

Arriva GARR-X: l'alta capacità a casa degli utenti

Il layer di trasporto

Dalla fibra spenta al tributario

Maurizio Scarpa - GARR

Agenda

- Requisiti
- Tecnologia e soluzioni tecniche
- Architettura di GARR-X

Requisiti

- La rete GARR-X deve poter erogare servizi di trasporto trasparente a velocità differenti con standard di interfaccia di ampia diffusione
- I servizi di trasporto erogati devono poter essere protetti e garantire un elevato grado di affidabilità
- La rete deve essere capace di scalare in termini di banda disponibile ed essere riconfigurabile
- La rete deve disporre di meccanismi di supervisione e controllo necessari ad una efficiente ed efficace supervisione della infrastruttura e dei servizi erogati

Requisiti - Trasporto

- Trasporto trasparente: Il traffico trasportato in rete deve transitare senza che i nodi debbano entrare nel merito del contenuto informativo trasportato
- Trasporto di circuiti p.to-p.to consegnati su interfaccia Ethernet (1G Ethernet o 10G Ethernet) o su interfaccia legacy Sonet/SDH (STM-16, STM-64)
- Trasporto di framing differenti (velocità e tipologia di interfaccia tributaria) e via via aggiornabili impiegando solo pochi componenti

Requisiti - Protezione del traffico

- I servizi di trasporto erogati devono poter sfruttare percorsi multipli in modo da garantire il corretto funzionamento anche in presenza di una interruzione della fibra di rete
- I nodi devono essere costruiti e configurati in modo da risultare carrier class ovvero in grado di continuare a funzionare regolarmente anche dopo la perdita di un componente a causa di un guasto
- Queste sono le richieste base per erogare servizi ad alta affidabilità.

Requisiti - Rete scalabile e riconfigurabile

- La rete deve poter trasportare almeno 400G sui link internodali
- La tecnologia impiegata deve essere del tipo “pay as you grow” in modo da garantire la massima efficienza degli investimenti
- La rete deve risultare estremamente flessibile e riconfigurabile per fare fronte anche a richieste improvvise ed imprevedibili di erogazione di servizi di trasporto
- La banda dei singoli servizi erogati deve poter essere upgradabile senza che questo interferisca con gli altri servizi già configurati

Requisiti - Gestione efficace

- La rete deve disporre di un sistema di gestione OSS
- Tutti gli elementi di rete devono poter essere supervisionati, configurati e gestiti dal sistema di gestione che opera remotamente rispetto ai nodi stessi
- Il sistema di gestione deve poter misurare sia le performance ottiche della rete sia le performance digitali dei servizi erogati in modo da avere sempre a disposizione strumenti per la prevenzione ed il perfezionamento dei servizi di trasporto erogati.

Tecnologia - specifiche

- La tecnologia da impiegare sul piano trasmissivo deve essere basata su DWDM e impiegare i più moderni strumenti e componenti per ottenere la massima flessibilità
- La quantità di banda disponibile in rete deriva dal design della rete e dalla tecnologia impiegata per illuminare la fibra ottica
- La affidabilità della rete discende dalla topologia della fibra ottica e dalla presenza di meccanismi di recovery del traffico
- La fibra condiziona in maniera sensibile le performance ottiche dei sistemi DWDM

Tecnologia - servizi da erogare

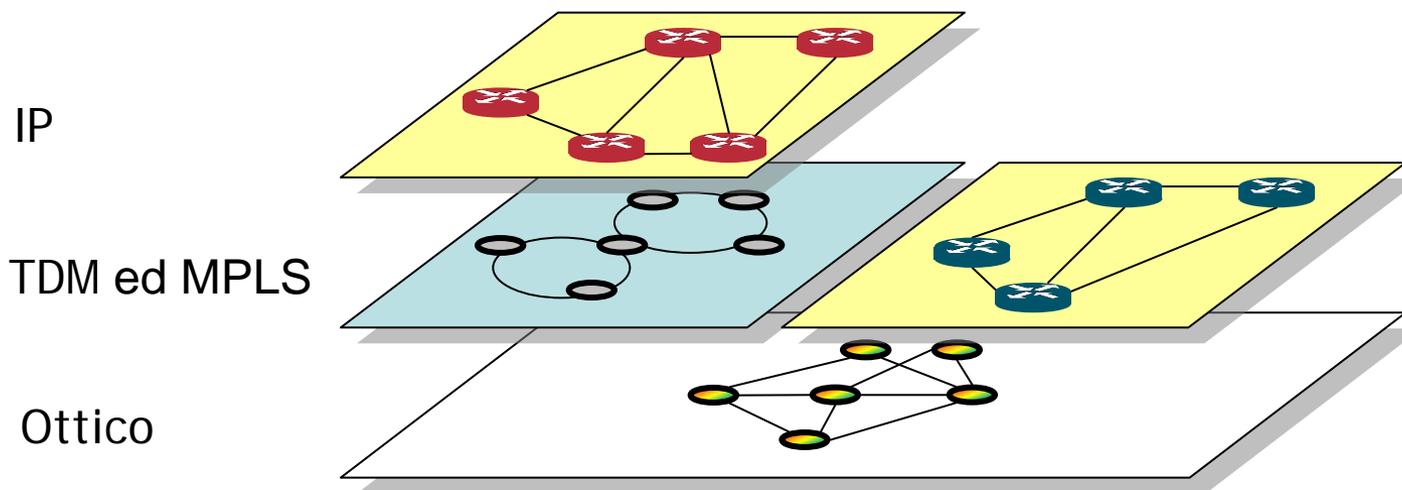
■ SERVIZI GARR-X:



- IP Commodity: rete IP pubblica gestita da GARR
- Servizi IP avanzati: Servizi IP a valore aggiunto riservati agli utilizzatori della comunità GARR
- E2e: Servizi di trasmissione dati fra utilizzatori della comunità scientifica internazionale
- SAN Extension: Servizi di storage distribuiti fra utilizzatori della comunità GARR

Tecnologia - layering

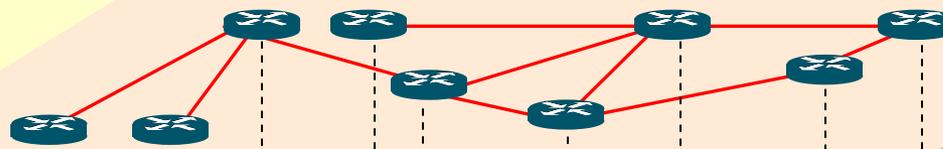
- Infrastruttura ottica: trasporto DWDM e TDM
- Infrastruttura di switching: Ethernet ed MPLS
- Infrastruttura IP (su WDM o TDM)



Tecnologia - Garr-G

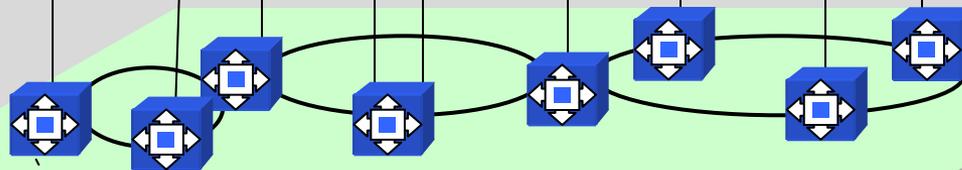
Gestito da
GARR

Layer 3

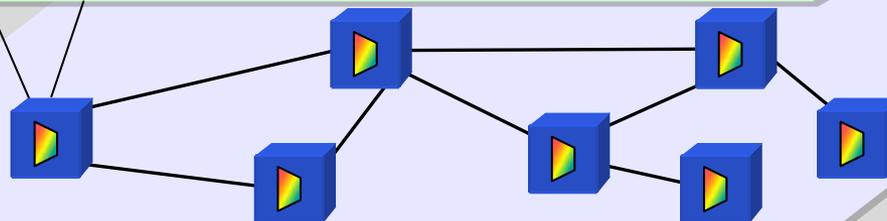


Gestito da
operatori

Layer 2

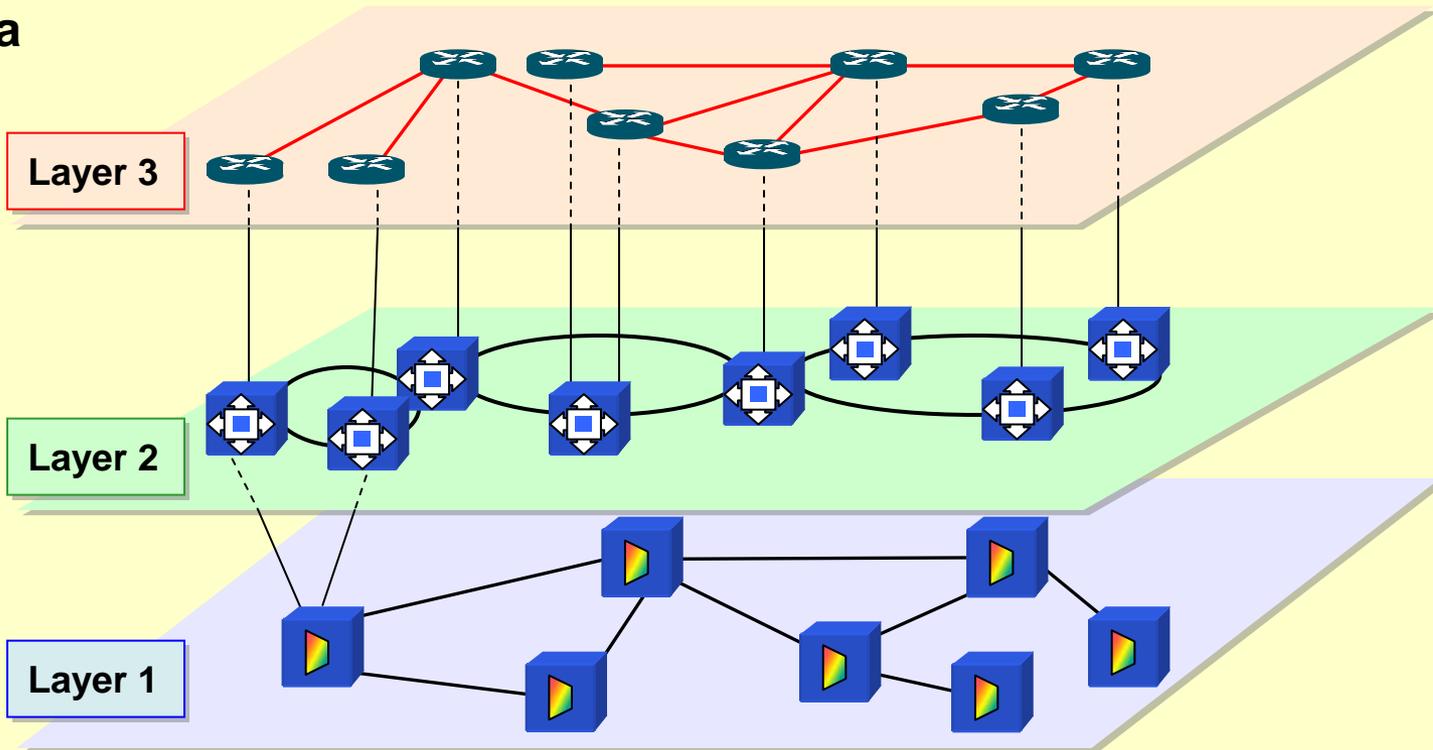


Layer 1

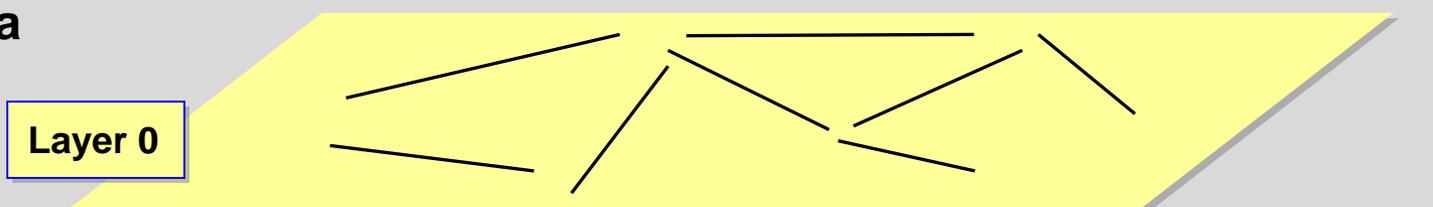
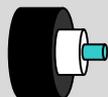


Tecnologia - GARR-X

Gestito da
GARR

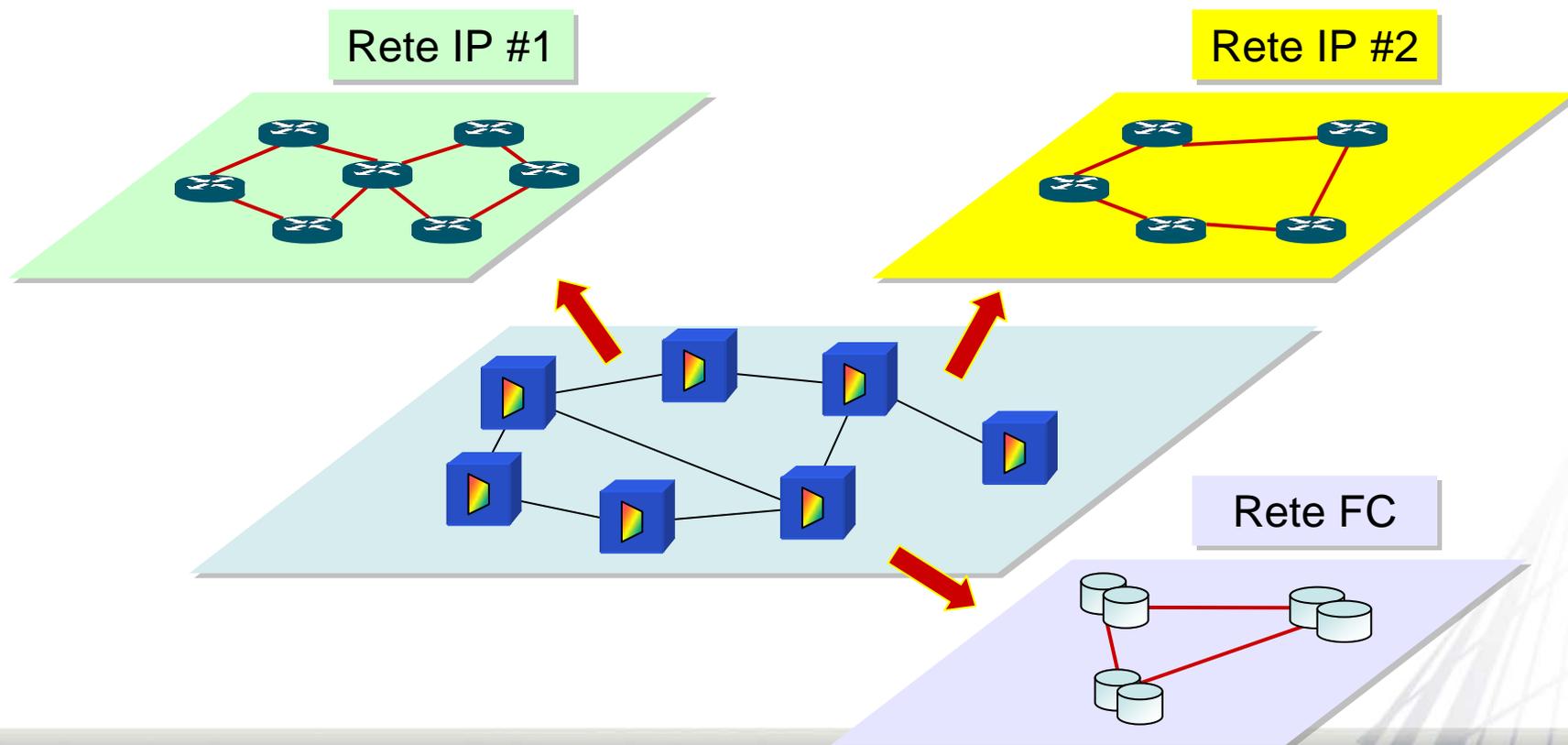


Gestito da
operatori



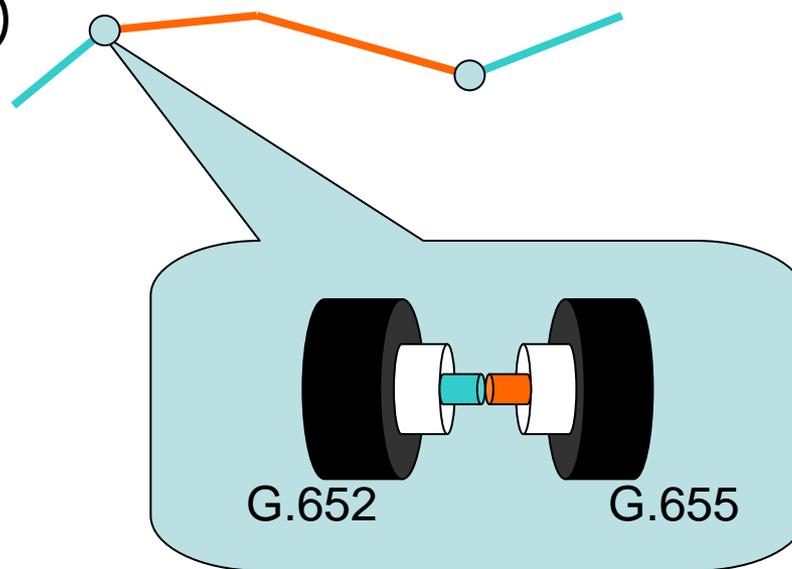
Tecnologia - GARR-X

- Slicing - Il controllo della infrastruttura trasmissiva consente di realizzare molteplici reti "ritagliando" le risorse disponibili



