 los resultados obtenidos para la medición del parámetro Packet Loss.

PORCENTAJE DE PACKET LOSS EN ENLACE

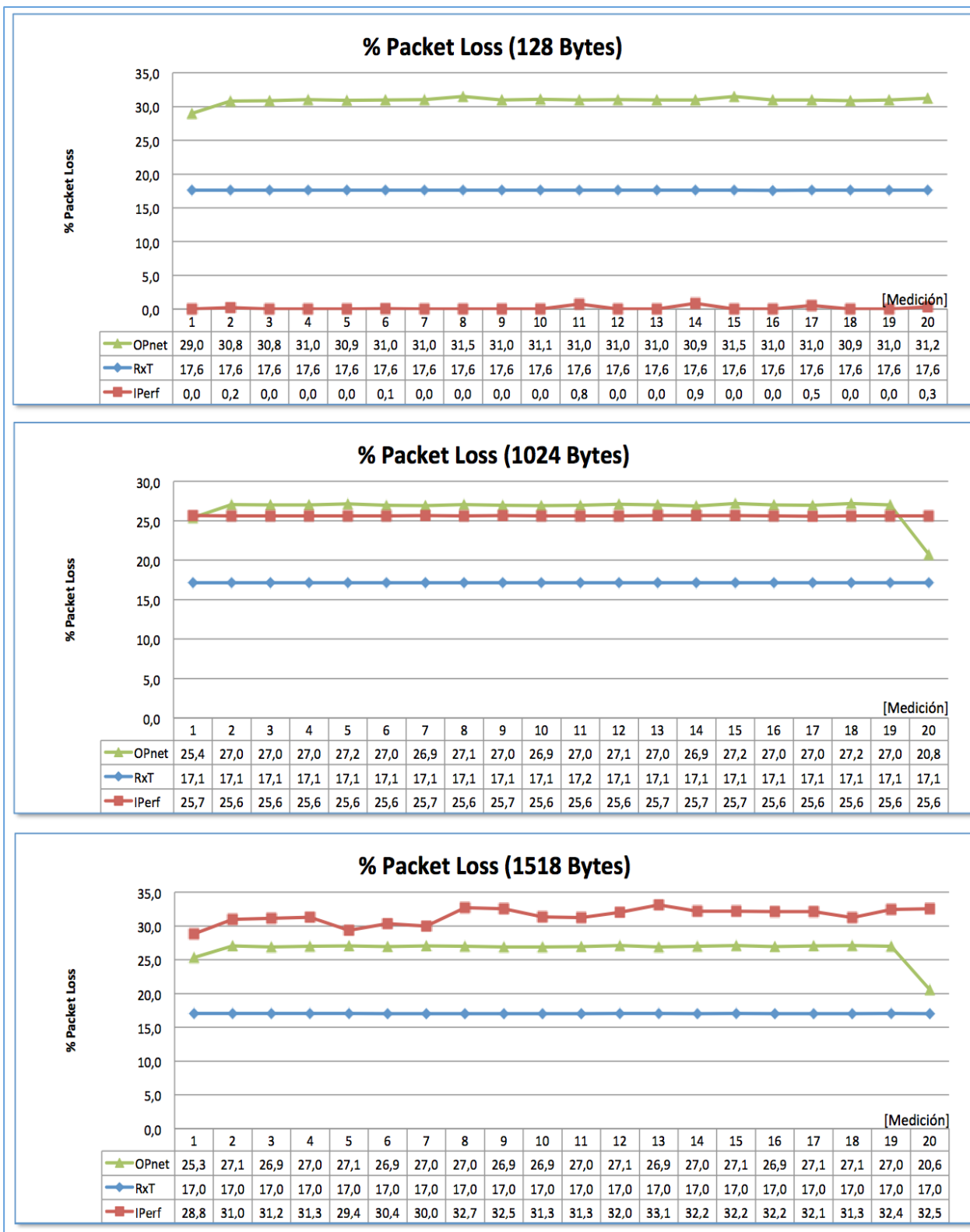


Figura 4.3: Resultados de Packet Loss en Enlace.

PORCENTAJE DE PACKET LOSS CON SERVICIOS – Y.1564

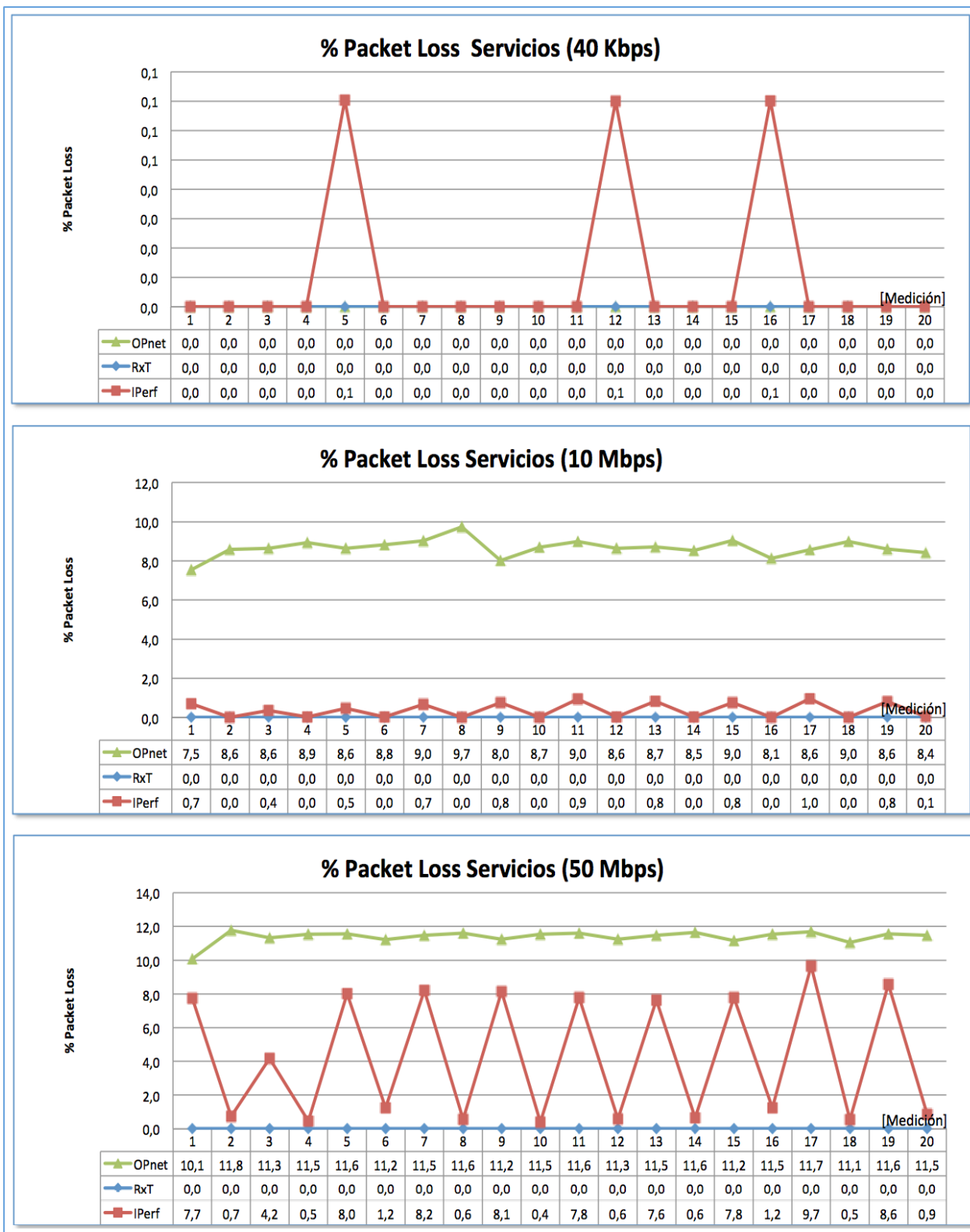


Figura 4.4: Resultados de Packet Loss con Servicios – Y-1564

4.3.4. Análisis de los Resultados para Packett Loss

4.3.4.1. *Packet Loss en Enlace*

Al igual que en la medida de Throughput el Instrumento permanece estable e independiente del tamaño de la paquetes, mientras que los software muestran grandes variaciones. Se ve claramente que al aumentar el tamaño los resultados se hacen más coherentes.

Para la medida con IPerf en paquetes de 128 Bytes en el Throughput se midió un ancho de banda recibido del orden de 35 Mbps. por lo que es lógico suponer una gran cantidad de paquetes perdidos, sin embargo aquí el parámetro de Packet Loss arroja un resultado bordeando el 0% de pérdida. Lo anterior nos indica una incongruencia en los resultados que permite concluir que IPerf no se puede usar con pequeños tamaños de paquetes.

4.3.4.2. *Packet Loss con Servicios*

En el porcentaje de Packet loss la situación es similar al Throughput y los resultado obtenidos son congruentes con esa medida, es decir, la pérdida de paquetes es coherente con el bandwidth recibido. Aquí también el Instrumento muestra una gran estabilidad y como la suma de los servicios está por debajo de la capacidad de tráfico por el enlace, incluso con la carga adicional de interferencia, no se produjo pérdida de paquetes.

En el caso del software de simulación no hubo inestabilidades y es adecuado al bandwidth recibido pero no es equivalente al resultado obtenido con el instrumento dedicado. En IPerf también se produjo una alta inestabilidad en el servicio con alta velocidad y los resultados no son comparables al Instrumento para este caso.

4.3.5. Gráficas de Delay Variation

Se muestra en las figura 4.5 los resultados obtenidos para la medición del parámetro Delay Variation.

