



استفاده از سرویس VPLS

برای ایجاد شبکه‌های شهری

تدوین و ترجمه: افسانه دشتی

اشاره

در شماره‌های قبل ماهنامه شبکه در زمینه شبکه‌های خصوصی مجازی (VPN) مطالبی ارائه شد. در تمام این مطالب شبکه‌های VPN در لایه سه ایجاد می‌شدند. در این شماره بر آنیم در مورد ایجاد شبکه‌های خصوصی مجازی در لایه‌های پایین تر و مزایای پیاده‌سازی این نوع شبکه‌ها برای سازمان‌ها، مطالبی را ارائه نماییم. برای تحقق این امر مهم Virtual Private LAN Service را که یکی از خلاقانه‌ترین روش‌های ارائه VPN در لایه دو است بررسی می‌کنیم. با گسترش امکان ارائه این سرویس، ایجاد شبکه‌های شهری مبتنی بر اترنت بسیار آسان شده است. در اینجا علاوه بر ارائه مطالبی درباره استانداردهای پیاده‌سازی این سرویس، روش‌های کنترل کیفیت، برقراری امنیت و مدیریت آن، نمونه‌ای از شبکه‌های پیاده‌سازی شده مبتنی بر این سرویس را نیز معرفی می‌کنیم.

تاریخچه

شبکه‌های خصوصی مجازی (VPN) در اوایل دهه ۱۹۸۰ به دنیای شبکه معرفی شدند. در آن زمان این شبکه‌ها با استفاده از خطوط استیجاری (Leased Line) ایجاد می‌شدند. در سال ۱۹۹۰ با توجه به تحولات در عرصه فناوری و پیدایش فناوری Frame Relay، ساختار شبکه‌های مجازی نیز تغییر کرد. در اواخر دهه ۹۰ یعنی زمانی که MPLS به دنیای شبکه پانهاد، انواع جدیدی از VPN‌ها معرفی شدند. در آن زمان این شبکه‌ها به طور کلی به سه گروه تقسیم می‌شدند:

دسته یکم: VPN‌های لایه سه که عموماً بر بستر IP پیاده‌سازی می‌شدند و به Virtual Private Routed Network موسوم بودند.

دسته دوم: VPN‌های لایه دو که به طور عمومی به صورت P2P تعریف می‌شدند و به Virtual Leased Line (VLL) معروف بودند.

دسته سوم: VPN‌های لایه دوایی که به صورت P2MP پیکربندی می‌شدند. این VPN‌ها برخلاف IP-VPN‌ها ترافیک غیر IP را نیز منتقل می‌نمودند.

سرویس VPLS چیست؟

سرویس VPLS که به TLS (Transparent LAN Service) نیز معروف است، در حقیقت یک سرویس اترنت P2MP است که می‌تواند یک یا چند ناحیه شهری را پوشش دهد و اتصال بین چندین سایت را که به یک LAN اترنت متصلند فراهم نماید. برخلاف سرویس اترنت P2MP که در حال حاضر روی بستری ارائه می‌شود که ترکیبی از سویچ‌های اترنت است، VPLS از زیرساخت IP-MPLS برای ارائه سرویس استفاده می‌نماید. به طور کلی می‌توان تصور کرد تمام کاربران یک شبکه VPLS بدون توجه به مکان فیزیکی، به صورت مجازی در یک LAN قرار دارند که برای هر سازمان می‌توان یک یا چند دامنه VPLS (VPLS domain) را همچون VLAN به کار برد.

امروزه سرویس اترنت شهری که فراهم‌کنندگان سرویس در نواحی مختلف آن را ارائه می‌کنند و اغلب اتصالات نقطه به نقطه بین چندین سایت، در همان شبکه شهری است. به هر حال هدف نهایی اترنت شهری، گذر از اتصال نقطه به نقطه در

- برای فراهم‌کننده سرویس، ارزان‌تر است و قابلیت انعطاف بیشتری دارد و این امکان را فراهم می‌سازد که سرویس‌های جدید نسبت به راه‌حل‌های قدیمی بسیار ساده‌تر و سریع‌تر فراهم شوند.

در سال‌های قبل، ابتکار و نوآوری‌های قابل توجه و مهمی در مورد استانداردهای اینترنت انجام شده است که این نوآوری‌ها نه تنها به صورت بالارفتن چشمگیر خروجی از 10 Mbps به 10 Gbps بوده، بلکه با ارتقای پروتکل دسترسی فیزیکی، شبکه اینترنت را به گونه‌ای توسعه می‌دهند که به صورت شبکه گسترده (WAN) درآید. همچنین اینترنت با بهره‌گیری از پیاده‌سازی وسیع فیبر نوری در نواحی شهری، شهرت زیادی را به عنوان فناوری شبکه شهری به دست آورده است. امروزه سرویس LAN خصوصی مجازی دسترسی به اینترنت را بیشتر توسعه و آن را به عنوان فناوری WAN فعال می‌نماید.

