

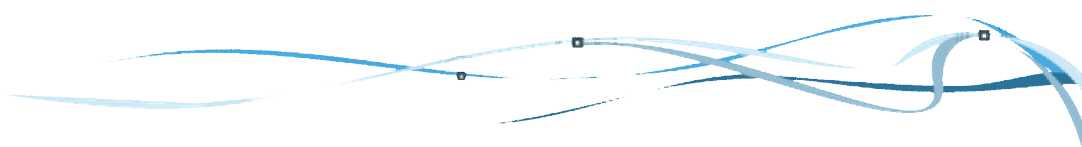
сіена.

: the network specialist

World Wide Packets

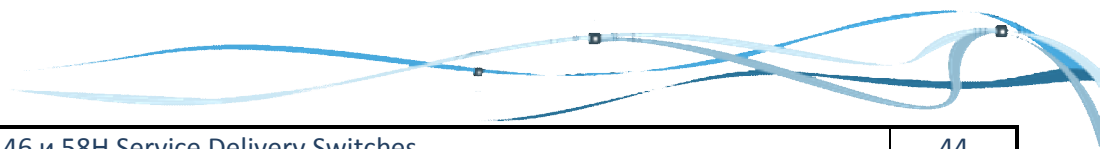
Решения Carrier Ethernet

ISO 9001:2000 Certified



Содержание

№	Описание	Стр.
1.	Общие сведения	4
1.1	World Wide Packets – True Carrier Ethernet решение	4
1.2	Что такое Carrier Ethernet	5
2.	Семейство World Wide Packets LightingEdge	9
2.1	Предоставление True Carrier Ethernet	9
2.2	Сервисы Carrier Ethernet	10
2.3	Архитектура, определяемая сервисом	11
3.	LightingEdge Operating System (LE – OS)	13
3.1	Возможности QoS в LE – OS	13
3.2	Надежность и устойчивость LE – OS	20
3.3	Возможности организации L2 VPN в LE – OS	23
3.4	Реализация Ethernet OAM в LE – OS	24
4	LightingEdge Service Aggregation Switches	27
4.1	Физическая архитектура LE – 3300	27
4.2	Платформа для организации транспортной архитектуры Carrier Ethernet	28
4.3	Высокая доступность, надежность и быстрое восстановление сервиса	30
5	LightingEdge Service Concentration Switches	34
5.1	Архитектура LightingEdge SCS	34
5.2	Поддержка сервисов мультикастинга	35
6	LightingEdge Service Delivery Switches	39
6.1	LightingEdge 311v	39
6.1.1	Архитектура LE – 311v	40
6.1.2	Реализация MPLS сервисов	40
6.2	Архитектура LE – 310	41



6.3	LightingEdge 46 и 58H Service Delivery Switches	44
-----	---	----

1. Общие сведения.

Компания Телеком Нетворкс, являясь партнером Ciena Corporation на рынке России и стран Ближнего Зарубежья, предлагает решения Carrier Ethernet для строительства triple play сетей доступа и Metro.

Образованная в ноябре 1992 года компания Ciena сегодня является ведущим Американским производителем телекоммуникационного оборудования с годовым объемом более 1 млрд. \$. В 2008 году Ciena приобрела компанию World Wide Packets, являющуюся мировым лидером в производстве решений Carrier Ethernet и тем самым добавила в свой портфель решений недостающие компоненты.

1.1 World Wide Packets – True Carrier Ethernet решения.

С момента своего образования в 1999 году деятельность World Wide Packets была направлена на разработку и внедрение решений Carrier Ethernet, результатом чего стало семейство продуктов, разра для различных приложений внутри от сетей доступа до Metro Ethernet.

В состав R&D центр компании входят более 150 высококвалифицированных специалистов, имеющих большой опыт работы в центрах разработки различных вендоров, таких как Lucent, Cisco, Nortel, Ciena, Alcatel и Packet Engine, которых объединяет цель разработки, продвижения и “монетизации” сетей Carrier Ethernet. Продуктовая линейка World Wide Packets полностью следует концепции Carrier Ethernet, разработанной и стандартизированной Metro Ethernet форумом, и включает в себя всю ее мощь, гибкость и экономичность. Это предоставляет пользователям и операторам связи уникальные возможности существенного снижения капитальных и операционных затрат, упрощения управления сетью и улучшения предоставления сервисов. Предлагаемая компанией концепция обеспечивает надежность, масштабируемость, QoS и легкую управляемость – все атрибуты, необходимые для качественного предоставления бизнес и публичных сервисов, таких как IPTV, VoIP, доступ в Интернет, передача данных и организация транспортной архитектуры для сетей беспроводного доступа.

В настоящее время специалистами компании получены ряд патентов в области разработки Carrier Ethernet, и еще ряд патентов находятся в стадии получения. Ими были разработаны несколько технологических инноваций для оптимизации передачи цифровых видеосигналов через IP сети: ChannelStream, StreamCast и ResilentStream. World Wide Packets является первой компанией в мире, которая продемонстрировала 50 мс методы восстановления трафика в сетях Carrier Ethernet.

World Wide Packets тесно сотрудничает с ключевыми организациями, разрабатывающими промышленные стандарты, такими как IEEE, Metro Ethernet Forum (MEF) и MFA Forum. За счет своего непосредственного участия в разработке стандартов компании удастся поддерживать свое технологическое кредо и разрабатывать продукты, обеспечивающие бесшовное взаимодействие с широким классом решений, разрабатываемых другими лидерами индустрии.

1.2 Что такое Carrier Ethernet.

Термин Carrier Ethernet появился относительно недавно. Корни его уходят в 2001 год, когда была создана некоммерческая организация, получившая название Metro Ethernet Forum. В нее вошли ряд крупных телекоммуникационных вендоров и операторов, а также производители электронных компонент. Целью организации изначально было обсуждение и разработка рекомендаций и бизнес моделей организации сервисов для корпоративных и публичных клиентов, использующих в качестве среды передачи Ethernet. Сегодня эта организация насчитывает более 100 членов (на октябрь 2006 года), и их число постоянно увеличивается.

Интенсивное развитие и коммерческий успех Metro Ethernet стал движущей силой создания Metro Ethernet Forum. Основным импульсом стала идея общей конвергенции транспортной инфраструктуры в Ethernet транспорт за счет, прежде всего, его невысокой стоимости и легкой масштабируемости. Однако решения на базе классических Ethernet сервисов имеют ряд недостатков, которые не позволяют его использование на сетях операторского класса:

- Отсутствие или слабая реализация QoS
- Методы восстановления, имеющие большое время сходимости, что не позволяет их использование на опорных сетях операторского класса
- Отсутствие или слабая реализация управления Ethernet трафиком

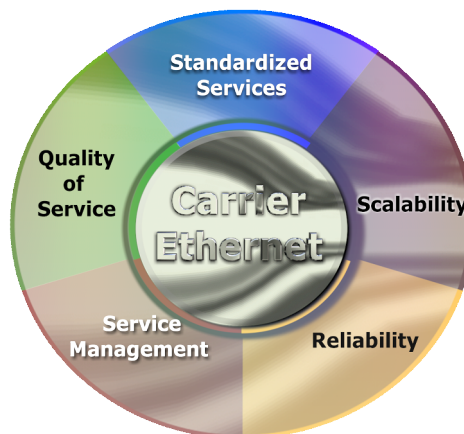
Для решения этих проблем были разработаны ряд технологий поверх Ethernet, такие как IP/MPLS. Использование IP/MPLS позволяет достигнуть требуемого QoS и надежности решения, однако стоимость ее реализации чрезвычайно высока, что ограничивает или делает практически нецелесообразным ее применение в Metro Ethernet сетях.

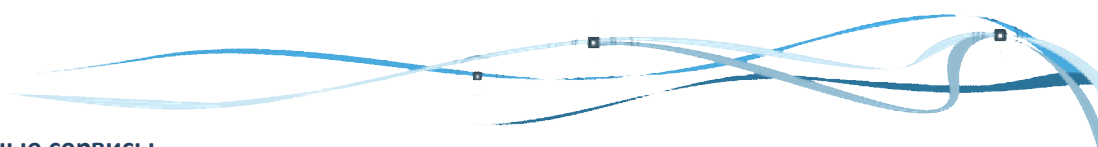
Понимая это, участники Metro Ethernet Forum поставили перед собой задачу – разработать и реализовать стандарты и модели, которые описывают дополнительные функциональные возможности, интегрируемые в классические Ethernet сервисы, и устраняющие перечисленные выше недостатки, оставляя при этом экономичность и простоту классического Ethernet.

Ethernet с такими функциональными расширениями получил название Carrier Ethernet – что означает Ethernet операторского класса.

Таким образом, Carrier Ethernet представляет собой набор необходимых стандартизированных сервисов операторского класса и определяется следующими пятью основными атрибутами, отличающими его от обычного Ethernet LAN:

- Стандартизированные сервисы
- Масштабируемость
- Управление сервисами
- Надежность операторского класса
- QoS





Стандартизированные сервисы.

Carrier Ethernet предоставляет следующие три типа стандартизированных сервисов:

- **E – Line:** сервис, эмулирующий виртуальное выделенное соединение точка – точка через сеть Carrier Ethernet (рисунок 1)
- **E – LAN:** сервис, эмулирующий пользовательское LAN соединение через Carrier Ethernet сеть (рисунок 2)
- **E – Tree:** сервис, эмулирующий передачу мультикастингового трафика (рисунок 3)

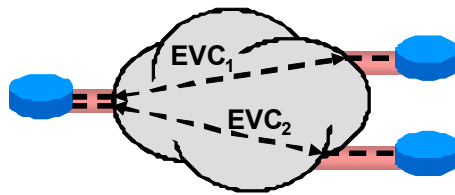


Рис. 1 E – Line сервис

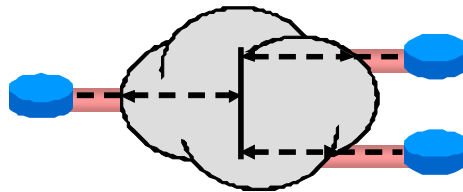


Рис. 2 E – LAN сервис

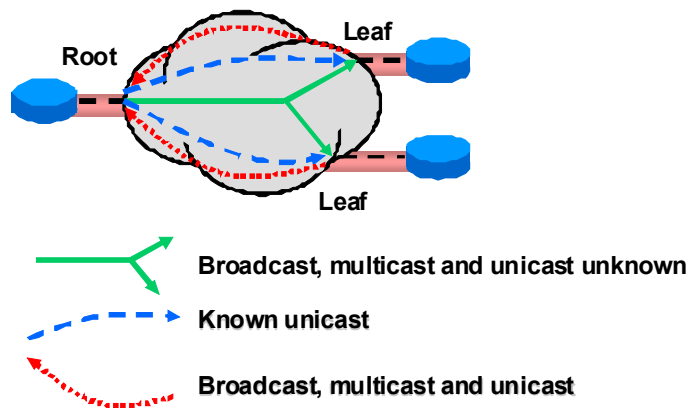


Рис. 3 E – Tree сервис

Каждый сервис предоставляется локально или глобально через стандартизированное оборудование. Тип сервиса может ассоциироваться либо с Ethernet портом устройства, либо с VLAN тегом этого порта. В таблице 1 приведено соответствие MEF названий сервисов и сервисов, реализуемых на базе портов и VLAN.

Таблица 1. Соответствие MEF сервисов с портами и VLAN

MEF сервис	На базе Ethernet порта	На базе VLAN
E – Line	Ethernet Private Line (EPL)	Ethernet Virtual Private Line (EVPL)
E – LAN	Ethernet Private LAN (EP – LAN)	Ethernet Virtual Private LAN (EVP – LAN)
E – Tree	Ethernet Private Tree (EP – Tree)	Ethernet Virtual Private Tree (EVP – Tree)

Одним из основных требований является сохранение существующей инфраструктуры пользовательского LAN оборудования и сетей.

Масштабируемость.

Под масштабируемостью понимается возможность для миллионов пользователей получать от сети Carrier Ethernet требуемые сервисы. При этом каждый сервис должен иметь возможность масштабирования скоростей передачи от нескольких кбит/с до 10 Гбит/с и выше с заданной гранулярностью.

Решение должно иметь возможность покрытия сетей от уровней доступа и Metro до национальных и глобальных сетей за счет широкого набора физических инфраструктур сервис – провайдеров.