DELAY VARIATION CON SERVICIOS – Y.1564

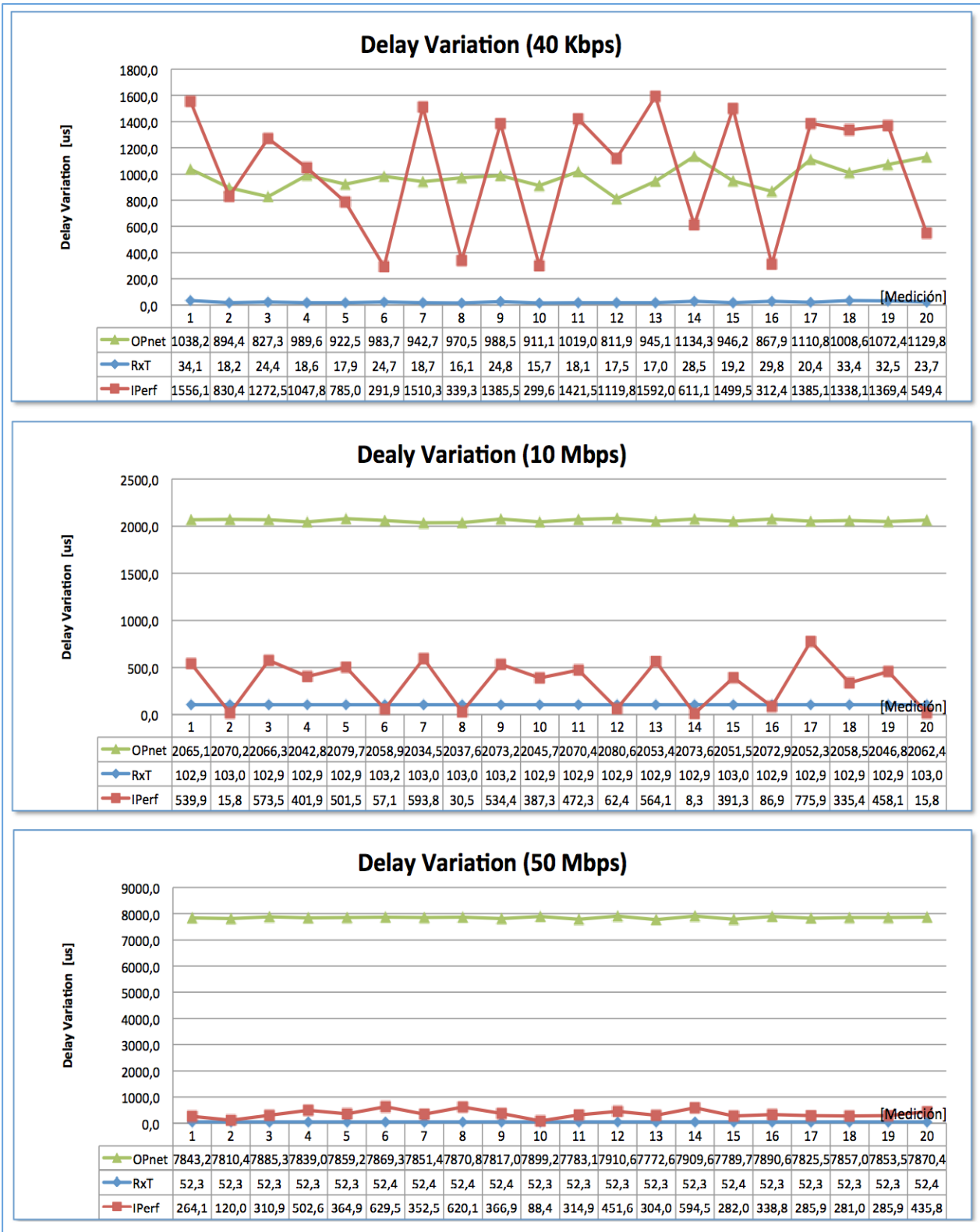


Figura 4.5: Resultados de Delay Variation con Servicios – Y.1564

4.3.6. Análisis de los Resultados para Delay Variation

En este parámetro, al igual que en los casos anteriores es muy estable en el Instrumento dedicado y dentro de los rangos aceptables para la complejidad y tamaño de la red considerada. Sin embargo en ambos software, en mayor grado en OPNet, los valores obtenidos son muy altos, por lo que claramente no es comparable con los resultados del Instrumento.

Para las mediciones de enlace con el Software de simulación se evidencia un valor muy grande de Delay Variation, del orden de decimas de segundo, por lo que se estima que no es una medida válida.

Capítulo 5: Conclusiones

5.1. Objetivos

Recordamos en este punto que nuestro objetivo general corresponde a la verificación de la equivalencia en el uso entre equipamiento dedicado y software, tanto de medición como de certificación. Además tenemos los siguientes objetivos específicos: Incorporación de las nuevas métricas de verificación de servicios; análisis de limitaciones de mediciones en ambientes Ethernet para la presente comparación; análisis de las restricciones de uso en mediciones con software open source respecto del empleo de equipamiento especializado y la generación de un laboratorio de pruebas de redes Ethernet, tanto para las medidas básicas como las nuevas métricas de servicio.

5.2. Resultados

5.2.1. Software de Simulación

El software de simulación utilizado es muy dependiente, incluso para redes simples, a la capacidad del computador en el que se use. Lo anterior se manifiesta al utilizar tamaños pequeños de paquetes.

Otra limitación es la dependencia de las librerías disponibles, sin las cuales no se puede reproducir la simulación de manera equivalente a lo deseado. Esta limitación puede ser compensada con la programación del elemento requerido o la compra de sets ya programados, lo cual requiere de tiempo, conocimiento o recursos que pueden no estar disponibles.

5.2.2. Software de Medición

El software de medición IPerf presenta al igual que el de simulación OPNet una sensibilidad a los tamaños de paquetes. Lo anterior se manifiesta con inconsistencias en las mediciones al usar paquetes pequeños.

Además IPerf no puede ser utilizado con facilidad para la medición con servicios debido a su incapacidad de iniciar simultáneamente varias sesiones. La única forma de

poder usar este Software con múltiples mediciones en paralelo requiere de un posterior y engorroso proceso de manipulación de datos.

5.2.3. Equipamiento Dedicado

El equipo dedicado muestra una gran estabilidad y coherencia en sus mediciones, independiente del tamaño de paquete que se esté usando. Los resultados obtenidos son los esperados acorde a las cantidades de tráfico en prueba.

Al comparar con los software considerados sólo el Instrumento Dedicado tiene la facultad de medir errores dentro del patrón insertado en el paquete, lo cual es un parámetro importante para la evaluación del desempeño de una red Ethernet. Esta conclusión podría variar con el uso de otras opciones de Software.

5.2.4. Conclusiones Generales

Como conclusión general se establece que no existe equivalencia con un grado de confianza aceptable en el uso en redes Ethernet de: Instrumentos dedicados para medición; Software Open Source para medición y Software de simulación.

Para tamaños de paquete pequeños los software, tanto de simulación como de medición, se presentan problemas debido a la gran cantidad que se envían para alcanzar la tasa de tráfico requerida. Esto debido a las limitaciones computacionales usadas en el presentes trabajo.

El Instrumento demuestra ser estable y confiable en sus mediciones pero tiene un alto costo mientras que el software de medición demuestra falencias en la precisión de sus resultados pero es gratuito. Para el software de simulación no es posible emitir una buena conclusión debido a la limitación de recursos computacionales con los que se trabajó.

Se aprecia que en la medición de enlace el uso de la RFC2544 es adecuada y que pueden ser utilizados los software de medición y simulación para la medida de throughput y sólo para paquetes grandes. Sin embargo para el transporte de múltiples servicios se aconseja sólo el uso de instrumentos especializados. Se deduce y confirma que se debe usar cada normativa en forma adecuada, RFC2544 para enlaces dedicados e Y.1564 para varios servicios dentro de un enlace.

5.3. Consideraciones de Laboratorio

Para el laboratorio la configuración basada en conversores Óptico-Eléctricos constituye la mejor opción para laboratorios pequeños, esto debido a la facilidad de implementación y de control de la atenuación en el enlace.

Cabe mencionar un punto muy destacable de los Software Open Source es su disponibilidad. Para los instrumentos en caso de fallas normalmente se requiere de intervención de las fábricas en el extranjero, lo que significa importantes pérdidas de tiempo, sin embargo con los software opensource esta situación no sucede pues basta usar un computador, descargar el software y comenzar a medir.

5.4. Futuros Trabajos

Como continuación del presente trabajo se proponen los siguientes desarrollos o investigaciones:

- i. Búsqueda de un software de medición open source y condiciones en las cuales los resultados sean equivalentes al uso de Instrumentos Dedicados. Permitiendo el uso con confianza de cualquiera de las dos opciones.
- ii. Búsqueda de un software de simulación y condiciones en las que deba aplicarse para que sus resultados sean equivalentes en una condición real al uso de Instrumentos Dedicados.
- iii. Desarrollo de una aplicación que permita con un software open source la medición de varias sesiones de tráfico de datos en forma simultánea, que comiencen en forma sincrónica. Lo anterior con el objeto de emular de mejor manera la norma Y.1564.
- iv. Evaluación comparativa de resultados con otros protocolos o normas tales como: IPv6, MPLS y VLAN.
- v. Evaluación de las mediciones en ambientes reales con servicios en redes operativas y con múltiples elementos de red. Con distancias y topologías reales.

Capítulo 6: Referencias y Acrónimos

6.1. Bibliografía

[1] Wikipedia OSI. (06 de Junio de 2012). *Modelo OSI*. Retrieved 10 de Junio de 2012 from Wikipedia: http://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_OSI

[2] Wikipedia TCP/IP. (27 de Mayo de 2012). *Modelo TCP/IP*. Retrieved 10 de Junio de 2012 from Wikidedia: http://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_TCP/IP

[3] Wikipedia Redes Sobrepuestas. (29 de Mayo de 2012). *Redes Sobrepuestas*. Retrieved 10 de Junio de 2012 from Wikipedia: http://es.wikipedia.org/wiki/Red_superpuesta

[4] RADCOM LTD. (09/2000). *A World of Protocols*. Tel Aviv: RADCOM.

