



Consortium GARR

2302

**Gara per l'affidamento della fornitura di apparati
trasmissivi e relativi servizi di manutenzione e assistenza
tecnica specialistica**

Lotto 2

Progetto Tecnico

INDICE

PREMESSA	7
1. INTRODUZIONE	12
1.1 ARCHITETTURA E DISEGNO DI RETE: MILESTONES	12
1.2 FLEX ILS Open Optical Line System	12
1.3 Elementi di Rice/Trasmissione (DCI/Transponder)	14
1.4 Elementi di Controllo, Gestione e Monitoraggio	15
1.5 API e SDN	16
2. INFINERA – PUNTI DI FORZA	18
2.1 Benefici della soluzione infinera	19
3. DESCRIZIONE SOLUZIONE TECNICA	24
3.1 Infinera Piattaforma GX	25
3.2 Infinera G30	25
3.2.1 Chassis G30	26
3.2.2 Schede di Traffico	27
3.2.2.1 Modulo CHM1: 4x100G Universal Coherent Transport Module	27
3.2.2.2 Modulo CHM2T 12x100G (QSFP28) & 3x400GE muxponder (QSFP-DD)...	29
3.2.2.3 Ulteriori schede Xponder supportate.....	32
3.2.3 Client Interfaces	32
3.2.4 Moduli Line System G30.....	36
3.3 Infinera G40	38
3.3.1 G42 Chassis	39
3.3.2 Controller Card.....	40
3.3.3 Schede di Traffico	41
3.3.4 Client Interfaces	45
3.3.5 Altre Schede: Universal Client Module UCM4.....	48
3.3.6 G42 meccanismi di protezione.....	48
3.4 API	49
3.5 Infinera Line System	50
3.5.1 Chassis MTC	54
3.5.2 Amplificatori Coerenti FlexILS.....	57
3.5.2.1 IAM-B-ECXH2.....	58
3.5.2.2 IRM-B-ECXH1.....	58
3.5.2.3 Ulteriori amplificatori supportati.....	59
3.5.3 FRM-20X-EC	60
3.5.4 Moduli di Add/Drop	61
3.5.5 FBM-SLCDC-8-x-USB	61
3.5.6 FSM-CDC-8D-12-EC: FlexROADM Switching Module (FSM) & FSM Extender Module (FSE).....	63
3.5.6.1 FSP-C-1D-1MPO-4LC-M6	65
3.5.7 FMP-C-8-4-LC-MPO-M6.....	66
3.5.8 FMM-C-12: Flex Multiplexing Module	67
3.5.9 Shuffle Panel.....	67
3.5.9.1 FSP-E-9D-18MPO	67
3.5.9.2 FSP-S-4D-8MPO	68
3.5.9.3 Ulteriori moduli passivi	69
3.5.10 Modulo OTDR	71
3.5.11 Esempi di configurazioni di ROADM	74
3.5.12 Configurazione Nodo ILA.....	74

4. DESCRIZIONE DELL'ARCHITETTURA DI RETE	75
4.1 Dimensionamento dei link DWDM (link engineering)	77
4.2 OTDR: Monitoraggio fibra di linea	83
4.3 Analisi dimensionamento della matrice di traffico	85
4.3.1 Pianificazione della capacità	85
4.3.2 Instradamento del traffico	86
4.3.3 Latency	91
4.3.4 Dimensionamento moduli transponder lato linea	92
4.3.5 Dimensionamento Banda	93
4.3.6 Interfacce Client (Tributary Modules)	96
4.4 Configurazione dei nodi	97
4.5 Utilizzo Porte Mux/demux	102
4.6 Tipologia Chassis MTC e GX	104
4.7 Consumi di potenza e spazi	106
4.8 Analisi Spettro	109
4.9 Migrazione di rete	109
4.10 Migrazione anello Campano	111
4.11 Nodi H4-Satellite	112
4.12 LabBA01	113
5. CONCLUSIONI AL PROGETTO TECNICO	114

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Infinera Flexible Grid Open Line System	13
Figura 2 – Groove DCI Platform	14
Figura 3 – Caratteristiche e moduli del Groove G30	15
Figura 4 – Caratteristiche e moduli del Groove G42	15
Figura 5 – TNMS FCAPS	16
Figura 6 – Infinera Transcend Controller Solution Architecture	16
Figura 7 – Interfacce API piattaforma Infinera	17
Figura 8 – Vision e Mission di Infinera	18
Figura 9 – Modello di rete parzialmente disaggregato	19
Figura 10 – Massimizzazione della capacità e della flessibilità nell'utilizzo dello spettro	20
Figura 11 – Automatismo del controllo del guadagno degli amplificatori ed equalizzazione delle lunghezze d'onda	20
Figura 12 – Automazione e programmabilità della rete	21
Figura 13 – Transponder G30	22
Figura 14 – Transponder G42	22
Figura 15 – Caratteristiche Groove G30	26
Figura 16 – Vista posteriore e anteriore Groove G30	27
Figura 17 – Groove™ G30 Disaggregated Transponder	27
Figura 18 – Caratteristiche modulo CHM1	28
Figura 19 – Caratteristiche modulo CHM2T	29
Figura 20 – Formati di modulazione	31
Figura 21 – Caratteristiche ulteriori schede supportate	32
Figura 22 – Infinera G30 con transponder e Line system	36
Figura 23 – Optical carrier card	36
Figura 24 – Modulo CAD8	37
Figura 25 – Pluggable Components and the Optical Carrier Card	37
Figura 26 - GX G40 Overview	38