Надежность операторского класса.

Под этим понимаются следующие функциональные возможности:

- Обнаружение, локализация и исправление аварии без участия конечных пользователей
- Удовлетворение требованиям качества и доступности
- Быстрое время восстановления сервиса (< 50 мс)

Quality Of Service.

Реализация QoS подразумевает под собой следующее:

- Наборы и гранулярность полосы пропускания и опций
- SLA для голоса, видео и передачи данных
- SLA на базе CIR, EBR, потерянных фреймов, задержки передачи и ее вариации

Управление сервисами.

Традиционно, в классическом Ethernet управление сервисами было одним из слабых мест. В этой области наиболее передовые решения были реализованы в SONET/SDH сетях, отличающихся самой продвинутой OAM реализации. В большинстве своем функции OAM были перенесены с SDH на Carrier Ethernet. Эти функции включают в себя следующее:

- Мониторинг, диагностика и централизованное управление сетью

- Использование стандартизированных алгоритмов
- OAM Carrier класса
- Быстрое предоставление сервисов

2. Семейство World Wide Packets LightingEdge.

World Wide Packets является ведущим разработчиком решений Carrier Ethernet, позволяющих телекоммуникационным операторам реализовать новые уровни скоростей передачи и гибкости предоставления сервисов, предоставляемых Carrier Ethernet. Использование семейства LightingEdge дает возможность сервис провайдерам адаптироваться под требования растущей пользовательской базы вместе с мощностью, гибкостью и экономичностью классической Ethernet технологии, существенно снижая капитальные и операционные затраты на своих сетях доступа. LightingEdge предоставляет провайдерам возможность полного набора сервисов Carrier Ethernet, включающих в себя корпоративные, транспортные и публичные.

2.1 Предоставление True Carrier Ethernet.

Сегодня для большинства производителей телекоммуникационного оборудования Carrier Ethernet является “последним писк” телекоммуникационной моды с точки зрения технологии и опыта, которые они вынуждены предоставлять. В реальности, достаточно немногие из них имеют понимание, опыт и могут фокусироваться в запутанности и сложности предоставления Carrier Ethernet. World Wide Packets фокусировался на продвижении Carrier Ethernet с его зарождения, что и дало свои результаты.

Что такое Carrier Ethernet? Это не просто маркетинговый термин, это R&D, инжиниринг, понимание и опыт управления сетями связи, реализованными в настоящее время. Это продукты и решения, разработанные для предоставления наиболее конкурентно способного функционального набора в индустрии. Со стороны плоскости данных, контроля и управления, это возможность понимать и решать задачи, связанные с использованием Ethernet в сетях связи.

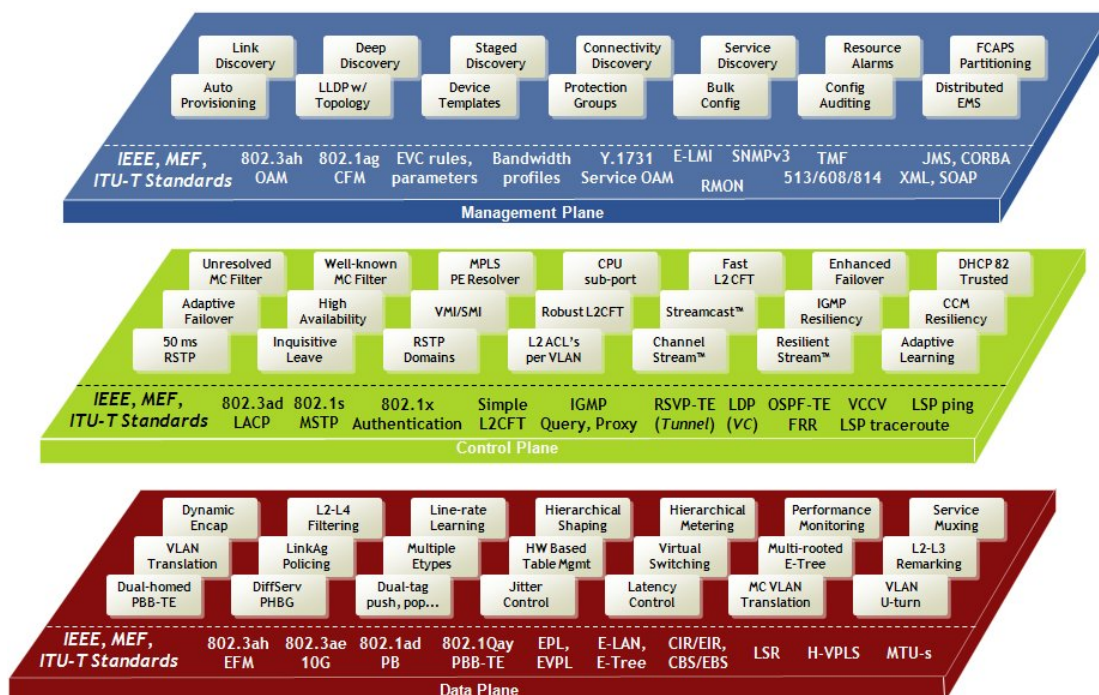


Рис. 4 Стандарты Carrier Ethernet



Семейство LightingEdge построено на наборе взаимосвязанных промышленных стандартов от международных организаций, таких как IEEE, ITU – T и MEF. Но WWP сделала шаг дальше, используя текущие стандарты, компания разработала ряд уникальных расширений, которые добавляют уникальные возможности в традиционный Carrier Ethernet, делая его True Carrier Ethernet.

Эти функциональные расширения позволяют осуществить:

- Чрезвычайно эффективную пересылку данных, трафика и классификации сервисов в плоскости данных (Data Plane).
- Высокоэффективное управление резервными топологиями, управление и перемаршрутизация сервисов в период возникновения неисправности соединений и оборудования в плоскости контроля (Control Plane).
- Автоматическое предоставление сервисов и гибкие инструменты управления в плоскости управления (Management Plane).

Такие возможности делают семейство LightingEdge уникальным в индустрии. В отличие от других производителей, эти продукты и решения дают всю необходимую функциональность для текущих и будущих требований пользователей.

2.2 Сервисы Carrier Ethernet.

Сервис провайдеры по всему миру используют продукты и решения LightingEdge для предоставления Carrier Ethernet сервисов: корпоративных, публичных и транспортных.

Корпоративные сервисы.

WWP LightingEdge решения дают возможность проводным операторам, мультисервисным и альтернативным провайдерам осуществлять замену E1/E3, T1/T3, Frame Relay, ATM и другие традиционные сети на более дешевой и высокоскоростной Carrier Ethernet. С помощью Carrier Ethernet корпоративные пользователи оператора имеют возможность приобретения широкого выбора сервисов Carrier Ethernet, таких как доступ в интернет, видеоконференцсвязь, VoIP, вместе с предоставлением высокоскоростных E – Line и E – LAN сервисов. E – Line могут использоваться для организации EPL и EVPL соединений, E – LAN сервисы могут организовывать L2 VPN и TLS, и быть основой для предоставления multicast сервисов.

Транспортные сервисы.

Уникальность семейства LightingEdge заключается в его одновременной поддержке технологий PBB – TE, MPLS – TE и Q – in – Q VLAN инкапсуляции, что дает оператору уникальную возможность выбирать транспортный протокол, наиболее подходящий для каждого типа сервисов.

Carrier Ethernet транспортные сети поддерживают также другие типы сервисов сети, таких как wholesale и транспортная среда для сетей беспроводного доступа. В дополнение к этому, транспортная технология Carrier Ethernet поддерживает доставку наборов дополнительных сервисов, таких как IP видео приложения, SCADA и. т. д.

Сервисы физическим пользователям.

Проводные операторы, муниципалитеты и энергетические компании используют решения LightingEdge для предоставления своим физическим пользователям расширенных Carrier Ethernet сервисов, которые необходимы для организации каналов связи и развлечений. Carrier Ethernet предоставляет симметричный выделенный ресурс, масштабируемый от 1 Мбит/с до 1 Гбит/с для организации доступа в интернет, VoIP, VoD, IPTV, HDTV, онлайн игр, дистанционного обучения и других дополнительных сервисов по мере их доступности. LightingEdge позволяет операторам заменять существующую dial – up, DSL, DOCSIS и GPON/EPON архитектуру, на технологию FTTH, которая сокращает стоимость, добавляет гибкость и позволяет быстрое предоставление новых сервисов.

2.3 Архитектура, определяемая сервисом.

Емкость, производительность и надежность вместе с общей операционной системой являются основными характеристиками продуктов, разработанных для использования в опорных сетях. World Wide Packets разработал стратегию интегрированной технологии, которая получила название архитектуры, определяемой сервисом. Данная архитектура позволяет операторам существенно снизить свои операционные затраты, и, что более важно, быстро реализовывать возможности внедрения дополнительных Ethernet сервисов, являющихся дополнительным источником дохода. Дизайн архитектуры фокусируется на предоставлении разнообразных сервисов и формирование гибкой платформы, которая может быть легко внедрена с минимальными начальными затратами с возможностью легкого и недорогого масштабирования с ростом требований пользователей.

Основа World Wide Packets архитектуры, определяемой сервисом, - это масштабируемая платформа, построенная на LightingEdge Operating System (LE – OS). Ядро операционной системы LE – OS покрывает всю продуктовую линейку WWP Carrier Ethernet и обеспечивает беспрецедентное взаимодействие, надежность и устойчивость работы сети, QoS carrier класса вместе с низкими капитальными и операционными затратами.

Архитектура, определяемая сервисом, функционально состоит из следующих компонент, объединенных LE – OS:

- Специализированные сетевые устройства
- Ethernet Service Manager (ESM)

Специализированные сетевые устройства.

World Wide Packets предоставляет полный набор специализированных сетевых устройств, разработанных для реализации на сетях доступа сервис провайдера. Эти устройства разделены на три большие группы:

- **Service Aggregation Switch (SAS).** Сетевые устройства, передающие сервисы Carrier Ethernet от сетей доступа до границы Metro сети. Сетевые устройства SAS подключаются к Service Concentration Switch или напрямую к Service Delivery Switch (рисунок 5).

- **Service Concentration Switch (SCS).** Сетевые устройства, агрегирующие и распределяющие трафик к/от различных точек в сети. SCS сетевые устройства находятся между SAS и Service Delivery Switch (рисунок 5).
- **Service Delivery Switch (SDS).** Сетевые устройства, выполняющие функции предоставления сервисов конечным заказчикам с заданной гранулярностью и QoS. SDS сетевые устройства находятся на границе сети конечного пользователя и подключаются к SCS или напрямую к SAS (рисунок 5).

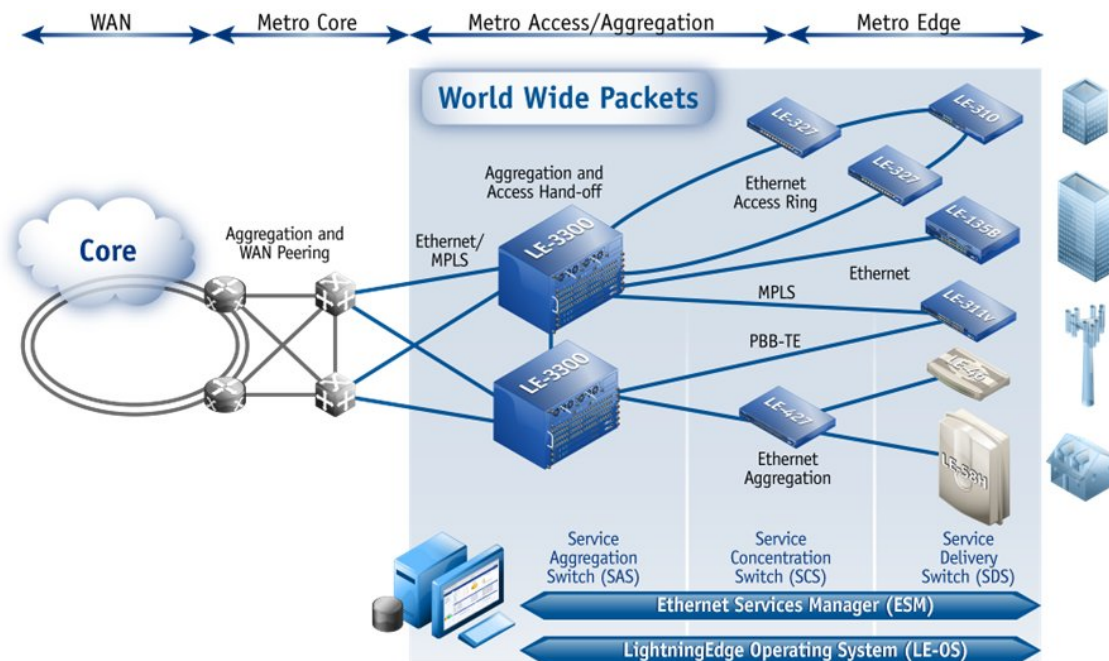


Рис. 5 Специализированные сетевые устройства World Wide Packets

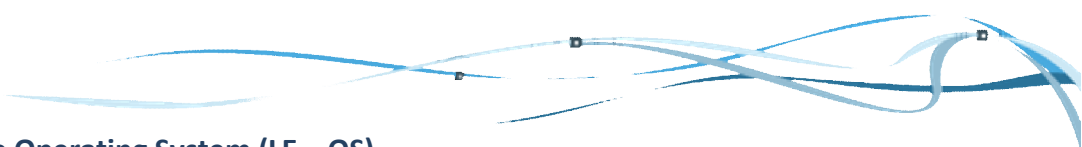
Все сетевые устройства используют недорогие и функциональные электронные компоненты, что позволяет достигнуть высокой производительности и набора функций при относительно невысокой цене за оборудование. Также это позволяет легко интегрировать LightningEdge в существующую инфраструктуру оператора.