[5] Wikipedia Ethernet. (6 de Junio de 2012). *Ethernet*. Retrieved 10 de Junio de 2012 from Wikipedia: <http://es.wikipedia.org/wiki/Ethernet>

[6] Wikipedia 802.2. (01 de 06 de 2012). *Wikipedia*. Retrieved 15 de 06 de 2012 from 802.2: http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.2

[7] Wikipedia 802.1q. (23 de 05 de 2012). *Wikipedia*. Retrieved 15 de 06 de 2012 from 802.1q: <http://es.wikipedia.org/wiki/802.1Q>

[8] Wikipedia 802.1p. (20 de 02 de 2012). *Wikipedia*. Retrieved 15 de 06 de 2012 from 802.1p: http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.1p

[9] Wikipedia 802.17. (26 de 07 de 2011). *Wikipedia*. Retrieved 15 de 06 de 2012 from 802.17: http://en.wikipedia.org/wiki/Resilient_Packet_Ring

[10] Wikipedia 802.11. (31 de 05 de 2012). *Wikipedia*. Retrieved 15 de 06 de 2012 from 802.11: <http://es.wikipedia.org/wiki/802.11>

[11] Information Science Institute (RFC-791). (09/1981). *RFC-791: Internet Protocol*. Marina del Rey: University of Southern California.

[12] Institute Information Science (RFC-793). (09/1981). *RFC-793: Transmission Control Protocol*. Marina del Rey: Universidad of Southern California.

- [13] J. Postel (RFC-768). (08/1980). *RFC-768: User Datagram Protocol*. ISI.
- [14] J. Postel (RFC-792). (09/1981). RFC-792: Internet Control Message Protocol. ISI.
- [15] S.Bradne, J.McQuaid. (03/1999). Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices. IETF.
- [16] ITU-T. (03/2011). Ethernet service activation test methodology. ITU-T.
- [17] Diallio, T. (03/2011). EtherSAM: THE NEW STANDARD IN ETHERNET SERVICE TESTING. Quebec City: EXFO Inc.
- [18] Marshall, P. (02/2011). *Y.1564 Ethernet Service Activation Testing Methodology*. San Jose: Sunrise Telecom.
- [19] Iperf. (n.d.). *Iperf*. Retrieved 12 de 2011 from www.iperf.fr
- [20] OPNet Technologies, INC. (2012). *OPNet ITguru Academic Edition*. Retrieved 01 de 04 de 2012 from http://www.opnet.com/university_program/itguru_academic_edition/
- [21] Sunrise Telecom. (12/2011). *RxT 10G User Manual*. San Jose: Sunrise Telecom.
- [22] Sunrise Telecom INC. (06/2010). *XTT 5000 User Manual 8 28*. San Jose: Sunrise Telecom INC.
- [23] Sunrise Telecom INC. (06/2009). *GigE Responder User Manual*. San Jose: Sunrise Telecom INC.

6.2. Acrónimos

ARP	:	Address Resolution Protocol
CBS	:	Committed Burst Size
CF	:	Coupling Flag
CFI	:	Canonical Format Indicator
CIR	:	Committed Information Rate
CM	:	Color Mode
CoS	:	Class of Service
CRC	:	Cyclic Redundancy Check
CWDM	:	Conventional Wavelength Division Multiplexing
DHCP	:	Dynamic Host Configuration Protocol
DWDM	:	Dense Wavelength Division Multiplexing
EBS	:	Excess Burst Size
EIR	:	Excess Information Rate
EoS	:	Ethernet over SDH
EVC	:	Ethernet Virtual Connection
FCS	:	Frame Check Sequence
FTP	:	File Transfer Protocol
Gbps	:	Giga bits por segundo
GFP	:	Generic Framing Procedure
GUI	:	Graphic User Interface
ICMP	:	Internet Control Message Protocol
IEEE	:	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IETF	:	Internet Engineering Task Force
IHL	:	Internet Header Length
IP	:	Internet Protocol
IPG	:	Inter Package Gap
IPTV	:	Internet Protocol TeleVision
IPv4	:	Internet Protocol version 4
ISP	:	Internet Service Provider
ITU-T	:	International Telecommunications Unit Standardization Sector
KPI	:	Key Performance Indicator
LAN	:	Local Area Network
LCAS	:	Link Capacity Adjustment Scheme
LLC	:	Logical Link Control
MAC	:	Media Access Control
MAN	:	Metropolitan Area Network
Mbps	:	Mega bits por segundo
MPLS	:	Multi Protocol Label Switching
NGN	:	Next Generation Networking
OAM	:	Operation And Maintenance
OSI	:	Open System Interconnection
RPR	:	Resilient Packet Ring
SAN	:	Storage Area Network
SDH	:	Synchronous Digital Hierarchy
SFD	:	Start of Frame Delimiter

SLA	:	Service Level Agreement
SNAP	:	Sub Network Access Protocol
SONET	:	Synchronous Optical Networking
TCI	:	Tag Control Information
TCP/IP	:	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
TFTP	:	Trivial File Transfer Protocol
TPID	:	Tag Protocol Identifier
UDP	:	User Datagram Protocol
UNI	:	User Network Interface
VID	:	Vlan Identifier
VLAN	:	Virtual Local Area Network
VOD	:	Video On Demand
VoIP	:	Voice over Internet Protocol
WAN	:	Wide Area Network

Capítulo 7: Anexos

7.1. Especificaciones Plataforma RxT-5122



Business and Carrier Ethernet Service Test Set

The RxT 10GE delivers the industry's most compact and powerful 10 Gigabit Ethernet multifunction test set for the installation and maintenance of carrier-grade Ethernet and Internet Protocol (IP) services. The RxT 10GE performs simultaneous and independent tests at full line rate over its three test ports for 10/100M, Gigabit and 10 Gigabit Ethernet. The packet-technology-specific user interface optimizes testing time and minimizes test configuration and training time.

Key Features

- One XFP port for full line rate Ethernet traffic generation, or smart loopback at up to 10 Gigabits, LAN (10.3125 Gbps) or WAN (9.953 Gbps)
- Two 100/1000BASE-X SFP ports, and two 10/100/1000BASE-T RJ45 ports
- Multi-port and multi-rate capability for network element pre-qualification testing
- IntellisAM™ Service Activation Methodology
- RFC 2544 Throughput, Latency, Frame Loss, and Back-to-back tests
- BER testing at Layer 1, Layer 2, Layer 3 (IP) and Layer 4 (TCP/UDP)
- IP verification with Ping, Trace Route, HTTP, and FTP Throughput across a routed network
- Class of Service (CoS) via VLAN P-bit and IP Type of Service (TOS)/DSCP traffic prioritization settings
- Bidirectional monitoring of live Ethernet networks
- Control/Respond Loopback feature loops-up/down any far end Sunrise Telecom Ethernet test set
- Measurements presented intuitively, including test graphics
- Color, high resolution touch-screen is easy to use in all lighting conditions
- Meets demanding environments and test conditions in a robust, handheld chassis
- Designed for field engineers who install and maintain next-generation Ethernet services
- Directly linked to back office applications, workforce management, via Ethernet
- realACCESS™ allows seamless remote access from any computing device using a web browser

- Performs three independent tests in parallel
- User-defined thresholds and test profiles make for fast efficient and consistent turn-up of services
- Stores test results and transfers files locally or remotely
- No PC required to maintain instrument software, manage test configurations, process measurement results, or generate customer test reports
- Field replaceable high-capacity Li-Ion battery pack extends testing time

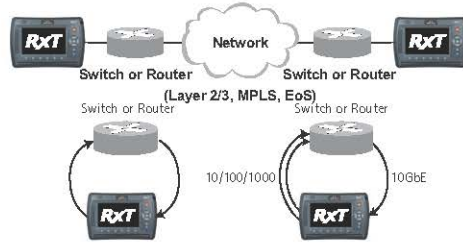
Benefits

- Complete solution for Installation & Maintenance (I&M) of Ethernet and IP services
- Simplifies testing of Complex QoS settings for verifying Metro Ethernet services and Service Level Agreement (SLA)
- Tests and troubleshoots via remote control using web browser
- Standardized and customizable RFC 2544 benchmarking
- Test profile storing and loading for one button testing
- Fully integrated graphical report generation
- Completely interoperable with entire Sunrise Telecom Ethernet test family for multi-service deployments
- Tests Higher Layer Protocols and applications with Packet Capture

Test modes and applications

Turn Up Test

The most common method of turning up and qualifying Ethernet services is to perform a throughput test using packets that are fully configurable in such a way to allow maximum realism and detailed measurement of network performance. The RxT 10GE generates test traffic at a specified bandwidth to the far end, where the frames are either looped or analyzed by another test set. By measuring Loss Rate, Delay, Delay Variation, and Errors Rate, compliance to a level of service can be confirmed. Stressing the network is achieved by generating traffic with multiple streams with different parameters, such as varying the frame length, sending constant or bursty traffic, and by intentionally introducing errors and stressing the network or link.



Service Activation Test

ITU-T Y.1564 - IntelliSAM™

ITU-T Y.1564 is the official Ethernet Service Activation Test Methodology, designed to verify the correct configuration and performance of business and carrier Ethernet services at the time of service activation. RxT 10GE's IntelliSAM™ Service Activation Test offers bandwidth profile testing with CIR, CBS, EIR, EBS, CM, and Traffic Policing testing capabilities.

RFC 2544

Originally designed for device benchmarking, RFC 2544 has been a de-facto methodology for testing Ethernet service. To optimize the speed and efficiency of these tests, the RxT 10GE allows users to modify the test parameters from their standard values. Test results are shown in both tabular and graphical form, following RFC 2544 specifications.

Transport and Application Layer Tests

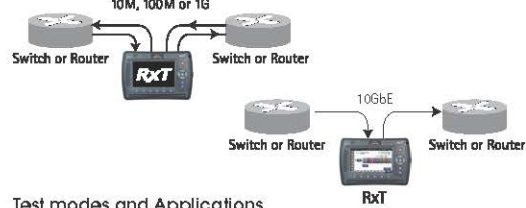
The complexity of a routed IP network can make traditional throughput testing cumbersome and time consuming. Ping and trace route verify Layer 3 connectivity without the detailed stream generation found in BER testing. HTTP and FTP upload and download tests server response time as well as network health. IP tests have an advantage in that they work on any routed networks, and do not require a second test set. Unlike similar functions available on a PC, the RxT 10GE can perform this test directly into an optical Gigabit or 10 Gigabit Ethernet interface.

