



Le reti di trasporto a pacchetto:
per rinnovare e semplificare

*Packet transport networks:
to renew and simplify*

Sig. Ezio DOZIO^(*) – Sig. Gianpaolo GHIRARDELLO^(**)

Acronimi

ATM	Asynchronous Transfer Mode
CES	Circuit Emulation Service
EOS	Ethernet Over SDH
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
IP	Internet Protocol
ITU	International Telecommunication Union
MPLS	Multi Protocol Label Switching
MPLSTP	MPLS Transport Profile
MSTP	Multi Service Transport Platform
NGSDH	New Generation SDH
OAM	Operations Administration Maintenance
OAM&P	Operations Administration Maintenance and Provisioning
OPM	Optical Packet Metro
PCM	Pulse Coce Modulation
PTN	Packet Transport Network
PWE3	Pseudo Wire Emulation Edge to Edge
QoS	Quality of Service
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
STM-1	Synchronous Transport Module level-1
TDM	Time-division multiplexing
T-MPLS	Transport MPLS
VCAT	Virtual Concatenation

1. Premessa

I servizi TLC si sono basati e si baseranno sempre sulle reti di trasporto. La continua richiesta di nuovi servizi si traduce sempre in nuove implementazioni della rete di trasporto e molto spesso questo si traduce in costi elevati dovuti anche alla complessità della rete stessa.

La missione oggi è quindi rinnovare, ma anche semplificare riducendo i costi di implementazione e soprattutto di gestione tramite una delle ultime innovazioni nell'ambito delle reti di Trasporto: la tecnologia delle reti a pacchetto o PTN [1] (Packet Transport Network).

Acronyms

ATM	Asynchronous Transfer Mode
CES	Circuit Emulation Service
EOS	Ethernet Over SDH
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
IP	Internet Protocol
ITU	International Telecommunication Union
MPLS	Multi Protocol Label Switching
MPLSTP	MPLS Transport Profile
MSTP	Multi Service Transport Platform
NGSDH	New Generation SDH
OAM	Operations Administration Maintenance
OAM&P	Operations Administration Maintenance and Provisioning
OPM	Optical Packet Metro
PCM	Pulse Coce Modulation
PTN	Packet Transport Network
PWE3	Pseudo Wire Emulation Edge to Edge
QoS	Quality of Service
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
STM-1	Synchronous Transport Module level-1
TDM	Time-division multiplexing
T-MPLS	Transport MPLS
VCAT	Virtual Concatenation

1. Introduction

TLC services were based and will always rely on transport networks. The continuous demand for new services always translates into new transport network implementations and very often this translates into high costs due to the complexity of the network itself.

Today's mission is therefore to renew, but also facilitate, reducing implementation costs and above all management costs through one of the latest innovations in the sphere of Transport networks: packet network technology or PTN [1] (Packet Transport Network).

^(*) Direttore Tecnico di Sysnet Telematica Srl.

^(**) Direttore Operativo di Sysnet Telematica Srl.

^(*) Technical Director of Sysnet Telematica Srl.

^(**) Chief Operating Officer of Sysnet Telematica Srl.

L'adozione di collegamenti trasmissivi in tecnica PTN rappresenta la soluzione ideale per collegamenti di "accesso" metropolitani e lungo linea, tipici degli ambienti ferroviari, poiché permette di fronteggiare sia le crescenti esigenze di larghezza di banda che l'esigenza di connettere collegamenti di tipo Ethernet e TDM.

Grazie a questi aspetti e per verificarne gli effettivi vantaggi, Rete Ferroviaria Italiana sta conducendo una sperimentazione sulla tratta Battipaglia-Potenza i cui risultati verranno pubblicati in un successivo articolo. L'impianto sperimentale che RFI sta realizzando è una rete di accesso a larga banda, multimediale e a basso costo che interconnette tutti i siti in tratta, Fabbricati Viaggiatori e Sottostazioni Elettriche, al Posto centrale di Napoli per una gestione ed un controllo remoto degli stessi.

Nella fig. 1 è illustrata l'evoluzione negli anni delle reti di trasporto e di seguito cercheremo di approfondire l'argomento per comprendere il modo per cui si è giunti alla tecnologia PTN.