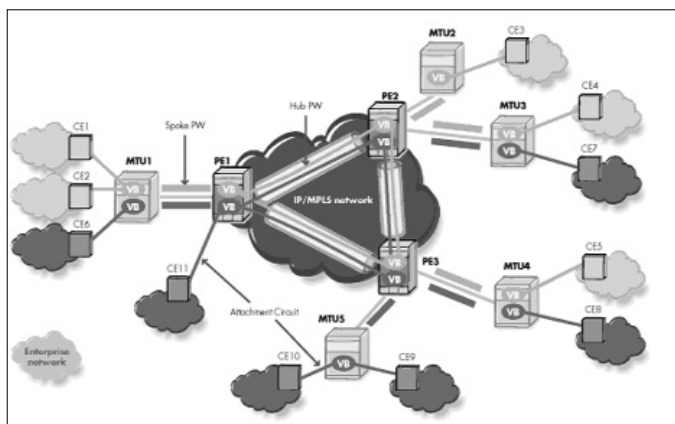
فناوری‌های دیگری که اینترنت را در سراسر WAN فعال می‌سازد، مانند اینترنت روی MPLS، اینترنت روی SONET/SDH، Bridging اینترنت روی ATM (ATM LAN Emulation)، هرچند که تنها اتصال نقطه به نقطه را فراهم می‌کنند، اما پیاده‌سازی انبوه آن‌ها به علت پیچیدگی زیاد محدود می‌شود. همچنین آن‌ها برای تسهیل همگرایی شبکه، به معماری شبکه اختصاصی احتیاج دارند.

البته Frame Relay و ATM سال‌ها به عنوان فناوری‌های برگزیده برای شبکه‌های مبتنی بر Packet رواج داشتند و سازمان‌ها معمولاً اتصال WAN خود را با همبندی‌های hub-and-spoke یا نیمه mash طراحی می‌کردند. این طرح‌ها نتیجه استفاده زیرساخت شبکه با در نظر گرفتن عوامل قیمت و ویژگی نقطه به نقطه Frame Relay و ATM است. نسل جدید کاربردهای سازمانی لزوم وجود معماری WAN سازمانی را که بتواند همبندی‌های انعطاف‌پذیرتر و ظرفیت پهنای باند بالاتری را ارائه کند ایجاد کرده است.

اخیراً فراهم‌کنندگان سرویس برای پاسخگویی به این نیازهای جدید به ارائه IP مبتنی بر MPLS-VPN لایه سه متوسل شده‌اند. در ضمن VPLS به عنوان راهکار دیگری برای پیاده‌سازی سرویس‌های چندنقطه‌ای با پهنای باند بالا در شبکه WAN مبتنی بر اینترنت پیشنهاد می‌شود.

معماری VPLS

دو معماری مطرح در VPLS عبارتند از: معماری سلسله مراتبی و معماری تک‌سطحی. در معماری تک‌سطحی، ارتباطات به صورت نقطه به نقطه مطرح می‌شود. در این روش بین entityها در VPLS یک تونل ایجاد می‌شود. این تونل مجازی که بخش PW3 آن را استاندارد کرده است، در گذشته به "تونل مارتینی" معروف بوده است. به خاطر دارید در چند سال گذشته برای برقراری ارتباط و تضمین کیفیت در زمانی که بسته‌ها به لایه‌های بالاتر ارسال می‌شدند، استانداردهای متعددی تدوین گردیده است. یکی از استانداردهایی که به منظور تضمین کیفیت، ترافیک لایه دو را روی ترافیک لایه سه Map می‌نماید، استاندارد



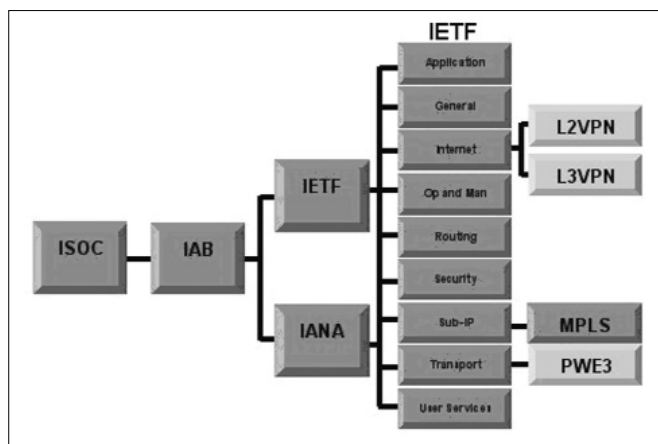
شکل ۲

محدوده ناحیه شهری به ارائه اتصال چند نقطه به چند نقطه در داخل یک ناحیه شهری و یا چندین ناحیه شهری است. به عبارت دیگر، ارائه سرویس به سازمان به گونه‌ای انجام شود که تمام سایت‌های آن در صورت اتصال به LAN به صورت یکسان ظاهر شوند؛ صرف‌نظر از این‌که آیا این سایت‌ها در یک ناحیه شهری هستند یا در چندین ناحیه شهری گسترده شده‌اند. پس یکی از مطرح‌ترین روش‌ها برای تحقیق این تصور، سرویس LAN خصوصی مجازی (VPLS) است که اتصال اینترنت چندنقطه به چندنقطه را هم در داخل و هم بین شبکه‌های شهری تحت شبکه فراهم‌کننده سرویس IP/MPLS قابل توسعه فراهم می‌نماید.