Ethernet Service Manager.

Быстрая и эффективная активация сервисов, а также легкое управление сетью, осуществляется с помощью единой системы управления Ethernet Service Manager (ESM).

ESM представляет собой интегрированный программный пакет, разработанный для сокращения затрат на внедрение новых сервисов, и уменьшения времени реагирования на аварии в сети.

Эта платформа управления является автоматизированной архитектурой, основанной на событиях, которая автономно обрабатывает все сложности и детали интеграции True Carrier Ethernet сервисов.



3. Lighting Edge Operating System (LE – OS).

LE – OS является модульной операционной системой, реализованной для формирования надежного, гибкого и экономичного Ethernet доступа. Вся продуктовая линейка LightingEdge использует те или иные общие наборы программных кодов LE – OS. Основной задачей LE – OS является реализация стандартизированного Ethernet доступа carrier класса для гарантии взаимодействия с традиционным Ethernet оборудованием, обеспечивая тем самым защиту вложенных инвестиций оператора.

LE – OS сегодня является одной из самых мощных операционных систем в инфраструктуре Ethernet доступа. Фокус на адаптацию существующих Ethernet сервисов и участие в рабочих группах IEEE, MEF, IETF позволило разработчикам системы достигнуть беспрецедентной гибкости, модульности и функциональности операционной системы.

World Wide Packets постоянно работает над расширением функциональности LE – OS для предоставления наиболее полного и стандартизированного функционального набора для сетей доступа, работающих, как системы точка – точка или для соединений из конца в конец. World Wide Packets является первой компанией, осуществившей поддержку Ethernet функциональности Operation, Administration and Maintenance (OAM), согласно стандарту IEEE 802.3ah EFM. Позднее, эти возможности, реализованные на уровне соединений, были дополнены стандартом IEEE 802.3ag Connectivity Fault Management (CFM). World Wide Packets был одним из первых Ethernet вендоров, получивших MEF QoS/traffic management (MEF 14) сертификат для всей продуктовой линейки.

LE – OS предоставляет широкий набор продвинутых Ethernet функциональностей carrier класса, включающих в себя аппаратную QoS, VLAN трансляцию и возможности миграции в VPLS/MPLS технологии, используемые обычно в дорогих магистральных коммутаторах. За счет реализации этих Ethernet возможностей в точке доступа в сеть, LE – OS предоставляет все необходимые функциональные блоки для предоставления новых сервисов carrier класса для различных типов пользователей от физических абонентов до производственного сектора.

3.1 Возможности QoS в LE – OS.

World Wide Packets является одним из первых и немногих производителей, реализовавших QoS carrier класса для экономической среды Ethernet доступа. LE – OS позволяет реализовать гибкую QoS, позволяющую широкому набору типов трафика с различными скоростями передачи передаваться через единую инфраструктуру доступа без ухудшения качества.

Таблица 1. LightingEdge QoS архитектура	
Гибкая QoS	Инкапсуляция сервиса с параметрами, идентифицирующими поток трафика, сервиса или пользователя
	Уровень сервиса , соединяющий параметры трафика с пользовательскими SLA
Обработка трафика	Многоуровневые планировщики, обеспечивающие строгую CIR и весовые EIR, сокращающие задержку и jitter



	Профили трафика 2 и 3 уровней, ре маркировщик
Автоматическое предоставление сервиса	LE – NS Service Provisioning предоставляет возможность полной автоматизации предоставления сервисов, включая QoS соглашения

LE – OS QoS реализуется на базе мощной многоуровневой архитектуры, основной задачей которой является формирование, реализация и мониторинг всех параметров QoS внутри сети доступа.

LE – OS QoS реализация состоит из трех составных частей:

- Гибкая QoS реализация
- Качественное управление трафиком
- Автоматическое предоставление сервисов.

В свою очередь гибкая QoS реализация разделяется на две основные компоненты:

- **Инкапсуляция сервиса:** определяет поток трафика и ассоциирует его с уровнем сервиса
- **Уровень сервиса:** определяет одну или более аппаратных очередей, которые обеспечивают выделенные ресурсы для трафика

Ниже дается более детальное описание каждой составной части LE – OS QoS архитектуры.

Инкапсуляция сервиса.

Входящий и выходящий трафик в LightingEdge устройствах может содержать один или более потоков трафика. Инкапсуляция сервиса дает возможность оператору сети определять параметры, позволяющие идентифицировать каждый поток данных.

LE – OS поддерживает до 512 определений инкапсуляции сервиса, которые могут использовать любой из следующих параметров:

- VLAN тег
- Порт источника или источник группы агрегации соединений LAG
- Порт назначения или место назначения группы агрегации соединений LAG
- IEEE 802.1D приоритет
- MPLS Virtual Circuit (VC) метка
- TCP или UDP порт
- Differentiated Service Code Point (DSCP)

Уровень сервиса.

Уровень сервиса определяет набор QoS параметров и необходимые ресурсы LightingEdge устройства, необходимые для поддержки заданного типа сервиса.

LE – OS поддерживает до 128 уровней сервисов. Некоторые из 128 уровней сервиса являются заранее заданными для реализации обработки IEEE 802.1D. Одна или несколько инкапсуляций сервиса могут ассоциироваться с каждым из 128 уровней сервиса. Определение уровня сервиса является однонаправленным, позволяя реализовать симметричную и асимметричную инкапсуляцию сервиса.

Для определения заданного уровня сервиса используются следующие параметры:

- **Выходящий порт.** Неопределенный выходящий порт позволяет реализовать QoS для multicast трафика. Этот функционал полезен для организации защиты передачи видео через IP.
- **Имя уровня сервиса.**
- **Committed Information Rate (CIR).** При настройке этого параметра установленная скорость передачи будет строго гарантироваться LightingEdge устройством в любое время и в любом состоянии сети (при наличии коллизий). В LE – OS CIR определяется с шагом 64 кбит/с.
- **Excess Information Rate (EIR).** Этот параметр выполняет две основные функции. Во – первых, он устанавливает верхний порог скорости передачи трафика, который не может быть никогда превышен. Во – вторых, установка EIR указывает на количество дополнительной полосы пропускания, которую поток трафика может использовать при наличии доступного сетевого ресурса. В LE – OS EIR определяется также с шагом 64 кбит/с.
- **Burst Priority.** Установка этого параметра применяется к EIR и позволяет установить приоритет обслуживания дополнительного ресурса. Дополнительный ресурс определяется как разница между EIR и CIR, и если EIR=CIR то дополнительный ресурс отсутствует. В LE – OS приоритет дополнительного ресурса устанавливается в диапазоне от 0 до 7. 7 означает наивысший приоритет.
- **Queue Size.** Этот параметр определяет размер очереди (минимальная, средняя, большая или максимальная), которая соответствует различным уровням задержки и устойчивости к jitter.

Качественная обработка трафика.

Решение World Wide Packets поддерживает ограничение скорости и методы классификации сервисов в QoS, LightingEdge устройства разработаны для возможности одновременной поддержки предоставления нескольких сервисов, имеющих собственные QoS. В отличие от большинства устройств доступа, предлагающих только возможности ограничения скоростей пользовательского трафика, решение LightingEdge позволяет гарантировать передачу критического трафика в период максимальной загруженности сети, базируясь на следующих параметрах:

- CIR

- EIR
- Приоритет дополнительного трафика

CIR должна поддерживаться при любом состоянии загруженности сети. Таким образом, сумма CIR от всех потоков в сети не должна превышать общей пропускной способности канала передачи. EIR может достигаться при наличии доступной полосы пропускания после обслуживания всех CIR. Если пользователь не использует присвоенную ему CIR в течение определенного времени, тогда присвоенная ему полоса пропускания может обслуживать EIR.

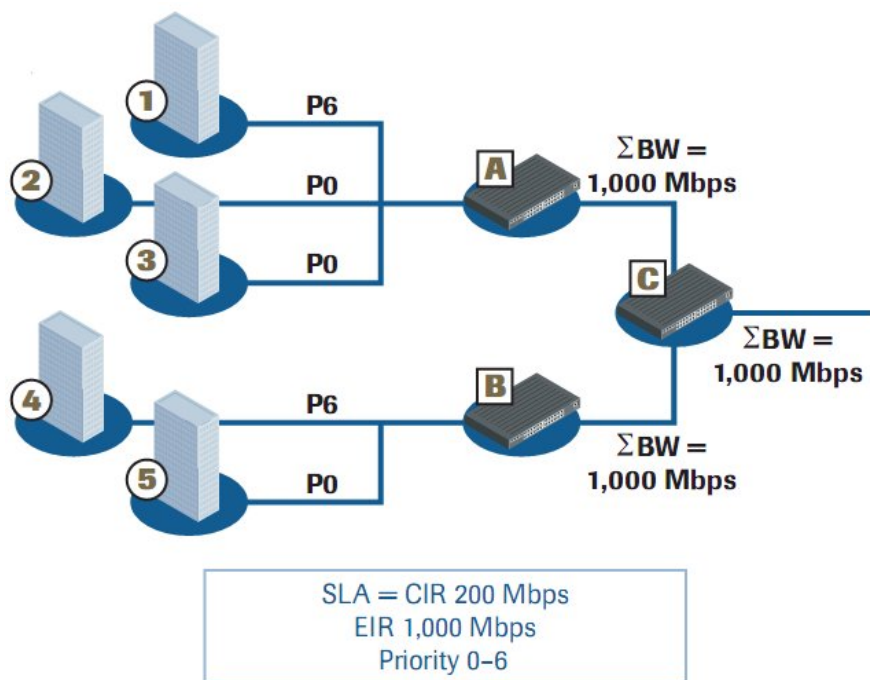


Рис. 6 Пример управления трафиком в LE - OS

На рисунке 6 приведен пример управления трафиком. В этом примере пять пользователей сконфигурированы таким образом, чтобы каждый из них имел CIR = 200 Мбит/с и EIR = 1 000 Мбит/с. В случае, когда все пользователи получают на входе трафик со скоростью 200 Мбит/с одновременно, то они гарантированно могут передать 200 Мбит/с каждый.

Если пользователи 1, 2, 3 и 4 получают на входе 100 Мбит/с, а пользователь 5 получает на входе 1 000 Мбит/с, тогда пользователи 1, 2, 3 и 4 будут гарантированно передавать 100 Мбит/с каждый. Пользователь 5 будет передавать свою CIR = 200 Мбит/с и дополнительно займет всю оставшуюся полосу пропускания 400 Мбит/с. Таким образом, он получит EIR = 600 Мбит/с.

Если пользователи 1, 2 и 3 получают на входе 100 Мбит/с, а пользователи 4 и 5 получают 1 000 Мбит/с, тогда первая группа пользователей гарантированно передает на выход свои 100 Мбит/с каждый. Пользователи 4 и 5 будут гарантированно передавать свои CIR = 200 Мбит/с и затем будут заполнять свободный ресурс. Если оба пользователя сконфигурированы с одинаковым дополнительным приоритетом, тогда оставшийся ресурс будет поровну поделен между ними. Если один из пользователей имеет больший приоритет, тогда он будет получать большую часть полосы пропускания. Это отношение определяется разницей в приоритетах.