2. Dai flussi Base E1 alla rete SDH

La disponibilità dei primi circuiti integrati, consentendo un progressivo incremento della velocità di elaborazione dei dati, rese possibili le prime sperimentazioni di trasmissione di segnali numerici; tali sperimentazioni condussero, durante gli anni '60, allo sviluppo negli Stati Uniti dei primi sistemi di trasmissione di segnali PCM. Negli anni successivi, la continua crescita della domanda di servizi dati rese necessario aumentare la capacità trasmissiva della rete. Agli inizi degli anni '70, furono definite le due gerarchie di moltiplicazione di segnali attualmente utilizzate: la gerarchia americana (T1, 1,544 MB) e quella europea (E1, 2MB).

In entrambi i casi, la moltiplicazione viene effettuata



Fig. 1 - Evoluzione delle reti di trasporto negli anni.
Fig. 1 - Evolution of transport networks over the years.

The adoption of transmission connections in PTN technique is ideal for typical metropolitan "access" and alongside the line, typical in rail environments, since it allows dealing with both the growing bandwidth demands and the need to connect Ethernet type and TDM connections.

Thanks to these aspects and in order to verify the actual advantages, Rete Ferroviaria Italiana is conducting an experiment on the Battipaglia-Potenza route whose results will be published in a subsequent article.

The experimental system that RFI is developing is a broadband, multimedia and low-cost access network that interconnects all sites on the route, Passenger Buildings and Electrical Substations, to the Central Point of Naples for remote control and management of the same.

Fig. 1 shows the evolution in transport networks over the years and below we will try to go into depth on the topic so as to understand how we have come to the PTN technology.

2. From Basic E1 streams to the SDH network

The availability of the first integrated circuits, allowing for a gradual increase in the speed of data processing, made the first transmission experiments of digital signals possible; these experiments led to the development of the first PCM signal transmission systems in the United States during the 60s. In subsequent years, the continuous growth in demand for services made it necessary to increase the network transmission capacity. In the early 70s, the two signal multiplexing hierarchies currently used were defined: the American hierarchy (T1, 1.544 MB) and the European one (E1, 2 MB).

In both cases, multiplexing is performed using a technique that enables transmitting tributary streams, keeping them synchronised despite timing is generated from different sources.

These multiplexing hierarchies, as shown in fig. 2, had however been optimised for point-to-point connections and did not allow to easily follow the evolutionary process toward flexible network structures using reconfigurable centralised management.

To overcome these difficulties it was necessary to use different multiplexing (synchronous type) that would allow direct access to tributaries within the aggregate flow, aligning the streams in each node of the transmissive network.

This has led to the definition of Synchronous Digital Hierarchy, commonly also called SDH.

3. SDH [2]

This is a physical layer protocol used to transmit telephony and digital data in geographic telecommunications networks over optical fibre or wire. Networks that use that physical layer protocol are called SDH networks.

utilizzando una tecnica che consente di trasmettere i flussi tributari mantenendoli sincronizzati nonostante la temporizzazione sia generata da sorgenti diverse.

Tali gerarchie di moltiplicazione, come indicato in fig. 2, tuttavia erano state ottimizzate per collegamenti punto-punto e non consentivano quindi di seguire agevolmente il processo evolutivo verso strutture di rete flessibili e riconfigurabili tramite gestione centralizzata.

Per superare tali difficoltà è stato necessario utilizzare una differente moltiplicazione (di tipo sincrona) che, allineando i flussi in ogni nodo della rete trasmissiva, consentisse un accesso diretto ai tributari all'interno del flusso aggregato.

Ciò ha portato alla definizione della *Synchronous Digital Hierarchy* (Gerarchia Digitale Sincrona), comunemente detta anche SDH.

3. SDH [2]

Questo è un protocollo di livello fisico usato per la trasmissione digitale di telefonia e dati in reti di telecomunicazioni geografiche su fibra ottica o su cavo elettrico. Le reti che utilizzano tale protocollo a livello fisico vengono dette reti SDH.

Il protocollo SDH definisce nel dettaglio le modalità per aggregare, a vari livelli di gerarchie possibili, flussi dati a velocità diverse e ritrasmetterli tutti insieme su grandi distanze basandosi sul fatto che tutti gli elementi della rete sono tra loro strettamente sincronizzati con una precisione molto elevata.

In combinazione a ciò, la definizione di una speciale struttura della trama del pacchetto permette, non solo l'estrazione diretta di un singolo traffico tributario senza dover effettuare la demultiplicazione completa dell'intero flusso rendendo la rete molto più flessibile ed efficiente (fig. 3), ma anche il trasferimento di informazioni essenziali per la corretta gestione della rete e per la sua auto-protezione a fronte di guasti o di condizioni anomale o degrado.