استاندارد VPN در لایه دو

با توجه به ماهیت VPLS، این سرویس به سرعت در میان ارائه‌دهندگان سرویس فراگیر شد. زیرا با صرف هزینه بسیار کم قادر بودند سرویس‌های مبتنی بر FR و ATM خود را جایگزین نمایند. به این ترتیب با جهتگیری ارائه‌دهندگان سرویس به سمت ارائه این سرویس، لازم بود VPLS‌ها به صورت استاندارد ارائه شوند. به این منظور IETF اقدام به تدوین استاندارد در زمینه ارائه این سرویس نمود. همان‌گونه که در شکل یک نشان داده شده است قسمت‌های مختلفی در تدوین استاندارد VPLS حضور دارند و هر یک مسئول استانداردهای مختلفی از این سرویس می‌باشند.

گروه PWE3 روی رسانه انتقال VPLS، استانداردهای مربوطه را تدوین می‌نماید. این استاندارد سرویس‌هایی نظیر ATM، Frame Relay، اینترنت و TDM را روی بستر MPLS پیاده‌سازی می‌نماید. در گذشته برای برقراری ارتباط میان VLANها و شبکه‌های L3VPN از استاندارد با عنوان Draft Martini استفاده می‌شد. این استاندارد، شبکه‌های مجازی لایه دو را روی شبکه‌های مجازی لایه سه Map می‌نمود. در حال حاضر با استفاده از استاندارد VPLS می‌توان کلیه شبکه‌ها را در لایه‌های مختلف به یکدیگر مرتبط نمود.



شکل ۱

روند پیدایش VPLS

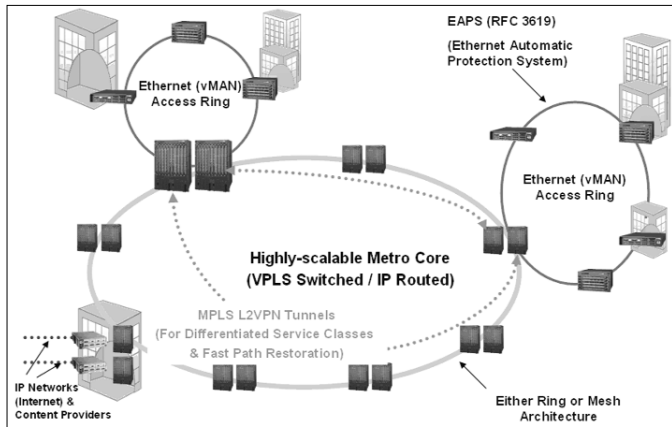
اینترنت وسیع‌ترین و در دسترس‌ترین فناوری شبکه محلی در جهان است که امروزه با بیش از یکصد میلیون مشتری پیاده‌سازی شده است. برخی از مزایای این سرویس که موجب استفاده گسترده از آن گردیده است، عبارتند از:

- به دلیل هزینه نسبتاً پایین و سادگی آن در مقایسه با فناوری‌های دیگر، فناوری منتخب شبکه‌های LAN است.

- پهنای باند ثابت، قابل انعطاف و قابل توسعه‌تری را نسبت به راه‌حل‌های متداول پهنای باند ثابت فراهم کرده و محیط شبکه شهری را متحول نموده است.

- برای کاربر نهایی کم‌هزینه‌تر است. برقراری اتصال در آن آسان و مدیریت آن نیز ساده است.

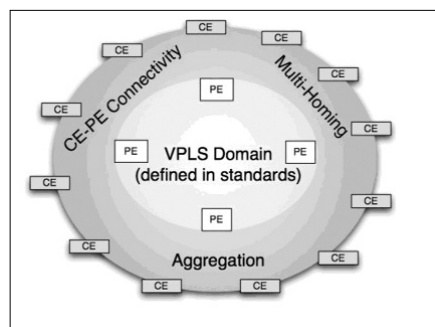
پیشرفت قابل توجهی در قابلیت توسعه سرویس VPLS می‌شود. تفاوت VPLS با L3VPN در تجهیزات طرف CE است. در ایجاد شبکه‌ها با استفاده از VPLS لزومی ندارد در سمت CE تجهیزاتی نظیر روتر قرار گیرد. در سمت PE نیز به ازای هر CE لزومی به تعریف جدول مسیریابی نیست، بلکه ترافیک