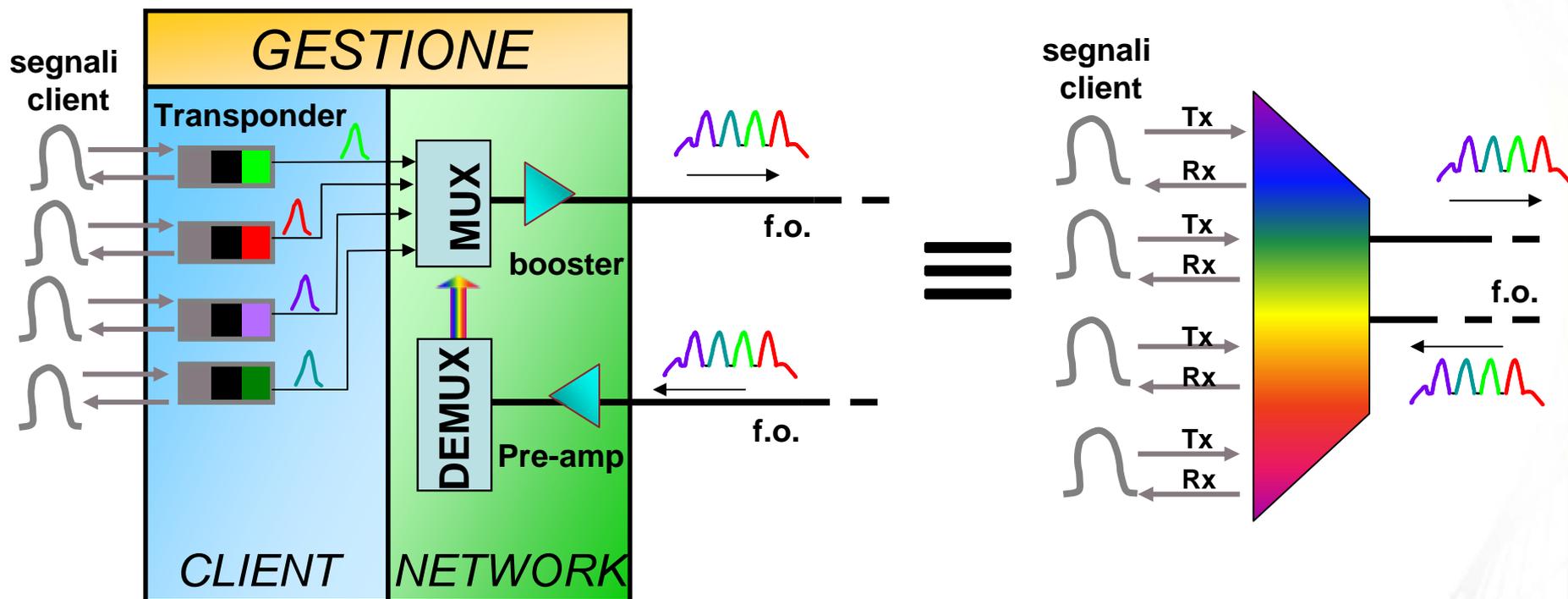
Tecnologia - GARR-X

- Il design della rete parte dalla acquisizione dei parametri e della topologia fisica della fibra ottica
- Solo in pochissimi casi è possibile richiedere che la fibra sia posata ad-hoc ed in genere il percorso della fibra dipende da vincoli sull'utilizzo dei cavedi o del fondo stradale
- Spesso la fibra disponibile si presenta come mix di diverse tipologie di fibra anche sulla singola tratta (Es. G.652 - G.655 - G.652)



Tecnologia - Schema a blocchi del nodo WDM

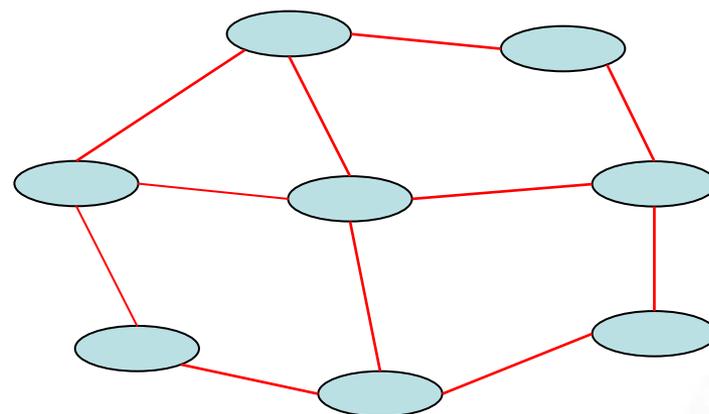
Ogni apparato ottico DWDM è caratterizzato da tre macro-blocchi funzionali



Tecnologia - Layer 0: dark fibre

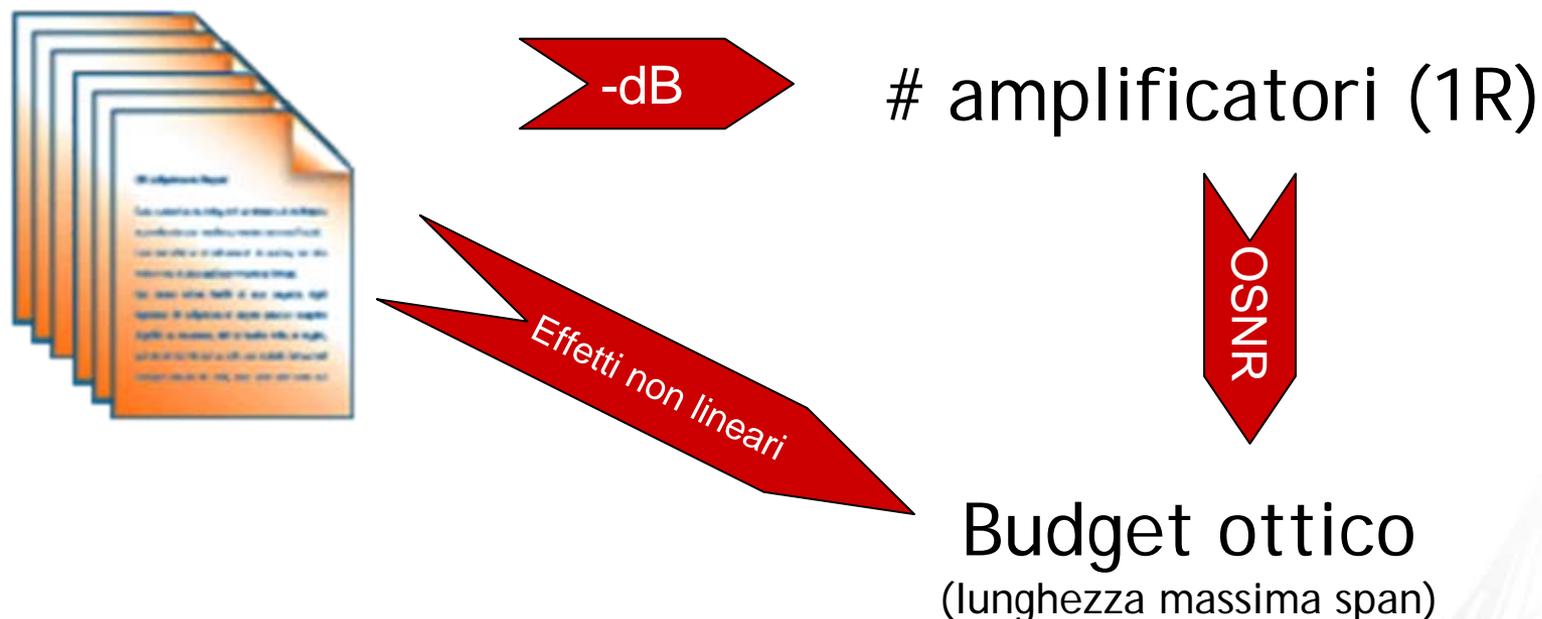
■ Acquisizione dei parametri della fibra

- Tipo (G.652, G.655,...)
- Lunghezza
- Attenuazione
- Dispersione cromatica
- PMD, effetti non lineari



Tecnologia - Layer 0: dark fibre

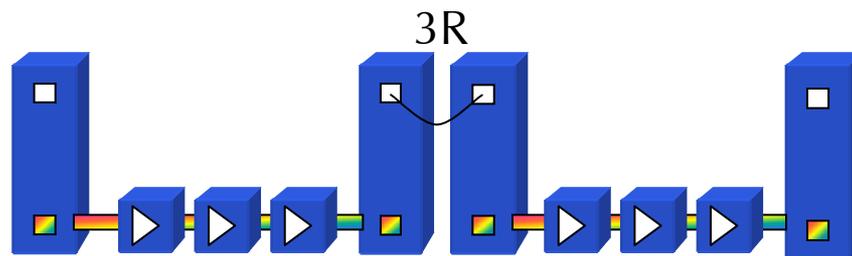
La fibra influenza il design della rete



Tecnologia - Planning - 3R

Un segnale ottico che viaggia su una rete O-O-O dopo aver coperto una certa distanza, attraversando un dato numero di amplificatori e di tratte in F.O. deve essere rigenerato 3R.

La rigenerazione 3R viene effettuata mediante una conversione O-E-O che può essere realizzata con due transponder connessi back-to-back



La connessione fra i transponder è realizzata mediante patch cord. I transponder da collegare devono essere del tipo giusto. Ad esempio non è possibile rigenerare una lambda modulata 10Gbps POS utilizzando transponder 10GEthernet LAN PHY

Tecnologia - 3R con back-to-back

In una rete con una matrice di traffico statica e nota a priori il 3R viene gestito in fase di planning prevedendo una coppia di transponder opportunamente posizionati in rete laddove necessario.

Pro:

contenimento costi (installazione di HW aggiuntivo solo dove realmente necessario)

Contro:

ogni nuovo circuito richiede analisi di fattibilità e potrebbe richiedere l'installazione di nuovo HW o patching anche nei nodi di transito.

Tempi di provisioning lunghi.

Tecnologia - 3R con stazioni di servizio

In una rete con una matrice di traffico non nota a priori (matrice any-to-any) il 3R viene gestito ipotizzando i percorsi peggiori per raggiungere 2 qualsiasi punti della rete.

Si introducono siti di rigenerazione 3R equipaggiati per la rigenerazione delle lambda lungo le tratte di rete.

La rigenerazione e' configurabile via software dal sistema di gestione.

Pro:

tempi di provisioning piu' rapidi (la rete e' sempre pronta per la realizzazione di nuovi circuiti e non richiede interventi on-site)

Contro:

presenza di HW non utilizzato

Tecnologia - dislocazione del 3R

Il posizionamento dei punti di rigenerazione 3R e' uno degli output della fase di planning della rete WDM.

L'equipaggiamento dei siti di rigenerazione dipende dalla capacità delle singole tratte.

In un modello di rete geografica nazionale con matrice di traffico any-to-any (GARR-X) la rigenerazione on-demand può generare problemi in fase di provisioning (lentezza, complessità, interventi on-site anche nei siti di transito, ecc.)

Tecnologia - Planning

- Input:
 - Matrice di traffico
 - Topologia della rete ottica
 - Parametri della fibra
 - Margini

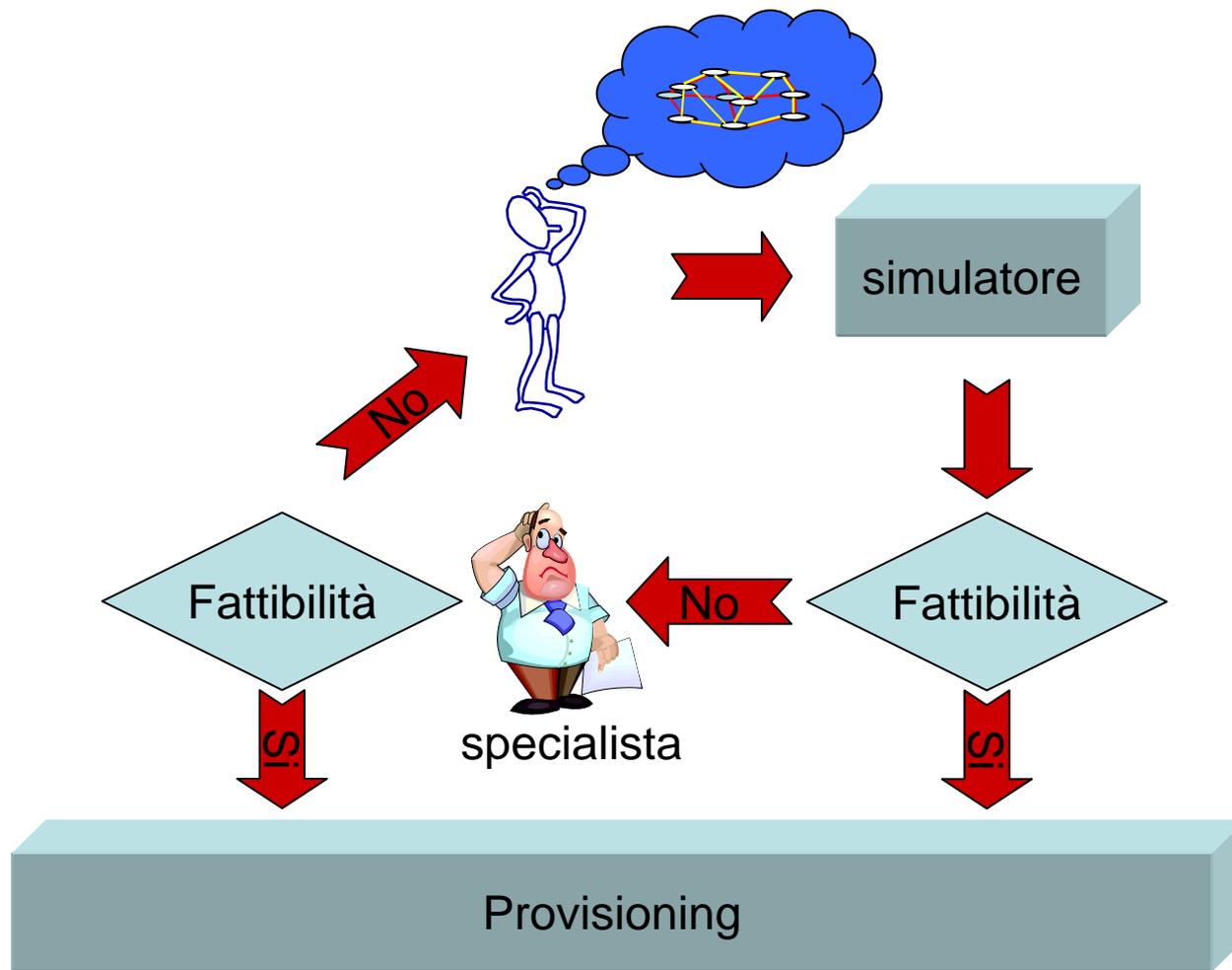
- Output:
 - Tipologia e dimensionamento dei nodi ottici
 - Posizionamento e dimensionamento amplificatori
 - Posizionamento e dimensionamento moduli di dispersione cromatica (DCM)
 - Posizionamento dei siti di rigenerazione 3R
 - Margini residui

Tecnologia - metodi di Planning

- Manuale:
 - E' un lavoro molto complesso che richiede profonda conoscenza dei fenomeni ottici e della tecnologia

- Automatico:
 - Utilizza tool di simulazione.
 - Maggiori margini rispetto al metodo manuale ma e' molto piu' rapido e non richiede competenze eccessivamente spinte

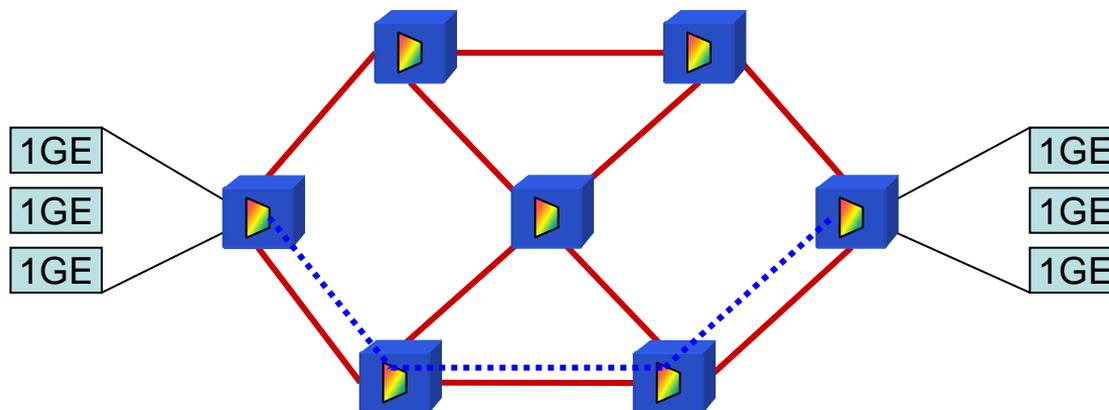
Tecnologia - fasi del Planning



Tecnologia - La multiplazione di tempo

Domanda: Posso utilizzare una lunghezza d'onda modulata a 10Gbps per trasportare piu' segnali a frequenza inferiore?

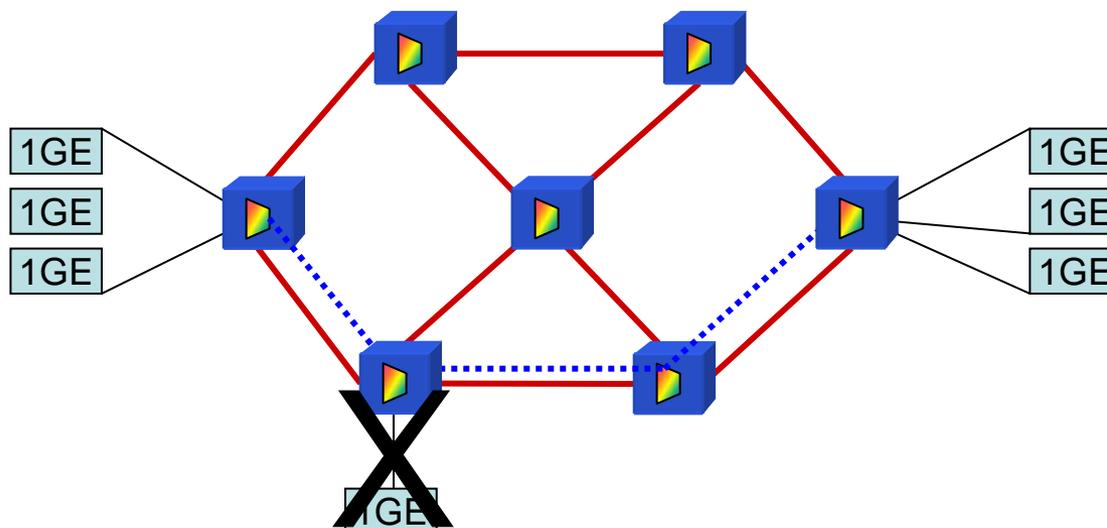
Risposta: Si. Posso utilizzare i muxponder



Tecnologia - La moltiplicazione di tempo

Domanda: Posso utilizzare una lunghezza d'onda modulata a 10Gbps per trasportare più segnali a frequenza inferiore ed intercettarne parte lungo il percorso?