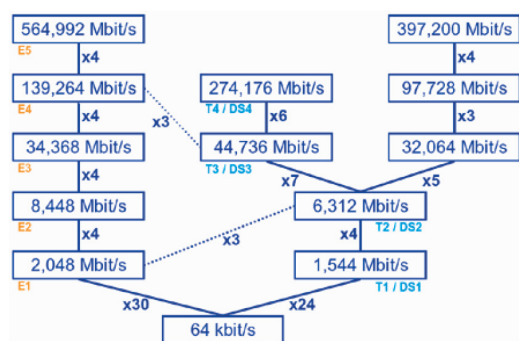
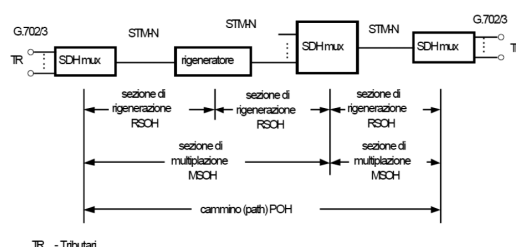


Fig. 2 - Evoluzione del PCM.
Fig. 2 - Evolution of the PCM.



TR - Tributari

Fig. 3 - Schema del trasporto di un flusso G703.
Fig. 3 - Diagram of the transport of a G703 flow.

The SDH Protocol defines in detail how to aggregate data flows at different speeds, at different levels of possible hierarchies, and transmit them all together again over great distances on the basis that all elements of the network are statistically synchronised with each other with very high precision.

In conjunction to this, defining a special structure of the packet frame allows not only the direct extraction of a single tributary traffic without having to carry out the complete demultiplexing of the entire flow making the network much more flexible and efficient (fig. 3), but also the transfer of essential information for the proper management of the network and for its self-protection against faults or abnormal conditions or degradation.

The end result is that the SDH Protocol enables achieving very high levels of service quality (service availability of 99.999%) and substantial control tools and real-time monitoring of the entire transmission network.

The advantages of SDH are manifold:

- Management flexibility of transmission flows. It is in fact possible to extract or add new flows in each node as well as relaunch signals via special interfaces.
- Standard optical interfaces. The SDH standard includes the definition of standard optical interfaces to allow interconnection at line level between equipment of different manufacturers, for all hierarchical orders.
- Traffic protection. A fundamental aspect of SDH regulation is the techniques intended for traffic protection. As shown in fig. 4, all SDH devices are structured so as to operate in network topologies (e.g. rings) and/or in redundant line configurations designed to protect traffic even in the event of failure of equipment and/or transmission carriers.
- Operation and maintenance aspects. In the SDH network, very rich performances in operation and maintenance are provided in all the equipment; the management logic network extends parallel to the actual transmission network as its auxiliary channels are integrated in the same frames transmitted without thereby requiring further support systems.
- The standardisation factor. SDH regulation also pro-

Il risultato finale è che il protocollo SDH consente di raggiungere elevatissimi livelli di qualità di servizio (disponibilità di servizio del 99,999%) e notevoli strumenti per il controllo e monitoraggio in tempo reale dell'intera rete di trasmissione.

I vantaggi offerti dalla SDH sono molteplici:

- *Flessibilità di gestione dei flussi trasmissivi.* È infatti possibile estrarre o aggiungere nuovi flussi in ogni nodo nonché rilanciare i segnali tramite apposite interfacce.
- *Interfacce ottiche standard.* La normativa SDH include la definizione di interfacce ottiche standard per consentire l'interconnessione a livello di linea fra apparati di diversi costruttori, per tutti gli ordini gerarchici.
- *Protezione del traffico.* Un aspetto fondamentale della normativa SDH sono le tecniche previste per la protezione del traffico. Come indicato in fig. 4, tutti gli apparati SDH sono strutturati in modo da poter operare in topologie di rete (per es. anelli) e/o in configurazioni di linea ridondate ideate per salvaguardare il traffico anche in caso di guasto degli apparati e/o dei portanti trasmissivi.
- *Aspetti di esercizio e manutenzione.* Nella rete SDH sono previste, in tutti gli apparati, prestazioni ricchissime di esercizio e manutenzione; la rete logica di gestione si estende parallelamente alla rete trasmissiva vera e propria essendo i relativi canali ausiliari integrati nelle stesse trame trasmesse senza quindi richiedere ulteriori sistemi di supporto.
- *Il fattore standardizzazione.* La normativa SDH prevede anche la standardizzazione delle funzioni di gestione, amministrazione, manutenzione e configurazione (funzioni di OAM&P). Ciò si colloca nel quadro generale di realizzazione di sistemi "aperti", in grado cioè di interfacciarsi fra loro.

