

УДК 681.325.5

Подлесних Є.Г.  
Стасюк О.І.

## ЄДИНА МЕРЕЖА ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ УКРЗАЛІЗНИЦІ

### Актуальність

На сьогоднішній день розвиток мережевих технологій характеризується в першу чергу бурхливим розвитком технологій побудови опорних мереж. При цьому, основний натиск робиться на технології, що дозволяють значною мірою підвищити смугу пропускання каналів зв'язку.

Останнім часом найбільш стрімко розвивається технологія «щільного хвильового мультиплексування» — DWDM (Dense Wave Division Multiplexing), що обіцяє терабітні швидкості на оптичних каналах. Багато виробників мережевого встаткування проголошують гасло: «Смуга пропускання вирішує всі! Будь-які проблеми із забезпеченням різного типу сервісу для різних типів трафіку відпадають, якщо у вас «необмежена» смуга пропускання!»

Однак багатообіцяючі цифри пропускної здатності каналів зв'язку ще не можуть бути стовідсотковою гарантією успіху мережі провайдера або корпоративної мережі. Тут на перший план виступає придатність проєктованої мережі для рішення конкретних бізнес-завдань підприємства, будь те провайдер зв'язку або велика корпорація. Адже насправді завдання побудови опорної частини мережі має місце практично в кожному серйозному проєкті, причому до такого проєкту звичайно пред'являються серйозні вимоги по надійності, продуктивності й масштабованості.

Одне з найбільш важливих завдань, необхідність рішення якої усвідомлює все більше число компаній: не тільки обслуговувати різні типи трафіку (голос, відео, дані, телеметрія й т.п.), але й забезпечувати повноцінне керування наданням різних послуг користувачам. У зв'язку із цим багато виробників мережевого й телекомунікаційного встаткування всі частіше заявляють про свої рішення, що забезпечують керування SLA (Service Level Agreement). Така підтримка найбільш актуальна в мережах сервісів-провайдерів. І тут просте збільшення пропускної здатності каналів на окремих ділянках мережі не вирішує поставлених завдань, пов'язаних з наданням цих сервісів, їхнім обліком і оперативним перерозподілом.

Фактично саме рішення цього кола проблем, що виникають на стику технічних і економічних аспектів проєкту, вимагає залучення досвідченого інтегратора, здатного не тільки технічно грамотно спроекувати мережу, але й насамперед передбачити рішення бізнес-завдань підприємства, урахувати економічні аспекти проєкту й не просто забезпечити передачу інформації, але й сприяти комерційному успіху підприємства. Адже вже не секрет, що в цей час багато комерційних проєктів, особливо в сфері інформаційних послуг, фактично створюються під нові технології. І у зв'язку із цим, вплив правильного вибору технологій просто важко переоцінити.

Крім того, у будь-якому проекті, особливо великого масштабу, необхідно враховувати цінові характеристики, строки окупності й інші фактори, найтіснішим образом пов'язані з бізнес-завданнями підприємства. Тут на перший план виходить вибір тієї або іншої мережевої технології, здатної вирішити всі зазначені завдання.

У справжній статті робиться спроба узагальнити досвід по проектуванню й впровадженню рішень, пов'язаних з побудовою опорних мереж, і дати деякі загальні рекомендації з вибору тих або інших технологій. При цьому всі технології розглядаються в першу чергу з погляду потенційних завдань, які можуть бути вирішені з їхнім застосуванням.

## **Мета**

У цьому проекті корпоративної мережі одним з основних питань є вибір технології побудови ядра мережі.

Вибір технології визначить розвиток мережі на багато років, багато в чому диктуючи й вибір застосовуваного встаткування. Крім того, тут важливий вибір і технологій передачі інформації, і технологій «фізичного» рівня, на які накладена мережа. Саме цей «базовий комплект» значною мірою обумовить і рівень надаваного потенційним користувачам сервісу.

Помітимо, що сучасний рівень розвитку технологій побудови опорних мереж, призначених для передачі більших обсягів трафіка, примітний тим, що багато технологій, як ще недавно вважалися безнадійно застарілими, одержують друге народження, а ті, котрим пророкували широкі перспективи, відходять на другий план. Це ще більше утрудняє вибір.