شکل ۴

لایه دو در MPLS LSP به سادگی Map می‌شود. در حقیقت VPLS آنچه را BGP MPLS VPN در لایه سه ارائه می‌نماید، در لایه دو در اختیار کاربر قرار می‌دهد؛ اما رسانه انتقال آن شبکه IP نیست، بلکه ارتباطات از طریق اترنت برقرار می‌شوند. (شکل ۴) برای ایجاد یک شبکه VPLS لازم است مواردی نظیر افزودنی ارتباط میان CEها و PEها همان‌گونه که در لایه دو مطرح است در نظر گرفته شود. زیرا هر ارتباط میان یک CE و PE می‌تواند یک Single Point of Failure باشد. برای جلوگیری از این پیشامد، باید هر CE حداقل به دو PE متصل شود. به منظور ایجاد ارتباطات افزونه‌ای که به صورت یک bundle تعریف شود، لازم است از مشخصه smart trunking در ارتباط میان CE و PE استفاده نمود. از Smart trunkها به طور معمول برای افزایش ظرفیت استفاده می‌شود. در حالی که در این نوع پیکربندی این ترانک برای ایجاد افزونگی مورد استفاده قرار گرفته است. در صورتی که لینک ارتباطی قطع شود، ترافیک به صورت خودکار به لینک افزونه منتقل خواهد شد. برای ایجاد این ارتباطات لازم است تجهیزات CE و PE هر دو قابلیت پشتیبانی از این ویژگی را دارا باشند. علاوه بر این، تجهیزات سمت PE باید بتوانند در زمان تعریف L2FEC (Forwarding Equivalence Class) این ترانک را روی VPLS نگاشت نمایند.

حوزه هر VPLS از تعدادی PE تشکیل شده که هرکدام به تعدادی CE سرویس ارائه می‌نمایند. برای ارائه سرویس لازم است جدولی از MAC آدرس‌های هر یک از CEها در PE مربوطه ایجاد شود. به بیان ساده‌تر می‌توان فرض کرد که فقط یک حوزه VPLS به ازای هر سازمان وجود دارد. به طوری که CE مستقل از مکان فیزیکی خود روی یک PE متعلق به سایت آن سازمان اجرا می‌شود. در حوزه VPLS باید یک شبکه Full mesh از LSPها روی هر PE میان تمام



شکل ۵

CEها ساخته شود (این LSPها فقط برای روترهای PE قابل رویت هستند و توسط دیگر روترها در شبکه مشاهده نمی‌شوند. این امر با استفاده از ایجاد نمودن پشته‌ای از برچسب‌های MPLS انجام می‌پذیرد). زمانی که یک PE جدید یا یک CE اضافه

Draft Martini بود که به واسطه آن تضمین کیفیت یک سرویس امکانپذیر بود. تونل‌هایی که با استفاده از این استاندارد در سراسر مسیر ایجاد می‌شوند، سرویس‌های لایه دو را با فرمت MPLS کپسوله و منتقل می‌نمایند. برای این منظور لازم است کلیه ویژگی‌های پایه‌ای اترنت را پشتیبانی نمایند. در معماری VPLS به صورت تک‌سطحی تونل‌ها به صورت P2P تعریف می‌شوند. در حالی که با گسترش روز افزون سرویس‌ها و نیاز به ایجاد تونل‌هایی به صورت mesh بین نقاط مختلف، این ساختار جوابگوی نیازهای شبکه نیست. معماری سلسله‌مراتبی (HVPLS) در VPLS برای پاسخ به این نیاز مطرح شده است. این معماری بر پایه همان روش سنتی ارائه سرویس بنا شده است. اما با توجه به حجم بالای تونل‌ها در یک شبکه، توسعه‌ای بر روش سنتی در نظر گرفته شده است که نتیجتاً منجر به ایجاد همبندی سلسله‌مراتبی برای این فناوری شده است. در این همبندی برای ایجاد تونل‌هایی به صورت full mesh لازم است، در سمت مشترک روترهایی نصب شود که برای ایجاد سلسله‌مراتب در شبکه به روترهای PE متصل شود. نمونه این شبکه در شکل ۲ نشان داده شده است.

در پیاده‌سازی این همبندی توسط ارائه دهندگان سرویس، به طور معمول در نقاط اصلی شبکه برای ایجاد امکان ارائه سرویس به کاربران از تعدادی MTU (Multi Tenant Unit) استفاده می‌شود که هر کدام می‌توانند به تعداد زیاد شبکه‌های سازمانی را به صورت ایجاد VPLS VPN سرویس دهی نمایند. شبکه ترافیک تمام MTUها مجتمع می‌کند و برای PE اصلی که در حقیقت نقطه تمرکز شبکه است، ارسال می‌شود.

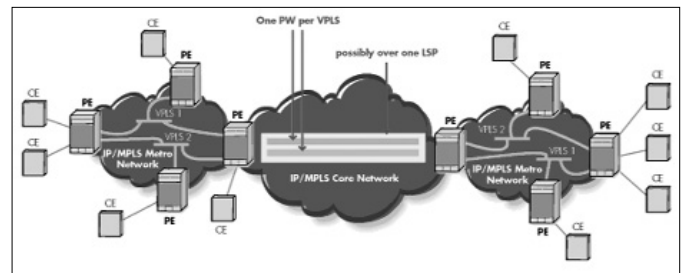
در طراحی این سرویس تجهیزاتی که در MTU نصب می‌شود یک سویچ اترنت است که کلیه عملیات سویچینگ لایه دو را انجام می‌دهد. این تجهیزات معمولاً به صورت اختصاصی در اختیار یک سازمان قرار می‌گیرند. اما برای استفاده بهینه از منابع WAN، عملگرهای VPLS روی MTUها نیز تعریف می‌شود. در شبکه‌ای که MTUها نیز عملگرهای شبیه PE دارند، محدودیت‌هایی نظیر ایجاد تونل، تکرار اطلاعات و ایجاد جدول آدرس‌های MAC ایجاد می‌شود. برای مقابله با این محدودیت، در شبکه سلسله‌مراتب تعریف می‌شود. به این صورت که Core شبکه به صورت Full mesh تعریف می‌شود و در لایه دسترسی ارتباطات به صورت تونل‌های مجزا بین نقاط تعریف می‌شوند. (شکل ۲)

