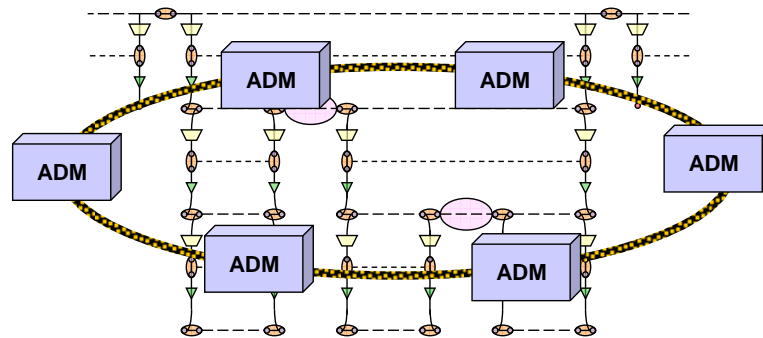


## SDH - Tecnica sincrona

# SDH



## Struttura di Rete

## Sicurezza e Qualità del Servizio

Richiami alle problematiche connesse con l'obiettivo di assicurare la Sicurezza e la Qualità del Servizio della Rete

I **requisiti** che una Rete di Trasporto deve fornire per garantire la soddisfazione degli utilizzatori della rete stessa sono:

**Sicurezza del Servizio**

**Qualità del Servizio**

Tali requisiti si estrinsecano con diversi **parametri** con i relativi limiti di prestazione

## Sicurezza del Servizio: parametri e prestazioni

### Disponibilità (Availability)

Capacità della rete di trasportare le informazioni, espressa come percentuale del tempo in cui il Servizio (indipendentemente dalla Qualità offerta) è stato a disposizione degli utilizzatori. Valori tipici richiesti sono fra il 98% e il 99,5%

### Grado di Sopravvivenza (Survivability)

Percentuale di connessioni fra 2 punti generici della Rete che sono ancora disponibili al verificarsi di un guasto. Sono richiesti valori diversi per i vari tipi di Servizio ed in base al tipo di guasto (Portante o Nodo).

Classe di Servizio	Grado di Sopravvivenza
Servizi con Qualità standard (Fonia)	100% dal guasto singolo di portante 50% dal guasto singolo di nodo
Servizi con Qualità elevata (CDA, CDN, DATI)	100% dal guasto singolo di portante 100% dal guasto singolo di nodo
Diffusivi	100% dal guasto singolo di portante 0% dal guasto singolo di nodo

## Tecniche di Recovery

Al fine di assicurare il rispetto dei limiti di prestazione dei vari parametri definiti in precedenza, vengono adottate **tecniche di Recovery** (recupero) nel caso in cui si presentino i seguenti **eventi**:



**Guasti o Difetti gravi**  
che incidono sulla  
**Sicurezza del Servizio**



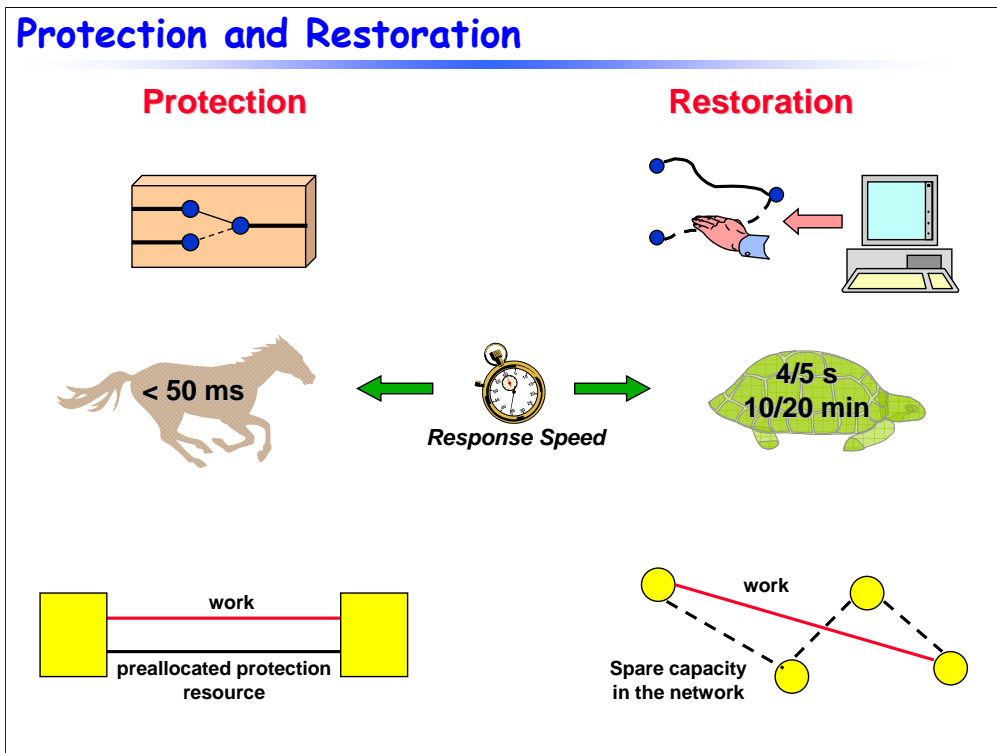
**Difetti o Anomalie**  
che incidono sulla  
**Qualità del Servizio**



Le tecniche di Recovery hanno l'obiettivo  
di **recuperare / riguadagnare** le  
condizioni precedenti alla occorrenza  
degli eventi suddetti.



Sono suddivise in **Protection** (Protezione) e **Restoration** (Ripristino)



Protection e Restoration sono due termini comunemente usati come sinonimi anche se la G.805 li associa a due tecniche ben distinte. Infatti la Restoration indica il ripristino del servizio dopo un guasto, solitamente associata ad una lenta risposta (secondi o minuti) spesso attivata in modo manuale, mentre la Protection è considerata una operazione veloce ed automatica (<50ms).