Отже визначимо:

Що таке система передачі даних СПД;

Призначення системи та галузь застосування ;

Опис системи;

Топологію оптичної транспортної мережі;

Також розглянемо конкретне рішення для побудови опорної мережі на базі розглянутих нижче технологій.

Система передачі даних (СПД) – система, призначена для передачі інформації як усередині різних систем інфраструктури організації, так і між ними, а також із зовнішніми системами. Визначення СПД коротко й, на перший погляд, навіть скромно. Але за цими словами ховається величезне значення даної системи не просто для інших технічних систем, а для бізнес - процесів сучасної організації в цілому. СПД є, прямо або побічно, основною технічною складовою працездатності практично будь-яких середніх і великих організацій, а також багатьох малих компаній, що використовують сучасні засоби керування своїм бізнесом.

Виходячи з величезної важливості цієї системи, ми приділяємо особливу увагу при пошуку рішень по СПД у складі комплексних рішень для Укрзалізниці. Так склалося історично, що Система передачі даних з кожним роком стає усе більше універсальним середовищем для передачі всілякої інформації, як між кінцевими користувачами, так і між системними (службовими) пристроями. Чим більше універсальність, тим більше вимог до цієї системи.

## **Визначимо призначення системи та галузь застосування**

ЄМПД призначена для забезпечення:

цілодобового інформаційного обміну між підрозділами Укрзалізниці, незалежно від їх територіального розміщення та організаційного підпорядкування;

цілодобового обміну даними в автоматизованих системах АСК ВП УЗ та АСК ПП УЗ, системі керування підприємством, системі корпоративного електронного документообігу, доступ до централізованих інформаційних ресурсів та ресурсів мережі Інтернет і т.д.);

цілодобової роботи системи оперативного зв'язку адміністраторів ЄМПД та автоматизованих систем;

інформаційного обміну між внутрішніми інформаційними системами і зовнішніми інформаційними системами сторонніх організацій, які не належать Укрзалізниці;

можливості організації додаткових сервісів у рамках корпоративної мережі (систем відеоспостереження, відео конференцій, систем інтерактивного навчання фахівців і т.д.).

## **Опис системи**

### **Логічна топологія ЄМПД УЗ**

На даний час МПД представляє собою 3-х рівневу ієрархічну структуру, в якій у відповідності до адміністративної структури виділяються наступні рівні:

Рівень Укрзалізниці (магістральний рівень);

Рівень залізниці, як основного структурного підрозділу (регіональний рівень);

Рівень доступу (лінійний рівень);

### **Топологія оптичної транспортної мережі**

Оптична транспортна мережа передачі даних (МПД) Укрзалізниці (УЗ) представляє собою 2-х рівневу ієрархічну структуру, в якій виділяються наступні рівні:

Магістральний рівень;

Дорожній рівень;

У якості каналів зв'язку використовуються канали цифрової транспортної мережі Укрзалізниці. Канали побудовані за технологією SDH. На кожному з об'єктів магістрального рівня виділяється канал зв'язку на сусідній по магістралі об'єкт, на деяких, в залежності від кількості підключених об'єктів дорожнього та лінійного рівня, на вузлову точку дороги з інтерфейсом Ethernet. На кожному з об'єктів дорожнього рівня виділяється два канали на сусідній об'єкт з інтерфейсом Ethernet для забезпечення відмовостійкості.

Для резервування магістрального та дорожнього рівнів використовуються власні лінії некомутованого зв'язку.

Синхронна Цифрова Ієрархія (англ. SDH — Synchronous Digital Hierarchy) — це технологія транспортних телекомунікаційних мереж. Стандарти SDH визначають характеристики цифрових сигналів, включаючи структуру фреймів (циклів), метод мультиплексування, ієрархію цифрових швидкостей і кодові шаблони інтерфейсів і т.д.

## **Електричні інтерфейси**

Стандартизація інтерфейсів визначає можливість з'єднання різного устаткування від різних виробників. Система SDH забезпечує універсальні стандарти для мережевих вузлових інтерфейсів, включаючи стандарти на рівні цифрових швидкостей, структуру фрейму, метод мультиплексування, лінійні інтерфейси, моніторинг і керування. Тому SDH устаткування від різних виробників може легко з'єднуватися й установлюватися в одній лінії, що щонайкраще демонструє системну сумісність.