با توجه به ساختار کلی‌ای که از VPLS ارائه شد، این سرویس نه تنها برای ایجاد شبکه‌های اترنت شهری مناسب است بلکه از آن برای برقراری ارتباط میان شبکه‌های شهری مختلف که با استفاده از فناوری‌های متفاوتی نظیر نسل آینده SDH و یا RPR ایجاد شده‌اند نیز استفاده می‌شود.

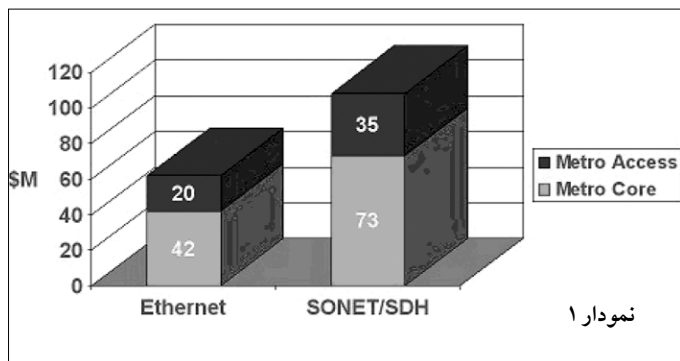
مسئله مهم دیگری که در پیاده‌سازی این سرویس مطرح است، آشکارسازی خودکار و سیگنالینگ است. آشکارسازی خودکار برای فعال‌سازی فراهم‌کنندگان سرویس بسیار مهم است تا با استفاده از آن هزینه‌های کاربری را پایین نگه دارند و نیز در این سرویس از BGP و یا LDP به عنوان مکانیزم سیگنالینگ استفاده گردد.

مسیریابی در VPLS

استفاده از پروتکل‌های مسیریابی شبکه IP به جای پروتکل Spanning tree و برچسب‌های MPLS به جای شناسه‌های VLAN در زیرساخت، موجب بهبود و



شکل ۳



نمودار ۱

ساخته‌اند، فراهم کردن این سرویس در شبکه شهری بزرگ برخی مشکلات اساسی را در بردارد. مدیریت این سرویس دشوار است و گاهی به علت ناپایداری پروتکل Spanning tree، دسترسی به مشکلات شبکه و دلایل بروز آن‌ها غیرممکن است. به‌طور کلی با بررسی‌هایی که انجمن‌ها و گروه‌های مختلف در زمینه شبکه‌های شهری مبتنی بر اتترنت انجام داده‌اند، سرویس‌های مبتنی بر اتترنت را به دو گروه نقطه به نقطه و چندنقطه تقسیم نموده‌اند.

معماری لازم برای پیاده‌سازی سرویس‌های نقطه به نقطه VPWS (Virtual Private Wire Services) و برای پیاده‌سازی سرویس‌های چندنقطه‌ای VPLS است. VPLS شبکه‌های اتترنت فراهم‌کنندگان سرویس را با دو ویژگی توسعه‌پذیری و در دسترس بودن، توانمند می‌سازد. بدون VPLS قابلیت توسعه شبکه‌های اتترنت به تعداد شناسه‌های VLAN که توسط فراهم‌کنندگان سرویس برای مشتریان استفاده می‌گردد محدود می‌شود که آن‌ها می‌توانند فقط ۴۰۹۶ شناسه VLAN را پشتیبانی نمایند.

از آنجایی که یک شناسه به یک مشتری تعلق دارد و شناسه‌های VLAN بسیار مهم هستند، باید همگی در داخل شبکه فراهم‌کننده سرویس منحصر به فرد باشند. به همین دلیل این شبکه‌ها می‌توانند با تعداد محدودی مشتری پیاده‌سازی شوند. همچنین از طریق این معماری نمی‌توان شبکه LAN را در چندین شبکه شهری پیاده‌سازی نمود. چون این امر مستلزم ساخت شبکه اتترنت لایه دوی بزرگ‌تری توسط فراهم‌کننده سرویس است.

در دسترس بودن شبکه‌های اتترنت نیز به خاطر ویژگی انعطاف‌پذیری ضعیف سازوکارهایی مثل STP محدود می‌شود. هرچند تمهیداتی نظیر Q in Q Stacking و پروتکل Spanning tree سریع برای برطرف کردن این محدودیت‌ها وجود دارند، بسیاری از آن‌ها خاص یک سازمان یا شرکتند و بین سازندگان مختلف عمل نمی‌کنند.