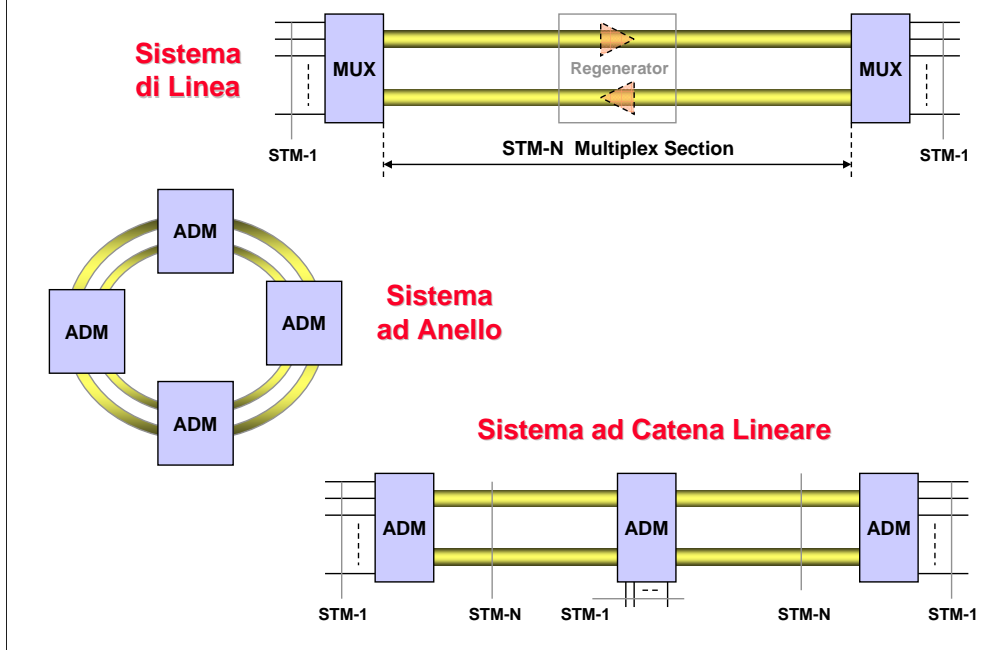
Lo sviluppo di sistemi di Restoration veloci azionati via software e la necessità di ritardare il tempo di risposta dei sistemi di Protection presenti negli strati alti della rete per minimizzare l'interazione con i meccanismi di protezione degli strati bassi, ha recentemente reso meno marcata la distinzione delle due tecniche basata sulla velocità di risposta.

Tuttavia vi sono ulteriori fattori che determinano la distinzione tra le due tecniche:

La Protection è caratterizzata dall'uso di una risorsa di riserva ben definita e preassegnata per ristabilire il percorso o la sezione affetta da guasto. Per ogni scenario di guasto sono quindi previste deviazioni predeterminate del segnale su un percorso alternativo.

La Restoration invece utilizza una capacità di riserva precalcolata e distribuita nella rete per ripristinare una connessione affetta da guasto. Quando si verifica un guasto un algoritmo di Restoration cerca un nuovo instradamento (re-routing), usando la capacità di riserva disponibile, per allocare la capacità di esercizio persa a causa del guasto. Questo implica che, al verificarsi dello stesso guasto in istanti di tempo successivi, non è assicurato che l'algoritmo di ricerca restituisca lo stesso instradamento di restoration. Questo può infatti dipendere da eventuali altri guasti che modificano lo stato della rete. Il processo di reinstradamento viene attivato da un sistema di controllo che può essere centralizzato o distribuito. Il percorso di restoration può essere stabilito a priori per ogni configurazione di guasto coperta (pre-planned) o cercato dinamicamente all'insorgere della situazione di guasto (dynamic).

## Tipologie dei sistemi SDH



I sistemi trasmissivi SDH sono costituiti da insiemi di apparati (ADM, MUX, Rigeneratori) e dalle fibre utilizzate per interconnettere tali apparati. I sistemi trasmissivi SDH possono essere classificati in tre categorie principalmente in funzione della topologia adottata.

Un **sistema di linea** (detto anche sistema punto-punto) viene, in genere, realizzato con apparati MUX e viene utilizzato per la realizzazione di reti magliate. Le velocità di cifra previste per i sistemi di linea SDH sono 155Mb/s, 622Mb/s, 2.5Gb/s e 10Gb/s.

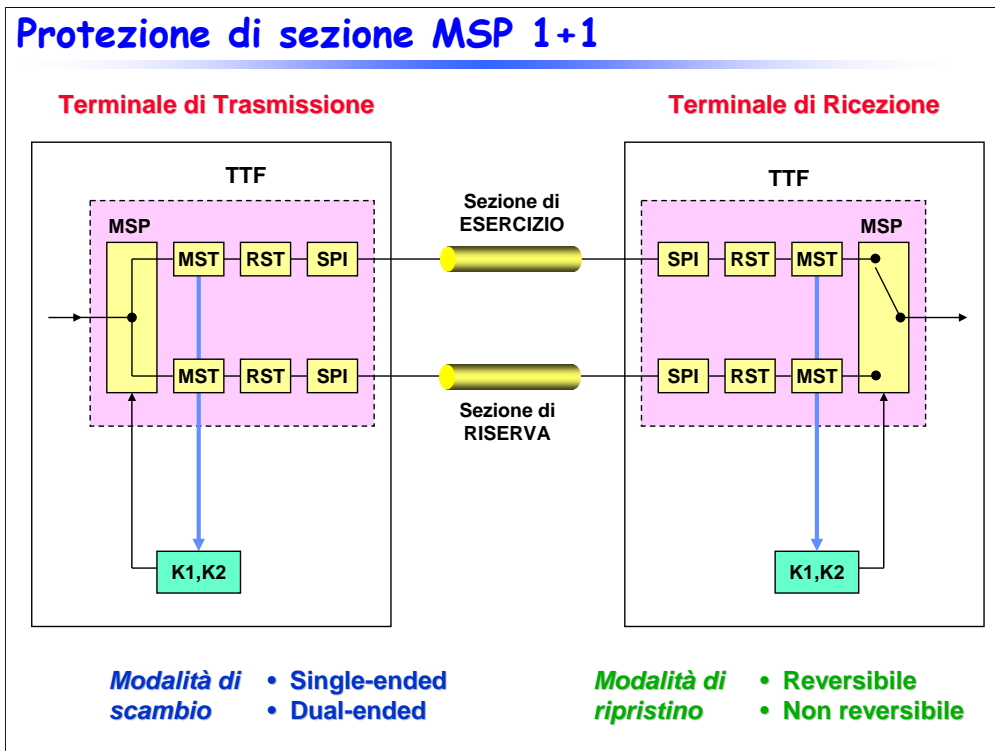
Si osservi come gli estremi di una Multiplex Section corrispondano ai confini di un sistema di linea (esclusi i MUX).