CIR обслуживается всегда. После того, как обслужена CIR, EIR имеет возможность обработки до максимально доступного ресурса, оставшегося в сети. Это позволяет достигнуть максимального использования ресурса сети оператора в любое время. В приведенном выше примере использование соединения всегда 100%.

Обычно ограничение скорости может рассматриваться как случай, в котором CIR = EIR. Это ограничение отсутствует в LE – OS. EIR может быть сконфигурирована с величиной, большей CIR. Эта величина EIR может включаться в SLA.

Планировщик сервисов.

Ключевым аспектом качественной реализации QoS является то, как сетевое устройство обрабатывает доступную полосу пропускания. LE – OS предлагает очень простую, но чрезвычайно мощную двухуровневую архитектуру обслуживания. На рисунке 7 изображена общая архитектура обслуживания пакетов, реализованная в LE – OS.

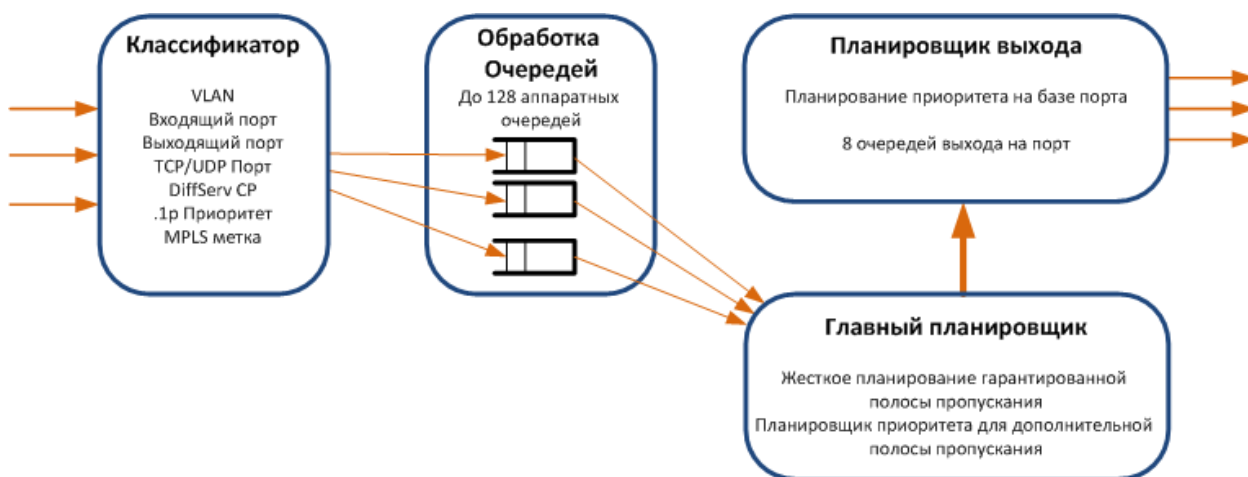


Рис. 7 Общая архитектура обслуживания пакетов в LE - OS

В начале обработки пакета всегда присутствует классификатор, задачей которого является сортировка входящего трафика в соответствии с классификацией, заданной оператором сети. После классификации трафик направляется на одну из доступных 128 аппаратных очередей.

После этого реализация QoS осуществляется в двух планировщиках:

- **Главный планировщик** имеет глобальный вид как на весь трафик, входящий в устройство, так и на конфигурацию каждой аппаратной очереди.
- **Планировщик выхода.** Каждый порт имеет встроенный планировщик выхода, гарантирующий, что трафик высокого приоритета будет иметь минимальную задержку обработки устройством.

В установленный минимальный период фрейма основной планировщик осуществляет два этапа обработки пакета:

- Выполняет строгое обслуживание CIR перед EIR. Основной планировщик обслуживает все CIR по циклической схеме (round – robin) для всех сконфигурированных очередей.

- Конфигурация и обслуживание приоритетов дополнительного трафика. Основной планировщик осуществляет обработку EIR с использованием Weighted Fair алгоритма.

Обработанный главным планировщиком трафик пересылается на порт вывода, в котором соответствующий ему планировщик применяет Weighted Fair алгоритм для обработки выходных очередей. Следует особо отметить, что только главный планировщик имеет право отбрасывать трафик, базируясь на сконфигурированной QoS. Вследствие того, что трафик, пересылаемый на порт вывода, никогда не превышает емкости последнего, он никогда не будет отброшен здесь. Основная функция планировщика выхода – это сокращение задержки и jitter для трафика высокого приоритета за счет отправки его в первую очередь.

Традиционно в сетях доступа применяется более ограниченная реализация планировщика сервисов. Она является более простой и дешевой, однако обладает гораздо худшими параметрами обработки пакетов. Эта ограниченная схема приведена на рисунке 8. Ее основные отличия заключаются в следующем:

- Ограниченный классификатор
- Отсутствует главный планировщик
- Один планировщик выхода для всех портов



Рис. 8 Ограниченная реализация обслуживания пакетов

Очень часто такие ограниченные QoS платформы реализуют выходное ограничение по скорости. Это означает, что трафик должен проходить матрицу коммутации устройства перед тем, как принимается решение о его пересылке или отбрасывании. Такое ожидание последнего момента отбрасывания пакета превышенного трафика приводит к ненужным затратам итак ограниченных ресурсов устройства, которые могли бы применяться к трафику, в действительности пересылаемому устройством.

Задержка и jitter.

Передача трафика по сети и его обработка внутри сетевых устройств вносят определенные задержки в цифровой сигнал. Задержка существенно влияет на приложения, критичные во времени, такие как голос или интерактивное видео. Если задержка распространения превышает 300 мс, то такая задержка уже становится чувствительной для качества голосовых приложений. Если задержка превышает 500 мс, то качество голоса ухудшается очень сильно. Поэтому уменьшение общей задержки сигнала является важной задачей. Если задержку распространения сигнала по сети уменьшить нельзя, то задержка обработки трафика сетевыми устройствами должна быть сведена к минимуму.

Задержка обработки трафика внутри сетевых элементов определяется следующими факторами:

- **Задержка обработки пакета в очереди.** Время, которое затрачивается пакетом на обработку внутри структуры очереди устройства. Это время задержки существенным образом зависит от уровня загруженности сети.
- **Задержка пересылки пакета.** Время, которое затрачивается устройством на принятие решения о пересылке пакета. Поскольку LightingEdge устройства работают на агрегатных скоростях, эта задержка равна нулю.
- **Задержка передачи пакета.** Время, которое затрачивается на передачу пакета в устройстве пересылки. Оно составляет ~12 мкс. для формирования 1 500 битового фрейма в 100 Мбит/с устройстве.

Задержка передачи вызвана физическими факторами и, в принципе, уменьшена быть не может. Задержка пересылки может быть сведена к нулю. Задержка обработки пакета в очереди оказывает большое влияние на общую задержку, особенно в период максимальной загрузки сети.

Jitter – это вариация задержки для определенного потока трафика в определенный период времени. Сеть вносит jitter при вариации уровня загруженности в сети, варьируя задержку в очереди.

Трафик, критичный к времени, такой как голос, является наиболее подверженным влиянию jitter. Превышение допустимого уровня jitter в сети приводит к появлению специфических шумов при телефонных разговорах.

Наиболее простым способом снижения jitter является увеличение размера буфера очереди, однако это приводит к общему росту задержки.

LE – OS использует ряд специализированных решений для минимизации задержки, вносимой устройством, основными из которых являются:

- Компромисс между буферизацией очереди входящего трафика и сведением к минимуму задержки обработки в очереди, при этом, не допуская превышения памяти буфера над определенным требуемым значением
- Программно настраиваемый размер для каждой аппаратной очереди, позволяющий достигнуть минимального размера очереди для наиболее критичных во времени приложений.
- Программно настраиваемый приоритет очереди, дающий возможность в первую очередь проводить сериализацию критичного во времени трафика

Установка профилей трафика.

В дополнение к используемым методам управления перегрузками, LE – OS предоставляет возможности установки профилей трафика, подобно DiffServ модели. Это дает возможность сервис провайдеру настраивать сеть таким образом, чтобы трафик, который выходит за пределы профиля, мог отбрасываться сразу при наступлении коллизий. При отсутствии перегрузок в сети входящий трафик, если он выходит из профиля, помечается, как трафик низкого профиля. Далее трафик передается через сеть. Если перегрузки возникают далее в сети, и если трафик помечен, как вне профиля, то пакет может быть отброшен.



Профили трафика ассоциируются с портом и содержат в себе:

- **Низкая информационная скорость.** Трафик, имеющий скорость выше данного значения, помечается.
- **Высокая информационная скорость.** Трафик, имеющий скорость выше данного значения, отбрасывается.

Дополнительно к поддержке традиционной DiffServ модели LE – OS поддерживает также профилирование трафика для DSCP, IP TOS, IEEE 802.1D.

Автоматическое предоставление сервиса.

World Wide Packets LightingEdge Network Supervisor (LE – NS) модуль предоставления сервиса позволяет осуществить полностью автоматизированное формирование QoS внутри LightingEdge сети доступа. Использование этого набора инструментов позволит достигнуть существенного сокращения OPEX по сравнению с ручной настройкой параметров.

Используя LE – NS оператор сети имеет возможность легкой настройки SLA и определения предоставляемых сервисов, которые затем обслуживаются пользователями. На этапе формирования сервиса LE – NS программирует требуемые параметры QoS на всех устройствах в сети, задействованных для предоставления данного сервиса. Алгоритм, используемый для применения QoS к устройствам, оптимизирует использование QoS в устройствах.

LE – NS поддерживает полностью автоматизированную конфигурацию VLAN связности, инкапсуляцию сервисов и уровни сервисов сетевых элементов LightingEdge в любой топологии, включая кольца, звездообразную и смешанную реализации.

3.2 Надежность и устойчивость LE – OS.

LE – OS предоставляет требуемую надежность и доступность carrier класса, ожидаемые сегодня всеми операторами для сетей доступа. Реализация этих функций базируется на следующих возможностях:

- Модульная архитектура программного обеспечения с ядром реального времени
- Лидирующая в индустрии реализация Rapid Spanning Tree протокола (IEEE 802.1w), которая может быть настроена для поддержки 50 мс времени восстановления
- IEEE 802.3ad Link Aggregation

LE – OS является операционной системой реального времени с модульной архитектурой, что гарантирует надежность и высокую доступность за счет защищенности от полного отказа операционной системы.

Для поддержки приемлемых уровней сервисов в период изменения топологии сети, реконвергенция сети должна проходить в течение времени 200 мс и менее, что существенно быстрее, чем стандартная схема RSTP.

LE – OS позволяет осуществить оптимизацию RSTP времени сходимости до времени менее 200 мс, а во многих случаях менее 50 мс. Такая оптимизация позволяет реализовать критичные во времени приложения с уровнем надежности, близким к SONET/SDH сетям.

Эти расширения могут быть классифицированы, используя такую же терминологию, как и RSTP расширения, определенные в IEEE 802.1w (сейчас часть стандарта IEEE 802.1D – 2004).

Они включают в себя:

- Более эффективные машины состояний
- Более эффективный процесс обнаружения

Расширения, реализованные в LE – OS, являются полностью совместимыми и гарантируют взаимодействие с IEEE STP и RSTP, что гарантирует их работу в мультивендорных сетях без каких-либо модификаций BPDU. Уменьшение времени сходимости достигается за счет оптимизации аппаратной платформы аппаратной платформы и программного обеспечения, как для обнаружения состояний неисправности сети, так и для оптимизации самого протокола. World Wide Packets продолжает улучшать качество RSTP сходимости для достижения лучшего времени конвергенции.

Качество RSTP LightingEdge.

Измерение времени сходимости RSTP протокола проводится на кольцевой топологии. В период тестирования изменяется ряд параметров для покрытия максимального количества возможных вариантов. В качестве варьируемых параметров выступают:

- Диаметр кольца: число устройств, представленных в кольце.
- Размер таблицы MAC адресов: число MAC адресов, представленных в таблицах пересылки в период тестирования.