VPLS علاوه بر حل این دو معضل، مزایای دیگری را نیز دارد. شبکه VPLS می‌تواند حتی یک میلیون شناسه منحصر به فرد برچسب‌های MPLS را پشتیبانی کند. یعنی در مجموع VPLS سیگنالینگ پویای مسیره‌های جدید را معین می‌کند. VPLS ویژگی مقرون به صرفه بودن اتترنت، توسعه‌پذیری و در دسترس بودن MPLS را با یکدیگر ترکیب می‌کند. به‌علاوه، تدارک سرویس و نگهداری آن نیز کم‌هزینه‌تر و ساده‌تر است.

بررسی اقتصادی

MEF در سال ۲۰۰۳ بررسی اقتصادی گسترده‌ای را درباره هزینه ایجاد و نگهداری شبکه‌های مبتنی بر فناوری اتترنت در مقایسه با شبکه‌های سنتی SDH انجام داده است. در این بررسی برای مقایسه فناوری‌های مختلف شرایط یکسانی در نظر گرفته شده است. مدل در نظر گرفته شده در حدود سیصد مرکز را تحت پوشش قرار می‌دهد و قرار است در مدت سه سال به ۱۶۲۵ مشترک سرویس ارائه نماید. (شکل ۶)

برای تخمین هزینه سرمایه‌ای در این روش، پنجاه درصد هزینه برای

شود، با توجه به دقت پیاده‌سازی VPLS، ساخت این حلقه کامل از LSP می‌تواند مسائل و مشکلات بسیار متفاوتی به همراه داشته باشد. (شکل ۵)

وقتی که حلقه LSP ایجاد شد، CE روی یک PE خاص می‌تواند فریم‌های اتترنت را از سایت مشتری دریافت کند و بر اساس آدرس MAC آن، فریم‌ها را به LSP مناسب سوییچ نماید. تحقق این امر به این دلیل است که VPLS روتر PE را قادر می‌سازد به وسیله یک جدول MAC، روی هر PE همچون یک Learning Bridge عمل کند. به عبارت دیگر، نمونه VPLS روی روتر PE یک جدول MAC دارد که با جستجو کردن (Snooping) آن را ایجاد می‌کند و آدرس‌های MAC را به هنگام ورود فریم‌های اتترنت روی یک پورت فیزیکی یا منطقی به خاطر می‌سپارد. درست همان‌گونه که یک سوییچ اتترنت عمل می‌کند. وقتی یک فریم اتترنت از طریق یک پورت ورودی مشتری وارد شد، آدرس MAC مقصد در جدول MAC جستجو می‌شود و فریم بدون هیچ‌گونه تغییری به سوی LSP ارسال می‌شود (تازمانی که جدول MAC آدرس MAC را دربردارد) و پس از آن به PE مناسب متصل به سایت ورودی ارائه می‌شود. اگر آدرس MAC در جدول آدرس MAC وجود نداشته، فریم اتترنت برگردانده می‌شود و به تمام پورت‌های منطقی مربوط به نمونه VPLS، غیر از پورت ورودی که از آن وارد شده است فرستاده می‌شود.

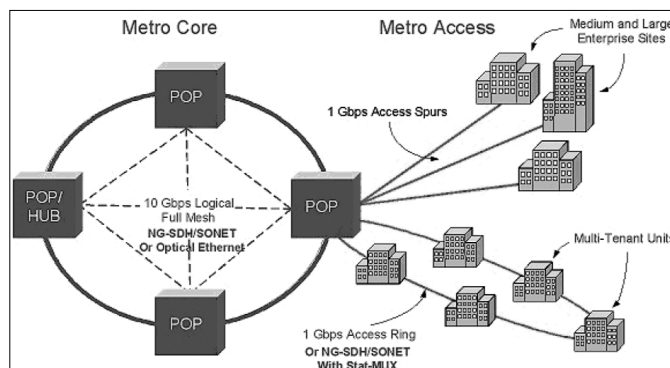
هنگامی که PE از طریق میزبانی مطلع شد که آدرس MAC روی یک پورت خاص متعلق به اوست، جدول MAC در PE بروز می‌شود. درست مثل یک سوییچ، آدرس‌هایی که برای زمان معینی استفاده نمی‌شوند، برای کنترل اندازه جدول MAC حذف می‌شوند.

فناوری چندنقطه‌ای به کاربر امکان دسترسی به چندین مقصد را از طریق اتصال منطقی یا فیزیکی جداگانه می‌دهد که این اتصال برای تصمیم‌گیری درباره ارسال بسته بر اساس مقصد بسته به شبکه نیاز دارد. به عبارت دیگر، شبکه براساس آدرس MAC مقصد فریم اتترنت تصمیم به ارسال می‌گیرد. از دیدگاه مشتری نهایی، VPLS سرویس چندنقطه‌ای جالب توجهی است که به اتصالات کمتری برای برقراری اتصال کامل بین چندین نقطه احتیاج دارد. در مقابل اتصال مبتنی بر فناوری نقطه به نقطه به تعداد خیلی بیشتری از اتصالات و یا به کارگیری ارسال بهینه بسته نیاز دارد.