Una Multiplex Section è costituita dalla sequenza di una o più Regeneration Section, ciò significa che un sistema di linea può attraversare uno o più rigeneratori.

Un **sistema ad anello** viene realizzato con apparati ADM e viene, in genere, utilizzato per la realizzazione di reti con più anelli interconnessi tra loro.

Le velocità previste sono le stesse dei sistemi di linea. I sistemi ad anello possono poi essere classificati, in base alle loro caratteristiche fisiche, in anelli a 2 fibre o a 4 fibre, oppure, in base alle loro caratteristiche funzionali, in sistemi ad anello unidirezionali o bidirezionali.

Il sistema trasmissivo a **catena lineare** può essere visto come un sistema di anello aperto o una sequenza di sistemi di linea collegati back-to-back. Trova applicazione in situazioni particolari, per esempio per collegare a un sistema di anello un bacino di utenza che, per esiguità di traffico prodotto o per difficile raggiungibilità geografica, non giustifica la creazione di un anello completo.



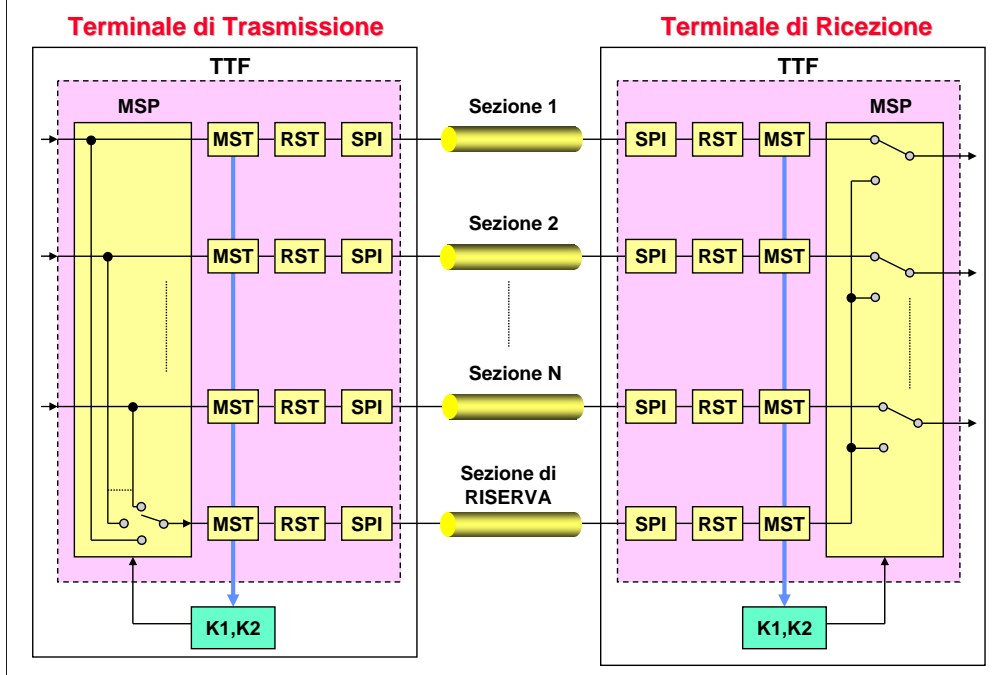
Per quanto riguarda la protezione di rete, sono stati definiti diversi schemi di protezione applicabili alle possibili topologie di rete. La protezione più semplice, applicata nei collegamenti lineari punto-punto, è quella della sezione di moltiplicazione MSP (Multiplex Section Protection) attuata con un sistema del tipo 1+1.

Questa protezione consiste nel duplicare le interfacce trasmissive di entrambi gli apparati e il cabaggio tra essi. In trasmissione il segnale STM-N di linea è inviato su entrambi i collegamenti (uno di questi è predefinito come collegamento di esercizio mentre l'altro è di riserva); in ricezione invece è scelto, mediante un selettore, il segnale di qualità migliore (a parità di qualità è scelto il segnale sul collegamento di esercizio). Nel caso in cui il collegamento di esercizio sia danneggiato, o più in generale quando presenti una riduzione di qualità, l'apparato in ricezione rileva la mancanza o il degrado del segnale utile e, mediante il selettore, preleva il segnale dal collegamento di riserva. Queste funzioni sono svolte dal blocco funzionale MSP, definito nella Raccomandazione ITU-T G.783 e presente in tutti gli apparati SDH. Il tempo di scambio è dell'ordine di qualche decina di millisecondi. La protezione può essere "single ended" o "dual ended" e, inoltre, è o no reversibile.