Loopback

Loopback mode allows the Ethernet port to send incoming Ethernet frames back to the sender for end-to-end testing. Performing loopback tests is a common means of verifying the roundtrip delay of the network. The Ethernet loopback functions have been designed to emulate those used in traditional T-carrier networks. Manual mode immediately sets the port into loopback, whereas Responder mode allows the near end unit to send loop up and loop down commands.

Monitor

Bidirectional network monitoring



Test modes and Applications

Troubleshoot Tough to Find Problems

To find problems consistently in the ever changing world of Ethernet and IP, you must have visibility into all messages and layers of the stack and in order to make sense of all of it, advanced filter and capture capabilities are required. The RxT 10GE can capture the data on any port, during any test or monitor session and analyze it locally or export in industry standard pcap file format for analysis on a PC using industry leading decode engines.

Specifications

Test Interfaces

XFP port: 10 Gigabit Ethernet (10GBASE-R/W, LAN/WAN)
 2 SFP ports: Gigabit and 100M Ethernet (100BASE-X, 1000BASE-X)
 2 RJ-45: Ethernet (10/100/1000BASE-T) Automatically detects and adapts to straight or cross-over cables

10 Gigabit Ethernet

XFP: 10-Gigabit small form-factor pluggable
 Connector: LC

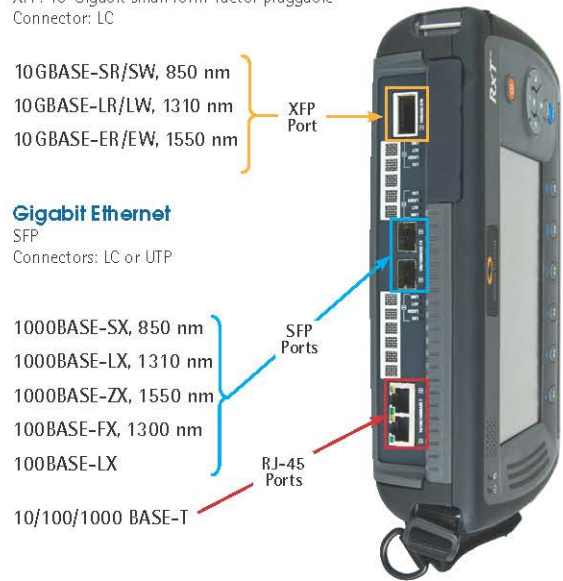
10GBASE-SR/SW, 850 nm
 10GBASE-LR/LW, 1310 nm
 10GBASE-ER/EW, 1550 nm

Gigabit Ethernet

SFP
 Connectors: LC or UTP

1000BASE-SX, 850 nm
 1000BASE-LX, 1310 nm
 1000BASE-ZX, 1550 nm
 100BASE-FX, 1300 nm
 100BASE-LX

10/100/1000 BASE-T



Auto-negotiation

Results displayed showing link partner status, local & remote pause settings
Auto-negotiation: Enable/Disable
Pause: Enable/Disable, Independent Tx/Rx Pause
10/100M Advertisement: 10M or 100M, Half or Full-Duplex
1000M Advertisement: 1000M, Full-Duplex

Hardware LEDs

10 GigE: Link, Activity, Laser On, LOS
SFPs: Link, Activity, Laser On, LOS
Copper/UTP: Link, Activity

Software LEDs

Link, Activity, Error, Pattern, Bit, Remote Fault, Local Fault

BER/Throughput Test

Test Layer

Layer 1 Unframed
Layer 2 PRBS + FCS
Layer 2 MAC
 User-defined EtherType/Length field
 Optional LLC and SNAP Header
Layer 3 MAC + IP
 User-defined IP Header
 TOS, ID, Fragmentation, TTL, Protocol
Layer 4 MAC + IP + TCP/UDP
 User-defined TCP Ports and Header
 User-defined UDP Ports

VLAN

VLAN ID: 0 to 4095
Priority: 0 to 7
Stacked VLAN: Up to 3 VLAN tags

MPLS

Up to 3 MPLS tags
Unicast or Multicast

Frame Length

60 to 12,000 bytes

Test Patterns

PRBS

$2^{31}-1$, $2^{23}-1$, $2^{20}-1$, $2^{15}-1$
Pattern inversion

User Patterns

Pre-defined: 1111, 0000, 1010
User-defined: 32 bits, 1024 bits, 10 stored patterns per port

Traffic Generation

Traffic Shapes: Constant, Ramp, Burst
Bandwidth: 0.01% to 100.00%

Minimum IPG

10GigE: 9.6 ns
1GigE: 96.0 ns
100M: 0.96 μ s
10M: 9.6 μ s

Traffic Streams

16 per port

Measurement Summary

Gives date and time for all errors and conditions

Signal: Vendor, Wavelength, Rx Power

Signal measurements are dependent upon optical plug-in module, and may not be supported by modules not purchased through Sunrise Telecom.

Aggregate Defects

Data Errors: FCS/CRC, IP Checksum, TCP/UDP Checksum, Lost Frames, Out of Sequence, Duplicate
Loss of Signal Seconds: Aggregate, Current, Minimum, Maximum, Average
Loss of Sync Seconds: Aggregate, Current, Minimum, Maximum, Average

Tx/Rx Traffic Statistics

Total Frames, Total Bytes, Utilized Line Rate, Information Rate
Frame Rate and Utilized Line Rate: Current, Minimum, Maximum, Average
Frame Types: Unicast, Multicast, Broadcast, Test Traffic (Rx Only), Non Test Traffic (Rx Only), Keep Alive, Invalid, Total VLAN, Single-Tagged, Multi-Tagged, IPv4, Unicast IPv4, Multicast IPv4, Broadcast IPv4, TCP, UDP, Flow control
Frame Size Counters: Under 64, 64, 65-127, 128-255, 256-511, 512-1023, 1024-1518, Over 1518

Tx/Rx Per Stream Defects

Data Errors: FCS/CRC, IP Checksum, TCP/UDP Checksum, Lost Frames, Out of Sequence, Duplicate, Bit, Loss of Pattern seconds, No BERT traffic seconds

Service Disruption: Based on maximum packet interval measured during tests, Events, and Duration: Minimum, Maximum, Average

Per Stream Only Measurements

Latency: Minimum, Maximum, Average
Frame Gap: Minimum, Maximum, Average
Frame Delay Variation: Minimum, Maximum, Average

Error Injection

FCS/CRC, Bit, IP Checksum, TCP/UDP Checksum, Out of Sequence frame, Lost frame, Duplicate frame
Broadcast Error across all streams or send on selected stream only
Modes: Single, Burst, Rate

IntelliSAM – Ethernet Service Activation Test (RXT5000SW-SAM)

Business and Carrier Ethernet Services Activation tests are based on ITU-T Y.1564, the official Ethernet Service Activation Test Methodology for verifying the correct configuration and performance of business and carrier services at the time of service activation. The IntelliSAM Service Activation Test offers:

- Service Configuration and Service Performance Testing
 - Tests up to 16 services simultaneously
 - Tests CIR, EIR, CBS, EBS, CM bandwidth profile parameters, as described in MEF 10.2
 - Tests Traffic Policing
- Supports color-aware and non-color-aware service testing
- Tests according to the bursty nature of Ethernet traffic
- Measures
 - Availability per ITU-T Y.1563
 - Frame Delay on every frame
 - Frame Loss Ratio
 - Frame Delay Variation

Tests a bandwidth profile to Service Level Agreements (SLA)

* Refer to the IntelliSAM's Data Sheet for further details and availability

RFC 2544

Test Parameters

Throughput

Duration: 1 to 9999 seconds or 1k to 150,000,000k frames
Starting Rate: 0.01 to 100%
Resolution: 0.01%

Latency

Duration: 4 to 3600 seconds
Warm-up Period: 1 to 60 seconds
Repetitions: 1 to 50
Test Rate: Measured throughput rate or user-defined

Frame Loss Rate

Duration: 1 to 99999 seconds or 10k to 1,000k frames
Starting Rate: 0.01 to 100%
Step Size: 0.01 to 100%

Back-to-back Frames

Duration: 2 to 100 seconds
Repetitions: 1 to 100

Frame Configuration

Preset Frame Lengths: 64, 128, 256, 512, 1024, 1280, 1518, 4096, 12000
All frame lengths are user-configurable

Extended Features

The following features go beyond the RFC 2544 standards, improving the ease, speed, and interpretation of the tests.

Quick Latency

The Quick Latency test is an alternative to the time-consuming RFC 2544 standard. When enabled, the Quick Latency test measures the latency of the frames during the Throughput test and requires no additional testing time.

Thresholds

The thresholds for Throughput and Latency provide a pass/fail indication for service compliance so that the RFC 2544 test results can be interpreted quickly and easily.

Network Element Test

The tests are performed as a ramp test, incrementally stepping through rates, rather than finding optimum throughput rate. The user defines the step size and duration, as well as the starting and stopping rates. This is designed for burn-in testing, and avoids problems associated with testing at maximum throughput rates.

Estimated Test Time

The length of time the RFC 2544 test will take is estimated as the configuration is changed. Allows user to weigh the detail of the RFC test vs. the time it will take.

Advanced IP Test

Ping Test Configuration

Ping Rate: 1 to 10 pings per second
Number of Pings: 1 to 9999 or Continuous
Frame Length: 64 to 1518 bytes
TTL: 0 to 255
Timeout: 1 to 5 seconds
Ping Destination: IP Address or URL

Ping Results

Sent: Number of pings sent to the network
Received: Number of correct Echo Response packets received
Unreachable: Number of Echo Response packets w/unreached label receive
Lost: Number of Echo Response packets missing
Roundtrip: Measure of roundtrip delay, current, average, maximum, minimum

Ping Response

Automatically responds to incoming Echo requests; runs continuously in background while an IP connection is in place.