دلایل نیاز به VPLS

امروزه ارائه سرویس‌های اتترنت شهری با محدودیت‌هایی روبه‌رو است. بسیاری از فراهم‌کنندگان سرویس، تنها اتصالات نقطه به نقطه مانند دسترسی به اتترنت و یا اتصال سایت‌ها در داخل شبکه شهری را پشتیبانی می‌کنند. برخی فراهم‌کنندگان دیگر تنها تعداد محدودی از مشتریانی را که اتصال LAN اتترنت چندنقطه به چندنقطه را در داخل شبکه شهری پیاده‌سازی نموده‌اند، حمایت می‌کنند.

از آن جایی که بیشتر فراهم‌کنندگانی که سرویس‌های اتترنت شهری را ارائه می‌دهند، امروزه شبکه‌های خود را بدون استفاده از سوییچ‌های اتترنت



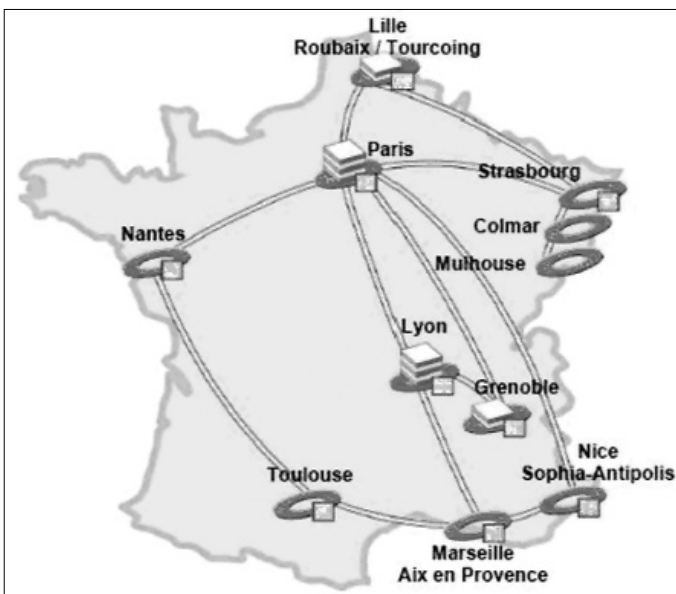
شکل ۶

شبکه‌های مبتنی بر اینترنت نیاز به پرسنل نگهداری را در سایت‌های شبکه مرتفع می‌سازد.

نمونه پیاده‌سازی شبکه شهری با استفاده از VPLS

شرکت Completel یکی از شرکت‌های بزرگ مخابراتی فرانسه است که با استفاده از یک شبکه فیبرنوری که در سراسر فرانسه ایجاد نموده است، اقدام به ارائه سرویس اینترنت شهری با استفاده از VPLS کرده است. این شبکه پانزده شهر فرانسه را تحت پوشش قرار می‌دهد. دو هزار کیلومتر فیبرنوری، در حدود چند هزار MTU را که برای ایجاد شبکه شهری در این کشور را به یکدیگر متصل نموده‌اند. همان‌گونه که در شکل ۷ نشان داده شده است، این ارتباطات از طریق یک شبکه DWDM ایجاد شده است.

این شبکه برای ارائه سرویس به حدود ۱۴۰۰ کاربر با استفاده از ارتباطات اینترنتی ۸۵۰ ساختمان را به یکدیگر متصل نموده است. Completel



شکل ۷

با توجه به افزایش نیاز کاربران برای ایجاد یک شبکه با سرعت بالا و هزینه پایین، اقدام به ارائه سرویس LAN-to-LAN در سطح شهرها نمود. این سرویس با استقبال زیاد کاربران روبه‌رو شد. اما با توجه به محدودیت آن به شبکه‌های MAN در هر شهر و نیاز کاربران برای ارتباط با سایر شهرها، این شرکت سرویس جدیدی را برای اتصال شبکه‌های شهری در شهرهای مختلف به یکدیگر ارائه نمود. به این ترتیب مشکل ارتباطی میان MANها در شهرهای مختلف فرانسه مرتفع گردید. ترافیک هر MAN با استفاده امکانات ایجاد شده توسط شبکه Completel به MAN دیگر به آسانی منتقل می‌گردد. سرویس‌های ارزش افزوده‌ای نظیر ارائه VLAN، مدیریت ترافیک، کنترل و محدود نمودن پهنای باند و کیفیت سرویس انتها به انتها نیز از طریق این شبکه قابل ارائه است.

این شبکه برای ایجاد مسیرهای اختصاصی برای ترافیک هر مشترک به تعریف VLANهای از پیش تعیین شده نیاز ندارد. در هسته این شبکه لینک‌های گیگابیتی روی یک اینترفیس فیبر گروه‌بندی می‌شوند. سازوکارهای مورد استفاده برای تعریف این گروه‌ها Q in Q است. ترافیک هر یک از کاربران با استفاده از یک Q tag در هسته شبکه از بقیه مجزا می‌شود. همچنین در این شبکه برای جلوگیری از لوپ‌های ناخواسته و خطا از سازوکارهایی نظیر

RRST (Rapid Ring Spanning Tree) استفاده می‌شود.