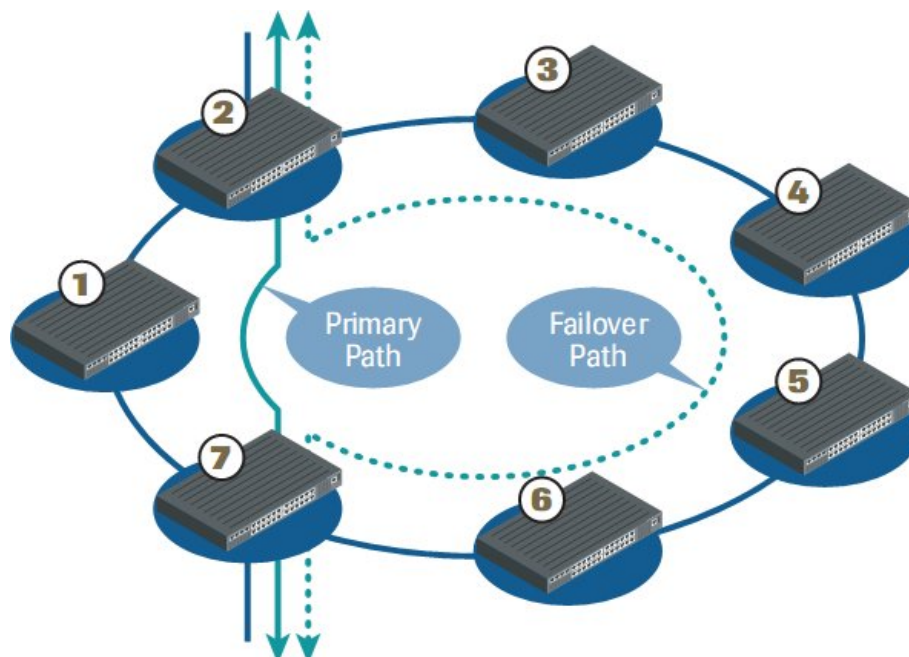


Рис. 9 Типовая схема испытания времени сходимости RSTP

- Причина изменения топологии: неисправность соединения, неисправность моста, новый корневой мост.

Типовая конфигурация представляет собой кольцо из 7 устройств. Устройство 1 является корневым мостом (рисунок 9). Трафик передается от устройства 7 к устройству 2. Основной путь между 7 и 2 проходит через устройство 1. Для тестирования времени сходимости выключается соединение между устройствами 1 и 7. После изменения топологии трафик будет передаваться через устройства 3, 4, 5 и 6. Количество фреймов, отброшенных в период неисправности, используется для определения общего времени, требуемого для перенаправления трафика. Это время считается временем восстановления.

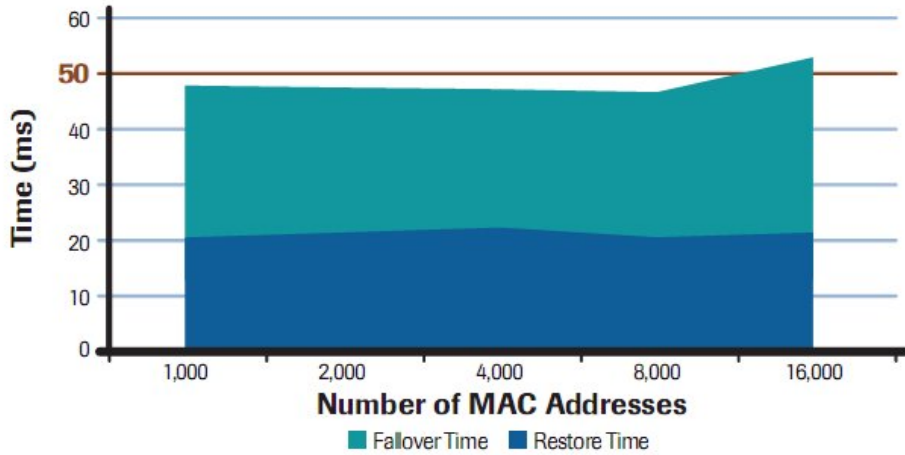


Рис. 10 Время восстановления в зависимости от размера MAC таблицы (кольцо из 7 узлов)

Размер таблицы MAC адресов, представленных в таблице пересылки, влияет на качество RSTP. Когда происходит изменение топологии, таблице пересылки необходимо обновиться для пересылки трафика по резервному пути. Размер таблицы MAC адресов начинает существенно влиять на скорость сходимости, начиная с определенной величины, в представленном примере это приблизительно 10000 адресов.

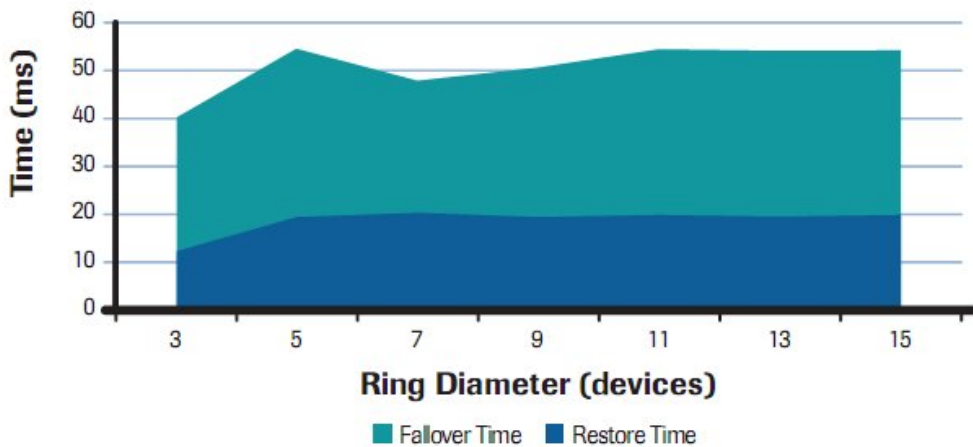


Рис. 11 Время восстановления в зависимости от диаметра кольца (2000 MAC адресов)

На рисунке 11 представлена зависимость времени восстановления от диаметра кольца. С ростом количества элементов в кольце большее количество BPDU необходимо для обмена информацией, что приводит к увеличению времени обнаружения аварии. Важным фактором в зависимости является то, что время восстановления увеличивается монотонно и предсказуемо.

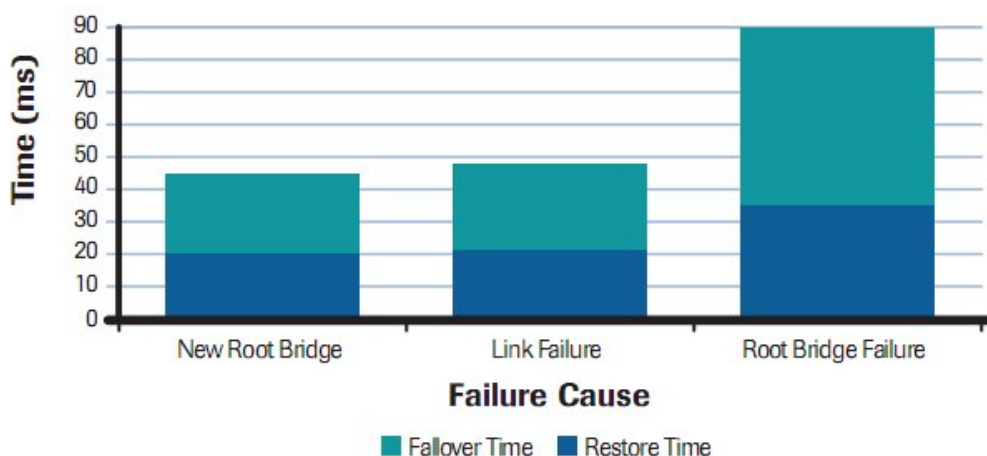


Рис. 12 Время восстановления при изменении топологии сети (7 узлов, 1000 MAC адресов)

На рисунке 12 показана зависимость времени восстановления сети при изменении ее топологии. Представлены три возможных варианта: новый корневой мост, неисправность линка и неисправность корневого моста. Наибольшее время сходимости соответствует неисправности корневого моста.

Поддержка Link Aggregation Group.

LE – OS поддерживает IEEE 802.3ad Link Aggregation, что позволяет объединить несколько физических портов в один логический порт. LE – OS Link Aggregation – это стандартизированная реализация 802.3ad и предоставляет взаимодействие и надежность соединения в случае, если связность одного из физических портов нарушается. LE – OS Link Aggregation включает в себя возможности резервирования агрегатного соединения, предоставляющего hot standby механизм восстановления, обеспечивающего механизм резервирования группы агрегации соединений. При восстановлении неисправного соединения может программироваться возврат на исходную конфигурацию. LE – OS также поддерживает входящие соглашения через агрегацию соединения, позволяя достичь более эффективного использования полосы пропускания между портами.

3.3 Возможности организации L2 VPN в LE – OS.

Традиционно организация виртуальных частных сетей строилась исключительно с использованием технологий 3 уровня, однако в течение последних лет интенсивно развивается и занимает свою долю на рынке направление L2 VPN. Причина такого прогресса относительно проста: реализация L2 VPN существенно проще и дешевле, чем L3 VPN.

L3 VPN инфраструктура разрабатывалась, как набор расширений к BGP протоколу (MBGP), в результате чего:

- Она более сложна в реализации

- Требуется большего числа сложных протоколов
- Требуется большей мощности обработки
- Требуется от пользователей обмена своими таблицами маршрутизации
- Требуется наличия протоколов маршрутизации на границе между сетями провайдера и пользователя
- Ограниченные реализации QoS и SLA
- Требования к пространству маршрутизации и памяти BGP протокола приводят к большому числу расчетов маршрутов, что приводит к резкому удорожанию стоимости

Эти недостатки привели к ограниченному использованию L3 VPN в сетях Metro Ethernet и практически исключили их применение на сетях Ethernet доступа. Чтобы решить эти задачи были начаты разработки более экономичных моделей L2 VPN, которые обеспечивают:

- Более легкое предоставление сервисов
- Упрощают архитектуру Control Plane
- Полную прозрачность к инфраструктуре маршрутизации пользователя
- Прозрачность к выбору пользователем методик безопасности/криптографии
- Расширенные QoS для транспортной инфраструктуры

В зависимости от типа сетевого устройства LE - OS позволяет реализовать различные схемы организации L2 VPN.

- Ethernet Q – in – Q L2 VPN
- Ethernet Provider Bridge
- MPLS L2 VPN

3.4 Реализация Ethernet OAM в LE – OS.

Общие сведения.

IEEE 802.3ah Ethernet OAM определяет стандарт для управления, администрирования и поддержки (OAM) уровня управления соединениями данных внутри 2 уровня OSI иерархии. Он предоставляет механизмы для мониторинга состояния соединения, такие как удаленная индикация аварий и удаленная установка петли. Важно отметить, что данная OAM функциональность применяется к Ethernet соединениям точка – точка. Протоколы более высокого уровня несут ответственность за организацию OAM для полного соединения, состоящего из набора соединений точка – точка.

Одной из ключевых функциональностей, которая может быть реализована с использованием OAM, является организация режима удаленной петли. Удаленная петля - это механизм с

помощью которого удаленный узел переводится в тестовый режим, в котором все фреймы, посылаемые на удаленный узел, возвращаются обратно без изменения. Возвращенные фреймы затем анализируются для определения качества соединения.

Другой полезной функцией OAM диагностика событий, которая позволяет формировать статистику работы каждого соединения в отдельности. OAM функционал реализуется только в случае, когда в соответствующих узлах включен данный режим. Процесс OAM запускается с помощью процедуры обнаружения.

OAM информация передается в так называемых Slow Protocol фреймах, называемых OAMPDU. OAMPDU должны быть фреймами стандартной длины (64 – 1518 октетов) и untagged. Согласно стандарту в течение одной секунды могут передаваться до 10 OAMPDU.

Обнаружение – это процесс, с помощью которого OAM устройства начинают понимать друг друга. OAMPDU используется для обмена OAM информацией. В дополнение к этому, поле флага OAMPDU используется для индикации текущего состояния OAM обнаружения. После его завершения между OAM устройствами может происходить обмен OAM командами/сообщениями. Процесс обнаружения автоматически перезапускается в случае, если OAM устройство не принимает OAMPDU от соседнего устройства в течение 5 секунд.