Risposta: No. il solo strato ottico non è sufficiente

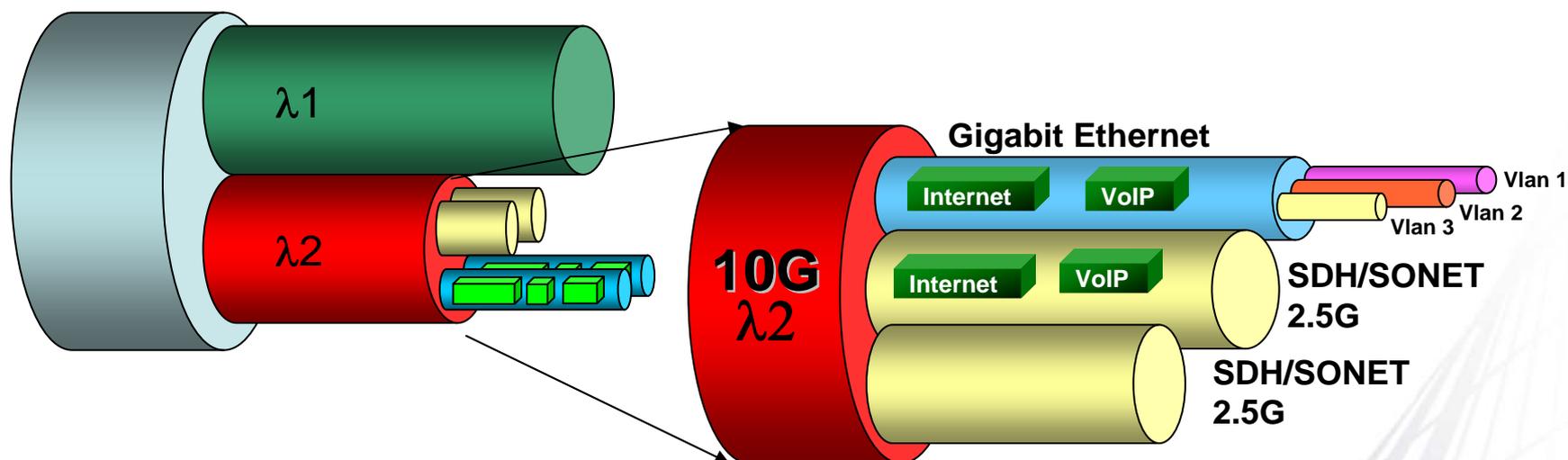


Tecnologia - La multiplazione di frequenza

Sul piano ottico si opera una multiplazione di frequenza. E' possibile fare switching ma l'entità minima "switchabile" è la lambda.

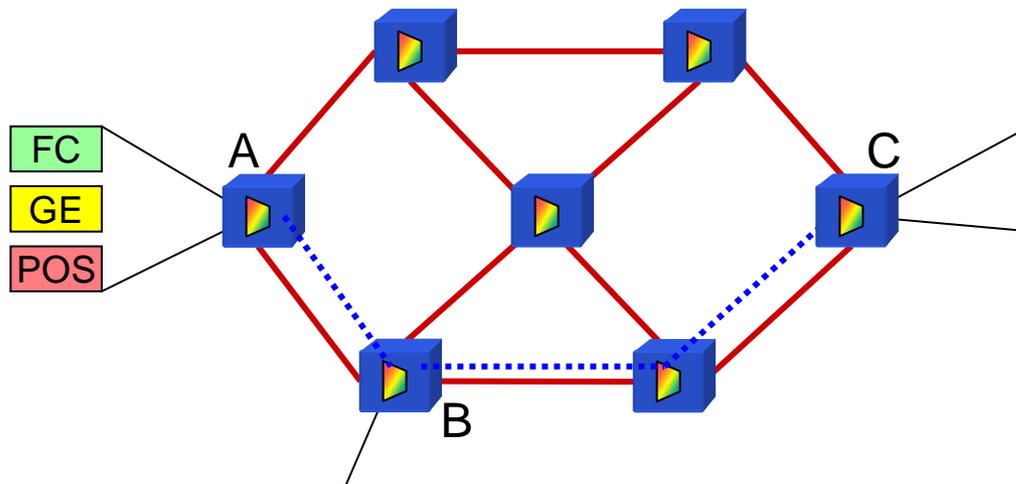
E' possibile strutturare le lambda in modo complesso ma lungo il percorso non è possibile accedere a parte del contenuto della lambda.

Le lambda sono entità punto-punto e per accedere al loro contenuto bisogna terminarle.



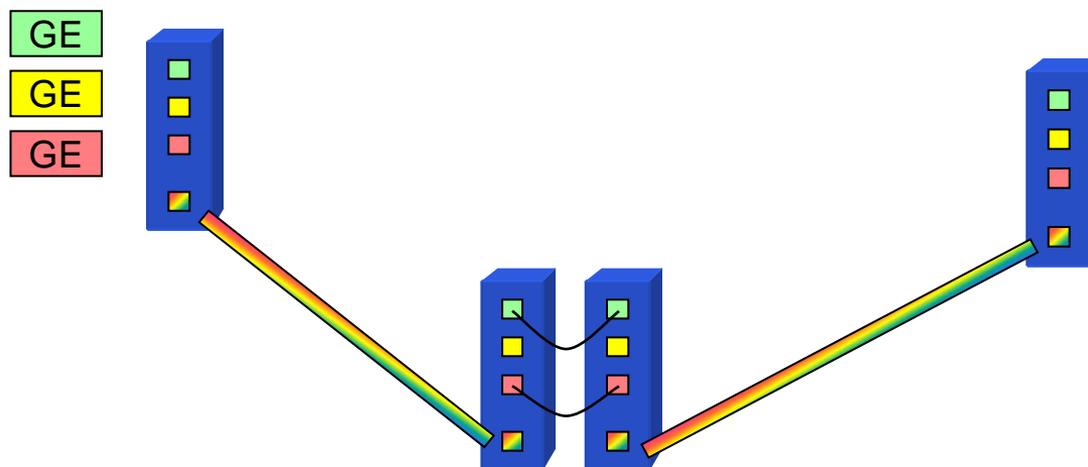
Tecnologia - La multiplazione di tempo

- Se ho pochi punti dove spillare segnali client trasportati in una lambda e soprattutto sono statici posso terminare la lambda in ciascun punto intermedio e rigenerarla reinserendo solo la parte del segnale che deve proseguire



Tecnologia - La multiplazione di tempo

- Per ciascun punto dove spillare parte del contenuto informativo trasportato da una lambda occorre una coppia di transponder ed una coppia di bretelle ottiche per ciascun client che prosegue il suo cammino.



Pro:

- Rigenerazione 3R ad ogni nodo (nessun problema di budget ottico)

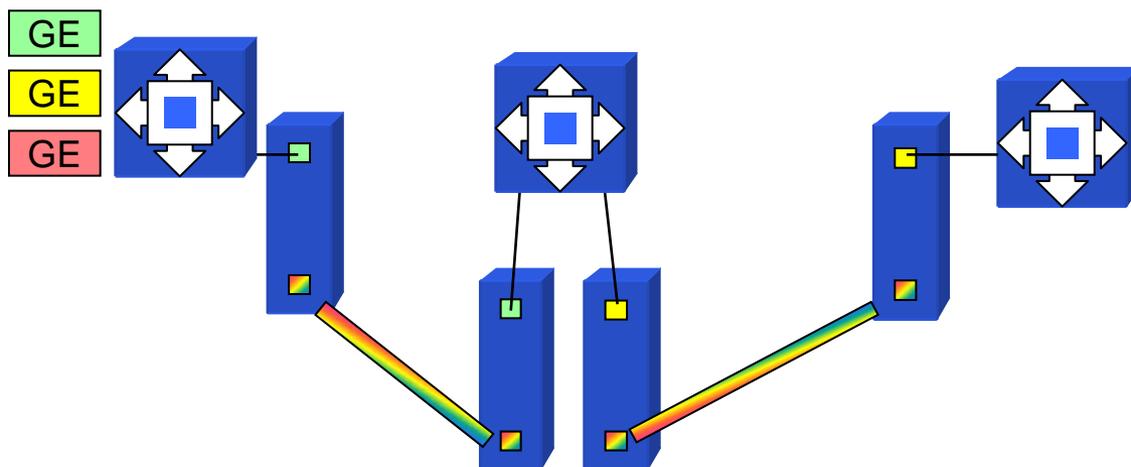
Contro:

- Sistema rigido
- Provisioning di nuovi circuiti complesso

Tecnologia - La multiplazione di tempo

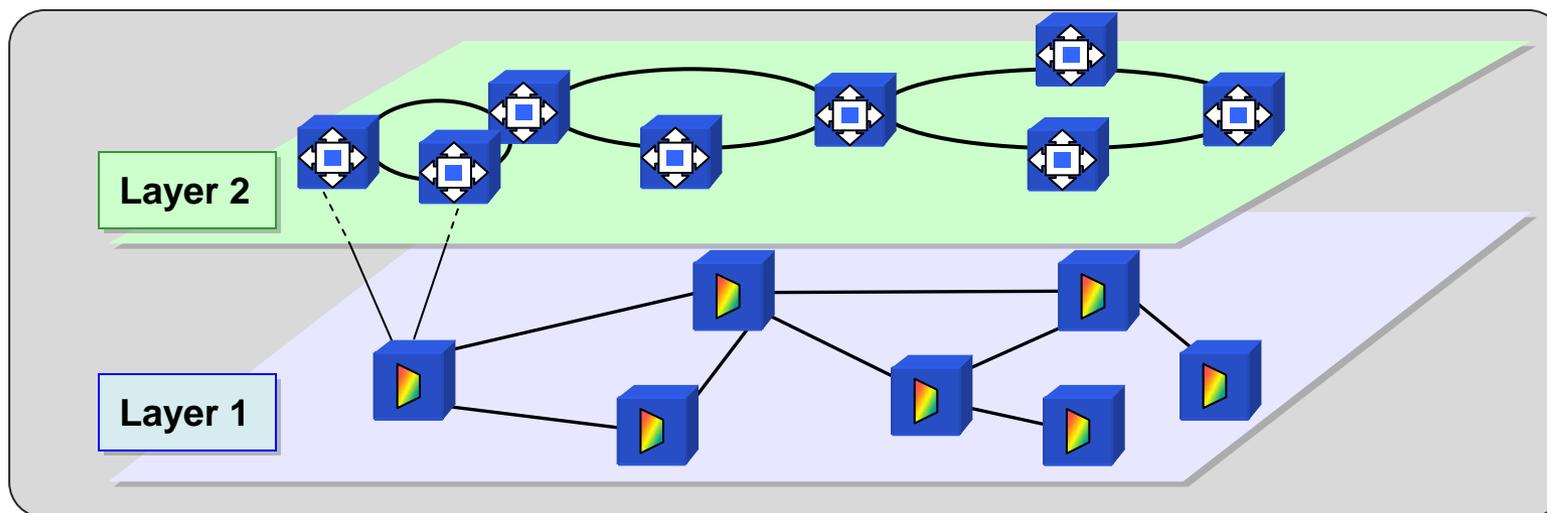
I sistemi ottici WDM sono in grado di fornire uno strato flessibile di trasporto di segnali con bit rate pari a quello di una lambda. Non e' possibile accedere al contenuto informativo di una lambda in siti intermedi.

Si introduce lo strato TDM per poter accedere in maniera flessibile a parte del contenuto informativo trasportato da una lambda.



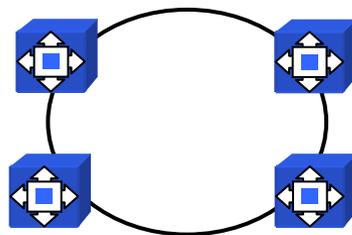
Tecnologia - La moltiplicazione di tempo

- L'introduzione del TDM richiede una migliore identificazione della matrice di traffico e della tipologia di servizi trasmissivi che la rete deve erogare
- E' possibile realizzare piu' layer TDM sulla stessa rete ottica WDM utilizzando lambda diverse
- La topologia dello strato TDM puo' essere differente dalla topologia dello strato WDM
- Generalmente si suddividono i servizi per layer (es. <10Gbps su TDM >=10Gbps su WDM)



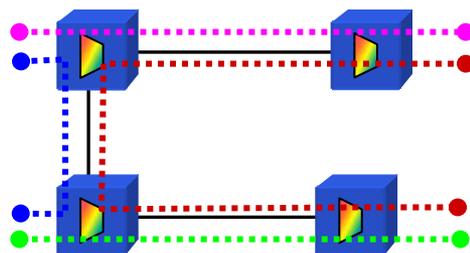
Tecnologia - Interazione fra TDM e WDM

Se bisogna realizzare una rete TDM con questa topologia



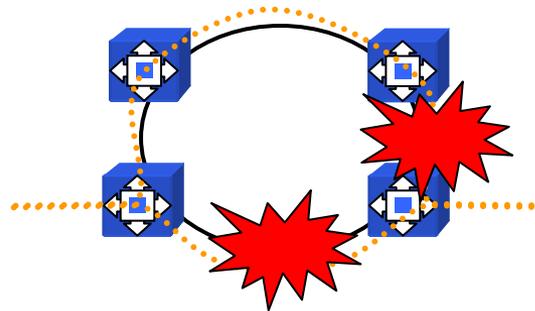
...e si dispone di fibra e sistemi WDM con questa topologia

...e' possibile

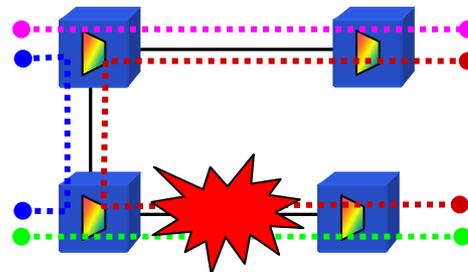


Tecnologia - Interazione fra TDM e WDM

Bisogna fare attenzione alle interazioni fra i vari livelli della rete
 Se si pensa solo al piano TDM:



Sul piano WDM:



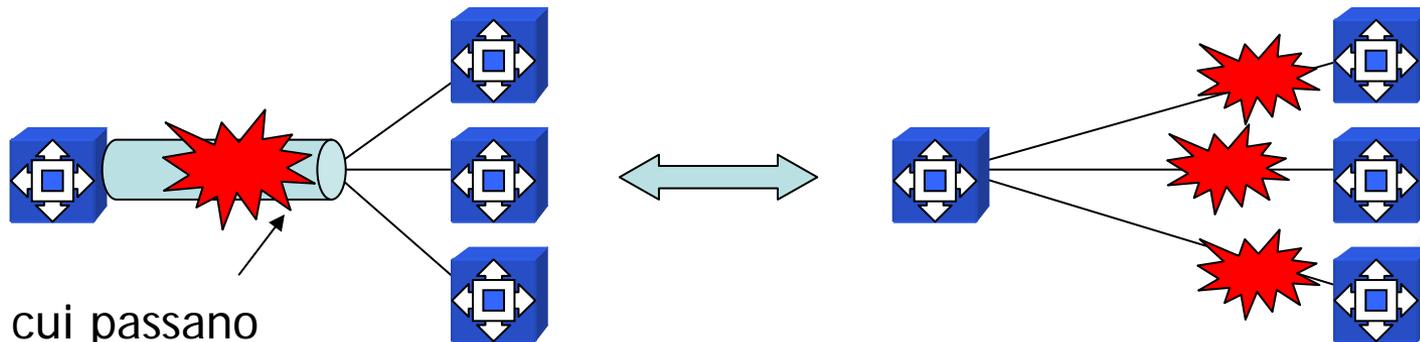
Tecnologia - Shared Risk Link Group (SRLG)

L'interazione fra i vari livelli (es. IP/MPLS e livello ottico) di una rete multilivello oggi viene gestita utilizzando sempre più spesso la tecnologia *Generalized Multiprotocol Label Switching (GMPLS)*.

Es.:

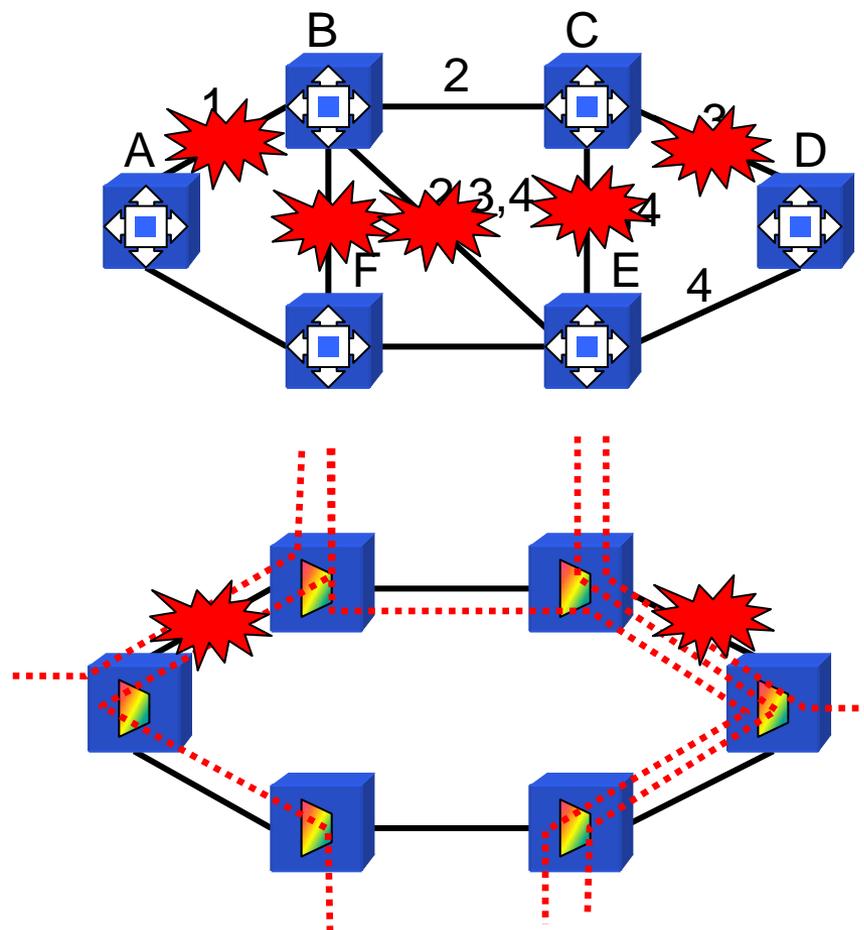
L'esigenza che nasce è quella di informare un livello della rete su come scegliere i path in modo da renderli fra di loro disgiunti e quindi adeguati a creare le condizioni per la protezione.