Система SDH забезпечує стандартні рівні інформаційних структур, тобто набір стандартних швидкостей. Базовий рівень швидкості — STM-1 155,52 Мбіт/с. Цифрові швидкості більш високих рівнів, таких як 622 Мбіт/з (STM-4), 2,5 Гбіт/з (STM-16) і 10 Гбіт/з (STM-64), можуть бути сформованими за допомогою низькошвидкісних інформаційних модулів (STM-1) за допомогою побайтного мультиплексування. Кількість мультиплексуючихся модулів множиться на 4. Наприклад,  $STM-4 = 4 \cdot STM-1$ ,  $STM-16 = 4 \cdot STM-4$  і  $STM-64 = 4 \cdot STM-16$ .

### **Оптичні інтерфейси**

Лінійні (оптичні) інтерфейси працюють, використовуючи універсальні стандарти. Лінійний сигнал тільки скремблюється, вставки надлишкового коду немає. Стандарт скремблювання — універсальний. Тому й на прийомі, і на передачі повинні використовуватися стандартні скремблер і дескремблер. Ціль скремблювання — зробити ймовірність виникнення «1» біта і «0» біта близької до 50 % для полегшення добування синхросигналу з лінійного сигналу. Оскільки лінійний сигнал тільки скремблюється, лінійна швидкість сигналу SDH відповідає стандартній швидкості сигналу на електричному інтерфейсі SDH. Таким чином, споживання оптичної потужності передавальним лазером залишається незмінним.

### **Архітектура ЄМПД УЗ**

При виборі мережної архітектури ЄМПД УЗ та виборі обладнання вузлів було звернено особливу увагу на наступні вимоги:

ЄМПД повинна мати високу якість передачі потоків даних всіх функціонуючих та запланованих до впровадження автоматизованих систем та сервісів з урахуванням вимог до затримки передачі пакетів даних, необхідної пропускної смуги та пріоритетності їх передачі, забезпечувати конфіденційність передачі інформації, швидке переключення на резервні маршрути проходження трафіку, ефективне використання доступних каналів зв'язку;

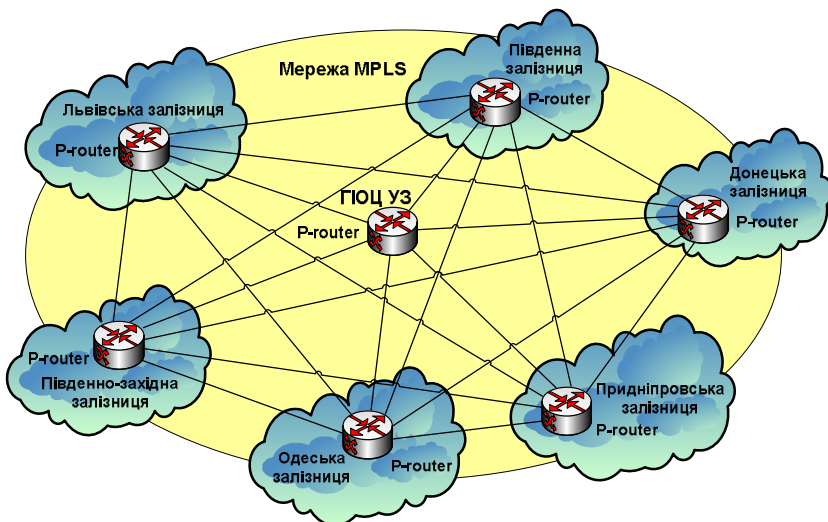
Потоки даних, які належать різним автоматизованим системам та сервісам, повинні буди розмежовані один від одного, незалежно від того, що транспортні канали зв'язку використовуються сервісами одночасно;

Найбільше навантаження приходить на вузли - точки агрегації трафіку, на обладнання цих вузлів накладаються певні вимоги щодо продуктивності та можливості масштабування;

ЄМПД повинна дозволити без перепланування архітектури мережі та заміни обладнання впроваджувати нові сервіси, підключати до мережі нові об'єкти, збільшувати пропускну спроможність каналів зв'язку.