Принцип работы OAM удаленной петли.

OAM удаленная петля – это возможность тестирования качества/производительности и изоляции аварий соединений за счет пересылки фреймов от локального узла и их возврата с удаленного узла без изменения. Таким образом, организация петли прекращает нормальное функционирование соединения, в том числе процедуры пересылки и обнаружения пакетов. Любые сервисы, поддерживаемые портами и соединениями, прекращаются. В связи с этим LE – OS дает возможность также настраивать порт для игнорирования запросов на установление петли.

OAM петля может инициироваться только тем устройством, в котором установлена активация OAM режима. В редких случаях, когда два устройства, установленные в активный OAM режим, одновременно отправляют запрос на установку петли друг другу, один узел отбрасывает свой запрос и принимает команду удаленного узла.

События соединений.

802.3ah OAM использует два типа событий соединений: критические события и не критические события. Критические события соединений сигнализируются на удаленный узел за счет установки соответствующего флага в заголовке OAMPDU фрейма. Не критические события передаются с использованием PDU нотификации событий. Поле данных события OAMPDU содержит TLV.

Критические события.

Критические события генерируются при наступлении следующих состояний:

- Dying Gasp. Генерируется при инициировании администратором команды перегрузки, выключении питания или наличия фатальной ошибки программного обеспечения.
- Критическое событие узла. Генерируется, когда температура узла покидает допустимые пределы, уменьшается ниже порога скорость вентилятора или он отключается.

Некритичные события.

Уведомления о наличии некритичных событий посылаются в случае наступления:

- Событие ошибки фрейма. Генерируется, если количество ошибочных фреймов больше или равно заданному порогу.
- Событие периода ошибки фрейма. Генерируется, если количество ошибочных фреймов в течение установленного периода времени больше или равно заданному порогу.
- Отчет о секундах с ошибочными фреймами. Генерируется, если число секунд с ошибочными фреймами больше или равно заданного порога в течение этого периода времени. Секунда с ошибочным фреймом – это 1 секундный интервал, в течение которого обнаружена как минимум одна ошибка фрейма.

4. LightingEdge Service Aggregation Switches.

Lighting Edge 3300 (LE – 3300) Service Aggregation Switch является интегрированной частью портфеля решений World Wide Packets Carrier Ethernet и поддерживает все основные сервисы Carrier Ethernet, такие как ELINE, EVPL, ELAN и TLS. LE – 3300 разработан для предоставления надежных, масштабируемых и экономичных Ethernet сервисов, включающих в себя Ethernet FTTH для корпоративных и физических пользователей, triple play, транспортная инфраструктура для систем широкополосного доступа и Ethernet DSLAM агрегация.

LE – 3300 представляет собой единую систему и наборы сервисов вместе с модульной архитектурой, используя LE – OS. LE – OS – это Ethernet/MPLS операционная система carrier класса, поддерживаемая всей продуктовой линейкой. LE – 3300 SAS оптимизирован для использования на границе Metro сети, позволяя организовать связность Gigabit Ethernet высокой плотности на границе с сетью пользователя и высококачественные 10 Gigabit Ethernet соединения к опорной сети сервис провайдера. Каждый LE – 3300 модуль управления и линейный модуль поддерживает расширенные LE – OS функциональные атрибуты, такие как QoS carrier класса, защита соединения и пути, безопасность сервиса и управление сетью.

4.1 Физическая архитектура LE – 3300.

Разработанный для организации точек присутствия Carrier Ethernet, в которых занимаемое оборудованием пространство является одним из важнейших факторов, LE – 3300 объединяет внутри себя компактное шасси и высокую плотность GBE/10GBE портов, что позволяет достичь оптимизации плотности портов и гибкости сервиса с эффективным использованием занимаемого пространства.



Рис. 13 Архитектура LE - 3300

LE – 3300 поддерживает до 120xGBE портов или до 10x10GBE портов в шасси высотой 6RU (266.7 мм). Шасси LE – 3300 состоит из 7 горизонтальных слотов (рисунок 13). Слоты 1 и 2 используются для установки в них модулей центральных процессоров (слот 1 – для основного, слот 2 – для резервного, рисунок 14). Слоты 3 - 7 используются для установки линейных модулей.

LE – 3300 поддерживает следующие типы линейных модулей (рисунок 14):

- 24xGbE линейный модуль на базе SFP
- 2x10GbE линейный модуль на базе XFP



Рис. 14 Встраиваемые модули LE - 3300

Для большей плотности размещения портов и компактности в LE – 3300 используется горизонтальное расположение модулей. В связи с этим обязательным требованием является наличие модуля охлаждения, устанавливаемого, как показано на рисунке 13. LE – 3300 поставляется в двух вариантах AC (~220/110 В) или DC (-48 В). Поддерживается резервирование модулей питания. На рисунке 15 показаны вид спереди LE – 3300, а также варианты вида сзади для AC и DC питания.



Рис. 15 Внешний вид LE - 3300

Операторы и провайдеры, имеющие ограничения занимаемого пространства, могут реализовать данное компактное решение, используя стратегию “pay as you grow”. Это позволит в будущем осуществлять быстрое и легкое расширение для поддержки растущей пользовательской базы и существенной экономии инвестиций.

4.2 Платформа для организации транспортной архитектуры Carrier Ethernet.

LE – 3300 был задуман и разработан для предоставления сервис провайдером набора транспортных опций Carrier Ethernet, включающих в себя PBB – TE, Q – in – Q и MPLS. World Wide Packets является одним из лидеров в индустрии, реализующих PBB – TE. PBB – TE сегодня является

инновационной технологией, целью которой является расширение и адаптация Ethernet для предоставления транспортной среды carrier класса в Metro и WAN сетях.

Как одна из первых в мире PBB – TE совместимых Carrier Ethernet платформ коммутации, LE – 3300 предоставляет надежное и экономичное транспортное решение, являющееся идеальным для доставки широкого набора новых сервисов в сети с быстрым ростом пользовательской базы. Набор функциональных возможностей, реализованных в LE – 3300, включает в себя протокол тунелирования и продвинутые механизмы управления, которые дают возможность предоставления в сетях сервис провайдеров услуг точка – точка с высоким уровнем масштабируемости, надежности, управляемости и безопасности.

Базируясь на расширениях существующих Ethernet стандартов, PBB – TE совместимые продукты гарантируют совместимость с существующими Ethernet реализациями. Такая совместимость позволяет LE – 3300 предоставлять широкий спектр связанных сервисов с гарантированной QoS миллионам пользователей, обеспечивая бесшовное взаимодействие с существующей инсталлированной базой мультивендорных систем коммутации и маршрутизации, которые не поддерживают PBB – TE.

За счет таких преимуществ, PBB – TE интеграция доступна без каких-либо существенных изменений в существующем сетевом оборудовании или архитектуры сети, что делает LE – 3300 идеальным решением для защиты существующих инвестиций в сеть.

Другими ключевыми особенностями являются:

- Масштабируемость до 16 млн. сервисных состояний
- Сверхбыстрое восстановление сервиса
- Гибкость мульти протокольного транспорта
- QoS carrier класса
- E2E управление с Carrier Ethernet OAM

PBB – TE Dual Homing гарантирует, что требуемый маршрут пользовательского трафика организуется через магистральную сеть с использованием основного пути и пути восстановления. LE – 3300 PBB – TE реализация использует IEEE 802.1ag Connectivity Fault Management механизмы для обнаружения аварий, что позволяет достигнуть времени восстановления сервисов, соизмеримого с временем восстановления сервисов в SDH сетях.

LE – 3300 поддерживает чрезвычайно гибкую VLAN инкапсуляцию, позволяющую операторам реализовать сервисы различных пользователей с заданной обработкой на различных уровнях.

LE – 3300 предоставляет следующие возможности:

- Улучшенная масштабируемость с возможностью перекрытия VLAN – ID, до 4096 VLAN на порт.
- Гибкая маркировка приоритетов, возможность обработки приоритетов различных пользователей, уровней сети и сервисов

- Гибкая манипуляция тегами на уровнях: untagged, single & double tagged комбинации, прозрачные и туннелируемые
- Гибкая классификация потока для нужд логических потоков и обработки трафика
- Гибкая манипуляция EType для различных приложений
- Идентификация пользователя и упаковка обслуживаемых параметров для требований сетей операторов
- Полностью MEF совместимые сервисы для всех схем обработки тегов

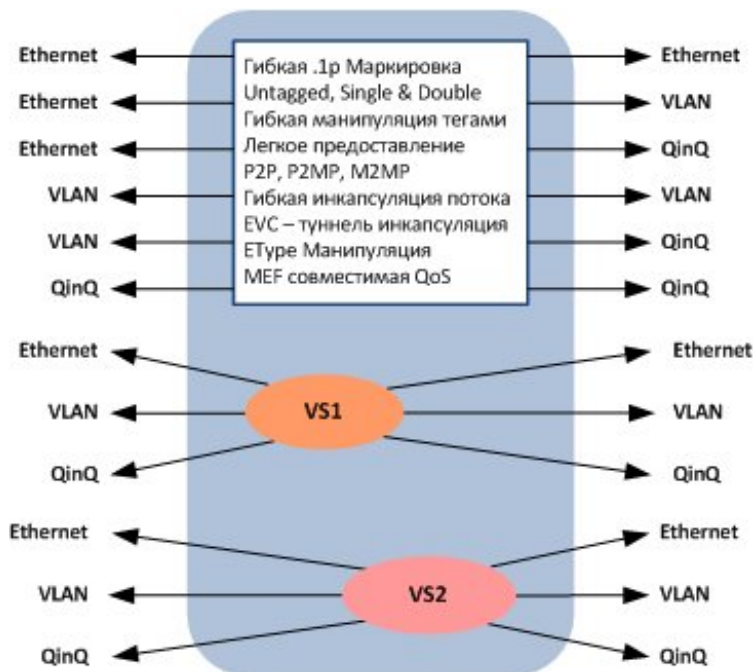


Рис. 15 Поддержка IEEE 802.1q и IEEE 802.1ad

4.3 Высокая доступность, надежность и быстрое восстановление сервиса.

LE – 3300 представляет собой архитектуру carrier класса и удовлетворяет задачам обеспечения непрерывной доступности системы и ее надежности для реализации сетей Carrier Ethernet. LE – 3300 надежность carrier класса поддерживается за счет специализированной аппаратной платформы, гарантирующей высокую надежность и безотказность:

- Возможность горячей замены любого модуля: центральный процессор, линейные модули и их компоненты, модуль вентиляции, источники питания и модуль аварийных контактов
- 1:1 резервирование центрального процессора
- Защита соединений для 10GBE и GBE интерфейсов от неисправностей оборудования и сети передачи
- 1+1 резервирование источников питания AC и DC с балансировкой нагрузки

- Резервируемые компоненты модуля вентиляции для организации постоянного охлаждения устройства
- Compact Flash в центральном процессоре для быстрого доступа к базовому LE – OS ядру, LE – OS модулям загрузки, альтернативным LE – OS имиджам и специализированным файлам конфигурации

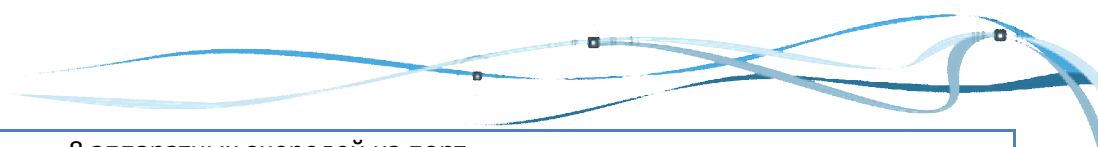
LE – 3300 предоставляет надежность программного обеспечения, необходимую для максимизации % времени работы сети за счет поддержки следующих основных возможностей:

- Модульная распределенная LE – OS архитектура программного обеспечения с ядром реального времени
- Лидирующая в индустрии надежность с RSTP (IEEE 802.1w) с временем восстановления ~50 мс
- Индустриальный стандарт IEEE 802.3ad Link Aggregation с LACP
- E2E надежность сервисов с использованием CFM (IEEE 802.1ag)

В таблице 2 приведены основные функциональные параметры LE – 3300.