L'interfacciamento di applicazioni software, oltre che di apparati a livello di interfacce elettriche ed ottiche, rende possibile la realizzazione di un ambiente multivendor anche nei centri OAM&P.

Il protocollo SDH è stato standardizzato nella sua prima versione dall'Unione Internazionale delle Telecomunicazioni (ITU) nel 1988. Da allora sono stati prodotti diversi aggiornamenti ed estensioni dello standard.

4. Dal SDH al New Generation SDH

Lo sviluppo di SDH, come già detto, fu originariamente dovuto alla necessità di trasportare flussi di traffico dati e telefonico insieme. Tuttavia la risoluzione di questa problematica ne ha creato un'altra: la concatenazione contigua crea la totale mancanza di flessibilità e la scarsa ottimizzazione dell'utilizzo di banda a causa delle dimensioni di ogni canale.

Il proliferare delle reti ethernet, poco adatte al tra-

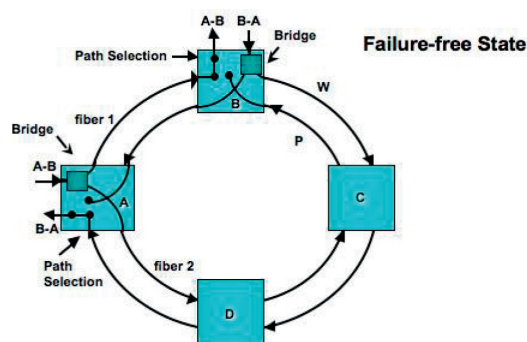


Fig. 4 - Meccanismi di ridondanza di una rete SDH.
Fig. 4 - Redundancy mechanisms of an SDH network.

vides for the standardisation of management, administration, maintenance and configuration functions (OAM&P functions). This is the general framework of the implementation of "open" systems, capable of interfacing between each other.

The interfacing of software applications, as well as of equipment at electrical and optical interfaces level, makes the realisation of a multivendor environment possible also in OAM&P centres.

The SDH protocol was standardised in its first version by the International Telecommunications Union (ITU) in 1988. Since then several updates and extensions of the standard have been made.

4. From SDH to the New Generation SDH

As already mentioned, the development of SDH was originally due to the need to carry data and telephone traffic flows together. However, the resolution of this issue has created another one: the contiguous concatenation creates the total lack of flexibility and scarce optimisation of bandwidth usage due to the size of each channel.

The proliferation of Ethernet networks scarcely suitable for data transport because not very flexible for handling service classes, with redundancy and maintenance (OAM) low-profile systems and with the absence of TDM interfaces to manage legacy systems, has further highlighted this limit. In fact, the transport of a 100 Mbit/s Fast Ethernet connection requires the use of a 155 Mbit/s channel, resulting in the waste of a third of the available bandwidth. Or once the path of a flow is established, this must ensure itself the use of consecutive ports that must remain such throughout the circuit therefore resulting in the obligation for all flows to follow the same path and the requirement to use everywhere equipment capable of handling correctly the contiguous concatenation, even in the intermediate points of the concatenated circuit.

This is not always possible, especially on an already op-

sporto dei dati in quanto poco flessibili a gestire le classi di servizio con sistemi di ridondanza e di manutenzione (OAM) di basso profilo e con l'assenza di interfacce TDM per gestire i sistemi legacy, ha ancora di più evidenziato questo limite. Infatti, il trasporto di una connessione 100 Mbit/s Fast Ethernet richiede l'uso di un canale da 155 Mbit/s, comportando lo spreco di un terzo della banda disponibile. Oppure, una volta stabilito il percorso di un flusso, questo deve garantirsi l'uso di porte consecutive che devono rimanere tali lungo tutto il circuito, il che comporta di conseguenza l'obbligo per tutti i flussi di seguire lo stesso percorso e l'obbligo di usare ovunque, anche nei punti intermedi del circuito concatenato, apparati in grado di gestire correttamente la concatenazione contigua.