Un SRLG è un gruppo di collegamenti che condividono una stessa risorsa trasmissiva



Cavo su cui passano
più coppie

Tecnologia - Shared Risk Link Group (SRLG)



SRLG1 = {AB,BF}
 SRLG2 = {BC,BE}
 SRLG3 = {CD,CE,BE}
 SRLG4 = {CE,DE,BE}

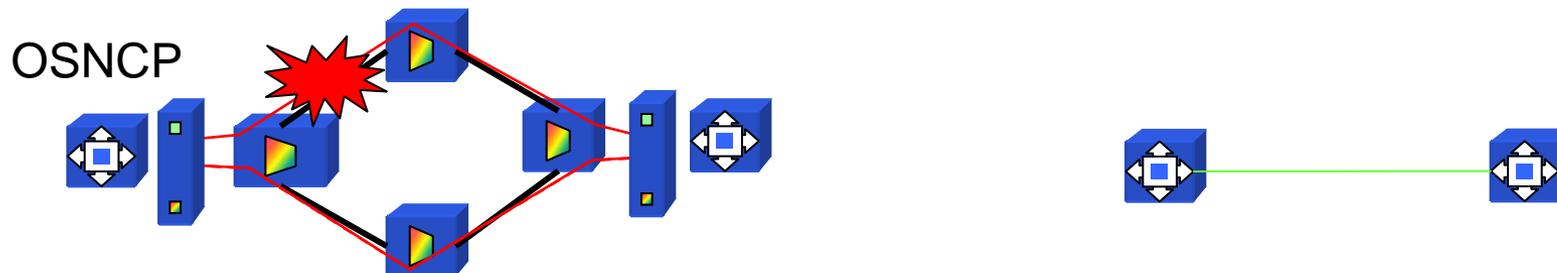
Tecnologia - No risk link (NRL)

In una rete multilivello ben disegnata e' possibile implemetare meccanismi di protezione ad uno o piu' livelli della rete.

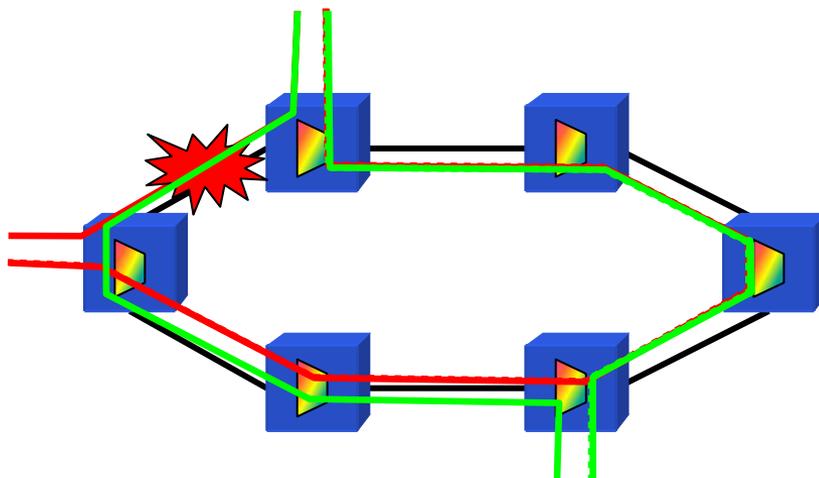
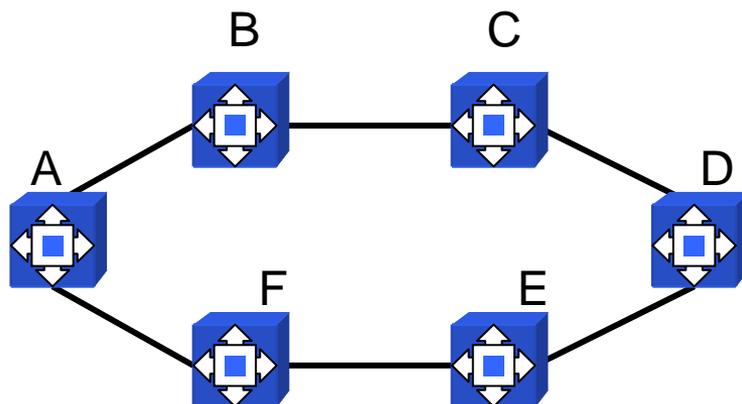
Ad oggi le protezioni non sono correlate (Es. la protezione di anello SDH non e' correlata alla protezione OSNCP del livello WDM - La protezione offerta dal layer IP non e' correlata alla protezione di anello del layer SDH, ecc.)

A ciascun livello della rete e' possibile identificare dei No Risk Link (NRL)

Un NRL e' un collegamento che risulta protetto da un livello di rete inferiore



Tecnologia - No risk link (NRL)



NRL1 = AB

NRL2 = BE

...

Tecnologia - Shared Risk Link Group (SRLG)

E' possibile disegnare la topologia dei servizi in modo che in presenza di un fault la rete continui ad erogare i servizi anche se non tutti i servizi sono singolarmente protetti.

Pro:

maggior banda disponibile in condizioni di normale funzionamento

Contro:

bisogna analizzare bene gli SRLG per evitare che un singolo fault causi la perdita completa delle funzionalità della rete

Tecnologia - Shared Risk Link Group (SRLG)

Ad esempio un servizio 1GE da B ad F protetto può essere configurato in molti modi
 Non tutti garantiscono la disponibilità del servizio a fronte di un guasto:

Es1:

Path primario: BA-AF

Path secondario: BF

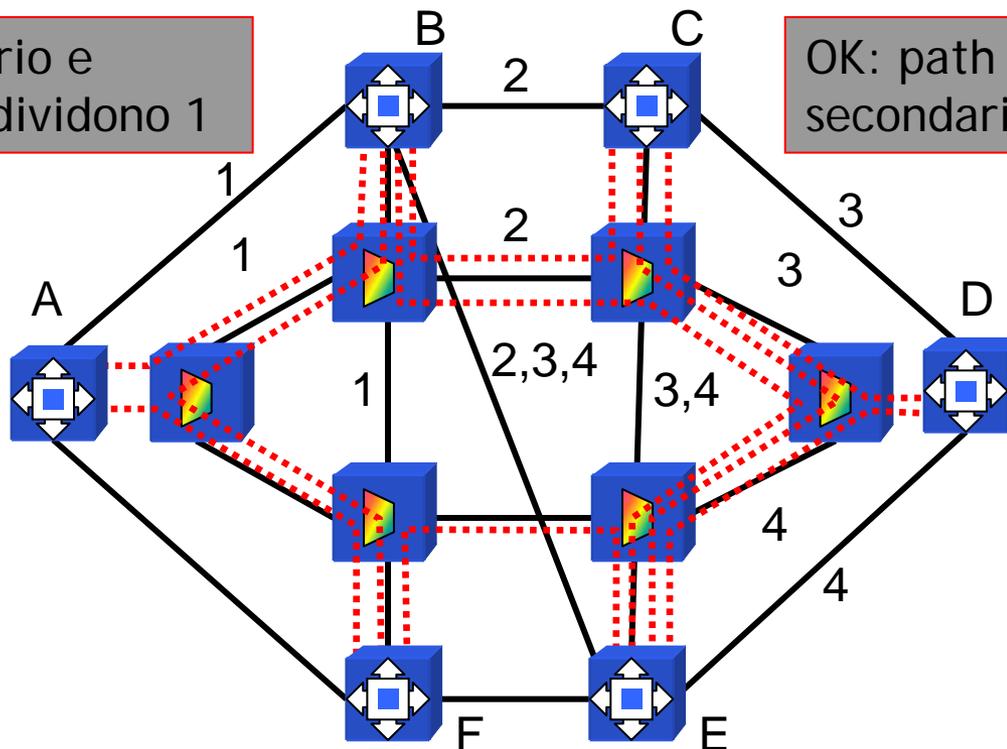
Es2:

Path primario: BA-AF

Path secondario: BE-EF

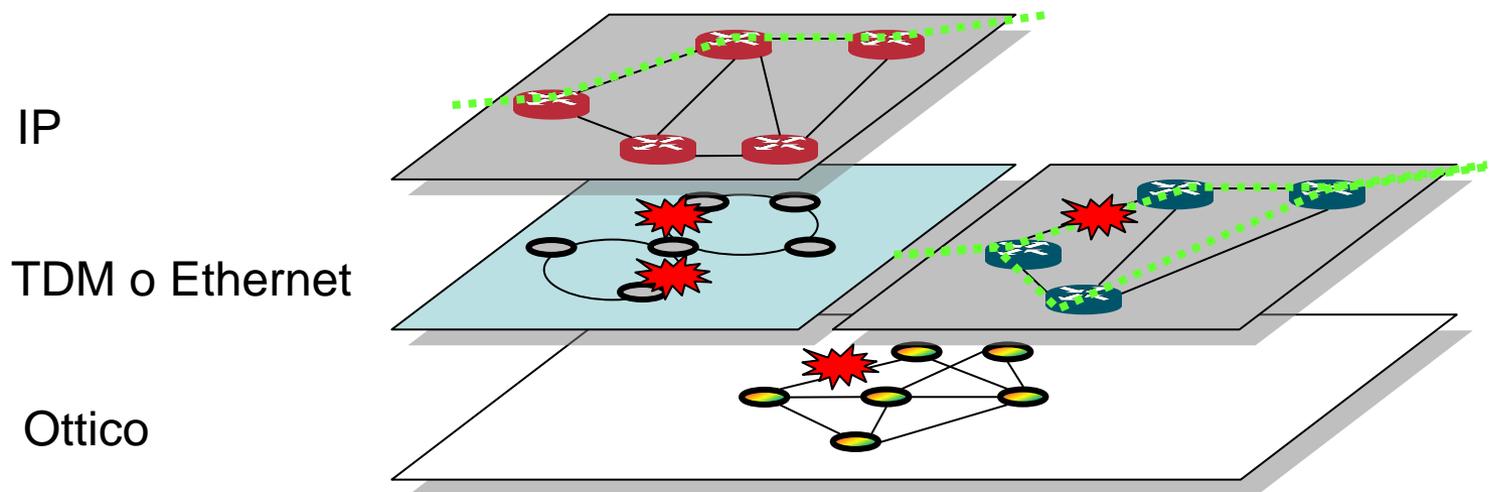
KO: path primario e secondario condividono 1

OK: path primario e secondario sono non correlati



Tecnologia - Coordinamento delle protezioni

- Esistono meccanismi di protezione ad ogni livello della rete.
- Bisogna scegliere bene a quale (o quali) livelli attivare la protezione
- La protezione attiva su piu' livelli puo' generare condizioni di mancato o ritardato ripristino



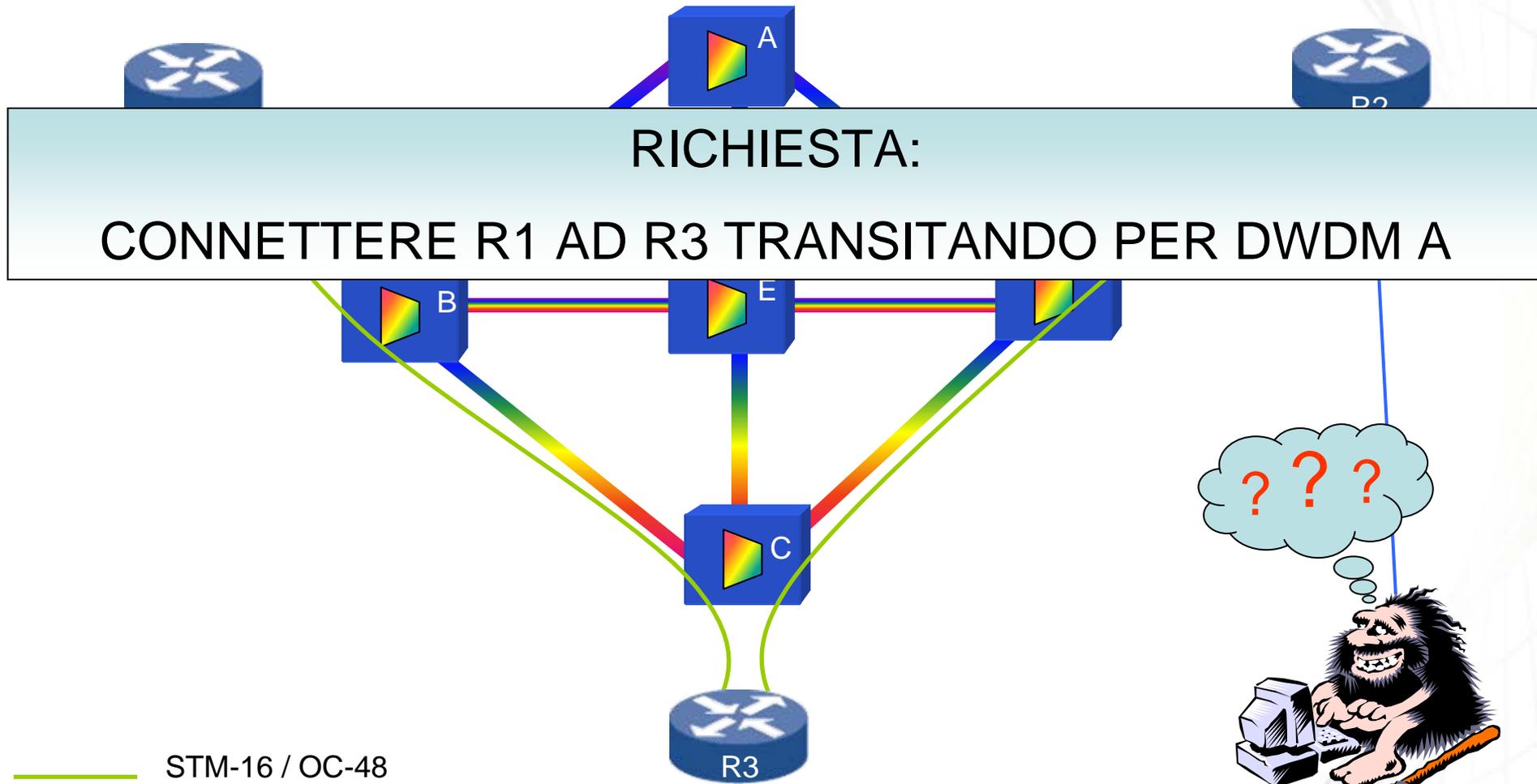
Tecnologia - Interazione fra i livelli di rete

Le regole d'oro:

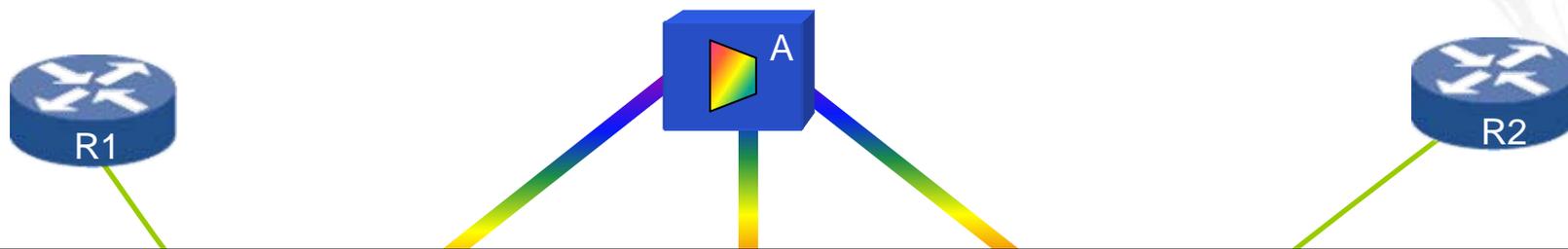
- pensare la rete in modo da avere più vie possibili ed incorrelate per i servizi di ciascun livello
- conoscere bene le interazioni fra i vari livelli
- identificare con precisione a quale livello far intervenire la protezione

In una rete multilivello anche con pochi nodi e' facile perdere il controllo della correlazione fra i vari livelli della rete. Per questo oggi ci si affida sempre piu' spesso a meccanismi automatici per l'identificazione dei percorsi in rete (GMPLS, ASTN/ASON, ecc.)

Tecnologia - Data plane WDM



Tecnologia - Data plane WDM



PROBLEMA:

I NODI WDM NON SONO RAGGIUNGIBILI

CONSEGUENZA:

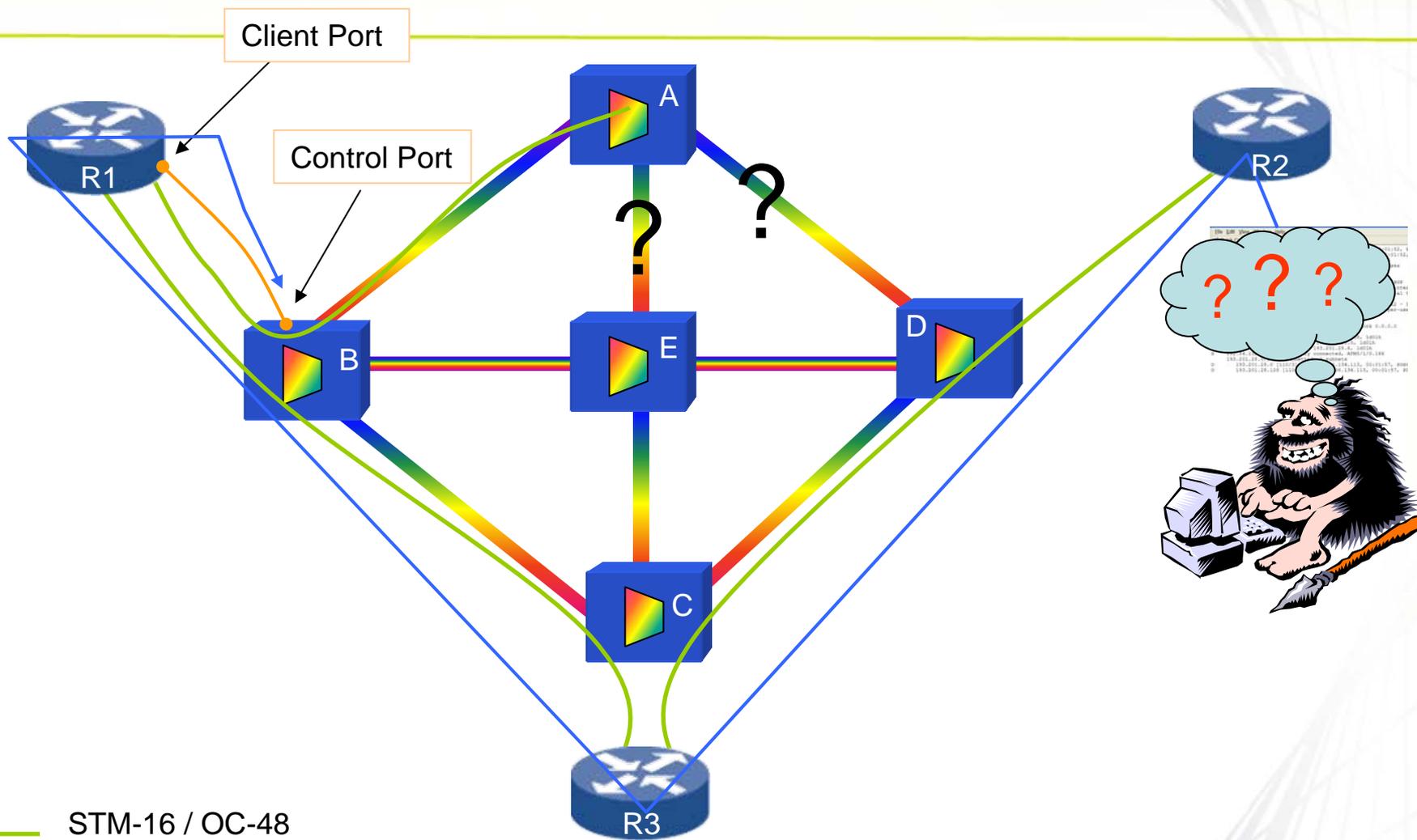
RISULTA IMPOSSIBILE OPERARE SULLA RETE WDM !!!!!