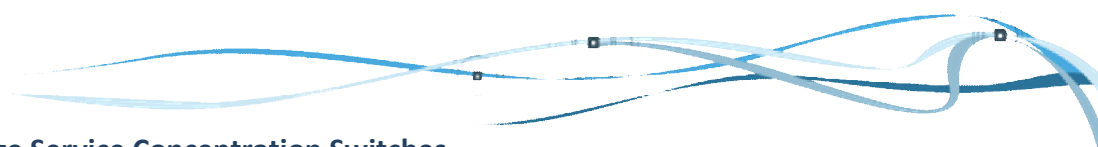
Таблица 2. Основные возможности LE – 3300

Функционал	Описание
Ethernet	100 Гбит/с распределенная матрица коммутации 4096 конкурентных VLAN на порт Частные VLAN IEEE 802.3x, z, ae, d, w, s, ag, ad, d, q, AB, qay Port Protection Link Aggregation PBT Multi-Homed Protection Failover VLAN tunneling L2 Control Frame Tunneling 81 – 00, 91 – 00, 88 – a8 Ethertype support
Quality Of Service	Входящие соглашения: two rate / three color маркировка Выходящий формирователь трафика Классификация: порт, VLAN (untagged, single tag, double tag) L2 – L3 & L3 – L2 QoS маркировка/перемаркировка Push, Pop, Stamp нескольких Ethertypes



	<p>8 аппаратных очередей на порт</p> <p>CIR & EIR</p> <p>EBS, CBS</p> <p>DiffServ</p> <p>DiffServ re-marking</p>
Безопасность сервиса	<p>Управление доступом пользователя для потока, пункта назначения, VLAN</p> <p>L2/L3/L4 фильтрация</p> <p>VI (для порта и VLAN) контроль</p>
Ethernet OAM	<p>IEEE 802.1ag Connectivity Fault management</p> <p>IEEE 802.1ah фильтрация</p> <p>IEEE 802.1AB Link Layer Discovery Protocol</p> <p>Y.1731 Performance Monitoring</p> <p>Port Mirroring</p>
Multicast	<p>IGMP Snooping</p> <p>IGMP v2/v3</p> <p>Enhanced Multicast Forwarding</p> <p>IGMP Proxy</p>
Доступность сети и системы	<p>1:1 резервирование центрального процессора (активный и резервный)</p> <p>1+1 резервирование AC и DC питания</p> <p>Резервирование системы охлаждения</p> <p>Загрузка с Compact Flash</p> <p>2 уровневая структура обновления программного обеспечения</p> <p>Link Aggregation & dual homing</p>
Габариты	10.50" H x 17.6" W x 15.75" (266.7 mm x 447.0 mm x 400.05 mm)
Вес	88 lb. (39.9 kg)
Рабочая температура	0° C ... +40° C
Относительная влажность	5% ... 90%

Температура хранения	-25 ⁰ С ... +70 ⁰ С	
Электропитание	АС питание 220 В /50 Гц	DC питание – 48 В (-40 .. – 59 В)
	Максимальная потребляемая мощность 1000 Вт	Максимальная потребляемая мощность 1000 Вт



5. Lighting Edge Service Concentration Switches.

Lighting Edge SCS – это семейство Carrier Ethernet коммутаторов, предоставляющее продвинутое сервисы операторского класса, оптимизированные для максимально экономичной доставки услуг физическим и корпоративным пользователям. SCS имеют возможность конфигурироваться с медными и оптическими физическими интерфейсами, резервируемыми вентиляторами и встраиваемыми резервируемыми источниками питания AC или DC. Все семейство SCS использует блоки базового программного обеспечения LE – OS.

Возможность передачи любой комбинации трафика услуг голоса, видео и передачи данных пользователям сети, осуществляется за счет высококачественной Ethernet коммутации от 100 Мбит/с до 1 Гбит/с, максимизируя при этом потенциал получения прибыли, вместе с сокращением стоимости начального развития и операционной стоимости. Оборудование включает в себя дополнительные возможности, такие как гарантированная и точная QoS для любого приложения, быстрое восстановление сервисов в случае возникновения проблем в сети или с оборудованием, а также дополнительные сервисы, такие как World Wide Packets ChannelStream, гарантирующий предоставление широкого класса multicast сервисов без сложностей и высокой стоимости сервисов традиционных multicast маршрутизаторов.

5.1 Архитектура Lighting Edge SCS.

Семейство Lighting Edge SCS состоит из двух типов Carrier Ethernet концентраторов:

LE – 327 (рисунок 16).

- 24 порта 100 Мбит/с на базе SFP
- 4 порта 1 Гбит/с на базе SFP
- 2 слота для источников питания (основной и резервный), питание AC или DC
- Высота 1 RU
- MEF сертификат EPL/EVPL
- NEBS Level 3 сертификат

LE – 427 (рисунок 17).

- 16 x Gigabit Ethernet портов на базе SFP
- 2 слота для источников питания (основной и резервный), питание AC или DC
- 1+1 резервирование блоков вентиляции
- Высота 1 RU
- MEF сертификат EPL/EVPL
- NEBS Level 3 сертификат



Рис. 16 Внешний вид и компоненты LE - 327

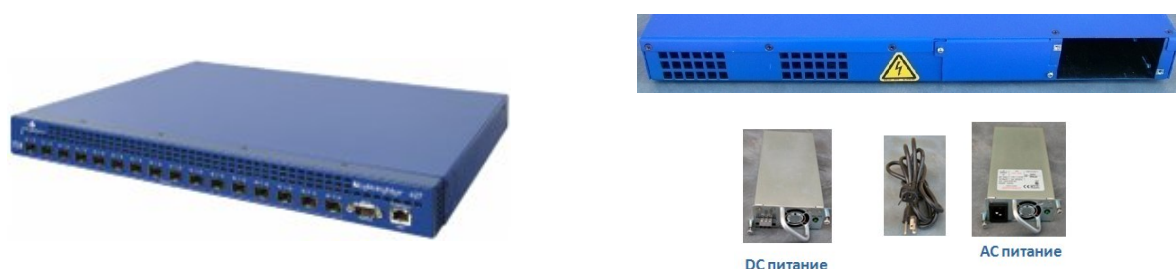


Рис. 16 Внешний вид и компоненты LE - 427

Мощный аппаратный дизайн, объединенный с функциональными возможностями LE – OS, позволяет использовать SCS в качестве мощных коммутаторов агрегации для концентрации и интеграции Ethernet трафика от пограничных устройств.

SCS агрегирует Ethernet трафик и передает его за пределы локальной географической сети. Платформа задумана и разработана для поддержки большого количества различных пользователей внутри одного семейства и может предоставлять сервисы передачи голоса, видео и данных любому из этих пользователей. Оборудование обладает высокой плотностью Gigabit Ethernet портов и использует современную технологию SFP модулей. SFP модуль – это компактное устройство передачи сигнала по оптическому волокну, позволяющее организовывать соединения точка – точка на расстояниях до 100 км. Преимуществами использования такой технологии являются повышенная гибкость, универсальность и уменьшение стоимости реализации.

LE – 327 и LE – 427 имеют компактный дизайн и поддерживают гибкую конфигурацию источников питания. Источники питания организуют резервируемую структуру, реализуемую на базе 2 специализированных слотов, в которые устанавливаются основной и резервный источники питания. Поддерживаются варианты AC и DC питания. LE – 427 также поддерживает резервирование модулей вентиляции.

5.2 Поддержка сервисов мультикастинга.

SCS поддерживают мощный набор программных инструментов для передачи multicast сервисов. Эти инструменты включают в себя:

- Поддержку до 1024 групп мультикастинга

- IGMP Snooping
- Управление ширококестельными штормами
- Широкий набор multicast фильтров
- QoS

Надежность передачи multicast сервисов увеличивается за счет использования Resilient Multicast Distribution (RMD) для непосредственного восстановления при неисправности соединения или оборудования. Улучшенная безопасность предоставления сервисов достигается за счет предотвращения multicast и broadcast DoS атак. Наиболее полное предоставление multicast сервисов гарантируется продвинутыми CIR и EIR.

SCS также реализуют инновационную методику оптимизированной multicast передачи видео приложений. ChannelStream и StreamCast являются продвинутыми реализациями multicast передачи, поддерживающие высокоэффективную IP доставку видео контента, разгружая тем самым маршрутизаторы и предоставляя сервисы практически без их участия.

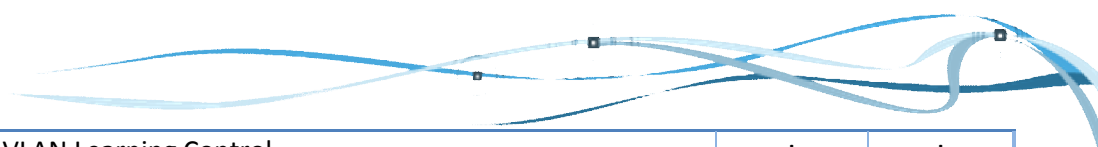
ChannelStream – это один из наиболее эффективных методов ширококестельной передачи IP видео трафика. Он вставляет multicast контент на любом уровне сети, в отличие от неэффективного использования централизованных маршрутизаторов, которые потенциально являются узким местом в сети при передаче потока контента.

StreamCast предоставляет такую же эффективность для приложений IP видеоконференций. За счет поддержки полносвязной смешанной реализации с одним или более источников в каждом узле смешанной топологии. StreamCast также исключает необходимость в централизованном multicast маршрутизаторе.

Таблица 2. Основные параметры SCS.

Тип сервиса	Описание	LE – 327	LE – 427
Ethernet	VLAN tunneling (Q-in-Q) for Transparent LAN Services (TLS)	+	+
	Layer 2 Control Frame Tunneling	+	+
	IEEE 802.3u (Fast Ethernet)	+	-
	IEEE 802.3x, z, d, q, ad, ab, ah, s	+	+
	MEF сертифицированный продукт MEF 9 & 14	+	+
	VLAN Translation	+	+
Multicast управление	ChannelStream™	+	+
	IGMPv2 Snooping (RFC 2236)	+	+
	IGMP Domains	+	+

	IGMP Message Filtering	+	+
	Inquisitive Leave	+	+
	Broadcast/Multicast Storm Control	+	+
	StreamCast™	+	+
	ResilientStream™	+	+
	Unknown Multicast Filtering	+	+
	Well-known Protocol Forwarding	+	+
Емкость таблицы MAC адресов	20,480	+	+
Quality Of Service	128 уровней сервисов	+	+
	8 аппаратных очередей на порт	+	+
	CIR & EIR	+	+
	Классификация IEEE 802.1D, VLAN, порт источника/ назначения, TCP/UDP порт, DSCP, DSCP группа, IP precedence	+	+
	QoS 2, 3, 4 уровней	+	+
	DiffServ	+	+
Защита соединения и пути	Ручная агрегация соединения	+	+
	IEEE 802.3ad LACP	+	+
	IEEE 802.1w RSTP (now in .1D)	+	+
	Spanning Tree Domains	+	+
	RSTP Self Loop Detection	+	+
Безопасность	Ограничения по входящим портам	+	+
	Фильтрация 2, 3 и 4 уровней	+	+
	802.1x Port-based Network Access Control	+	+
	RADIUS, SSH2, DHCP option 82, SFTP, управление правами пользователя	+	+
	Per-port or per-VLAN Service Access Control	+	+



	Per VLAN Learning Control	+	+
Управление сетью	SNMP, SNMP MIB II (RFC 1213), Y.1731 Performance Monitoring, IEEE 802.1ag Connectivity Fault Management	+	+
	Per-VLAN Statistics, Bridge MIB (RFC 1493), MIB II interfaces (RFC 1573), RMON MIB (RFC 1757), RMON II (RFC 2021), Ethernet-like Interface MIB (RFC 1643)	+	+
	Enhanced CLI, DHCP Client (RFC 2131), DHCP Relay, CLI-based configuration files, NTP Client (RFC 1305), CPU Load Query	+	+
	DNS Client (RFC 1035), Device Archive, RADIUS Client, Syslog, Syslog Accounting, Local Console Port	+	+
	Local Console Port, Port Mirroring, Port State Mirroring, Protocol Filtering, Broadcast Containment, Telnet Server	+	+
	Fault Detection (Traceroute, packet trace, IFG shaving)	+	+
Порты	4 x 1000 BASE-FX ports	+	-
	16 x 1000 BASE-FX ports	-	+
	24 x 100 BASE-FX ports	+	-
	1 x OOB Management port	+	+
	1 x Console Port (RS-232)	+	+
Габариты и вес	1.74" H x 17.5" W x 14.5" D (44.4mm x 444.5mm x 368.3mm), 14 lbs (6.35kg)	+	+

6. Lighting Edge Service Delivery Switches.

Семейство компактных Ethernet коммутаторов Lighting Edge SDS предоставляет расширенные сервисы carrier класса, оптимизированные для экономичного предоставления сервисов для физических и корпоративных пользователей. Устанавливаемые на границе сети пользователя и сети доступа, компактные устройства Lighting Edge SDS являются идеальными для предоставления Carrier Ethernet сервисов в MTU и MDU. Компактный дизайн аппаратной платформы в сочетании с широким набором функциональных возможностей общей операционной системы LE – OS позволяет использовать SDS в качестве мощных пользовательских коммутаторов, или устройств доступа для концентрации и интегрирования Ethernet трафика других пользовательских устройств.