Funzione non sempre possibile, soprattutto su una rete già in esercizio in cui le risorse necessarie potrebbero essere state già occupate in precedenza e comporta quindi un onere aggiuntivo di reingegnerizzazione della rete e di adeguamento degli apparati, operazioni tutte molto delicate e costose.

Questo ha generato la New Generation SDH che si basa sulla concatenazione virtuale (abbreviata in VCAT) che consente un approccio più flessibile, consentendo l'uso di granularità migliori e mappature di segnali asincroni o di banda qualsiasi all'interno di contenitori concatenati virtualmente tra di loro.

In particolare questa tecnica, come illustrato in fig. 5, si usa massicciamente per il trasporto di traffico Ethernet su SDH, alla base di tutti i servizi di nuova generazione (Triple Play: fonia, internet ad alta velocità e video on demand sulla stessa linea telefonica).

L'insieme dei protocolli SDH di nuova generazione che consentono di trasportare traffico Ethernet viene spesso indicato anche come Ethernet over SDH (EoS).

5. SDH o MPLS ?

Per consentire alle reti Ethernet il trasporto dei dati mediante meccanismi più rapidi e sicuri si è implementata la tecnologia MPLS (fig. 6). MPLS in sostanza è una tecnologia d'ausilio all'instradamento IP che, invece di richiedere a ciascun nodo di controllare la propria tabella

erating network in which the necessary resources may have already been occupied previously and requires an additional network reengineering burden and equipment adaptation, all very delicate and expensive operations.

This generated the New Generation SDH based on virtual concatenation (VCAT for short) that allows a more flexible approach with consequent use of better granularity and mapping of asynchronous signals or any bandwidth within containers virtually concatenated between them.

In particular this technique, as shown in fig. 5, is massively used for transporting Ethernet traffic over SDH, the basis of all new generation services (Triple Play: voice, high-speed internet and video on demand on the same telephone line).

The set of next-generation SDH protocols that allow Ethernet traffic transport is often also referred to as Ethernet over SDH (EoS).

5. SDH or MPLS ?

The MPLS technology has been implemented (fig. 6) to enable Ethernet networks to transport data using faster and more secure mechanisms. MPLS in essence is a technology that helps IP routing, rather than requiring each node to check its routing table to determine the traffic output interface, it allows to establish, by checking only the packets, which are output interfaces for traffic.

MPLS behaviour is similar to that of network technologies such as Frame Relay and ATM, but does not require a dedicated level 2: this involves a significant simplification in the management of the network which is single at level 3 rather than divided into two different networks at level 3 on the edges and level 2 inside, as was the case with IP over ATM.

MPLS, born primarily to ensure high performance traffic relay, was the subject of extensions to guarantee the creation of paths also on networks not IP native, such as SDH networks.

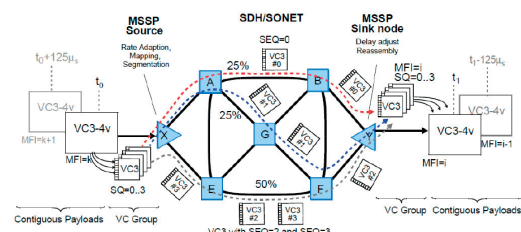


Fig. 5 - Esempio trasmissione con tecnica VCAT.
Fig. 5 - Example of broadcast using VCAT technology.

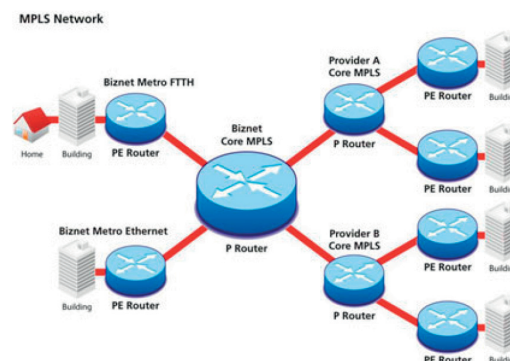


Fig. 6 - Schema di principio di una rete MPLS.
Fig. 6 - Diagram of the principle of an MPLS network.

di routing per stabilire l'interfaccia d'uscita del traffico, permette di stabilire, controllando solamente i pacchetti, quali siano le interfacce d'uscita per il traffico.

Il comportamento di MPLS è analogo quindi a quello di tecnologie di rete quali Frame Relay ed ATM, ma non richiede un livello 2 dedicato: questo comporta quindi una rilevante semplificazione nella gestione della rete che risulta unica a livello 3 anziché distinta in due diverse reti, a livello 3 ai bordi e livello 2 all'interno, come accadeva invece con IP su ATM.