CAUSA DEL PROBLEMA:

TOTALE ASSENZA DEL PIANO DI CONTROLLO !!!!!



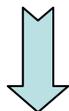
Tecnologia - Control plane WDM



STM-16 / OC-48

Tecnologia - Control plane e DCN

La rete WDM realizza CIRCUITI



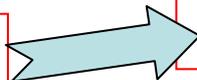
- Il traffico dati è connection oriented
- Un circuito segue un percorso specifico predefinito



- La configurazione/modifica di un circuito coinvolge tutti i nodi attraversati



- Tutti i nodi della rete WDM devono essere raggiungibili



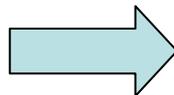
- Gli apparati WDM non possono essere raggiunti per mezzo della rete dati realizzata tramite di loro



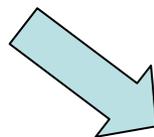
**E' NECESSARIA LA
PRESENZA DI UNA
RETE ESTERNA DI
GESTIONE E
CONTROLLO**

Architettura - Definizione

Topologia della rete f.o.
Utilizzo del WDM
Utilizzo del TDM



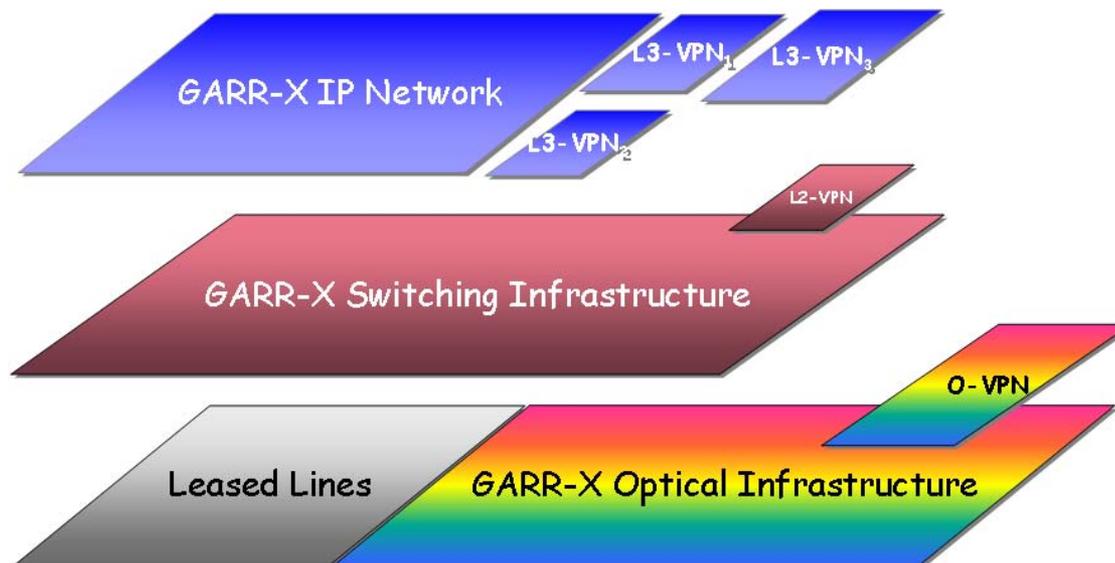
Topologia della rete a pacchetto
Protezione rete a pacchetto
Dimensionamento rete a pacchetto



Regole per i servizi E2E
Criteri di protezione dei servizi E2E

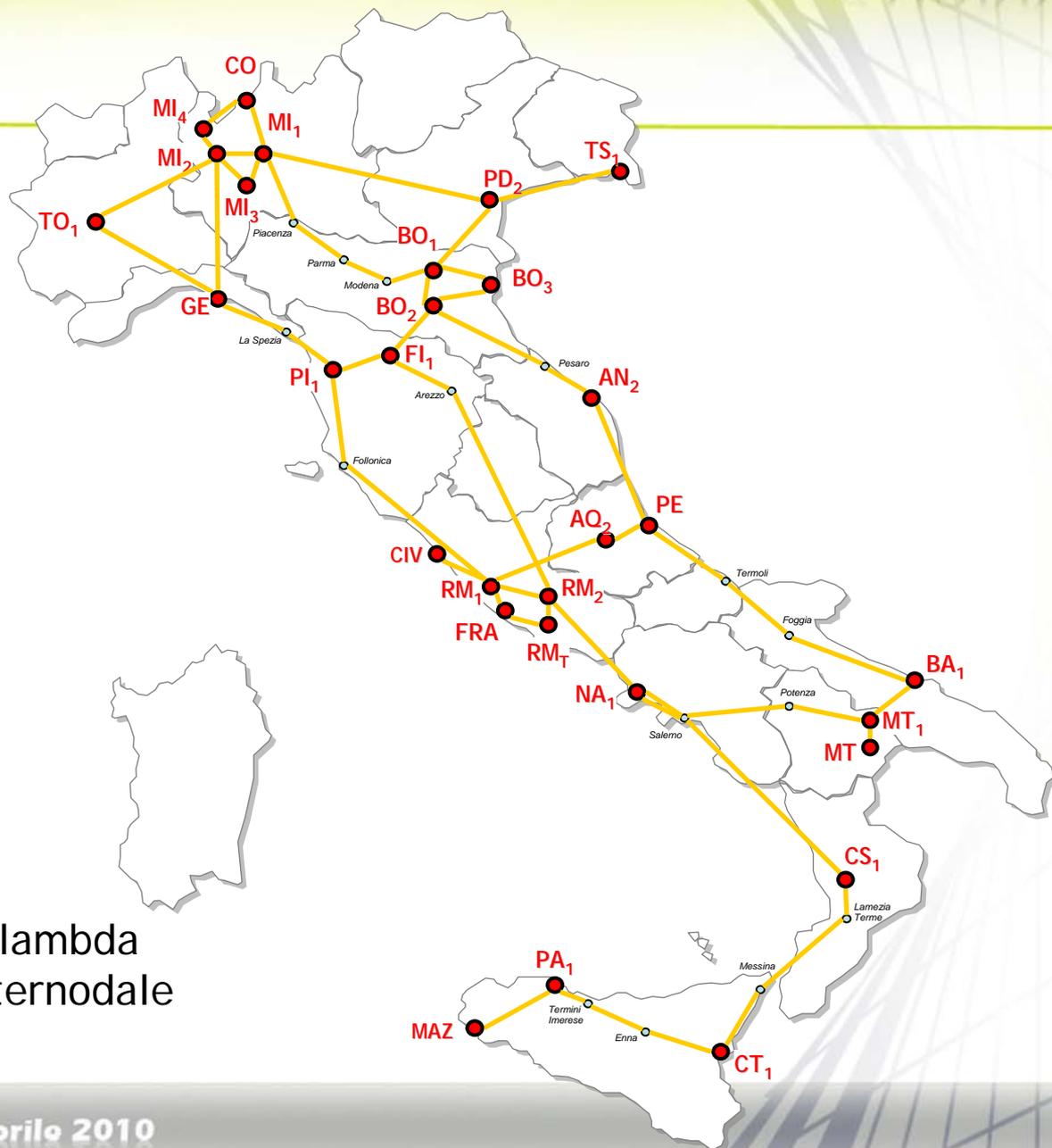
Overview dell'architettura

- GARR-X è in grado di erogare funzionalità di trasporto di Pacchetti di Livello 3 ISO/OSI e trasporto di Frame di Livello 2 ISO/OSI
- I servizi da erogare sono:
 - i tradizionali servizi basati su IP
 - reti private virtuali di Livello 3 (L3 VPN MPLS)
 - reti private virtuali di Livello 2 (punto-punto e punto-multipunto)

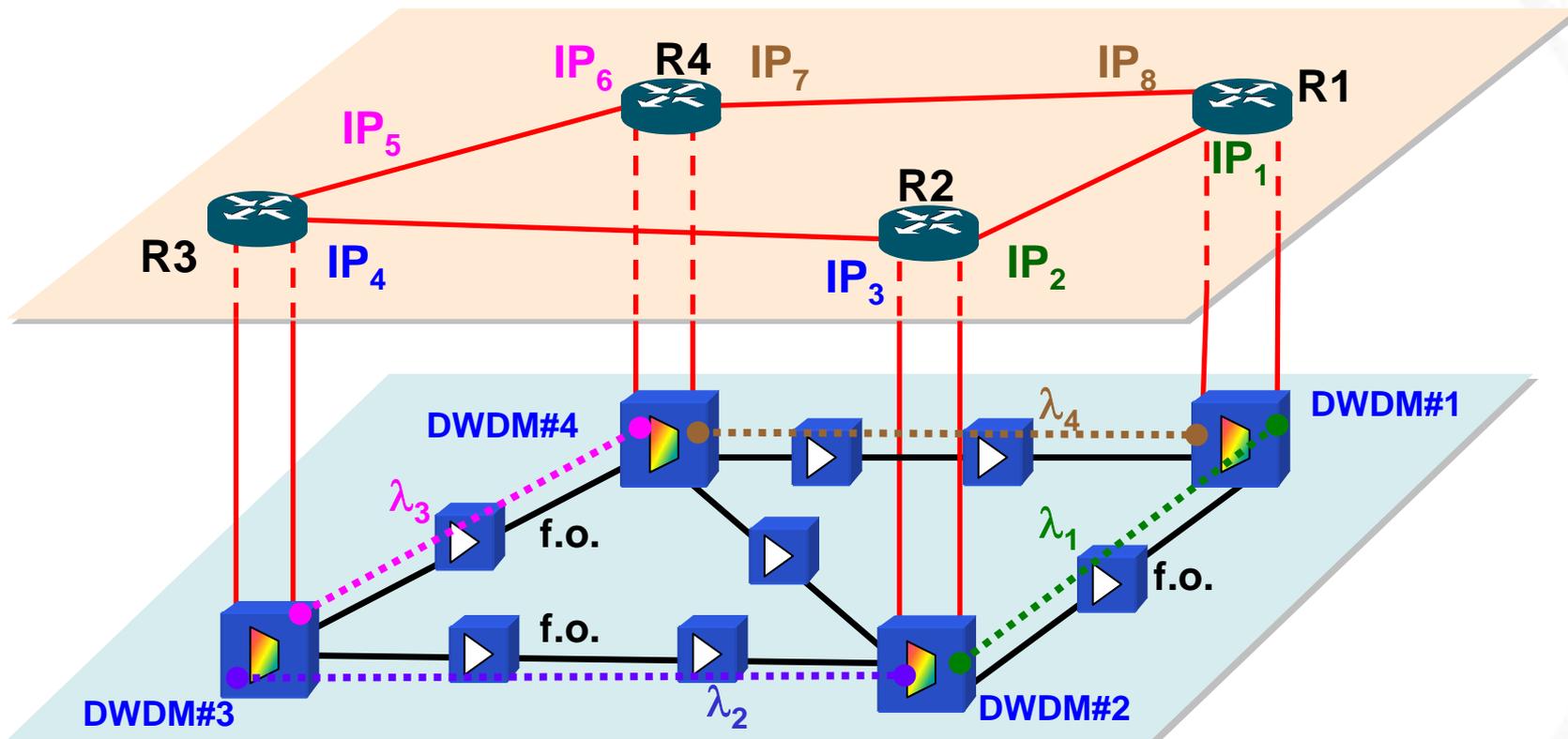


Architettura - Mappa della fibra

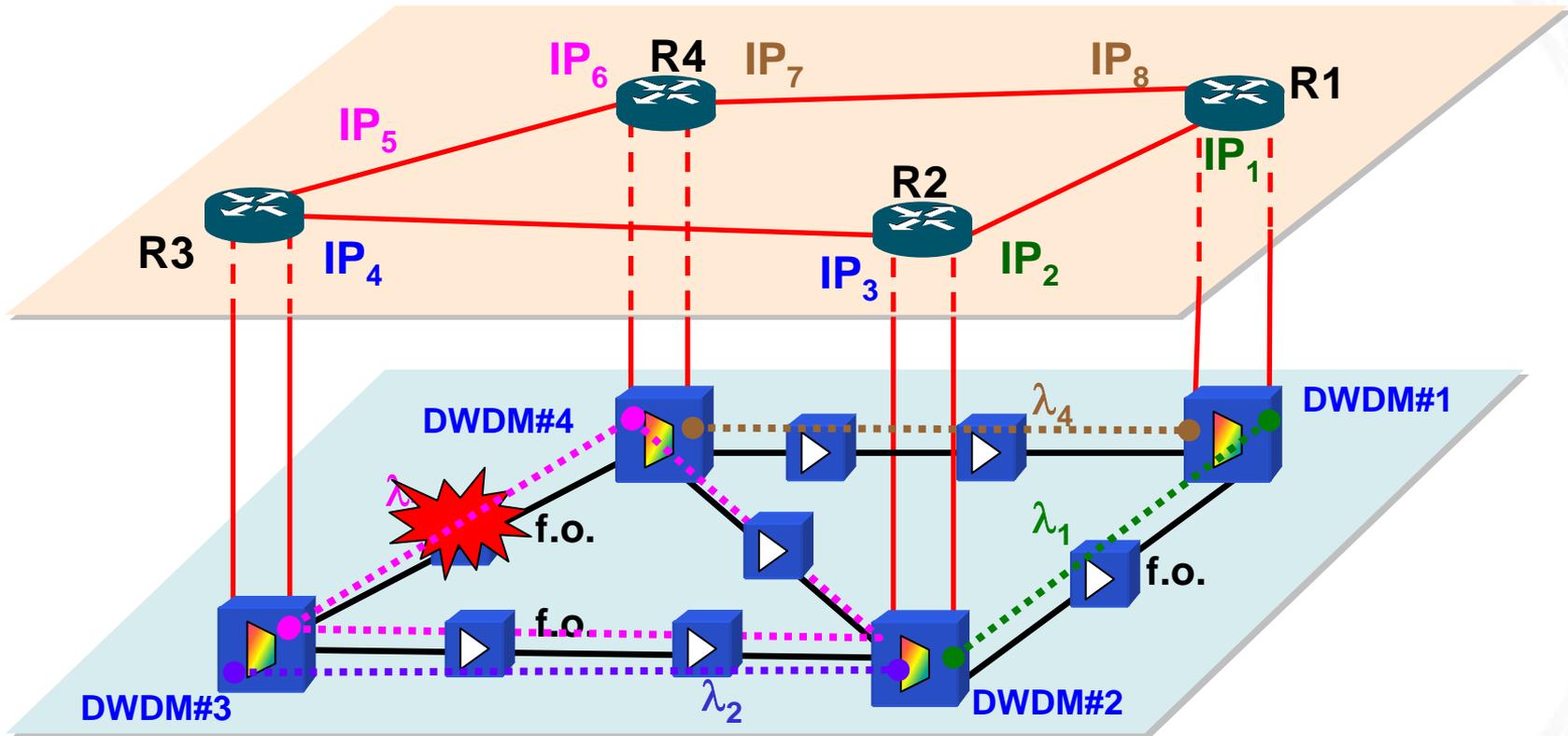
- ~ 6500 Km di dark fiber
- 30 X-PoP
- 20 / 50 ILA
- Scalabilità fino a 100G per lambda
- 40-80 lambda per tratta internodale



Architettura - esempio di design IP/MPLS



Architettura - esempio di design IP/MPLS



Architettura - fondamenti di design IP/MPLS

A fronte di un guasto:

- la rete ottica protegge il servizio fornito alla rete IP/MPLS reistradando il circuito guasto
- La topologia IP/MPLS non cambia (non c'è rerouting IP/MPLS)

E' necessario:

- una rete magliata
- nodi ottici riconfigurabili

Last but not least:

- Tutti i nodi della rete ottica sono equivalenti
- La rete ottica e' di tipo MESH non gerarchica
- Tutti i nodi della rete offrono le stesse potenzialità

Architettura - esempio di design IP/MPLS

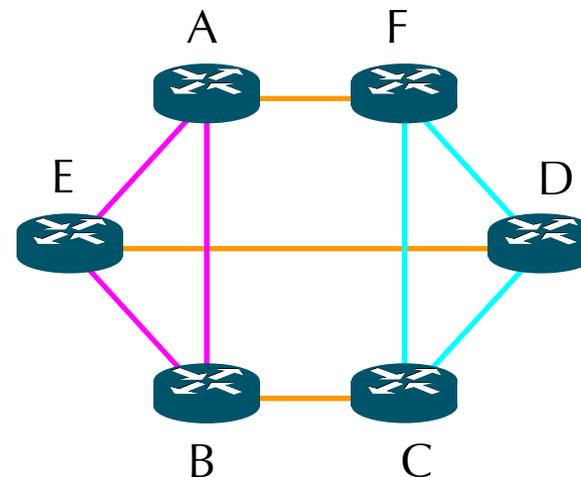
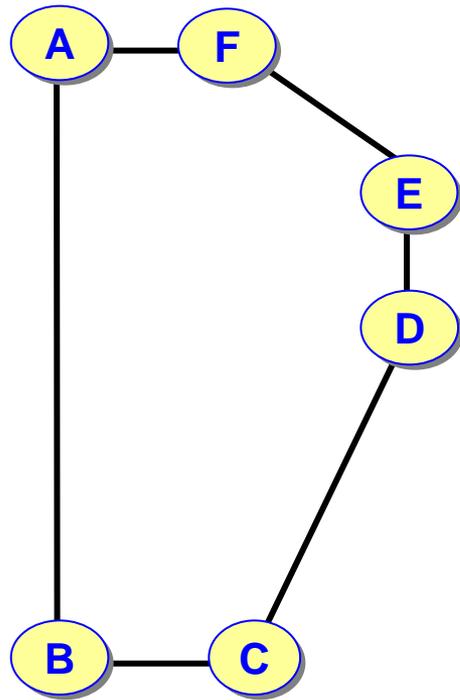
La rete IP ed MPLS dispone di efficaci meccanismi di routing in grado di sopperire al fault di un link.