La protezione "single ended" è costituita da uno scambio sull'apparato che rileva la malfunzione indipendentemente dal comportamento dell'altro terminale e senza nessuno scambio di informazioni tra i due terminali. Nel caso di protezione "dual ended", il terminale che rileva il guasto scambia sulla riserva e nello stesso tempo informa il terminale remoto tramite i byte K1 e K2 della trama STM-N e secondo un protocollo definito nella Raccomandazione G.841 dell'avvenuto scambio. Il terminale remoto, ricevuta l'informazione, scambia anch'esso sul collegamento di riserva.

La protezione reversibile consiste nel ritorno automatico del selettore sul collegamento di esercizio nel momento in cui il malfunzionamento viene eliminato; quella non reversibile non consente il ritorno automatico del selettore sul collegamento di esercizio.

## Protezione di sezione MSP N+1

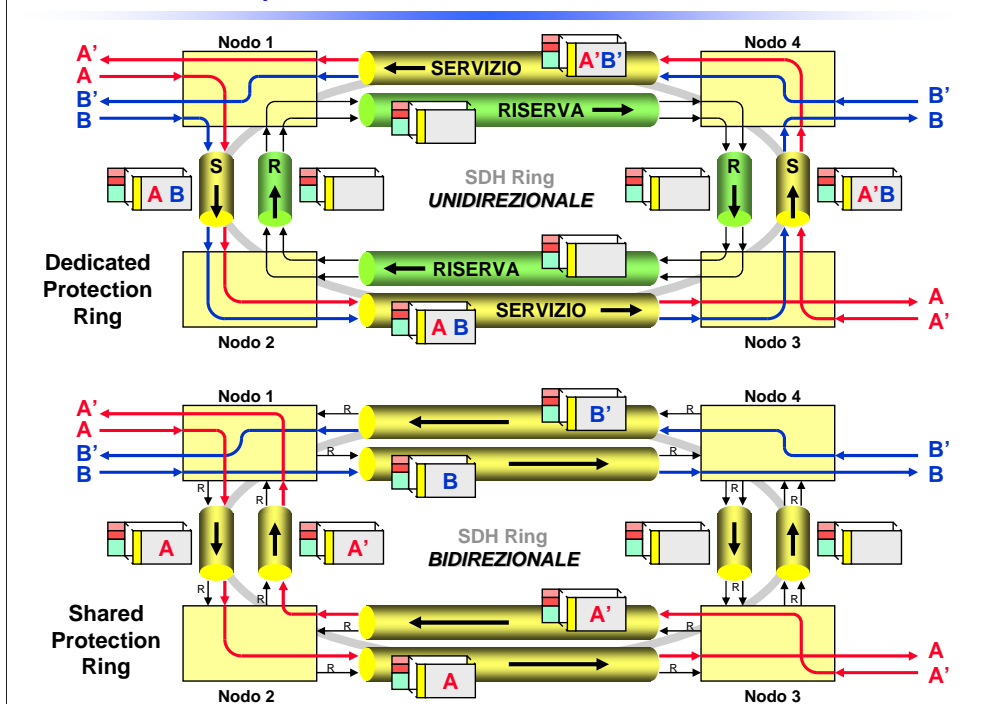


Nel caso di protezione della sezione del tipo N+1 la riserva è condivisa da n collegamenti di esercizio (N fino a 14). Il coordinamento delle azioni svolte dal MSP in trasmissione ed in ricezione è fatto attraverso un apposito canale di segnalazione (byte K1 e K2) previsto nella capacità di servizio (MSOH) della trama sincrona.

Lo scambio dei flussi STM-N operato dal MSP può essere bidirezionale, cioè fatto su entrambe le direzioni di trasmissione o unidirezionale, cioè fatto solo sulla direzione di trasmissione affetta da guasto. Lo scambio può essere altresì reversibile e irreversibile a seconda che il sistema ritorni automaticamente o no sulla sezione di esercizio non appena rimosse le condizioni di guasto.



## Anelli a due fibre



Le reti con topologia ad anello si basano generalmente sull'impiego di ADM e possono essere realizzate utilizzando un numero variabile di fibre ottiche (o altri tipi di portante); le più interessanti sono quelle realizzate con due fibre.

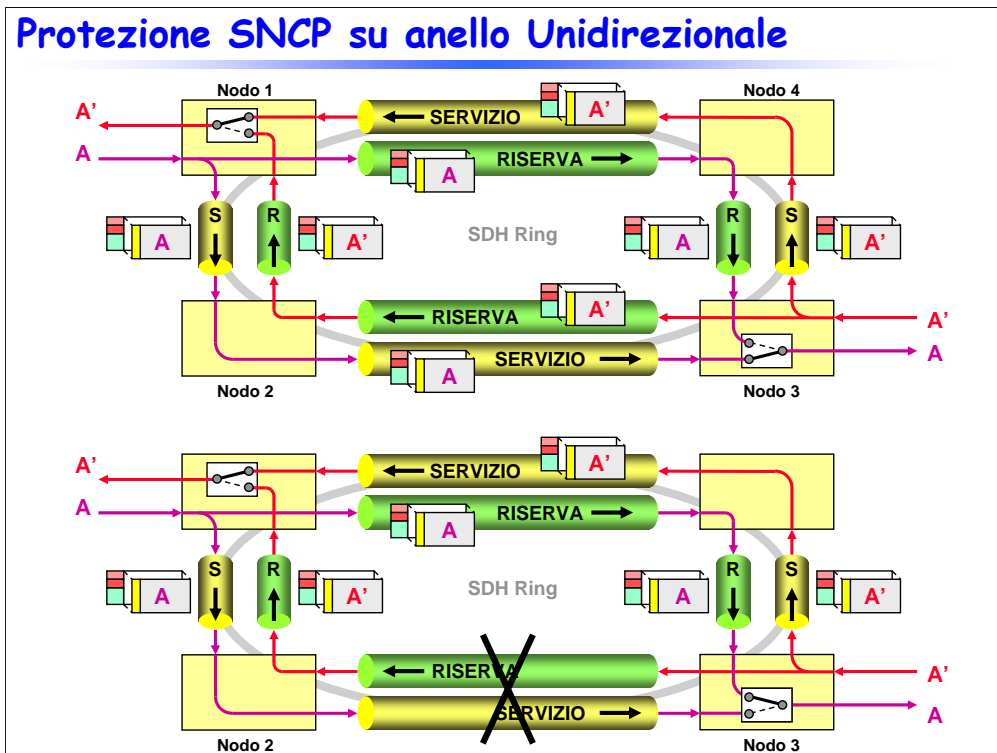
Con riferimento alla protezione automatica dei flussi trasmissivi ed in particolare alle tecniche di autoripristino, gli anelli a due fibre possono essere classificati essenzialmente in due tipi: unidirezionali (protezione dedicata) e bidirezionali (protezione condivisa).