MPLS, nato principalmente per garantire alte performance di inoltro del traffico, è stato oggetto di estensioni per garantire la creazione di percorsi anche su reti non nativamente IP, quali reti SDH.

Come indicato in fig. 7, MPLS interagisce con la rete in modo piuttosto invasivo, e non sempre le scelte da compiere per la creazione dei cammini sono semplici. Sempre per applicazioni legate alle reti di telecomunicazioni è in fase di standardizzazione congiunta la variante T-MPLS (Transport MPLS) o MPLS/TP (MPLS/Transport Profile), che garantisce:

- la persistenza nel tempo dei circuiti;
- il supporto di informazioni di servizio (OAM) specifiche per il monitoraggio e la rilevazione in tempo reale di guasti all'interno della rete e per la misurazione della qualità del servizio fornito;
- il supporto di meccanismi di protezione automatica dei circuiti con tempi di ripristino inferiori ai 50 millisecondi;
- la possibilità di interagire e di essere controllato tramite sistemi di gestione esterni (per esempio per trasferire informazioni di allarme o per creare circuiti senza usare i protocolli automatici);
- la possibilità di trasportare direttamente contenuto informativo di qualsiasi tipo, sia dati (come ad esempio Ethernet, ATM, IP, MPLS standard su T-MPLS) sia di telefonia tradizionale (tramite l'emulazione di circuito, Circuit Emulation Service (CES));
- il supporto di meccanismi di controllo delle congestioni e di gestione differenziata delle priorità dei singoli flussi dati in base all'applicazione a cui sono destinati (Quality of Service).

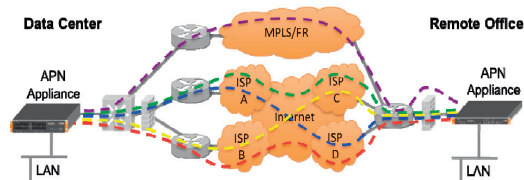


Fig. 7 - Schema percorso tra due end point in una rete MPLS.
Fig. 7 - Diagram of the path between two end points in an MPLS Network.

As shown in fig. 7 MPLS interacts with the network in a somewhat invasive manner, and the choices to be made for the creation of paths are not always simple. Still for applications related to telecommunications networks the T-MPLS (Transport MPLS) or MPLS-TP (Transport MPLS/Profile) variant is in the process of joint standardisation that provides:

- the persistence of circuits over time;
- support of service information (OAM) specific for monitoring and real-time detection of faults within the network and for the measurement of the quality of the service provided;
- support for automatic protection mechanisms of circuits with recovery times of less than 50 milliseconds;
- the possibility to interact and be controlled via external management systems (for example, to transfer alarm information or create circuits without the use of automated protocols);
- the possibility of delivering information content of any kind directly, both data type (such as Ethernet, ATM, IP, MPLS standard over T-MPLS) and traditional telephony (via circuit emulation, Circuit Emulation Service (CES));
- support of mechanisms for congestion control and differentiated management of priorities of individual data flows according to the application for which they are intended (Quality of Service).

6. PTN technology

Despite the improvements made, NG SDH approach to transport remains cumbersome and rigid.

Modern networks must be more flexible and above all easier to maintain and develop, and to do this integration is essential.

Large networks continue to maintain two different SDH and MPLS levels because if it is true that great efforts have been made to integrate the two types of network it is also true that the equipment that implement them remain separate and different.

This leads to higher implementation and maintenance costs.

The Packet network or PTN technology represents the technological solution for the establishment of the transport network attained after years of discussion among the industry leaders in the field.

The name itself suggests two important features: Packet and Transport.

As shown in fig. 8 PTN is a network that uses packets to transport data based on mechanisms typical of transport networks.

This technology allows the management of broadcast and multicast merging it with a very advanced and flexible management of quality of service (QoS) using GE/10GE interface, ensuring the support of the old TDM applications with a high level of maintenance (OAM).

6. La tecnologia PTN

L'approccio della NG SDH al trasporto, nonostante le migliorie apportate, resta comunque macchinoso e rigido.

Le reti moderne devono essere più flessibili e soprattutto più facili da mantenere e sviluppare e per fare questo l'integrazione è essenziale.