Se si effettua un planning attento dei servizi trasmissivi asserviti alla rete di livello superiore è possibile aumentare la banda disponibile in condizione di normale funzionamento.

Bisogna studiare attentamente le interazioni fra lo strato ottico ed i link IP ed MPLS.

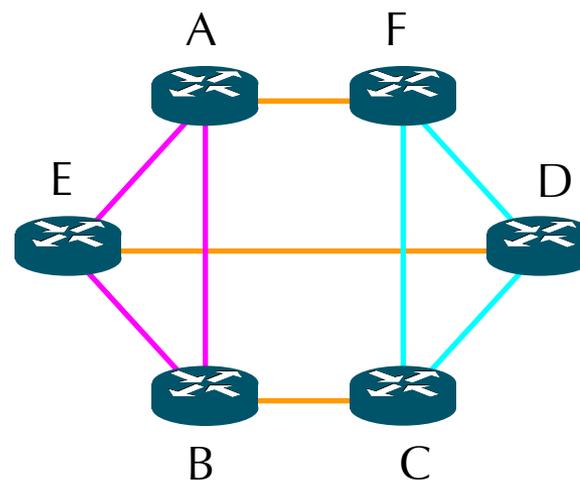
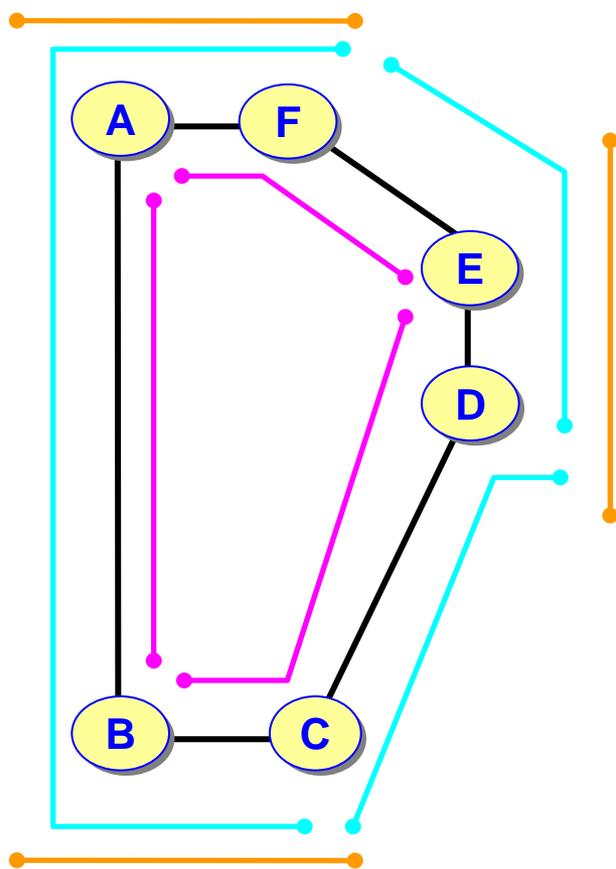
Architettura - esempio di design IP/MPLS

Una possibile topologia della fibra ottica per realizzare il CORE IP potrebbe essere:

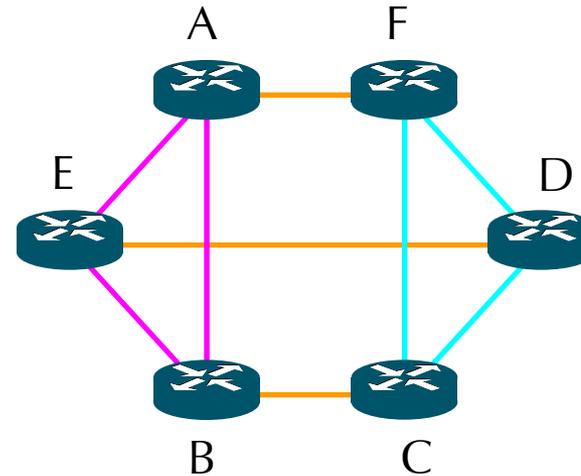
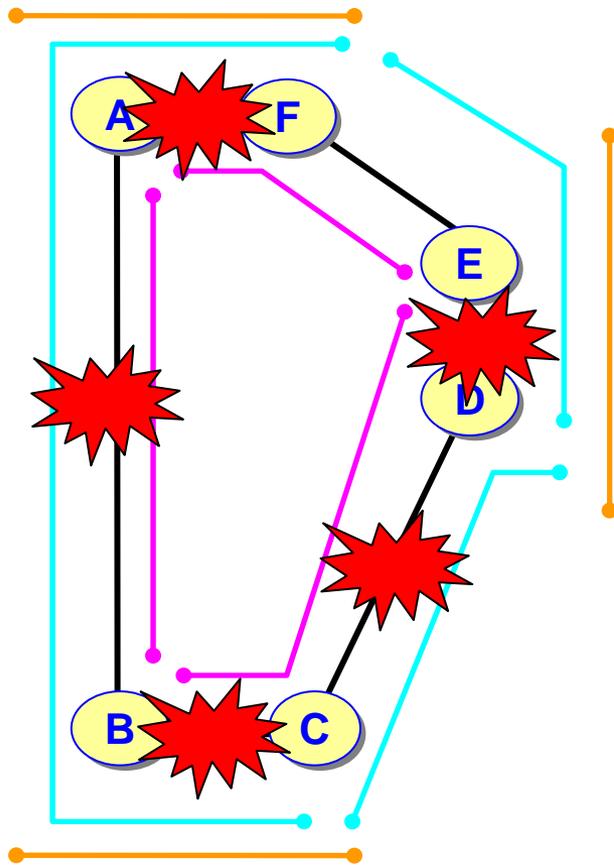


Architettura - esempio di design IP/MPLS

Una possibile allocazione dei link di core sulla infrastruttura trasmissiva può essere la seguente:

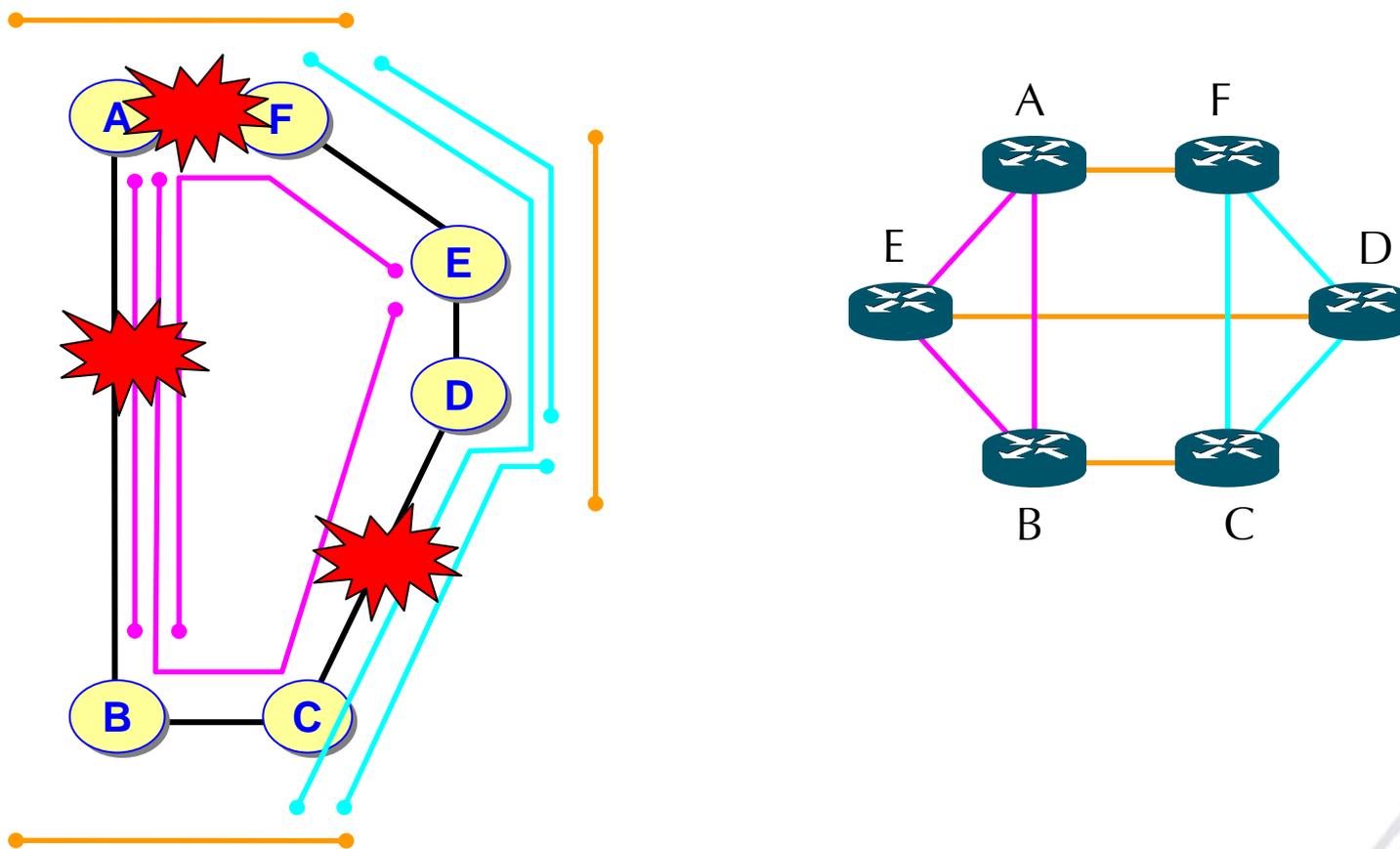


Architettura - Analisi dei guasti



Architettura - Analisi dei guasti (2)

Una altra possibile allocazione dei link di core sulla infrastruttura trasmissiva può essere la seguente:



Architettura - Routing e Wavelength Assignment

Il problema di allocazione e routing dei servizi su una rete ottica è molto complesso

Esistono differenti approcci al problema

Al crescere della complessità della rete e della magliatura diventa molto complesso trovare il routing ideale.

Oltre al routing bisogna pensare anche alla possibilità di reinstradare i servizi critici a fronte di major fault di una tratta.

Due lambda uguali non possono viaggiare sulla stessa tratta.

Il problema ha due aspetti:

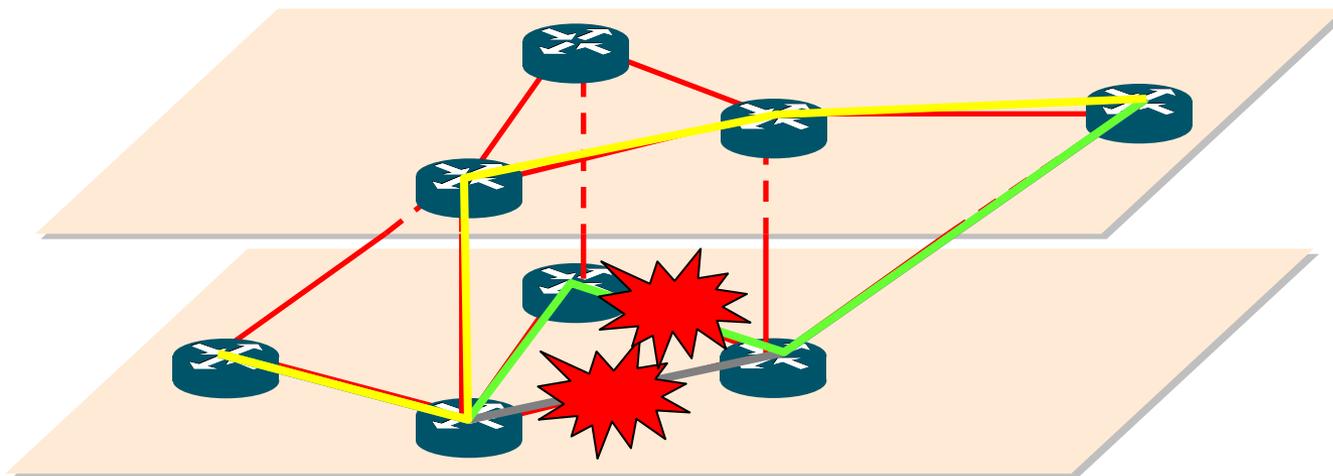
- Routing
- Wavelength assignment

Architettura - Rete WDM e TDM

- Il layer trasmissivo di trasporto è stato pensato costituito da macchine in grado di operare sia in WDM che in TDM al fine di realizzare la rete di trasporto più flessibile possibile
- Ciascun layer è deputato alla erogazione di un particolare tipo di servizio ed è dotato del suo schema di protezione coordinato con il layer sottostante
- I servizi di trasporto erogati sono caratterizzati da banda e protezione

Architettura - design della rete di core

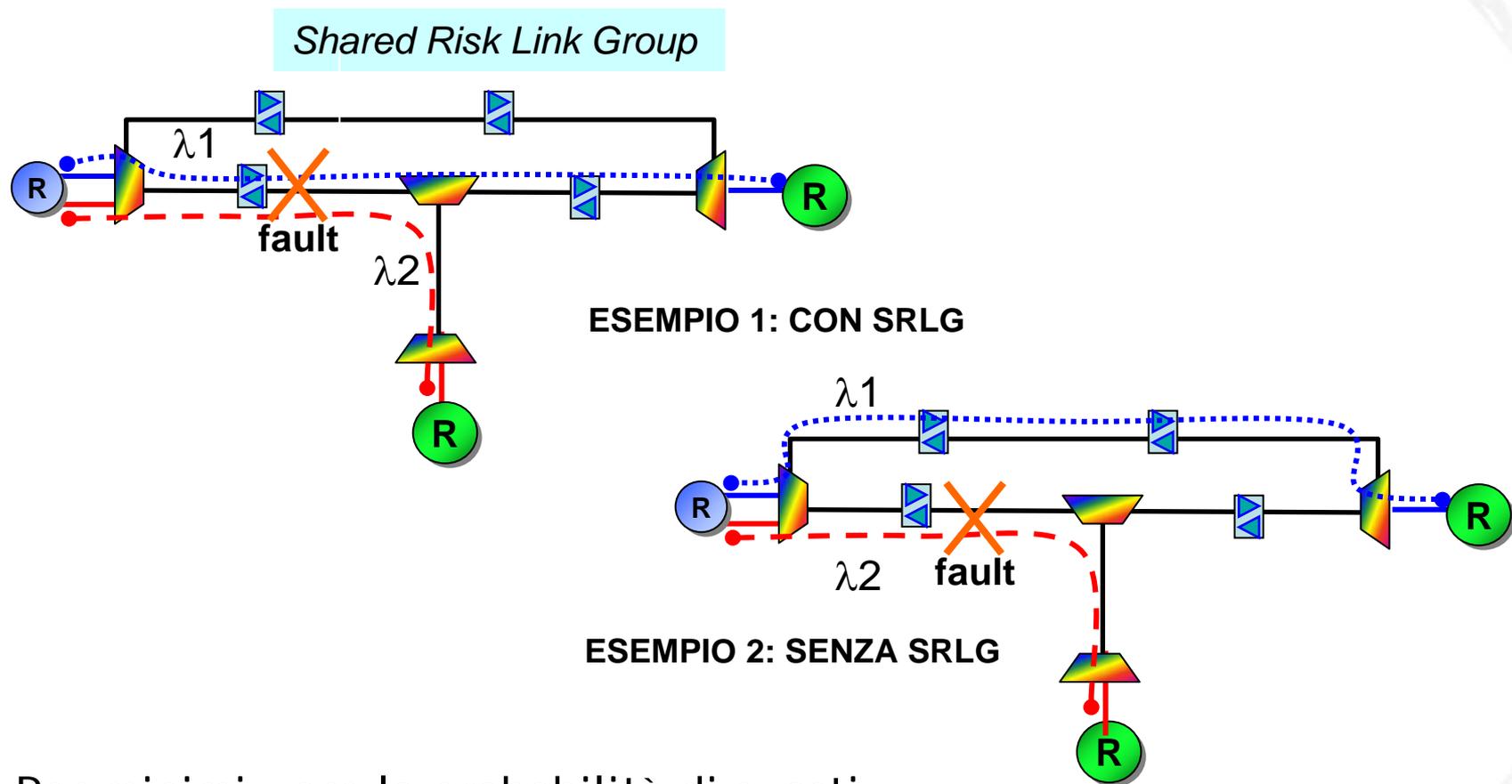
Senza ridurre l'affidabilità complessiva della rete si sfrutta l'opportunità di utilizzare circuiti non protetti duplicati ma incorrelati