L'anello unidirezionale è realizzato utilizzando una delle fibre come mezzo di esercizio e l'altra come riserva. Nelle condizioni normali di funzionamento il segnale è inviato da ciascun ADM dell'anello sulla fibra di esercizio ed in un senso di trasmissione prestabilito. Il volume del traffico trasportato da un anello unidirezionale è al più pari alla capacità di linea degli apparati.

Nell'anello bidirezionale entrambe le fibre sono utilizzate come mezzo di esercizio e il segnale utile può essere inviato su entrambi i versi di trasmissione. Può essere comunque riservata a ognuna delle due fibre una scorta pari a metà della capacità totale dell'anello. Il volume del traffico trasportato dall'anello è quindi almeno pari alla capacità di linea degli apparati.

Nell'anello unidirezionale i VC impegnano la capacità in tutte le sezioni dell'anello in quanto tutto il traffico in esercizio è trasportato su una sola fibra in una direzione. E' quindi preferibile utilizzare l'anello unidirezionale nel caso di traffico diretto verso un unico nodo (hub) poiché la capacità dell'anello non può comunque superare quella la capacità di linea.

Nell'anello bidirezionale invece i VC impegnano la capacità dell'anello solo nelle sezioni che congiungono i due nodi terminati del path. Se si presentano notevoli relazioni di traffico tra i vari nodi dell'anello è quindi preferibile utilizzare l'anello bidirezionale poiché in tal caso il traffico totale smaltito dall'anello può superare la capacità di linea.

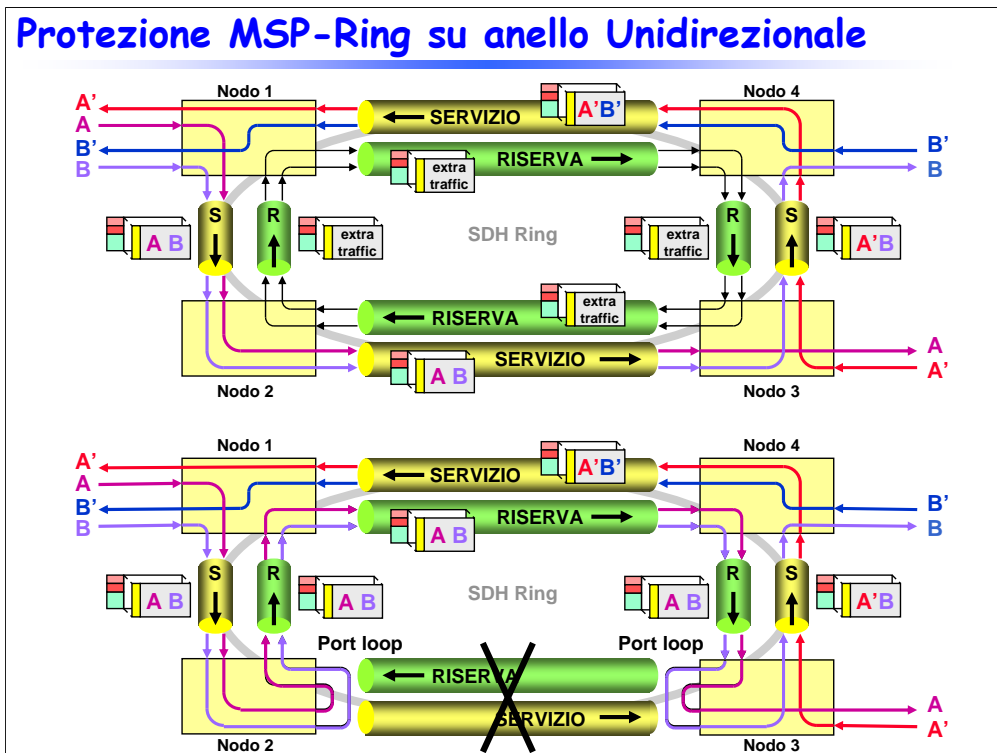


La protezione di tipo SNCP può essere applicata solo negli anelli unidirezionali e agisce a livello di path; essa è quindi attivabile in maniera indipendente per ogni tipo di VC. La protezione consiste nel trasmettere il flusso contenuto in un VC che si vuole proteggere in entrambi i sensi di trasmissione dell'anello utilizzando da un lato la fibra di esercizio e dall'altro quella di riserva. L'ADM posto al termine del flusso di un VC riceve il segnale da entrambi i lati dell'anello e sceglie quello migliore. A parità di qualità del segnale ricevuto viene selezionato quello proveniente dal lato di esercizio dell'anello.

In caso di guasto lungo l'anello, uno dei due versi di trasmissione si interrompe e l'ADM del nodo 3, che non riceve più il VC dalla fibra di esercizio si predispose sul segnale proveniente dalla fibra di riserva.