Враховуючи архітектуру транспортної мережі SDH, функціонуючих МПД автоматизованих систем АСК ВП УЗ, АСК ПП УЗ та перераховані вище вимоги ТЗ, було вибрано план побудови ЄМПД, який передбачає послідовне (поетапне) впровадження технології MPLS на базі обладнання фірми CISCO.

На мал.1 представлено схему ядра мережі MPLS та логічну взаємодію ІСЦ залізниць України.



Мал. .1 - Ядро мережі MPLS

MPLS (Multiprotocol Label Switching) — це технологія швидкої комутації пакетів в багатопрокольних мережах, заснована на використанні міток. MPLS розробляється і позиціонується як спосіб побудови високошвидкісних IP-магістралей.

Серед основних переваг MPLS можна виділити:

- надання орієнтованих на з'єднання сервісів з можливістю динамічної перебудови маршрутів і обходу вузла, що відмовив;
- управління інформаційними потоками (traffic engineering), пріоритизація трафіку по мітках відповідно до класу обслуговування (COS), просте і економічне рішення проблеми якості сервісу (QoS);
- ефективна передача великих об'ємів трафіку в магістральній мережі, скорочення розмірів таблиць маршрутизації в ядрі мережі, комутація пакетів на основі міток, прозора передача через ядро мережі IP/MPLS трафіку Ethernet і ATM/FR;

просте нарощування вузлів в мережах VPN і підключення до ядра MPLS служб, що застосовують різні технології доступу, для надання послуг VPN.

Мережа MPLS VPN ділиться на дві області: мережу IP і внутрішню (магістральну) мережу MPLS.

Кожна територіально відособлена мережа IP, яка у свою чергу може включати декілька підмереж, зв'язаних маршрутизаторами називається сайтом у термінах

MPLS. У нашому випадку кожна служба має свою виділену адресацію, яка не перетинається з іншою (хоча MPLS це дозволяє). Так, сайти кожної з служб обмінюються пакетами IP через магістральну мережу і утворюють віртуальну приватну мережу цієї служби. Для обміну маршрутною інформацією в межах сайту вузли користуються одним з внутрішніх протоколів маршрутизації (Interior Gateway Protocol, IGP), область дії якого обмежена автономною системою: RIP, OSPF або IS-IS.

Маршрутизатор, за допомогою якого сайт служби підключається до магістралі, називається прикордонним маршрутизатором клієнта (Customer Edge router, CE). Являючись компонентом мережі служби, CE функціонує у мережі IP Layer 3 та не бере участі у побудові VPN – з'єднань. CE може бути сполучений з магістральною мережею декількома каналами.

Магістральна мережа є мережею MPLS, де пакети IP просуваються на основі не IP-адрес, а локальних міток. Мережа MPLS складається з маршрутизаторів з комутацією міток (Label Switch Router, LSR), які направляють трафік по заздалегідь прокладених шляхах з комутацією міток (Label Switching Path, LSP) відповідно до їх значень. Пристрій LSR — це своєрідний гібрид маршрутизатора IP і комутатора, при цьому від маршрутизатора IP береться здатність визначати топологію мережі за допомогою протоколів маршрутизації і вибирати оптимальні шляхи проходження трафіку, а від комутатора — техніка просування пакетів з використанням міток і локальних таблиць комутації.

У мережі MPLS серед пристроїв LSR виділяють прикордонні маршрутизатори (Provider Edge router, PE), до яких через маршрутизатори CE підключаються сайти служб і внутрішні маршрутизатори магістральної мережі (Provider router, P). Маршрутизатори CE і PE зв'язані безпосередньо фізичним каналом, на якому працює протокол канального рівня — PPP або Ethernet. Спількування між CE і PE йде на основі стандартних протоколів стека TCP/IP, підтримка MPLS потрібна тільки для внутрішніх інтерфейсів PE (і всіх інтерфейсів P).

У магістральній мережі тільки прикордонні маршрутизатори PE сконфігуровані для підтримки віртуальних приватних мереж. Якщо розглядати мережу з позицій VPN, то маршрутизатори P безпосередньо не взаємодіють з маршрутизаторами CE, а забезпечують транзитне з'єднання між маршрутизаторами PE.