Affidabilità inalterata rispetto all'uso di link protetti

Maggiore banda disponibile in condizioni di normale funzionamento

Architettura - resilienza della rete IP/MPLS

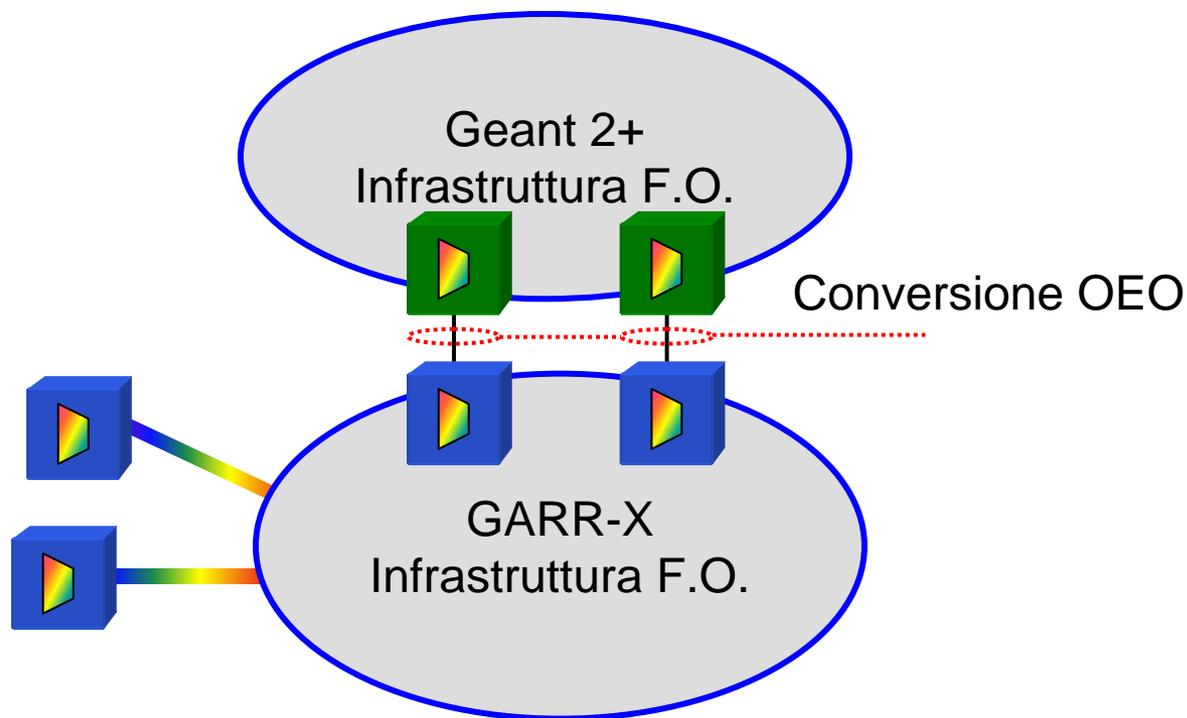


Per minimizzare la probabilità di guasti multipli nel design di GARR-X si è tenuto conto degli SRLG

Architettura - I servizi di trasporto end-to-end

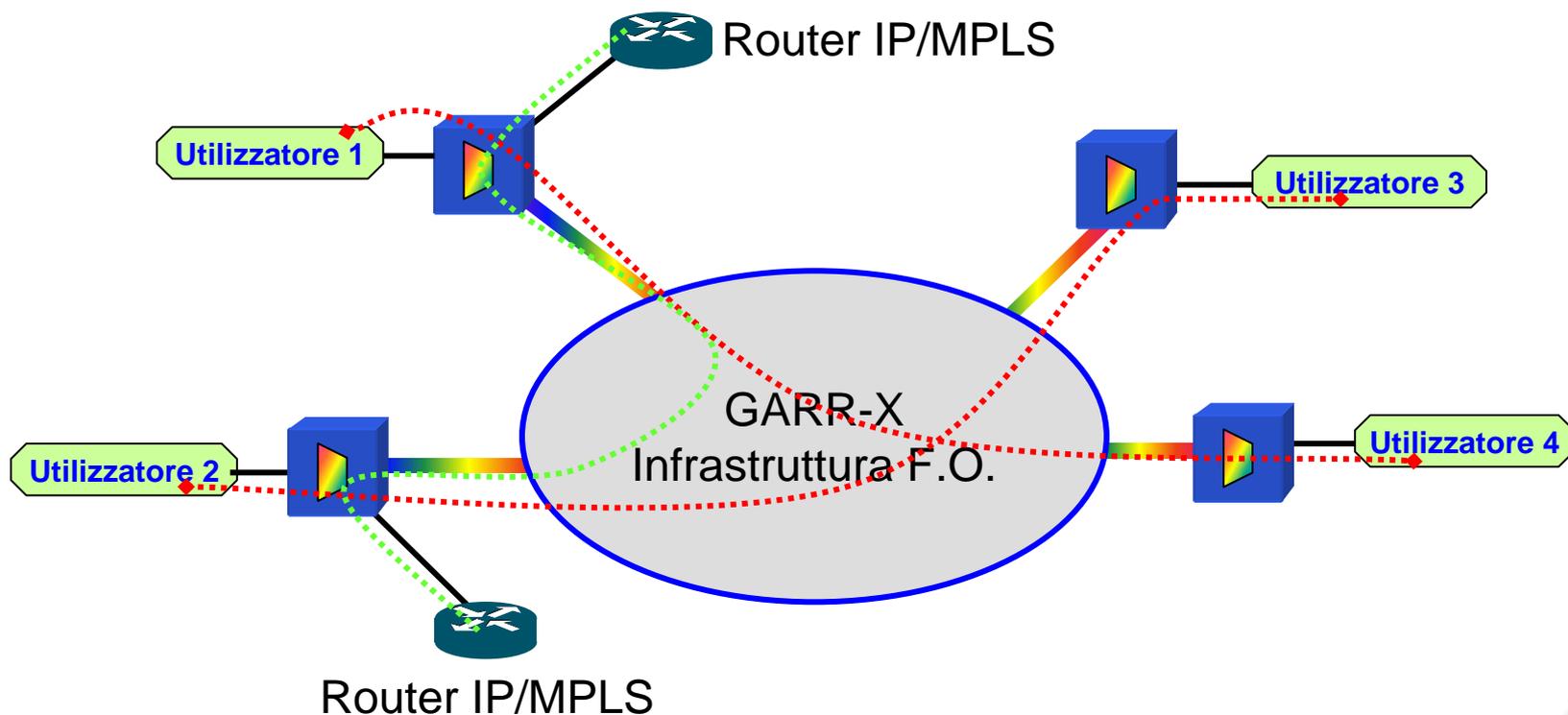
In questa categoria ricadono:

- Connessioni punto-punto fra utilizzatori connessi a GARR
- Connessioni punto-punto fra utilizzatori connessi a GARR ed utilizzatori connessi ad altre NREN



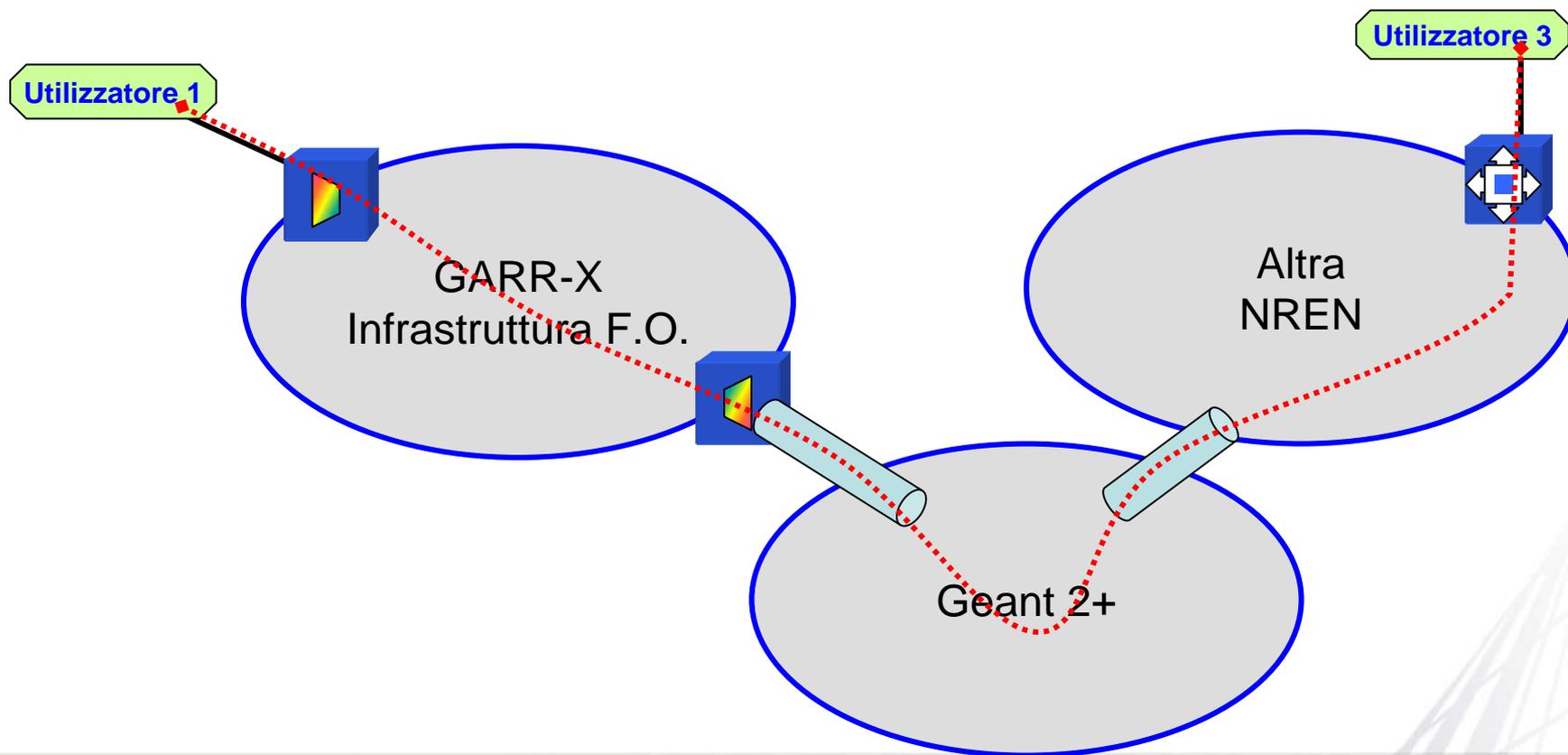
Architettura - Connessioni fra utilizzatori GARR

E' possibile configurare connessioni p.to-p.to fra utilizzatori connessi a GARR in fibra ottica



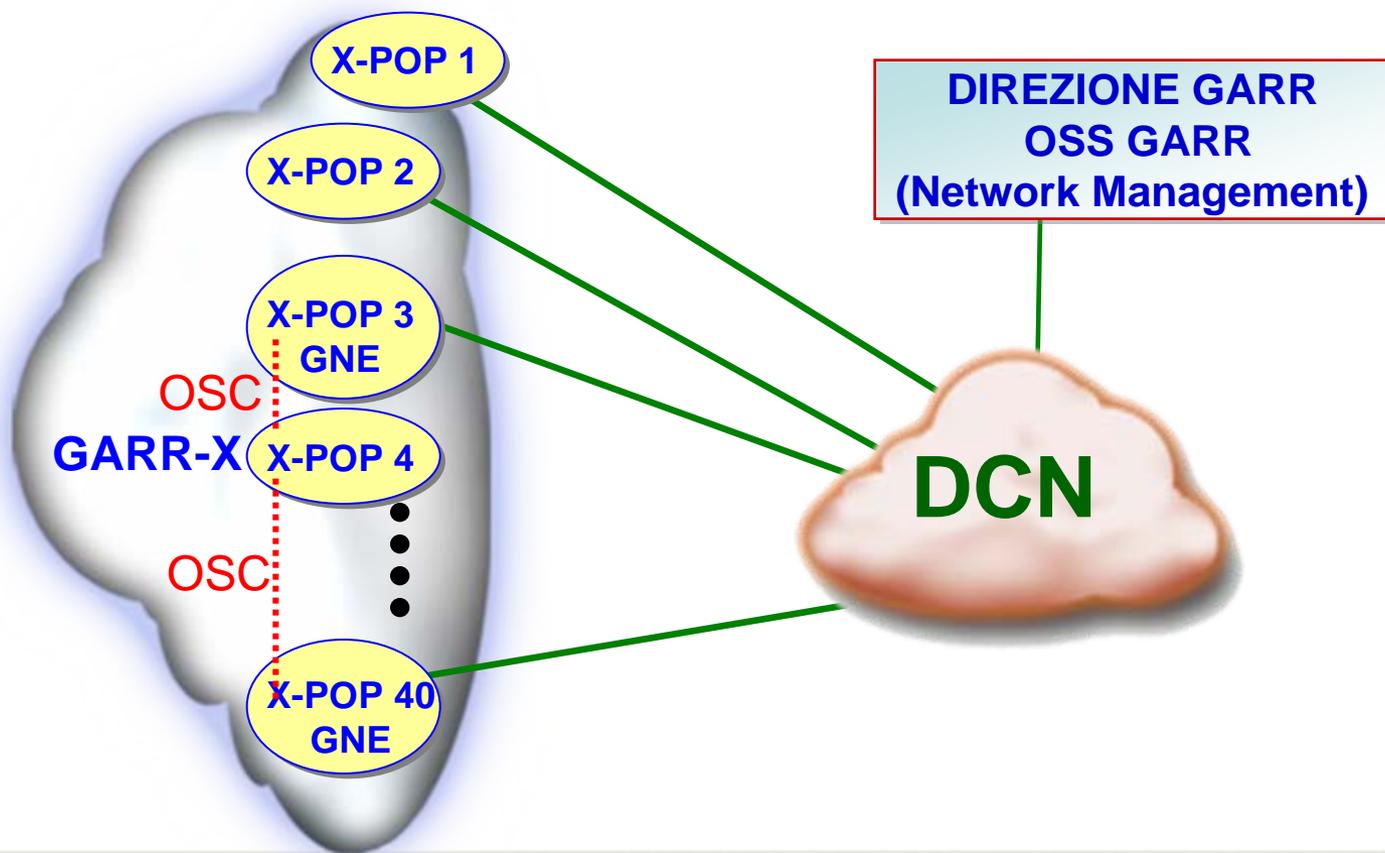
Architettura - Connessioni fra NREN

E' possibile configurare connessioni p.to-p.to fra utilizzatori connessi a GARR in fibra ottica ed utilizzatori connessi ad altre NREN