La protezione può essere solo del tipo single-ended, infatti, come evidenziato nella slide che mostra il meccanismo di protezione, il contemporaneo scambio anche nel nodo 1 comporterebbe la ricezione del VC sulla fibra di riserva, la quale però risulta essere interrotta.

La modalità di funzionamento può essere invece sia reversibile che non reversibile.



Gli anelli unidirezionali sono realizzati impiegando una delle due fibre come mezzo di esercizio e l'altra come mezzo di riserva. In condizioni normali di funzionamento il segnale STM-N è trasmesso da ciascun ADM sulla fibra di esercizio in un unico prestabilito senso di trasmissione. La slide mostra un anello monodirezionale in cui sono evidenziati esempi di relazioni bidirezionali di traffico tra i vari nodi. Sono riportati due esempi di relazioni di traffico: quello dal nodo 1 al nodo 3 è indicato con A e dal nodo 3 al nodo 1 con A', mentre la relazione di traffico dal nodo 1 al nodo 4 è indicato con B e dal nodo 4 al nodo 1 con B'.

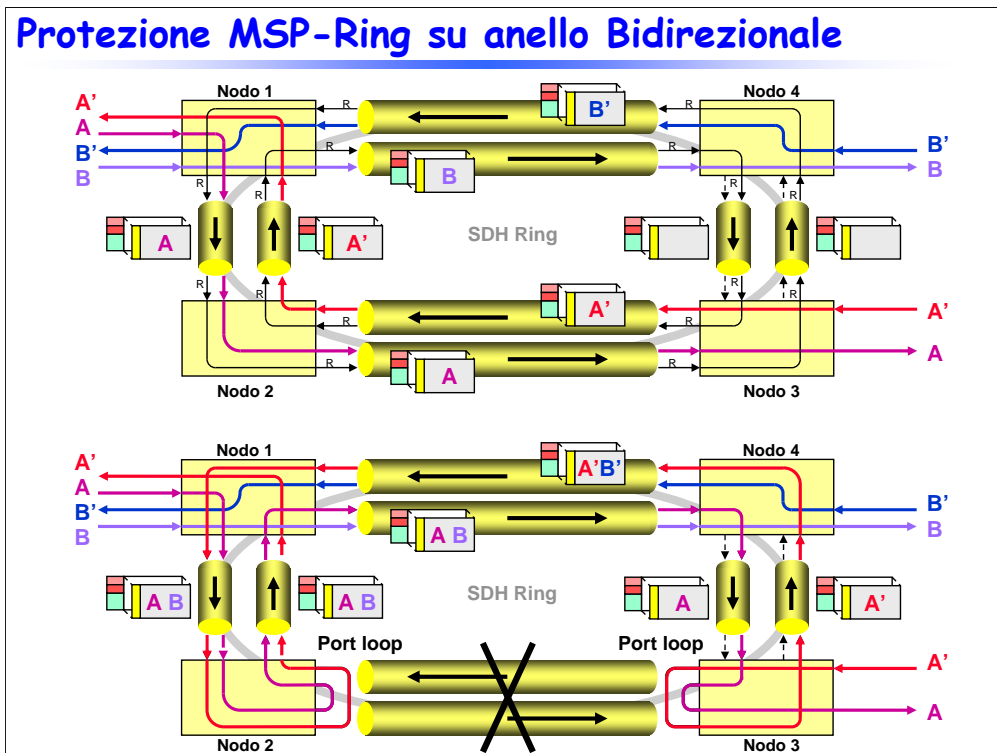
Il traffico sulla fibra di esercizio procede per tutti gli ADM nello stesso senso (senso antiorario); nell'altra fibra, in senso opposto al precedente, è inviato un segnale di prova ricevuto e ritrasmesso trasparentemente da ciascun ADM. Occorre notare che ciascun collegamento tra ADM contigui costituisce una sezione trasmissiva e quindi gli elementi che vengono ricevuti/trasmessi trasparentemente dagli ADM sono i VC, mentre l'SOH viene terminato e generato da ciascun ADM.

La protezione di tipo MSP-Ring è applicabile sia sugli anelli unidirezionali sia su quelli bidirezionali. Questo tipo di protezione agisce sull'intera sezione di multiplazione e non sul path come la SNCP. Di conseguenza la MSP-Ring non va attivata per ogni singolo VC ma una volta predisposta riguarda tutti i VC della sezione di multiplazione.

In caso di guasto, rilevato dall'analisi delle informazioni trasportate dall' MSOH, su una sezione trasmissiva dell'anello nella quale è stata attivata la MSP-Ring, entrambi gli ADM agli estremi della sezione guasta, richiudono il traffico ricevuto sulla fibra di riserva creando dei loop tra il ricevitore ed il trasmettitore della porta di linea sulla sezione funzionante. In questo modo tutto il traffico che sarebbe dovuto transitare sulla sezione in avaria è reinstradato sulla fibra di riserva e viaggia nel senso opposto di trasmissione.

La protezione può essere di tipo reversibile o non reversibile.

Nell'esempio in esame, a seguito della riconfigurazione automatica dell'anello causata dal guasto sulla sezione tra i nodi 2 e 3, il traffico A' da 3 a 1 non subisce modifiche rispetto alla situazione precedente, mentre il traffico A da 1 a 3 viene fatto transitare sulla fibra di riserva e trasmesso trasparentemente dai nodi 1 e 4 fino a raggiungere il nodo 3 dalla direzione opposta a quella del funzionamento normale.



Gli anelli bidirezionali sono realizzati impiegando entrambe le fibre sia come mezzo di esercizio che di riserva, utilizzando quindi per il traffico entrambi i sensi di trasmissione. Per ciascun senso di trasmissione è però prevista una sufficiente capacità trasmissiva di riserva utilizzabile per trasportare il traffico di eventuali sezioni affette da guasto.