Маршрутизатори PE є функціонально складнішими, ніж P. На них покладаються головні завдання по підтримці VPN, а саме розмежування маршрутів і даних, що поступають від різних служб. Маршрутизатори PE служать також крайовими точками шляхів LSP між сайтами служб, і саме PE призначає мітку пакету IP для його транзиту через внутрішню мережу маршрутизаторів P.

Шляхи LSP прокладаються на основі технології Traffic Engineering за допомогою протоколів RSVP або CR-LDP. Прокладка LSP означає створення таблиць комутації міток на всіх маршрутизаторах PE і P, утворюючих даний LSP.

Traffic Engineering (TE) – це технологія впливу на ефективне використання ресурсів мережі, в дослівному перекладі - «інжиніринг трафіку». Завдання TE полягає у визначенні маршрутів потоків трафіку через мережу, тобто для кожного потоку потрібно вказати точну послідовність проміжних маршрутизаторів і їх інтерфейсів на шляху між вхідною і вихідною точкою

потоків. При цьому всі ресурси мережі повинні бути завантажені якомога збалансованіше.

Для вирішення завдання TE технологія MPLS використовує розширення протоколів маршрутизації, що працюють на основі алгоритму стану каналу зв'язку - OSPF та IS-IS. Кожен зв'язок характеризується поточним станом працездатності і метрикою, в якості якої використовується величина, зворотна пропускну спроможності каналу. Крім того, в протоколи OSPF і IS-IS включені нові типи оголошень для розповсюдження по мережі інформації про номінальну і незарезервовану (доступну для потоків TE) пропускну спроможність кожного каналу зв'язку.

## **Висновки**

1. У такий спосіб мережа, створена на базі технології MPLS, сполучить у собі граничну практичність і багатофункціональність. Даний підхід гарантує, що кінцевим результатом буде економічно вигідна система, що у найкоротший термін забезпечить максимальну окупність інвестицій підприємства.
2. Розглянуті мережеві рішення дозволять Укрзалізниці швидко адаптуватися до потреб ринку, забезпечуючи легке розгортання нових мережевих додатків.
3. Стійку основу мережевої інфраструктури утворять повнофункціональні маршрутизатори, що здійснюють інтелектуальну передачу пакетів даних і голосу між мережами.
4. Таке рішення може бути безперешкодно інтегроване в існуючу мережеву інфраструктуру або використано для створення окремої мережі передачі даних. Обидва рішення дозволяють малим, середнім і великим компаніям швидко й економічно ефективно забезпечити мобільність співробітників і підвищити їх продуктивність праці.
5. Впровадження подібних рішень вимагає оцінки цілого ряду вартісних і функціональних параметрів майбутнього рішення. Необхідно вкрай виважено підходити до встановленню поточних і перспективних завдань, які потрібно вирішити.

Тут немаловажне значення може мати досвід великого системного інтегратора, здатного зробити обстеження існуючої інфраструктури, виявити реальні завдання й потреби, розробити й впровадити саме те рішення, що буде не тільки відповідати основним завданням підприємства, але й дозволить із максимальною економічною ефективністю використовувати всі переваги мультисервісних технологій

## **Література**

1. *В.А.Лопота, В.С.Заборовский, В.А.Хавров.* Третье поколение сетевых технологий – неизбежный переход от компьютерных телекоммуникаций к сетям цифровой обработки сигналов и управления //Государственный научный центр ЦНИИ Робототехники и Технической Кибернетики, Санкт-Петербург

2. *Вивек Олвейн*. Структура и реализация современной технологии MPLS. Руководство Cisco // М.: «Вильямс», 2004. — С. 480.
3. *Джеффри Меддокс*. Стратегия развития оптических технологий в сетях связи нового поколения – руководитель группы разработки продуктов подразделения оптических систем компании CISCO. // По материалам доклада на заседании клуба экспертов ProCisco.
4. *Ирвин Д., Харль Д.* Передача данных в сетях Инженерный подход. // Пер. с англ. — СПб.: БХВ-Петербург, 2003.
5. Офіційний сайт виробника мережевого устаткування CISCO Systems ([www.cisco.com](http://www.cisco.com))