Trace Route Test Configuration

Maximum Hops: 1 to 30
Timeout: 1 to 5 seconds
Destination: IP Address or URL

HTTP/FTP Tests

HTTP web page download and FTP file download: Server response time, download size and duration, average, minimum, maximum, download rate
FTP file upload with user defined file size: Server response time, upload duration, average, minimum, maximum upload rate

Loopback

Loopback Layers

Layer 1 (with FCS/CRC): Frames are looped without any modification
Layer 2: Frames are looped with their MAC Source and Destination addresses swapped
Layer 3: Frames are looped with their MAC and IP Source and Destination addresses swapped

Loopback Modes

Manual: Fully compatible with all other Ethernet devices
Responder: Loops up or down based on commands received from any other Sunrise Telecom Ethernet Test Set
Loopback Commands: Loop Up, Loop Down

Monitoring

The RxT 10GE provides in-service monitoring of live traffic. All throughput measurements including signal status, Rx statistics, and defects (excluding bit errors) are available.

Monitoring ports

Copper and SFP: One bidirectional test, two unidirectional tests
10GigE: One unidirectional test

Results and Reports

Test reports can be saved in PDF or CSV format, for easy retrieval and sharing, and for ease of use in data analysis. Results can be downloaded or uploaded from realGATE™.

10GbE WAN Features (RxT-5000SW-10GW)

10GbE WAN-PHY encapsulates the Ethernet traffic into an SDH/SONET frame. 10G port can be configured to use SDH or SONET terminology.

Alarm Generation / Detection

SONET:
LOS, LOF, AIS-L, RDI-L, LOP-P, AIS-P, UNEQ-P, PLM-P, RDI-P
SDH:
LOS, LOF, MS-AIS, MS-RDI, AU-LOP, AU-AIS, HP-UNEQ, HP-PLM, HP-RDI

Error Detection and Rate Calculation

SONET:
B1, B2, REI-L, B3, REI-P
SDH:
B1, B2, MS-REI, B3, HP-REI

Packet Capture and Decoding (RXT5000SW-PCAP)

Wire-speed packet capture
Programmable capture filters for efficient problem isolation, diagnostics, and troubleshooting
Saves capture file in industry-standard libpcap file format
Remote users can save capture files to their local hard drives
Pre-installed free copy of Wireshark®¹ network protocol analyzer
Off-line deep protocol decoding, powerful filtering, and service troubleshooting
Direct launch from RxT 10GE Test Application's test records
No need to transfer files or use separate PC for analysis
Exports capture files to leading protocol analyzer formats, as well as TXT, CSV, XML, PostScript

¹ Wireshark and the "Tn" logo are registered trademarks of the Wireshark Foundation.

General Specifications

Module Size (W x H x D):
208 x 158 x 31 mm (8.2 x 6.2 x 1.2 inches)
Module Weight:
0.92 kg (2.0 lb)

Environmental

Operating Temperature:
0° to 40°C [32° to 104°F]
Storage Temperature:
-20° to 70°C [-4° to 158°F]
Humidity:
5% to 90% non-condensing

Order Information

RXT5022E	RxT 10GE Test Set – GigE Version RxT Platform with RxT 10GE Test Module for 10/100/1000BASE-T and 100/1000BASE-X Ethernet Testing. Offers dual 10/100/1000BASE-T (RJ45) electrical and dual 100/1000BASE-X (SFP) optical interfaces; up to 16 streams per test. Field upgradeable to 10GE.
RXT5100E	RxT 10GE Test Set – 10GE Version RxT Platform with RxT 10GE Test Module for 10GE Ethernet LAN Testing. Offers 10GBASE-X (XFP) optical interfaces; up to 16 streams per test. Field upgradeable to GigE.
RXT5122E	RxT 10GE Test Set – GigE and 10GE Version RxT Platform with RxT 10GE Test Module for 10/100/1000BASE-T, 100/1000BASE-X, and 10GE Ethernet LAN Testing. Offers dual 10/100/1000BASE-T (RJ45) electrical, dual 100/1000BASE-X (SFP) optical, and 10GBASE-X (XFP) optical interfaces; up to 16 streams per test.
RXT5000ER	RxT 10GE Ethernet Responder Set RxT Platform with RxT 10GE Responder Module for 10/100/1000BASE-T, 100/1000BASE-X, and 10GE Ethernet LAN Loop Responder. Offers dual 10/100/1000BASE-T (RJ45) electrical, dual 100/1000BASE-X (SFP) optical, and 10GBASE-X (XFP) optical interfaces; layer 1, 2, and 3 loopback capabilities. Field upgradeable to Ethernet testing capabilities.
RXT5000SW-1GE2	Dual GigE Ethernet Testing Adds dual 10/100/1000BASE-T and 100/1000BASE-X Ethernet testing capabilities to RXT5100E or RXT5000ER.
RXT5000SW-10GE	10G Ethernet LAN Testing Adds 10GBASE-X Ethernet testing capabilities to RXT5022E or RXT5000ER.
RXT5000SW-10GW	10G Ethernet WAN Testing Adds 10G Ethernet WAN testing capabilities to RXT5122E or RXT5100E.
RXT5000SW-IP	Advanced IP Test Provides IP Ping, Traceroute, FTP, and HTTP tests
RXT5000SW-PCAP	Packet Capture and Decoding
RXT5000SW-SAM	IntelliSAM – Y.1564 Service Activation Testing for Carrier Ethernet Services Enables Y.1564-based SLA verification testing for CIR, EIR, CBS, EBS in color-aware and non-color-aware modes on all enabled Ethernet interfaces (formerly known as Y.156sam)

7.2. Especificaciones XTT 5122

SUNRISE TELECOM®

XTT® 5000

Quad-Speed, Tri-Port, Dual-Media Ethernet Tester
Version 1.3

[Data Sheet](#)



Get a Grip on 10 M to 10 G Ethernet Testing

Now with Fibre Channel Testing!

The XTT 5000 delivers the industry's most compact and powerful 10 Gigabit Ethernet multifunction tester for the installation and maintenance of carrier-grade Ethernet and Internet Protocol (IP) services. The XTT 5000 performs simultaneous and independent tests at full line rate over its three test ports for 10/100M, Gigabit and 10 Gigabit Ethernet. Its advanced features include traffic generation at up to layer 4, including stacked VLAN (Q-in-Q) and MPLS. The packet-technology-specific user interface optimizes testing time and minimizes test configuration and training time.

KEY FEATURES

- One XFP port for Full line rate Ethernet traffic generation , or smart loopback at up to 10 Gigabits, LAN (10.3125 Gbps) or WAN (9.953 Gbps)
- Two 100/1000BASE-X SFP ports, and/or two 10/100/1000 BASE-T RJ45 ports
- Multi-port and multi-rate capability for network element pre-qualification testing
- RFC 2544 Throughput, latency, frame loss, and back-to-back tests
- BER testing at Layer 1, Layer 2, Layer 3 (IP) and Layer 4 (TCP/UDP) for Gigabit Ethernet
- IP verification with Ping, Trace Route, HTTP, FTP, and IP Throughput across a routed network
- Class of Service (CoS) via VLAN P-bit and IP Type of Service (TOS)/ DSCP traffic prioritization settings
- Dual Port 1G, 2G, 4G Fibre Channel Testing
- Bidirectional monitoring of live Ethernet networks
- Control/Respond Loopback feature loops-up/down any far end Sunrise Telecom Ethernet tester
- Measurements presented intuitively, including test graphics
- Color, high resolution touch-screen is easy to use in all lighting conditions
- Meets demanding environments and test conditions in a robust, handheld chassis
- Designed for field engineers who install and maintain next-generation Ethernet services

- Directly link to back office applications, workforce management, via Ethernet
- Control Remotely via web browser
- Perform three independent tests in parallel
- User-defined thresholds and test profiles make for fast efficient and consistent turn-up of services
- Stores test results and transfers files locally or remotely
- No PC required to maintain instrument software, manage test configurations, process measurement results, or generate customer test reports
- Field replaceable Li-Ion battery pack extends testing time

BENEFITS

- Complete solution for Installation & Maintenance (I&M) of Ethernet and IP services
- Simplifies testing of Complex QoS settings for verifying Metro Ethernet services and Service Level Agreement (SLA)
- Test, Mounting, and trouble shoot via remote control using web browser or CLI
- Standardized and customizable RFC 2544 benchmarking
- Test profile storing and loading for one button testing
- Fully integrated graphical report generation
- Completely interoperable with entire Sunrise Telecom Ethernet test family for multi-service deployments
- Test Higher Layer Protocols and applications with Packet Capture



www.sunrisetelecom.com

TEST MODES AND APPLICATIONS

Turn Up Test

The most common method of turning up and qualifying Ethernet services is to perform a throughput test using packets that are fully configurable in such a way to allow maximum realism and detailed measurement of network performance. The XTT 5000 generates test traffic at a specified bandwidth to the far end, where the frames are either looped or analyzed by another test module. By measuring Loss Rate Delay, Delay Variation, and Errors Rate, compliance to a level of service can be confirmed. Stressing the network is achieved by generating traffic with multiple streams with different parameters, such as varying the frame length, sending constant or bursty traffic, and by intentionally introducing errors into the system.



One Test does it all

RFC 2544 is a standardized methodology for benchmarking network devices and Ethernet service. To optimize the speed and efficiency of these tests, the XTT 5000 allows users to modify the test parameters from their standard values. Test results are shown in both tabular and graphical form, following RFC 2544 specifications.

Transport and Application Layer Tests

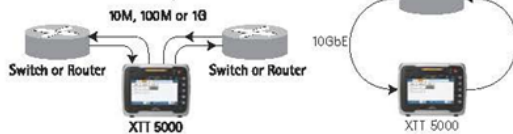
The complexity of a routed IP network can make traditional throughput testing cumbersome and time consuming. Ping and trace route verify Layer 3 connectivity without the detailed stream generation found in BER testing. HTTP and FTP upload and download tests server response time as well as network health. IP tests have an advantage in that they work on any routed networks, and do not require a second test set. Unlike similar functions available on a PC, the XTT 5000 can perform this test directly into an optical Gigabit or 10 Gigabit Ethernet interface.