Come si vede dall'esempio illustrato nella slide, tra coppie di nodi contigui esistono collegamenti bidirezionali ottenuti impiegando una fibra per ciascuna direzione di trasmissione.

La protezione di tipo MSP-Ring è applicabile sia sugli anelli unidirezionali sia su quelli bidirezionali. Questo tipo di protezione agisce sull'intera sezione di multiplazione e non sul path come la SNCP. Di conseguenza la MSP-Ring non va attivata per ogni singolo VC ma una volta predisposta riguarda tutti i VC della sezione di multiplazione.

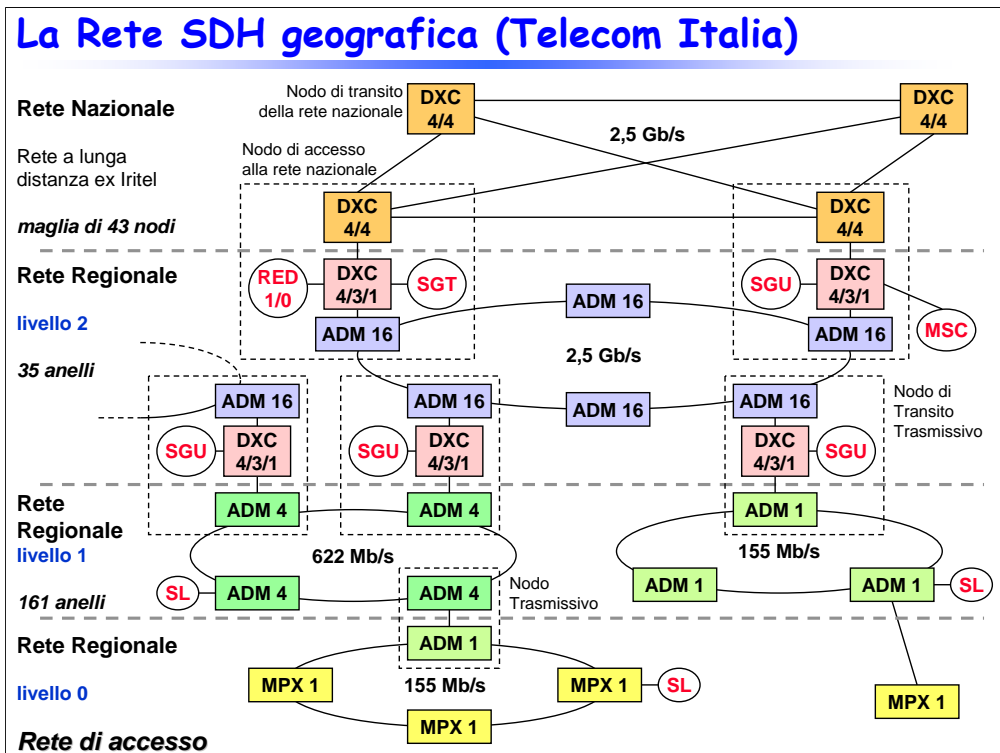
In caso di guasto, rilevato dall'analisi delle informazioni trasportate dall' MSOH, su una sezione trasmissiva dell'anello nella quale è stata attivata la MSP-Ring, entrambi gli ADM agli estremi della sezione guasta, richiudono il traffico ricevuto sulla fibra di riserva eseguendo dei port loop tra il ricevitore ed il trasmettitore della porta di linea collegata alla sezione guasta. In questo modo tutto il traffico che sarebbe dovuto transitare sulla sezione in avaria è reinstradato sulla capacità trasmissiva di riserva disponibile nelle due fibre dell'anello.

La protezione può essere di tipo reversibile o non reversibile.

Nell'esempio in esame, a seguito della riconfigurazione automatica dell'anello causata dal guasto sulla sezione tra i nodi 2 e 3, sia il verso del traffico A' da 3 a 1 che il traffico A da 1 a 3 viene fatto transitare sulla capacità fibra di riserva e trasmesso trasparentemente dai nodi dell'anello fino a raggiungere i nodi di destinazione.

Nel caso di protezione MSP-Ring, la capacità di linea dedicata alla protezione sull'anello bidirezionale, possono essere utilizzate per trasportare traffico a bassa priorità, il quale sarà perduto quando entra in funzione la protezione.

Per entrambi i tipi di protezione degli anelli sono disponibili le modalità di funzionamento: reversibile e non reversibile.



La rete di trasporto SDH di Telecom Italia, la cui architettura di riferimento è oggi in fase di completamento, presenta una struttura gerarchica costituita da una rete nazionale e da diverse reti regionali: in particolare la rete nazionale è costituita quasi completamente dalla rete a lunga distanza della ex Iritel.

La rete nazionale è costituita da permutatori numerici RED 4/4 (Ripartitore Elettronico Digitale in grado di permutare flussi a 140 ed a 155 Mbit/s) collegati tra loro a maglia quasi completa per mezzo di sistemi di linea a 2,5 Gbit/s.

Una rete regionale è costituita da apparati ADM (Add-Drop Multiplexer) collegati ad anello. I diversi anelli sono organizzati su più livelli gerarchici e sono interconnessi tramite RED. In una rete regionale è possibile distinguere due tipologie di anelli: anelli di secondo livello, costituiti da ADM-16 (Add-Drop Multiplexer con capacità di linea STM-16 a 2,5 Gbit/s), e anelli di primo livello, costituiti da ADM-4 (Add-Drop Multiplexer con capacità di linea STM-4 a 622 Mbit/s) o ADM-1 (Add-Drop Multiplexer con capacità di linea STM-1 a 155 Mbit/s). Sono stati realizzati anche anelli di livello 0, costituiti da apparati MPX-1 (multiplicatore d'utente sincro con capacità di linea STM-1) con un ADM-1 che svolge la funzione di nodo di raccolta. Questi ultimi anelli sono considerati come parte della rete di accesso.