Le grandi reti continuano a mantenere due differenti livelli SDH e MPLS perché, se è vero che sono stati fatti grandi sforzi per integrare i due tipi di rete, è anche vero che gli apparati che li implementano restano distinti e separati.

Questo comporta maggiori costi di implementazione e manutenzione.

La rete a Pacchetto o in tecnologia PTN rappresenta la soluzione tecnologica per la costituzione della rete di trasporto a cui si è giunti dopo anni di discussione tra le industrie leader nel settore.

Il nome indica di per sé due importanti caratteristiche: Pacchetto e Trasporto.

Come indicato in fig. 8, la PTN è una rete che utilizza i pacchetti per trasportare i dati basandosi sui meccanismi tipici delle reti di trasporto.

Questa tecnologia consente la gestione dei broadcast e dei multicast unendola ad una gestione molto avanzata e flessibile della qualità del servizio (QoS), utilizzando interfaccia GE/10GE, garantendo il supporto delle vecchie applicazioni TDM con un alto livello di manutenzione (OAM).

Il supporto della sincronizzazione delle reti (IEEE 1588v2), delle emulazioni di collegamento (pseudo-wire, PWE3) del T-MPLS ed il MPLS-TP fanno di questa tecnologia la soluzione ideale per le reti complesse.

I principali vantaggi che derivano dall'utilizzo di questa tecnologia si possono riassumere in:

- **Ottimizzazione della rete per consentire il trasporto di traffico a pacchetto.** La rete consente prestazioni analoghe a quelle ottenute con la tecnologia SDH, ma senza le limitazioni imposte da quest'ultima. Infatti la banda disponibile non è fissata a priori e consente di costruire circuiti con banda flessibile o garantita e con meccanismi di QoS che consentono la gestione dei picchi di traffico.
- **Grande affidabilità.** I sistemi di ridondanza di cui dispongono gli apparati PTN consentono di ottenere risultati perfettamente equivalenti a quelli delle reti SDH.
- **Gestione del traffico TDM.** Il trasporto di circuiti privati E1, E3 o STM-1 è garantito così come anche la sincronizzazione su trasmissioni a pacchetto (Synchronous Ethernet e IEEE 1588).
- **Possibilità di gestire gli anelli con velocità differenti.** Una delle peculiarità delle reti PTN è quello di poter gestire tratte di

Support of synchronisation of the networks (IEEE 1588v2), of connection emulations (pseudo wire, PWE3) of the T-MPLS and MPLS-TP, make this technology the ideal solution for complex networks.

The main advantages deriving from the use of this technology can be summarised in:

- **Network optimisation** to allow the transport of packet traffic. *The network provides similar performance to those obtained with the SDH technology, but without the limitations imposed by the latter. In fact, the available bandwidth is not fixed in advance and allows building circuits with flexible or guaranteed bandwidth and QoS mechanisms that allow managing traffic peaks.*
- **Great reliability.** *Redundancy systems available in the PTN devices provide results perfectly equivalent to those of SDH networks.*
- **TDM traffic management.** *The transport of private E1, E3 or STM-1 circuits is ensured as well as synchronisation on packet transmission (Synchronous Ethernet and IEEE 1588).*
- **Possibility to manage rings with different speeds.** *One of the peculiarities of PTN networks is being able to handle connection routes between the various nodes at different speeds even managing multiple E1 interfaces in a typical Ethernet trunk mode. This peculiarity, once sized correctly, ensures redundancy of the rings even only for essential services.*
- **Network management** according to technologies, methodologies and processes typical of transport networks. *The management tools provided by this technology are identical to those used for transport networks, this is because the OAM mechanisms used have been defined with this objective since the beginning.*
- **Improved efficiency** in the sizing of the network. *The ability to aggregate Ethernet traffic before inputting it in the optical transport networks will allow dimensioning the network in a more timely and precise manner, avoiding waste or oversizing.*

As shown in fig. 9 from an operational point of view the

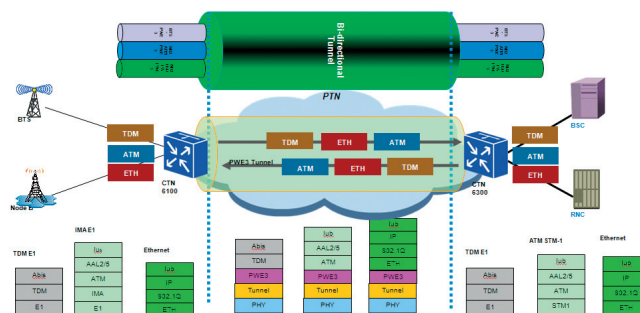


Fig. 8 - Il trasporto su una rete PTN.
Fig. 8 - Transport on a PTN network.

collegamento tra i vari i nodi a differenti velocità arrivando persino a gestire più interfacce E1 in una modalità tipica del trunk ethernet. Questa particolarità, una volta dimensionata nel modo corretto, consente di ottenere le ridondanze degli anelli anche solo per i servizi essenziali.