Loopback

Loopback mode allows the Ethernet port to send incoming Ethernet frames back to the sender for end-to-end testing. Performing loopback tests is a common means of verifying the roundtrip delay of the network. The Ethernet loopback functions have been designed to emulate those used in traditional T-carrier networks. Manual mode immediately sets the port into loopback, whereas Responder mode allows the near end unit to send loop up and loop down commands.

Monitor

Bidirectional network probe



Test modes and applications

Troubleshoot Tough to find problems

To find problems consistently in the ever changing world of Ethernet and IP, you must have visibility into all messages and layers of the stack and in order to make sense of all of it, advanced filter and capture capabilities are required. The XTT 5000 can capture the data on any port, during any test or monitor session and export in industry standard pcap file format for analysis on a PC using industry leading decode engines.

SPECIFICATIONS

Test Interfaces

XFP port: 10 Gigabit Ethernet (10GBASE-R/W, LAN)
 2 SFP ports: Gigabit and 100 M Ethernet (100 BASE-X, 1000BASE-T/X)
 2 RJ-45: Ethernet (10/100/1000BASE-T) Automatically detects and adapts to straight or cross-over cables

10 Gigabit Ethernet

XFP: 10-Gigabit small form-factor pluggable
 Connector: LC

10GBASE-SR/SW, 850 nm

10GBASE-LR/LW, 1310 nm

10 GBASE-ER/EW, 1550 nm

Gigabit Ethernet

SFP
 Connectors: SC or UTP

1000BASE-T

1000BASE-SX, 850 nm

1000BASE-LX, 1310 nm

1000BASE-ZX, 1550 nm

100BASE-FX, 1300 nm

100BASE-LX

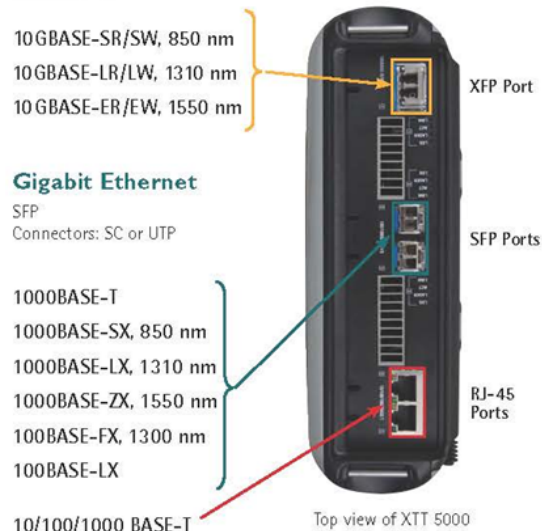
10/100/1000 BASE-T

Auto-negotiation

Results displayed showing link partner status, local & remote pause settings
 Auto-negotiation: Enable/Disable
 Pause: Enable/Disable, Independent Tx/Rx Pause
 10/100M Advertisement: 10M or 100M, Half- or Full-Duplex
 1000M Advertisement: 1000M, Full-Duplex

Hardware LEDs

10 GbE: Link, Activity, Laser On, LOS
 SFPs: Link, Activity, Laser On
 Copper/UTP: Link, Activity



Software LEDs

Link, Activity, Error, Pattern, Bit, Remote Fault, Local Fault

BER/Throughput Test

Test Layer

- Layer 1 Unframed (n/a 10/100M)
- Layer 2 PRBS + FCS
- Layer 2 MAC
 - User-defined EtherType/Length field
 - Optional LLC and SNAP Header
- Layer 3 MAC + IP
 - User-defined IP Header
 - TOS, ID, Fragmentation, TTL, Protocol
- Layer 4 MAC + IP + TCP/UDP
 - User-defined TCP Ports and Header
 - User-defined UDP Ports



VLAN

- VLAN ID: 0 to 4095
- Priority: 0 to 7
- Stacked VLAN: Up to 3 VLAN tags

MPLS

- Up to 3 MPLS tags
- Unicast or Multicast

Frame Length

- 60 to 12,000 bytes

Test Patterns

PRBS

- $2^{31}-1$, $2^{23}-1$, $2^{20}-1$, $2^{15}-1$
- Pattern inversion

User Patterns

- Pre-defined: 1111, 0000, 1010
- User-defined: 32-bits, 1024 bits, 10 stored patterns per port

Traffic Generation

- Traffic Shapes: Constant, Ramp, Burst
- Bandwidth: 0.01% to 100.00%

Minimum IPG

- 10GigE: 9.6 ns
- 1GigE: 96.0 ns
- 100M: 0.96 μ s
- 10M: 9.6 μ s

Traffic Streams

- 16 per port

BER/Throughput Measurements

Measurement Summary

Gives date and time for all errors and conditions, such as Link status Tx/Rx, Line Rate, Utilization

Signal: Vendor, Wavelength, Rx Power

- Signal measurements are dependent upon optical plug-in module, and may not be supported by modules not purchased through Sunrise Telecom.

Aggregate Defects

Data Errors: FCS/CRC, IP Checksum, TCP/UDP Checksum, Lost Frames, Out of Sequence, Duplicate

Loss of Signal Seconds: Aggregate, Current, Minimum, Maximum, Average

Loss of Sync Seconds: Average, Current, Minimum, Maximum, Average

Tx/Rx Traffic Statistics

Total Frames, Total Bytes, Line Rate, Data Rate

Frame Rate and Utilization: Current, Minimum, Maximum, Average

Frame Types: Unicast, Multicast, Broadcast, Test Traffic (Rx Only), Non

Test Traffic (Rx Only), Keep Alive, Invalid MAC, Total VLAN, Single-Tagged VLAN, Multi-Tagged VLAN, IPv4, Unicast IPv4, Multicast IPv4, Broadcast IPv4, TCP, UDP, Flow control

Frame Size Counters: Under 64, 64-127, 128-255, 256-511, 512-1023, 1024-1518, Over 1518

Tx/Rx Per Stream Defects

Data Errors: FCS/CRC, Bit, IP Checksum, TCP/UDP Checksum, Lost Frames, Out of Sequence, Duplicate, Bit, Loss of Pattern seconds

Service Disruption: Based on maximum packet interval measured during tests

Latency: Minimum, Maximum, Average

Frame Gap: Minimum, Maximum, Average

Error Injection

FCS/CRC, Bit, IP Checksum, TCP/UDP Checksum, Out of Sequence, Lost frame, Duplicate packet

Broadcast Error across all streams or send on selected stream only

Modes: Single, Burst, Rate

RFC 2544

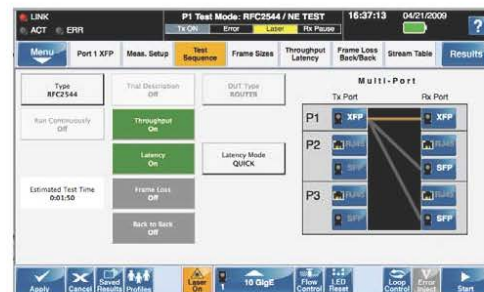
Test Parameters

Throughput

Duration: 1 to 60 seconds or 10k to 1,000k frames

Starting Rate: 0.01 to 100%

Resolution: 0.01%



RFC 2544 continued

Latency

Duration: 4 to 3600 seconds
Warm-up Period: 4 to 3600 seconds
Repetitions: 1 to 50
Test Rate: Measured throughput rate or user-defined

Frame Loss Rate

Duration: 1 to 99999 seconds or 10k to 1,000k frames
Starting Rate: 0.01 to 100%
Step Size: 0.01 to 100%

Back-to-back Frames

Duration: 2 to 100 seconds
Repetitions: 1 to 100
Resolution: 1 to 65535 Frames or 0.01 to 10%

Frame Configuration

Preset Frame Lengths: 64, 128, 256, 512, 1024, 1280, 1518, 4096, 12000
All frame lengths are user-configurable

Extended Features

The following features go beyond the RFC 2544 standards, improving the ease, speed, and interpretation of the tests.

Paired Port Testing

The transmit and receive ports can be configured independently, allowing RFC 2544 testing between two ports even if they are at different interface rates.

Quick Latency

The Quick Latency test is an alternative to the time-consuming RFC 2544 standard. When enabled, the Quick Latency test measures the latency of the frames during the Throughput test and requires no additional testing time.

Thresholds

The thresholds for Throughput and Latency provide a pass/fail indication for service compliance so that the RFC 2544 test results can be quickly and easily interpreted.

Network Element Test

The tests are performed as a ramp test, incrementally stepping through rates, rather than finding optimum throughput rate. The user defines the step size and duration, as well as the starting & stopping rates. This is designed for burn-in testing, and avoids problems associated with testing at maximum throughput rates.

Estimate Test Time

The length of time the RFC 2544 test will take is estimated as the configuration is changed. Allows user to weigh the detail of the RFC test vs. the time it will take.

Advanced IP Test

Ping Test Configuration

Ping Rate: 1 to 20 pings per second
Number of Pings: 1 to 9999 or Continuous
Frame Length: 64 to 1518 bytes
TTL: 1 to 255
Timeout: 1 to 5 seconds
Ping Destination: IP Address or URL

Ping Results

Sent: Number of pings sent to the network
Received: Number of correct Echo Response packets received
Unreached: Number of Echo Response packets w/unreached label receive
Lost: Number of Echo Response packets missing
Time Exceeded: Number of pings that timed out per user configuration
Roundtrip: Measure of roundtrip delay, current, average, max., m

Ping Response

Automatically responds to incoming Echo requests; runs continuously in background while an IP connection is in place.

Trace Route Test Configuration

TTL: 1 to 255
Timeout: 1 to 5 seconds
Ping Destination: IP Address or URL

HTTP/FTP Tests

HTTP web page download and FTP file download: Server response time, download size and duration, average download rate
FTP file upload with user defined file size: Server response time, upload duration, average upload rate

Loopback

Loopback Layers

Layer 1 (with FCS/CRC): Frames are looped without any modification
Layer 2: Frames are looped with their MAC Source and Destination addresses swapped
Layer 3: Frames are looped with their MAC and IP Source and Destination addresses swapped

Loopback Modes

Manual: Fully compatible with all other Ethernet devices
Responder: Loops up or down based on commands received from any other Sunrise Telecom Ethernet Tester
Loopback Commands: Loop Up, Loop Down

Monitoring

The XIT 5000 provides in-service monitoring of live traffic. All throughput measurements including signal status, Rx statistics, and defects (excluding bit errors) are available.