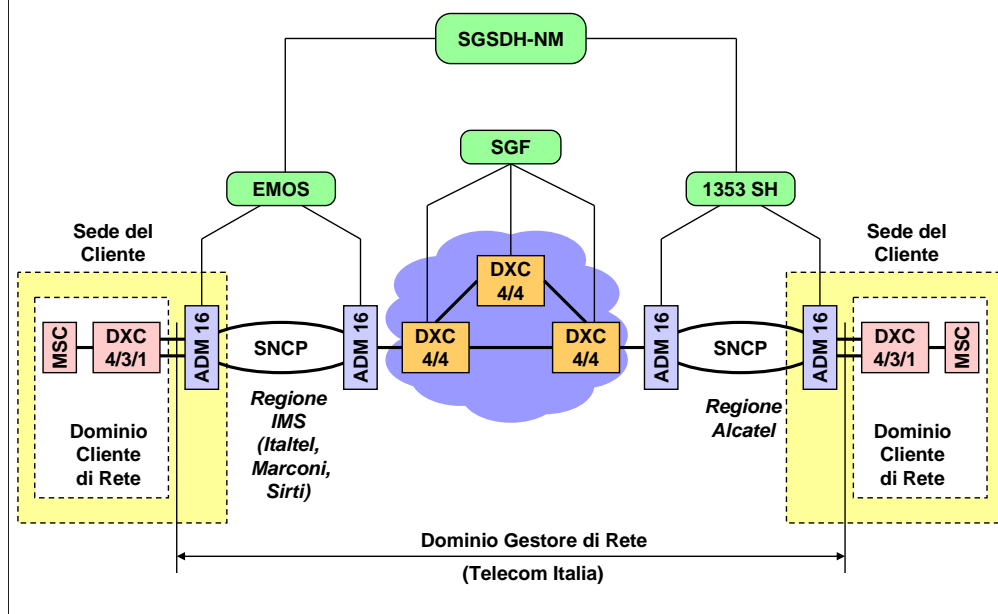
Il collegamento tra la rete nazionale e le reti regionali avviene nei Nodi di accesso alla rete nazionale. In ciascuno di essi sono presenti il RED 4/4 della rete nazionale, il RED 4/3/1 (Ripartitore Elettronico Digitale in grado di permutare VC-12, VC-3 e VC-4) del velo nazionale - composto da trentuno RED 4/3/1 la cui funzione è quella di interconnettere la rete regionale con quella nazionale - e un ADM-16 per ogni anello di secondo livello regionale che passa da quel nodo. Gli ADM-16 sono connessi al RED 4/3/1 che raccoglie il traffico proveniente dai vari anelli di secondo livello e lo instrada: la fonia verso gli SGT (Stadio di Gruppo di Transito), il traffico di rete mobile verso l'MSC (Mobile Switching Centre), il traffico dati verso la rete flessibile. Tutto il traffico uscente dalla rete regionale è instradato verso il RED 4/4 della rete nazionale. Tutti gli anelli di secondo livello passano per due Nodi di accesso alla rete nazionale in modo da costituire sempre un instradamento di riserva per il collegamento tra la rete nazionale e quella regionale.

Il collegamento invece tra gli anelli di secondo livello e di primo livello della rete regionale è effettuato negli NTT (Nodi di Transito Trasmissivo) dove è presente un ADM-16 dell'anello di secondo livello connesso ad un RED 4/3/1 regionale che è collegato a sua volta ad uno o più ADM-1 o ADM-4 degli anelli di primo livello. I nodi NTT sono di solito coincidenti con le sedi SGU (Stadio di Gruppo di Urbano). Anche in questo caso ogni anello di primo livello passa per due nodi NTT.

Infine negli NT (Nodi Trasmissivi) sono connessi gli anelli di primo livello con quelli di livello 0 mediante il collegamento tra un ADM-4 dell'anello di primo livello e un ADM-1 dell'anello di livello 0. La struttura della rete di trasporto descritta è in fase di revisione e oggi si sta valutando l'opportunità di ridurre il numero di nodi trasmissivi della rete nazionale.

## Interconnessione con altri gestori

Esempio di collegamento a 155 Mb/s tra Gestore Radiomobile e Telecom Italia



I problemi legati al controllo della qualità sono cresciuti di importanza da quando è iniziata l'interconnessione con gli altri gestori: sono stati già forniti primi flussi SDH a TIM, utilizzando strutture dedicate per portare i flussi trasmissivi dalle sedi di questo gestore alle centrali trasmissive di Telecom Italia.

Un esempio di collegamento con TIM è riportato nella slide. Le sigle EMOS e 1353SH indicano i sistemi di gestione EM (Element Manager) rispettivamente dei costruttori Italtel e Alcatel, mentre SGSDH-NM e SGF indicano rispettivamente il sistema di gestione della rete SDH e della rete dei RED 4/4.

I VC-x sono generati da un apparato di TIM ed il VC-4 che li raccoglie è trasportato da un collegamento ad anello "degenere" (in quanto formato da due soli apparati) a 622 Mbit/s o a 2,5 Mbit/s verso la prima centrale di Telecom Italia. Qui il flusso è inserito nella rete nazionale dei RED 4/4, o direttamente (nel caso in cui TIM richieda VC-4 completi) oppure passando attraverso un RED 4/3/1 (nel caso di una richiesta di N x VC-12).

Nel secondo caso il RED 4/3/1 effettua la consolidation, cioè affascia in un VC-4 tutti i VC-12 di diversi flussi VC-4 in ingresso che hanno la stessa destinazione. Il collegamento ad anello "degenere" è necessario perché, per proteggere il traffico del collegamento, è oggi utilizzata in via transitoria la protezione ad anello SNCP in quanto non è ancora disponibile la protezione di linea di tipo MSP che sarà utilizzabile successivamente.