- *Gestione della rete secondo le tecnologie, i processi e le metodologie tipiche delle reti di trasporto.* Gli strumenti di gestione messi a disposizione da questa tecnologia sono identici a quelli utilizzati per le reti di trasporto, questo perché i meccanismi di OAM impiegati sono stati definiti fin dall'inizio con questo obiettivo.
- *Maggior efficienza nel dimensionamento della rete.* La capacità di aggregare il traffico Ethernet prima di immergerlo nelle reti di trasporto ottico consentirà di dimensionare la rete in maniera più puntuale e precisa, evitando i sovradimensionamenti o gli sprechi.

Come indicato in fig. 9, da un punto di vista operativo la tecnologia PTN garantisce i seguenti vantaggi:

- disponibilità di interfacce a circuito a pacchetto installate su un unico apparato;
- garanzia di adeguati livelli di sicurezza e affidabilità tramite meccanismi di protezione analoghi a quelli utilizzati per le reti a circuito;
- massima flessibilità nello sviluppo della rete che può crescere all'aumentare delle esigenze con ridotti interventi sugli apparati.

7. Conclusioni

In conclusione, possiamo affermare che:

- la tecnologia nel corso degli anni, evolvendosi, ha coinvolto anche le reti di trasporto dati aumentando le capacità, l'affidabilità e la semplicità di utilizzo;
- le reti in esercizio non hanno seguito lo stesso trend fino ad oggi perché l'ammodernamento delle stesse è un'attività troppo lunga e costosa;
- Packet Transport Network, offrendo un trasporto ottimizzato di ethernet e nativo dei flussi legacy TDM, consente la sostituzione in modo semplice ed efficace dei sistemi PDH e SDH obsoleti;
- grazie alle sue proprietà, l'applicazione di questa tecnologia nell'ambito ferroviario consente di uniformare le reti aumentandone le capacità trasmissive evitando costosi investimenti.

Benefits of Packet Transport Network

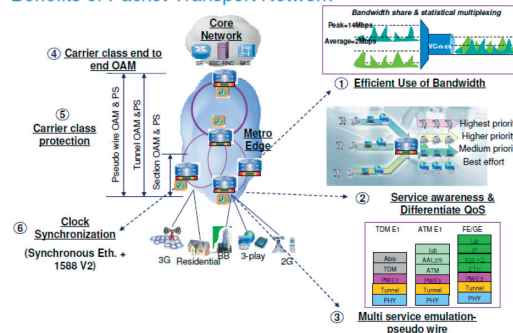


Fig. 9 - Vantaggi di una rete PTN.

Fig. 9 - Advantages of PTN networks.

PTN technology guarantees the following advantages:

- availability of packet and circuit interfaces installed in a single piece of equipment;
- ensured adequate levels of safety and reliability through protection mechanisms similar to those used for circuit networks;
- maximum flexibility in the development of the network that can grow with increasing demands with reduced interventions on equipment.

7. Conclusions

In conclusion, we can say that:

- over the years technology while evolving has also involved data transport networks increasing their capacity, reliability and ease of use;
- operating networks have not followed the same trend until today because modernisation of the same is a too time consuming and expensive task;
- Packet Transport Network while offering an optimised Ethernet transport and native of TDM legacy flows enables replacing obsolete PDH and SDH systems in a simple and efficient way;
- thanks to its properties application of this technology in the railway context allows standardisation of the networks by increasing transmissive capabilities avoiding expensive investments.

BIBLIOGRAFIA – REFERENCES

- [1] G. FERRARIS, S. MARIANI, P. MERCADANTE, "Tutti bit passano per il trasporto", Notiziario tecnico Telecom Italia, numero 2/11.
- [2] A. MARICONDA, R.C. MISUL, F. PARENTE, R. PIETROIUSTI, "La nuova gerarchia di multiplazione sincrona (SDH)", Notiziario Tecnico SIP, n. 1, luglio 1992.