Monitoring ports

Copper and SFP: Up to 2 bi-directional links
10GigE: 1 unidirectional link per port

10GbE WAN Features (XTT-WAN)

10GbE WAN-PHY encapsulates the Ethernet traffic into an OC-192c/STM-64c frame. XTT-5000 10GE port can be configured to use SONET or SDH terminology.

Alarm Generation / Detection

SONET: LOS, LOF, AIS-L, RDI-L, LOP-P, AIS-P, UNEQ-P, PLM-P, RDI-P
SDH: LOS, LOF, MS-AIS, MS-RDI, AU-LOP, AU-AIS, HP-UNEQ, HP-PLM, HP-RDI

Error Detection and Rate Calculation

SONET: B1, B2, REI-L, B3, REI-P
SDH: B1, B2, MS-REI, B3, HP-REI

1/2/4G Fibre Channel testing

Dual Port Fibre Channel (1.0625, 2.125 and 4.25 Gbps) up to full line rate traffic generation
BER Testing at FC-2 for Fibre Channel Services
Round trip delay measurements
Fibre Channel buffer-to-buffer credit management
Fibre Channel Fabric login and N_Port login for connecting and testing through a Fibre Channel switch fabric

Operation Modes:

BER Test; Throughput Test; Loopback Mode

BER Testing Fibre Channel

Traffic Generation

FC-2 testing
End-to-end testing with two ports or two test sets
Single-ended testing with loop on the other end
Configurable FC-2 header
FC-2 Fabric Login and N_Port Login
Frame length: 28 to 2140 bytes
Frame rate: from 1% to 100% bandwidth
Buffer-to-Buffer credits: 1 to 65535 (with Link Initialization enabled)
Traffic shaping: Constant, Ramp or Burst

Test Patterns:

All 1s, all 0s, Alt1010, 2e31, 2e23, 2e20, 2e15 and user defined (32 bits)

Error injection:

BIT and CRC single errors injection, 8B/10B symbol errors. SOF, EOF and No R_RDY injection when link Initialization is enabled at FC-2 testing.
Test duration

Storage Capacity

FEATURES	STORAGE CAPACITY	RECORDS (MIN)	RECORDS (MAX)
	(MB)	(num)	(num)
Setup/Profile	3	10	10
Test Reports	3	10	10
Test Results	60	6	200
Capture Data	30	25	25

General Specifications

Size: (W x H x D): 9.3" x 7.0" x 2.3" (236 x 177 x 58 mm)

Weight: 5.6 lbs (2.5 Kg)

Battery Life: 2 Hours while testing on one 10 GigE and two 1 GigE ports

Operating Temperature: 0° to 50°C

Storage Temperature: -20°C to 70°C

Operating Humidity: 5% to 90% Non-condensing

SD card slot

10/100 Ethernet management port

USB 2.0 Host

ORDER INFORMATION

Base Mode

XTT-5022 Handheld Quad-Speed,Tri-Port,Dual Media Ethernet tester:
XTT 5000 configured with one 10GigE port, two 100/1000M SFP ports, and two 10/100/1000 ports

XTT-5100 Handheld Single Port 10GigE Tester:
XTT-5000 Configured with XFP Port enabled, SFP and RJ45 prts can be enabled at any time with XTT-3PORT S/W Option

XTT-5122 XTT 5000 Dual Port GigE Tester, Dual Media 1 Gig & below

XTT-5100LR 10GbE Loopback Responder only

Options:

XTT-10GE Enable 10G XFP port on XTT-5022 base model

XTT-3PORT Option to Enable Dual Media 1GbE and below

XTT-WAN Add WAN capability to 10GbE Interface

XTT-REMOTE Remote Management Option


XTT-TCOP TimeCop

XTT-PCAP Packet Capture

XTT-ADVIP Option to add Advanced IP Testing Capabilities

XTT-4GFC Dual Port 1G/2G/4G Fibre Channel

7.3. Especificaciones Responder Sunlite GigE



The low-cost GigE Responder provides Ethernet loopback and ping functions in a handheld, battery powered chassis.

SUNRISE TELECOM®
GigE Responder®
GIGR

Data Sheet

With a standard, full-featured test set on one end of a circuit and the GigE Responder on the other, a technician can verify throughput, bit error rate, roundtrip delay, packet jitter (delay variation), and quality of service. The GigE Responder is compatible with RFC 2544 testing and is also well suited for Ethernet over SONET/SDH (EOS) testing. The ping function verifies Layer 3 connectivity for Internet access, Voice over IP (VoIP), IPTV, and other IP services.

KEY FEATURES

- 10/100/1000BASE-T, RJ-45 Port
- 1000BASE-X, SFP Port
- Loopback for Layer 1, 2, and 3
- IP Ping, Traceroute for Layer 3 connectivity test

BENEFITS

- Low-Cost
- Lightweight
- Battery or AC Powered
- Simple operation with Pass/Fail indication
- Responds to loopback commands from MTT and STT test modules
- Manual Loopback, Ping and Traceroute compatible with all Ethernet test products

APPLICATIONS

Loopback

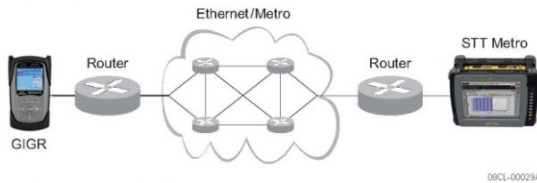
SSMTT-29 or other optional Test Modules



Loopback mode allows the specified Ethernet port to send incoming Ethernet frames back to the sender for end-to-end testing. Performing loopback tests is a common means of verifying the roundtrip delay of the network. The Ethernet loopback functions have been designed to emulate those used in traditional T-carrier networks. Manual mode immediately sets the port into loopback, whereas Responder mode allows the far end unit to send loop up and loop down commands.

Ping Test

The complexity of a routed IP network can make traditional throughput testing cumbersome and time consuming. The GigE Responder offers a simple ping test to verify Layer 3 connectivity. Ping testing also has the advantage that it works with any router or device that responds to ICMP Echo request packets and does not require a second test set.



SPECIFICATIONS

CONNECTIVITY

10/100/1000BASE-T

RJ-45 UTP: Automatic detection of straight/cross-over cable
Auto-Negotiation: Enable or Disable, Pause, Asymmetric Pause, Half- or Full-Duplex, results displayed

1000BASE-X

SFP: Small Form-factor Pluggable, LC Connectors
Auto-Negotiation: Enable or Disable, Pause, Asymmetric Pause, results displayed

VLAN

VLAN ID
Priority

IP

Static or DHCP

Static values:

- Static IP
- Gateway
- Subnet Mask
- DNS Server

Loopback

Operational Modes

Manual

- Compatible with all MTT and STT Ethernet testers

Respond

- Loops in response to Loopback command sent from remote unit
- Compatible with MTT-28 and -29 modules and STT Ethernet and Metro modules

Test Layers

Layer 1

- No swapping of addresses

Layer 2/3

- Swaps MAC and IP source and destination addresses
- Auto-detects presence of IP packet header

Loopback Behavior

Layer 1

- Loops back all frames

Layer 2/3

Loops back all Unicast MAC frames

Discards Layer 2 and 3 frames with:

- CRC error
- Multicast or Broadcast MAC addresses
- Identical Source and Destination MAC addresses

Ping Test

Ping Test

Sends Echo (ping) requests
Statistics on Ping messages

Trace Route

Trace the IP route over IP Network
Gateway, Router IP address traceability

PRODUCT DESCRIPTION

Size (W x L x H): 3.6 x 6.3 x 1.6 in (90 x 160 x 40 mm)

Weight: 1.10 lb (0.50 kg)

Color TFT-LCD screen: 320 x 240

Operating temperature: 32° to 104°F (0° to 40°C)

Storage temperature: -4° to 158°F (-20° to 70°C)

Humidity: 10% to 85% non-condensing

Link/Activity, Signal/Error, Pat. Sync, Power/Battery, LEDs

Li-Ion rechargeable batteries

Retractable stand

Water projection proof

Other connectors

- DC power jack for charger
- USB Host connector for file transfer. RJ-45 ports can be used for field software upgrade, file management and transfer.