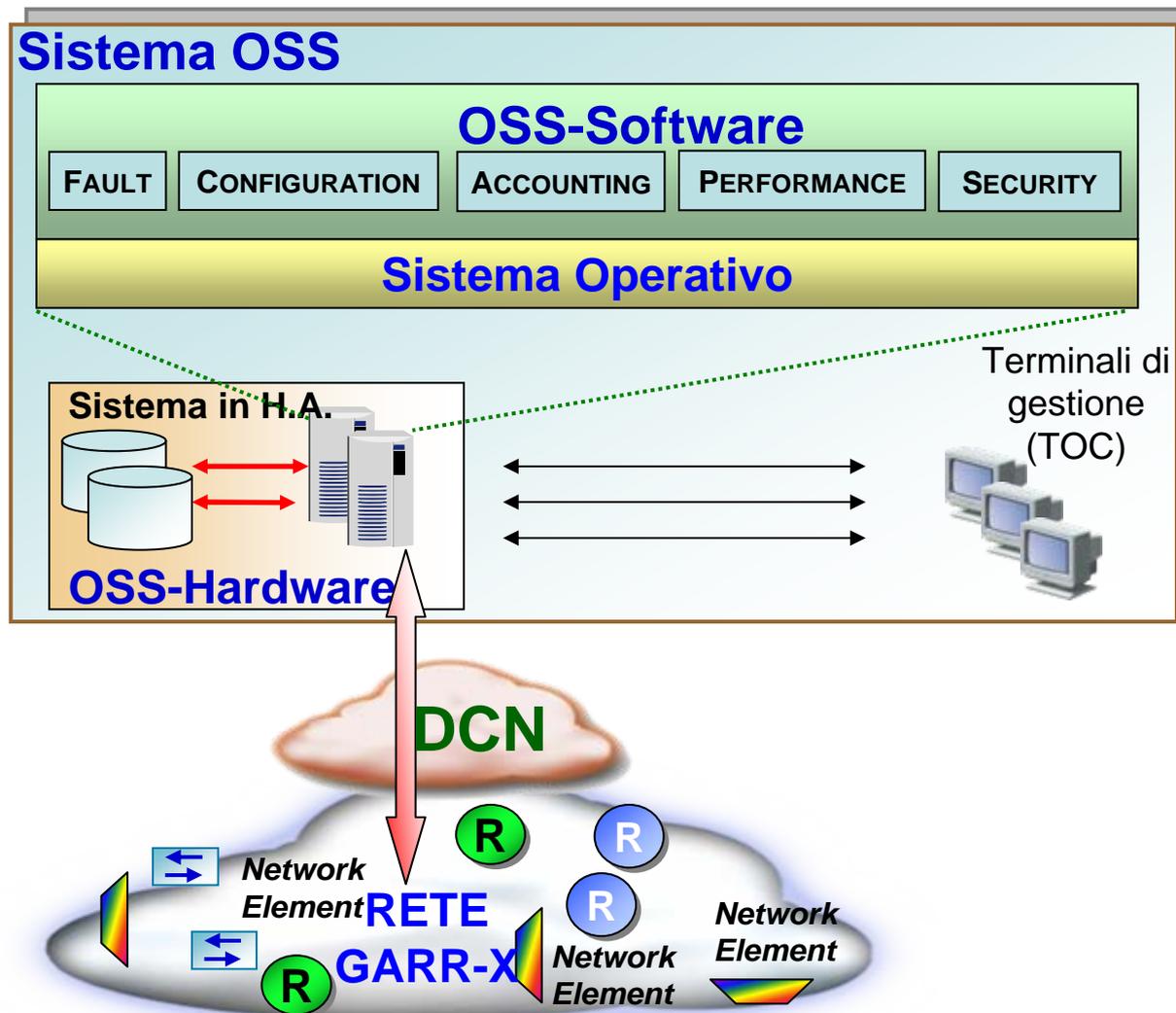


Architettura - La DCN

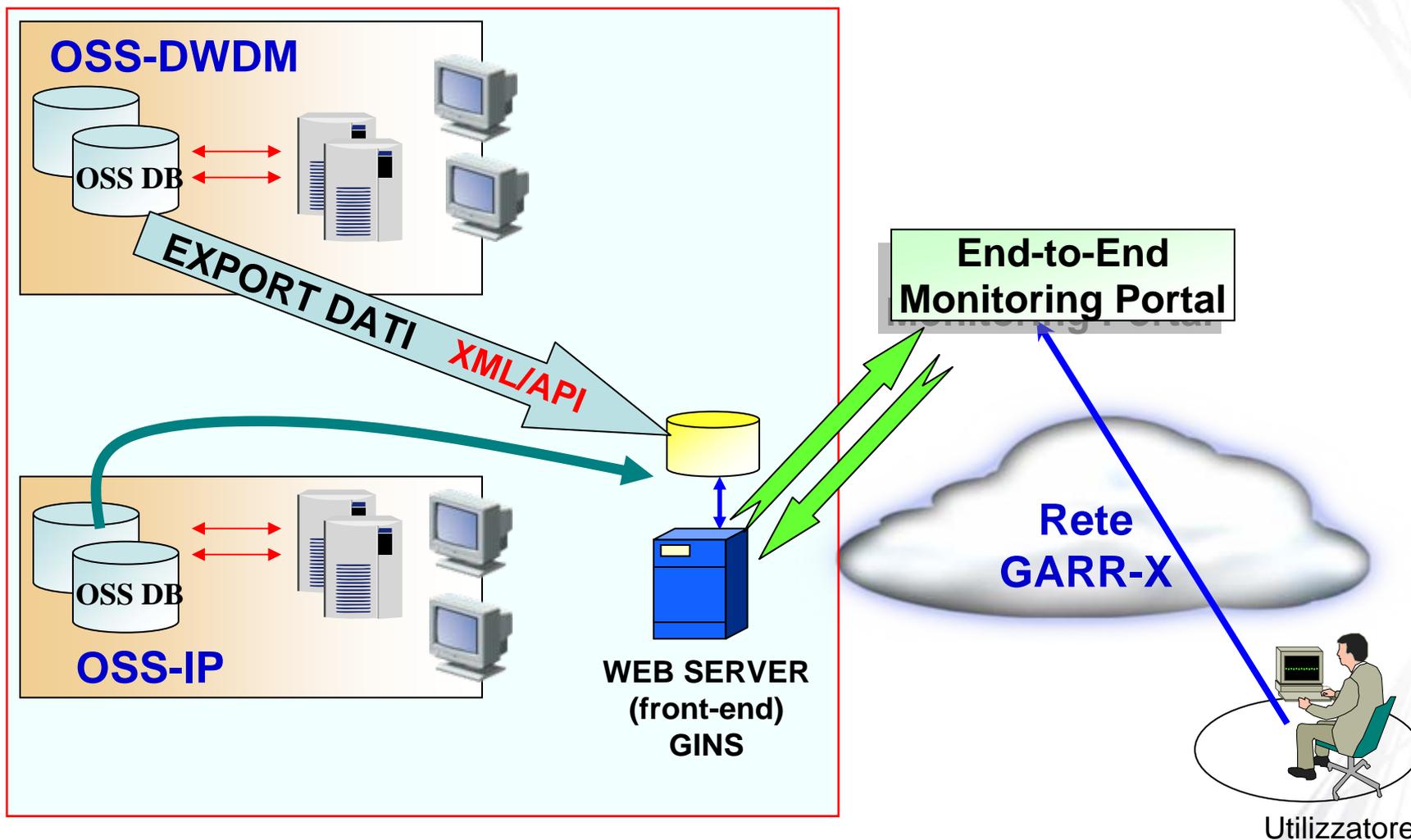
La supervisione ed il controllo della rete avviene mediante una DCN



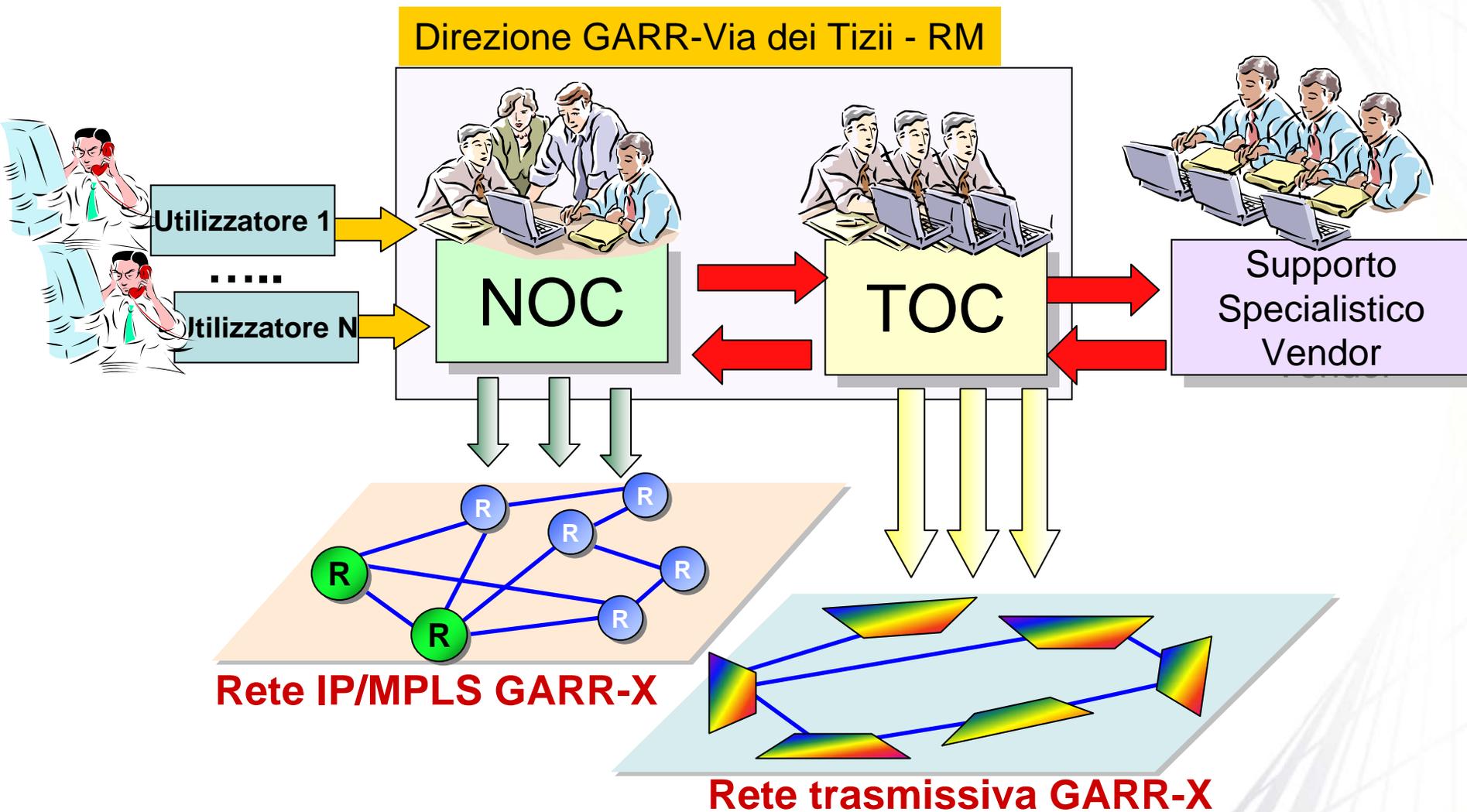
Architettura - il sistema OSS



Architettura - Sistema di reportistica avanzato

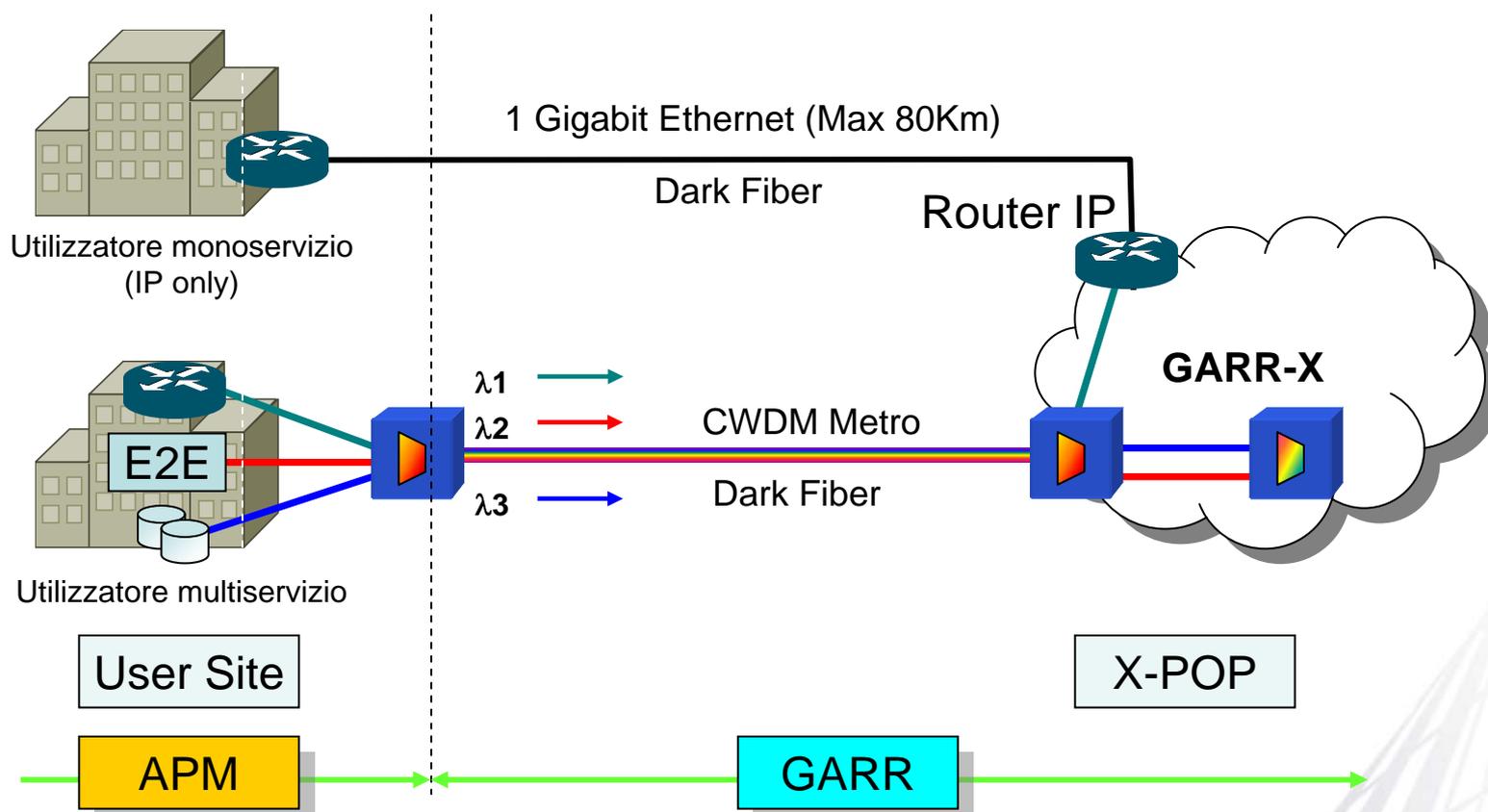


Il modello operativo



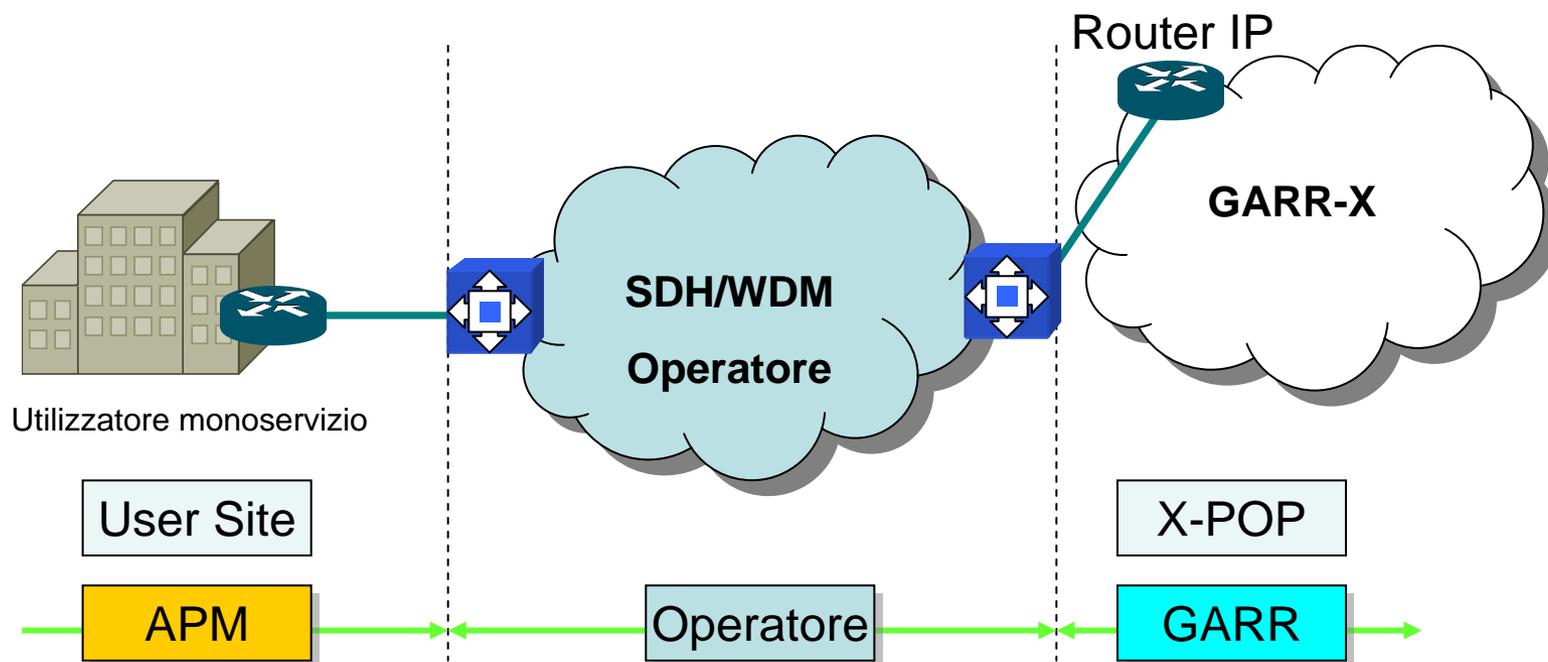
Connessione degli utilizzatori

- Fibra Ottica fino all'X-POP
- Leased line acquisita da operatore
- Raccolta di traffico aggregato (grooming) mediante rete operatore



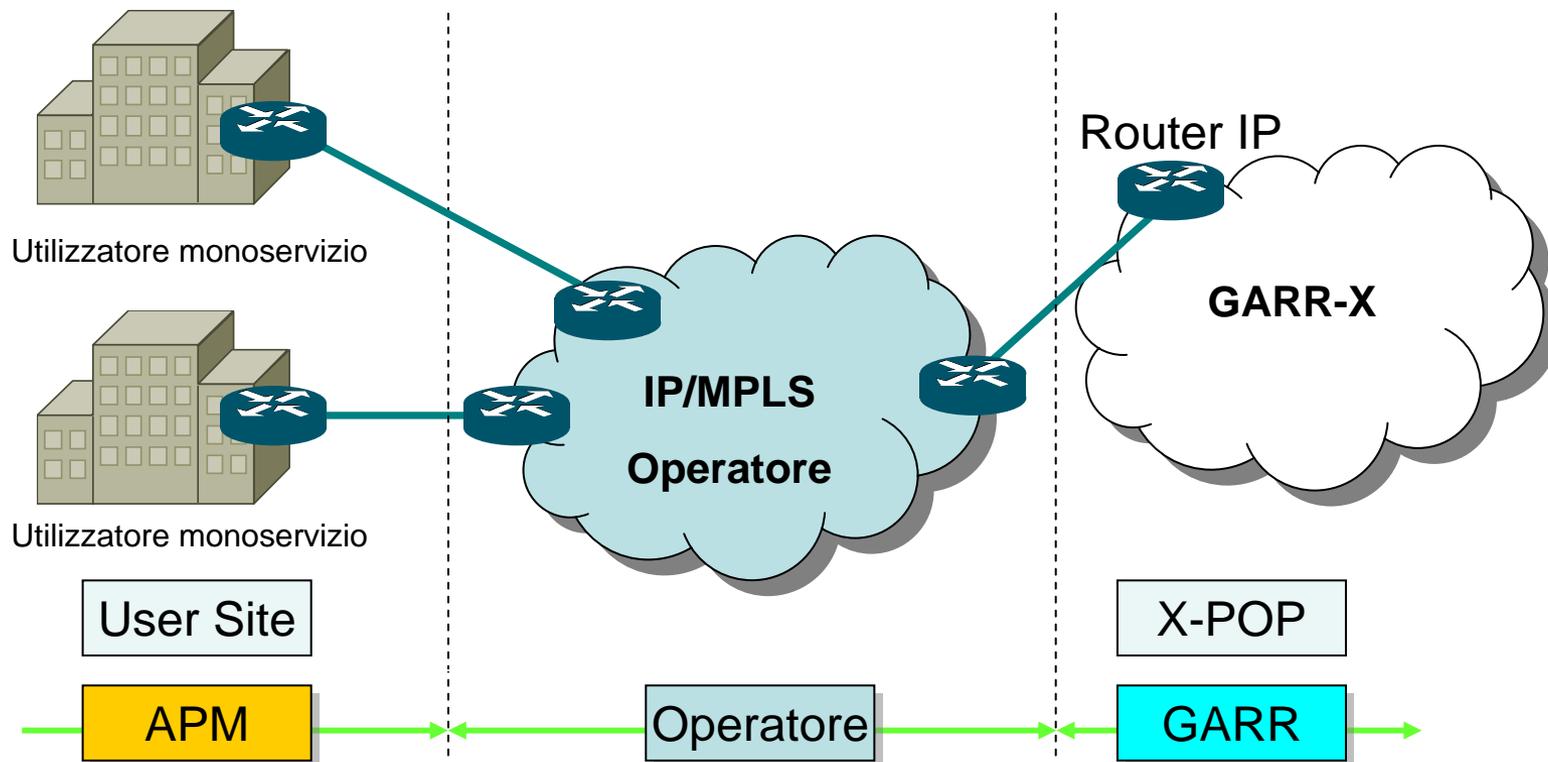
Connessione degli utilizzatori

- Fibra Ottica fino all'X-POP
- Leased line acquisita da operatore
- Raccolta di traffico aggregato (grooming) mediante rete operatore



Connessione degli utilizzatori

- Fibra Ottica fino all'X-POP
- Leased line acquisita da operatore
- Raccolta di traffico aggregato (grooming) mediante rete operatore



Conclusioni

Maggiore controllo della rete

Maggiore banda disponibile

Possibilità di erogare servizi E2E

Provisioning rapido

Accessi multiservizio

Domande

... e adesso

voce alle vostre curiosità