Применение SDS позволяет оптимизировать управление, предсказуемость и качество сервиса для предоставления полного спектра сервисов для корпоративных и физических пользователей.

Lighting Edge SDS семейство включает в себя следующие устройства:

- LE – 310
- LE – 311
- LE – 311v
- LE – 46
- LE – 58H

6.1 Lighting Edge 311v.

LE – 311v является первым устройством нового поколения Ethernet коммутаторов, специально разработанным для организации транспорта Ethernet пакетов через WAN. Возможности предоставления последних достижений Ethernet транспорта, таких как PBB – TE, внутри LE – 311v позволяет сервис провайдерам незамедлительно удовлетворять требованиям пользователей для текущих и ожидаемых сервисов, обеспечивая вместе с этим основу для быстрой и недорогой передачи через единую конвергентную сетевую инфраструктуру Carrier Ethernet.

World Wide Packets является лидером в разработке и реализации PBB – TE и одним из немногих вендоров на рынке, предоставляющих решения, поддерживающие одновременно MPLS и PBB – TE решения внутри одного и того же устройства. За счет поддержки этих технологий в едином устройстве, LE – 311v дает максимальную гибкость, позволяя пользователям и провайдерам выделять, смешивать и согласовывать различные технологии WAN транспорта для текущих и будущих нужд оператора.

PBB – TE и MPLS реализации в LE – 311v являются опциями LE – OS. Программная инфраструктура LE – OS предоставляет расширенный набор Ethernet сервисов, включая OAM, QoS, безопасность и высокую доступность. Эти программные функции, объединенные с высоким качеством и компактностью LE – 311v платформы, обеспечивает гибкость конфигурации и защиту инвестиций для операторов сети.

6.1.1 Архитектура LE – 311v.

На рисунке 17 показан внешний вид LE – 311v.



Рис. 17 Внешний вид LE – 311(v)

Устройство включает в себя 24x10/100BaseT (RJ – 45) порта и 4xGbE оптических порта на базе SFP модулей. Разработанный для реализации высокой доступности, LE – 311v имеет резервируемые модули вентиляции и встраиваемые источники питания. Поддерживается схема резервирования 1+1, возможны варианты AC и DC питания. Вся платформа занимает 1RU (17.5"/44.2 мм).

6.1.2 Реализация MPLS сервисов.

Сегодня MPLS рассматривается, как одна из ключевых конвергентных технологий, позволяющая сетевым провайдерам предлагать широкий набор сервисов через географически распределенную среду с возможностями QoS, инжиниринга трафика и восстановления сервиса за время <50 мс.

Поддержка MPLS в LE – 311v позволяет предоставлять несколько сервисов одновременно через единую инфраструктуру Carrier Ethernet с требуемым качеством, надежностью и гарантией гибкого выделения полосы пропускания.

Реализация MPLS в LE – 311v поддерживает организацию MPLS псевдосоединений (VPWS – Virtual Private Wire Services) и MPLS/VPLS Hierarchical Virtual Private LAN Services (H – VPLS), расширяя функциональность и масштабируемость опорных MPLS сетей до уровней сетей доступа к конечным пользователям.

Поддержка LE – 311v MPLS/VPLS предоставляет операторам ряд важных функциональных возможностей:

- MPLS псевдосоединения дают возможность организации E – Line Ethernet виртуальных соединений для организации связи с удаленными узлами через MPLS опорную сеть.
- H – VPLS сервис поддерживает организацию прозрачных LAN сервисов через большие географические области.
- Ethernet VLAN и E – Line могут туннелироваться через MPLS псевдосоединения, предоставляя возможности L2 VPN сервисов, расширяя общую MPLS Metro и опорную сеть

- Ethernet VLAN, EVPL, MPLS псевдосоединения и VPLS сервисы могут предоставляться внутри единой системы LE – 311v. Такая гибкость предоставления сервисов обеспечивают защиту инвестиций и позволяет оператору сети минимизировать свои операционные затраты вместе с предоставлением масштабируемости, конвергенции сервисов и высокого качества MPLS.
- MPLS туннели и VC (псевдосоединения) инкапсулируют пользовательские MAC адреса, позволяя тысячам конечных пользователей поддерживаться LE – 311v системой.

LE – 311v поддерживает статическую и динамическую конфигурацию MPLS L2 VPN. Динамическая конфигурация MPLS VC осуществляется с использованием LDP протокола. MPLS туннели (LSP) динамически конфигурируются с использованием RSVP – TE.

LE – 311v позволяет реализовать продвинутое MPLS функции повышения доступности системы и сети. Эти функции включают в себя:

- **Label Switch Path (LSP) Ping/Traceroute.** Улучшает MPLS диагностику и поиск неисправностей. LSP Ping/Traceroute позволяет осуществить верификацию LSP связности и отслеживает полный путь соединения шаг за шагом для идентификации местоположения аварии. Эти важные OAM инструменты позволяют оператору сети быстро обнаруживать и идентифицировать аварии в MPLS LSP.
- **MPLS Tunnel Protection, Primary and Backup.** Этот функционал позволяет LE – 311v статически или динамически создавать основные и резервные туннели для поддержки целостности трафика в случае аварии соединения или оборудования. При возникновении неисправности вдоль первичного пути пограничный LE – 311v обнаруживает ее через RSVP и переключает пользовательский трафик на резервный путь. Динамическое или статическое создание резервного туннеля представляет собой эффективную альтернативу MPLS Fast Reroute для резервирования основного LSP туннеля.
- **MPLS Tunnel Protection RSVP – TE Fast Reroute.** MPLS автоматически поддерживает целостность LSP после того, как он однажды был установлен с использованием RSVP. Однако, в период возникновения аварии на узле или соединении, потенциально существует возможность того, что LSP не смогут достаточно быстро восстановить трафик для поддержки надежного соединения. RSVP – TE Fast Reroute (RFC 3209), реализуемый в LE – 311v, осуществляет защиту LSP за счет возможности динамической локальной перемаршрутизации трафика в обход точки возникновения аварии. Такая реализация позволяет продолжать передачу трафика в период установления нового LSP.

LE – 311 SDS физически имеет такую же архитектуру, но не поддерживает реализацию PBB – TE и MPLS.

6.2 Архитектура LE – 310.

LE – 310 является упрощенной моделью и предназначен для предоставления сервисов в небольших бизнес центрах. Функционально он аналогичен LE – 311, но имеет ряд ограничений.

На рисунке 18 показан внешний вид LE – 310.

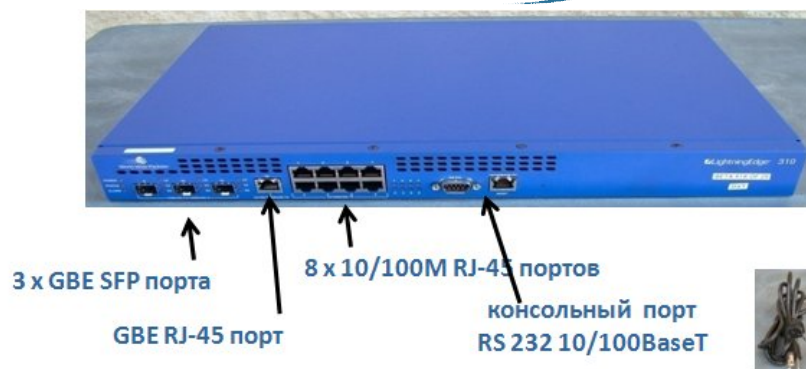


Рис. 18 Внешний вид LE - 310

В таблицах 3, 4 и 5 приведены основные параметры, функциональные возможности и применение SDS LE – 311v, LE – 311, LE – 310.

Таблица 3. Основные технические характеристики LE – 311, LE – 311v, LE – 310

Параметры	LE – 311v	LE – 311	LE - 310
Параметры пересылки			
Емкость матрицы коммутации, Гбит/с	12.8	12.8	9.6
Скорость пересылки, млн. пакетов в сек.	9.52	9.52	7.14
Конфигурация портов			
1000Base – X SFP	4	4	-
100/1000Base – X SFP	-	-	3
10/100/1000Base – TX (RJ 45)	-	-	1
10/100BaseT	24	24	8
Питание			
Встраиваемые модули	2	2	1
AC	+	+	+
DC	+	+	-
1+1 резервирование	+	+	-
MTBF, лет	10/20	10/20	10
Вентиляция			
1+1 резервирование	+	+	-

Таблица 4. Возможности коммутации

Параметры	LE – 311v	LE – 311	LE - 310
Масштабируемость			
Количество MAC адресов	20 480	20 480	2 896
Максимальный размер фрейма, байт	9 216	9 216	9 216
VLAN (802.1Q Full 4k Range)	4 096	4 096	256
Дополнительные возможности инкапсуляции			
Q – in – Q (802.1ad)	+	+	+
PBB – TE (802.1ay)	+	-	-
H – VPLS (Martini OSPF/LDP/RSVP – TE)	+	-	-
E – Type 0x88a8, 0x9100	+	-	-
Egress QoS			
Policing Dual Rate/Three Color CIR/EIR	+	+	+
Classification Ingress/Egress Port, VLAN, CoS	+	+	+
CoS – 802.1p/IP Prec/DiffServ	+	+	+
Ingress QoS			
Policing Dual Rate/Three Color CIR/EIR	+	-	-
Classification Ingress/Egress Port, VLAN, CoS	+	-	-
CoS – 802.1p/IP Prec/DiffServ	+	-	-
802.1p Marking – Based on CoS	+	-	-

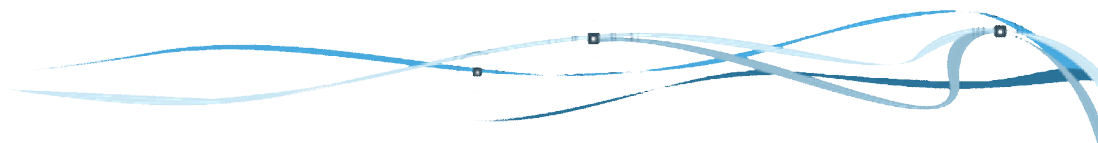


Таблица 5. Типовые приложения

Параметры	LE – 311v	LE – 311	LE - 310
Типовые приложения			
	Большие бизнес центры	Средние бизнес центры	Малые бизнес центры
Публичные сервисы			
Internet	+	+	+
VoIP	+	+	+
IPTV	+	+	+
Корпоративные L2 VPN сервисы			
MEF сервисы			
Ethernet Private Line/LAN	+	+	+
Ethernet Virtual Private Line/LAN	+	+	+
IETF сервисы			
H - VPLS	+	-	-
VPWS	+	-	-

6.3 LightingEdge 46 и 58H Service Delivery Switches.

LE – 46 и LE – 58H представляют собой недорогие абонентские выносы, устанавливаемые непосредственно в помещении конечного пользователя. Они предназначены для предоставления сервисов физическим пользователям и небольшим корпоративным клиентам.

LE – 46 является простейшим устройством и предназначен исключительно для внутреннего использования (рисунок 19). Он содержит в себе:

- 1x100M SFP uplink порт
- 4x10/100M RJ45, Q – in – Q, IGMP v2
- Встроенный VoIP шлюз 3 x POTS



Рис. 19 LE - 46

LE – 58H предназначен для наружного исполнения и состоит из (рисунок 20):

- 2 x 100/1000M SFP/RJ – 45 uplink
- 8 x 10/100M RJ – 45
- Опции: VoIP (3xPOTS), UPS, RF, HPVA



Рис. 20 LE – 58H