ORDERING INFORMATION

GIGR	GigE Responder
SA580-850	850 nm LC SFP Field Interchangeable Optical Transceiver
SA580-1310	1310 nm LC SFP Field Interchangeable Optical Transceiver
SA580-1550	1550 nm LC SFP Field Interchangeable Optical Transceiver
SA580-RJ	1000Base-T SFP Transceiver

Additional Accessories:

SA148	SFP Optics Container
SA265	Cable, 100 Ohm, CAT 5, RJ45 (M) to RJ45 (M), Cross-over, 6'
SA266	Cable, 100 Ohm, CAT 5, RJ45 (M) to RJ45 (M), 6'
SA561	Optical Patch Cord, LC-SC duplex, MMF, 62.5/125 um, 6'
SA562	Optical Patch Cord, SMF, LC-SC duplex, 6'
SA671	Carrying Case

For more information or a directory of sales offices: info@sunrisetelecom.com | www.sunrisetelecom.com

© 2008 Sunrise Telecom Incorporated. All rights reserved. Specifications subject to change without notice. All product and company names are trademarks of their respective corporations. Sunrise Telecom San Jose, Modena, and Taiwan facilities are ISO 9001 certified. Do not reproduce, redistribute, or repost without written permission from Sunrise Telecom. C_0070 A01 Mar.2008



7.4. Especificaciones Switch Ethernet DLink



Technical Specifications

Standards

- IEEE 802.3 10BASE-T Ethernet
- IEEE 802.3u 100BASE-TX Fast Ethernet
- IEEE 802.3ab 1000BASE-T Gigabit Ethernet
- IEEE 802.3x Flow Control
- IEEE 802.1p Priority Queuing

Protocol

- CSMA/CD

Data Transfer Rate

Ethernet:

- 10Mbps (half-duplex)
- 20Mbps (full-duplex)

Fast Ethernet:

- 100Mbps (half-duplex)
- 200Mbps (full-duplex)

Gigabit:

- 2000Mbps (full-duplex)

Network Cables

- 10BASE-T: 2-pair UTP Cat. 3,4,5 (100 m), EIA/TIA- 568 100-ohm STP (100 m)
- 100BASE-TX: 2-pair UTP Cat. 5 (100 m), EIA/TIA-568 100-ohm STP (100 m)
- 1000BASE-T: 4-pair UTP Cat. 5 (100 m), EIA/TIA-568 100-ohm STP (100 m)

Number of Ports

- 8 x 10/100/1000Mbps auto-negotiation, auto MDI/MDI-X ports

DC inputs

- Switching = 5V/1.2A

Temperature

- Operating: 0° ~ 40° C (32° to 104° F)
- Storage: -10° ~ 70° C (14° to 158° F)

Dimensions (W x H x D)

- 6.5 x 4.5 x 1.4 inches (164.5 x 112.4 x 35.0 mm)

Humidity

- Operating: 10% ~ 90% RH, Non-condensing
- Storage: 5% ~ 90% RH, Non-condensing

EMI

- FCC Class B, CE Class B

EMI

- cUL
- LVD

Transmission Method

- Store-and-forward

RAM Buffer

- 192KBytes per device

Filtering Address Table

- 4K entries per device

Packet Filtering / Forwarding Rate

- 10Mbps Ethernet: 14,880/pps
- 100Mbps Fast Ethernet: 148,800/pps
- 1000Mbps Gigabit Ethernet = 148,800/pps

MAC Address Learning

- Automatic update

RJ-45 Pin Specifications

The following table shows the standard RJ-45 receptacle/connector and their pin assignments.

RJ-45 Connector pin assignment	
Contact	Media Direct Interface Signal
1	Rx +(receive)
2	Rx -(receive)
3	Tx +(transmit)
4	Not used
5	Not used
6	Tx -(transmit)
7	Not used
8	Not used

7.5. Especificaciones Router Inalámbrico Dlink

Manufacturer:	D-Link
Part Number:	DI-524

General

Device Type	Wireless router - 4-port switch (integrated)
Enclosure Type	Desktop
Connectivity Technology	Wireless ,Wired
Data Link Protocol	Ethernet, IEEE 802.11b, IEEE 802.11g, Fast Ethernet
Frequency Band	2.4 GHz
Data Transfer Rate	54 Mbps
Max Range Indoors	330 ft
Max Range Open Space	1310 ft
Network / Transport Protocol	L2TP ,PPTP ,IPSec ,PPPoE
Remote Management Protocol	HTTP
Encryption Algorithm	WPA-PSK, WPA, 128-bit WEP, TKIP, 64-bit WEP
Features	Dynamic IP address assignment ,Firewall protection , URL filtering ,Domain blocking ,IP address filtering , Auto-sensing per device ,VPN passthrough , Auto-negotiation ,Auto-uplink (auto MDI/MDI-X) , MAC address filtering ,DHCP support ,NAT support
Compliant Standards	IEEE 802.1x ,IEEE 802.11g ,IEEE 802.11b ,IEEE 802.3u , IEEE 802.3
Status Indicators	Status, Link activity, Power, Link OK

Line Properties

Line Coding Format	CCK, OFDM, QPSK, BPSK
--------------------	--------------------------------

Communications

Type	None
------	------

Expansion / Connectivity

Interfaces	LAN : 4 x Ethernet 10Base-T/100Base-TX - RJ-45, WAN : 1 x Ethernet 10Base-T/100Base-TX - RJ-45
Expansion Slot(s)	None
Expansion Bays	None

Networking

Networking type	Wireless router
-----------------	-----------------

Antenna

Antenna	External detachable
Antenna Qty	1
Directivity	Omni-directional

Power

Power Device	Power adapter - External
--------------	--------------------------

Miscellaneous

Width	4.3 in
Depth	5.6 in
Height	1.2 in
Weight	7.1 oz
Compliant Standards	C-Tick, FCC

Environmental Parameters

Min Operating Temperature	32 °F
Max Operating Temperature	104 °F
Humidity Range Operating	0 - 90%

7.6. Especificaciones Extensor de punto de red WiFi

CARACTERÍSTICAS DEL HARDWARE	
Interface	1 puerto RJ45 10/100 Auto sensible (Auto MDI / MDIX)
Botón	Restablecer extensor de alcance
Suministro de Energía Externa	9VDC / 0.85A
Estándares Inalámbricos	IEEE 802.11n*, IEEE 802.11g, IEEE 802.11b
Dimensiones (Largo x Ancho x Alto)	5.9 x 3.9 x 1.1 in. (150 x 100x 28mm)
Tipo de Antena	desmontable Omnidireccional 4dBi (RP-SMA)
CARACTERÍSTICAS INALÁMBRICAS	
Frecuencia	2.4-2.4835GHz
Velocidad de Señal	11n: Hasta 150Mbps (dinámico) 11g: hasta 54Mbps (dinámico) 11b: hasta 11Mbps (dinámico)
EIRP	<20dBm (EIRP)
Sensibilidad de Recepción	130M Sensibilidad:-68dBm @ 10% PER 108M:-68dBm @ 10% PER 54M:-68dBm @ 10% PER 11M:-85dBm @ 8% PER 6M:-88dBm @ 10% PER 1M:-90dBm @ 8% PER
Modos Inalámbricos	Extensor de alcance / Modo AP
Funciones Inalámbricas	WDS Bridge, estadísticas inalámbricas
Seguridad Inalámbrica	SSID Activar / Desactivar Filtro de dirección MAC 64/128/152-bit WEP Encriptado WPA/WPA2/WPA-PSK/WPA2-PSK (AES / TKIP)
Funciones de Servicio	monitor de rendimiento, el servidor DHCP

7.7. Especificaciones Analizador WiFi – WP150



COMMUNICATIONS TEST & MEASUREMENT SOLUTIONS

Wi-Net Window™ Wireless Network Analyzer



Key Features

- Displays signal strength on LED and as a percentage on the LCD
- Actively scans and logs IEEE 802.11 wireless signal types b and g
- Detects networks with hidden SSIDs
- Displays Internet access capability and encryption status on each wireless component
- Identifies the signals as either an access point, ad-hoc, or Twin network type
- Pings IP addresses and checks for a viable link to the Internet
- Negotiates with network DHCP to identify components and IP/MAC addresses



Applications

- Identifies, clarifies, and configures wireless transmission equipment on a site
- Prevents conflicts of Internet access over wireless points
- Provides a clear picture of the range and availability of each wireless access point

The Wi-Net Window™ captures and displays essential information regarding identity, functionality, and capability of IEEE 802.11 b and g wireless devices. This wireless network analyzer detects and connects to wireless equipment, reports signal strength, pings Internet protocol (IP) addresses, and identifies network components. The handheld unit shows all detection information needed to determine the wireless environment and parameters of equipment being used in the vicinity of proposed installed components, including signal strength, encryption condition, Internet access capability, channel, service set identification (SSID), and other information.

Advanced ping mode enables access to DHCP of a network to confirm an IP address of a target or DNS component. Multiple pinging of up to four targets is conducted in advanced mode. Full 64- or 128-bit WEP support enables Wi-Net Window to perform ping functions on encrypted wireless access points. The unit is versatile and easy-to-use with a full alphanumeric liquid crystal display (LCD), navigation buttons, and screen prompts.



WEBSITE: www.jdsu.com/know



Specifications

Electrical

Battery life

Times are for the full capacity of the battery used continuously in one of the following modes (typical, 4 AA alkaline or NiMH):

– Standby mode	2.5 yrs
– Testing mode	22 hrs

Environmental

Operating temperature 0 to 50°C (32 to 122°F)

Storage temperature –20 to 60°C (–4 to 140°F)

Humidity 10 to 90%, non condensing

Physical

Height 18.4 cm (7.25 in)

Width 7.6 cm (3.0 in)

Depth 3.8 cm (1.5 in)

Weight (with antenna and battery) 370 g (13 oz)

Ordering Information

Wi-Net Window Wireless Network Analyzer WP150

– Requires 4 AA batteries (not included).

Wi-Net Window Wireless Network Analyzer with Testifier™ Cable Tester KP255

– Includes Testifier Cable Tester with onboard cable test remote (TP350), 19 cm (7.5 in) RJ12 to RJ12 cable for no fault connection to RJ11 or RJ45 jacks (TP20), 30.48 cm (1 ft) RJ45 to alligator clips cable (TP40), Wi Net Window Wireless Network Analyzer (WP150), and pouch.

Accessories

Antenna for Wi-Net Window Wireless Network Analyzer WP10

Pouch for Wi Net Window Wireless Network Analyzer PWN 100

Warranty

JDSU guarantees that its products will be free of all defects in material and workmanship. This warranty extends for the period of 12 months for test instruments and 3 months for cables from date of manufacture or purchase (proof of purchase required).

All products deemed defective under this warranty will be repaired or replaced at the discretion of JDSU. No further warranties either implied or expressed will apply, nor will JDSU assume responsibility for operation of this device.

Test & Measurement Regional Sales

NORTH AMERICA TEL: 1 866 228 3762 FAX: +1 301 353 9216	LATIN AMERICA TEL: +55 11 5503 3800 FAX: +55 11 5505 1598	ASIA PACIFIC TEL: +852 2892 0990 FAX: +852 2892 0770	EMEA TEL: +49 7121 86 2222 FAX: +49 7121 86 1222	www.jdsu.com/know
---	--	---	---	--------------------------

Product specifications and descriptions in this document subject to change without notice. © 2008 JDS Uniphase Corporation June 2008 30149401 000 0608 WINETWINDOW.DS.NET.ITM.AE