تجهیزات MTU و بین ده تا پانزده درصد برای مشترکان در نظر گرفته شده‌است. سایر هزینه‌ها برای تجهیزات یدکی، منابع تغذیه، سیستم‌های مدیریتی و سایر تجهیزات موردنیاز جهت کنترل ترافیک و ارائه QoS در شبکه در نظر گرفته شده است.

نتیجه بررسی‌های به عمل آمده نشان می‌دهد هزینه مورد نیاز جهت راه‌اندازی شبکه‌ای مبتنی بر نسل آینده شبکه‌های نوری، تقریباً معادل ۶۴ میلیون دلار است که در مقایسه با شبکه‌های مبتنی بر فناوری قدیمی SDH، ۳۹ درصد کاهش هزینه دربر دارد. نمودار یک این تفاوت را نشان می‌دهد.

دلایل این تفاوت هزینه عبارتند از:

- با توجه به این که اینترفیس‌های تجهیزات اینترنت ات‌رنت عموماً بین ۲۵ تا ۴۰ درصد به ازای هر مگابیت بر ثانیه از اینترفیس‌های تجهیزات SDH ارزان‌ترند، در حجم یادشده در حدود ۹۱ درصد کاهش قیمت نسبت به فناوری SDH وجود دارد.

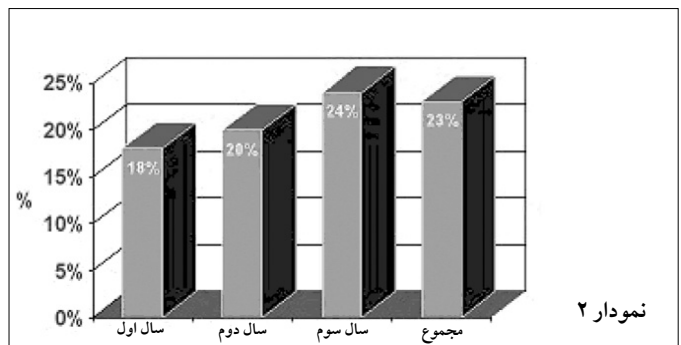
- با توجه به عدم نیاز به استفاده از تجهیزات اضافی جهت ارسال اطلاعات به شبکه، هزینه تجهیزات در این روش به شدت کاهش می‌یابد.

همان‌گونه که اشاره شد، در برآورد هزینه شبکه، غیر از هزینه سرمایه‌ای، هزینه‌های جاری نیز قابل توجهند. بررسی‌های انجام شده جهت تعیین هزینه جاری ایجاد شبکه مبتنی بر اینترنت، شامل بررسی روال‌ها و سرویس‌های ۲۶ ارائه‌دهنده سرویس در سطح آمریکای شمالی و اروپا است.

با توجه به ساختار شبکه‌های اینترنت، ارائه سرویس‌های مختلف نیازی به افزایش تجهیزات در مراکز ندارد. به این ترتیب در یک بازه زمانی سه ساله، همان‌گونه که در نمودار دو نشان داده شده است، با در نظر گرفتن موجود بودن هسته شبکه، کاهش هزینه جاری در حدود ۲۳ درصد نسبت به ارائه سرویس بر روی بستر SDH می‌باشد.

این کاهش هزینه عمدتاً به علت عدم نیاز به حضور در سایت‌هایی است که تجهیزات در آن نصب می‌باشند. زیرا کلیه تجهیزات را می‌توان از یک نقطه به صورت متمرکز مدیریت نمود. در سال اول همان‌گونه که مشاهده می‌شود، به علت تجربه پایین ارائه دهندگان سرویس، هزینه جاری بیشتری جهت نگهداری شبکه و ارائه سرویس به مشترکان صرف می‌شود. در حالی که با گذشت زمان و مجرب شدن ارائه دهندگان سرویس، این هزینه کاهش می‌یابد. به طور مثال هزینه‌های جاری در ایجاد یک سایت جدید، ارائه یک سرویس جدید، افزایش پهنای باند در شبکه‌های مبتنی بر اینترنت در مقایسه با شبکه‌های SDH سنتی بین سی تا پنجاه درصد کاهش خواهد داشت.

نکته دیگری که باعث کاهش هزینه‌ها در ایجاد، راه‌اندازی و نگهداری شبکه‌های مبتنی بر اینترنت می‌شود، امکان مدیریت یکپارچه شبکه و سرویس‌های آن می‌باشد. شبکه‌های SDH سنتی که عموماً به شبکه‌های انتقال موسومند، نرم افزارهای مدیریت یکپارچه برای زیرساخت و سرویس‌ها را ندارند. در نتیجه برای نگهداری این شبکه‌ها لازم است نیروهای نگهداری در هر سایت مستقر شوند. به این ترتیب ماهانه مبلغ زیادی برای پرسنل نگهداری شبکه هزینه خواهد شد؛ در حالی که سیستم‌های مدیریت یکپارچه در



نمودار ۲