Figura 27 - GX G42 Chassis view	39
Figura 28 - GX G42 HW Front Schematics.....	40
Figura 29 - GX G42 HW Rear Schematics	40
Figura 30 - Modulo XMM4.....	41
Figura 31 - CHM6 overview	42
Figura 32 - CHM6 Building blocks	42
Figura 33 - Interfacce pluggable nella CHM6.....	43
Figura 34 - Blocchi funzionali CHM6	44
Figura 35 - Mapping del traffico 400GE sulle porte di linea	44
Figura 36 - Mapping del traffico 100GE sulle porte di linea	45
Figura 37 - Bandwidth virtualization CHM6	45
Figura 38 - Modulo UCM4	48
Figura 39 - Cable Protection	49
Figura 40 - Optical protection using OPSM	49
Figura 41 - Single Port SNCP Protection	49
Figura 42 - API disponibili su G30-G42	50
Figura 43 - Piattaforma long haul Infinera Flex ILS.....	51
Figura 44 - Caratteristiche generali Infinera Flex ILS.....	51
Figura 45 - Spaziatura canali nella banda C-estesa	52
Figura 46 - Estensione alla banda L	52
Figura 47 - Meccanismi automatici di controllo delle performance.....	53
Figura 48 - Elementi che compongono il Flex ILS	54
Figura 49 - Chassis MTC-9 e MTC-6	54
Figura 50 - Caratteristiche Chassis Chassis MTC-9	55
Figura 51 - Caratteristiche Chassis Chassis MTC-6	56
Figura 52 - Schema a blocchi IAM-B-ECXH2	58
Figura 53 - IAM-B-ECXH2 Faceplate.....	58
Figura 54 - Schema a blocchi IRM-B-ECXH1	59
Figura 55 - IRM-B-ECXH1 Faceplate.....	59
Figura 56 - Schema funzionale FRM-20X-EC	61
Figura 57 - Moduli FBM disponibili.....	62
Figura 58 - Schema funzionale modulo FBM a 2 vie.....	62
Figura 59 - Schema funzionale modulo FBM a 4 vie.....	62
Figura 60 - Schema funzionale modulo FBM a 8 vie.....	63
Figura 61 - Esempio di applicazione con FBM 4 vie	63
Figura 62 - Schema funzionale scheda FSM.....	64
Figura 63 - Configurazione per nodi a 4 direzioni con singolo Shuffle panel.....	64
Figura 64 - Configurazione per nodi a 4 direzioni con doppio Shuffle panel	65
Figura 65 - Configurazione per nodi a 8 direzioni	65
Figura 66 - Configurazione FSP-C in FlexROADM	66
Figura 67 - Configurazione con FMP-C	66
Figura 68 - Diagramma a blocchi FMM-C-12.....	67
Figura 69 - FSP-E Vs approccio full-mesh.....	68
Figura 70 - Modulo FSP-E.....	68
Figura 71 - ROADM CDC a 4 direzioni con 4 FSM	69
Figura 72 - ROADM CDC a 8 direzioni con 8 FSM.....	69
Figura 73 - Configurazione Cascaded FRM-20X	70
Figura 74 - Optical Express Shufle Panel	70
Figura 75 - OTDM-4D-L.....	71
Figura 76 - Configurazione OTDM nei nodi ILA.....	72

Figura 77 – Configurazione OTDM in nodi a 2 vie.....	73
Figura 78 – Configurazione OTDM in nodi a 4 vie.....	73
Figura 79 – Fibre Spectrum Usage with OTDR.....	73
Figura 80 – Opzioni Muxing FRWM-20X.....	74
Figura 81 – Coppia di amplificatori in un ILA	74
Figura 82 – Infinera – Network Diagram Lotto 2.....	76
Figura 83 – Infinera – Network Diagram Lotto 2.....	82
Figura 84 – Misura OTDR da un amplificatore di linea	83
Figura 85 – Misura OTDR in un nodo ROADM a due vie	83
Figura 86 – Scenario misura OTDR in un nodo ROADM a quattro vie	84
Figura 87 – OTDM criterio di progetto.....	84
Figura 88 – Diretrici di misura OTDR nella rete GARR	85
Figura 89 – Diversificazione elementi line system sul nodo	88
Figura 90 - Architettura H1 per nodi > 4 degree	100
Figura 91 - Architettura H1 per nodi <= 4 degree	100
Figura 92 - Architettura H3.....	101
Figura 93 - Architettura Photonic ROADM.....	101
Figura 94 - Architettura ILA.....	101
Figura 95 - Nuova rete GARR-T	111
Figura 96 – Interconnessione di un sito H4-Satellite	112
Figura 97 – Configurazione Lab_BA01	113

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – Performance scheda CHM1	28
Tabella 2 – Performance scheda CHM2T	30
Tabella 3 – CHM2T Line Modes a 75GHz/100GHz Grid	30
Tabella 4 – CHM2T Line Modes a 50GHz Grid	31
Tabella 5 – Interfacce Client CHM1	34
Tabella 6 – Interfacce Client CHM2T	35
Tabella 7 – Valori di guadagno dei moduli PAOHIR e BAX	37
Tabella 8 – G42 Specifications	40
Tabella 9 – Caratteristiche principali della scheda CHM6	43
Tabella 10 – Interfacce lato client CHM6.....	47
Tabella 11 – Caratteristiche meccaniche MTC-9	55
Tabella 12 – Specifiche elettriche e caratteristiche ambientali MTC-9.....	56
Tabella 13 – Caratteristiche meccaniche MTC-6	57
Tabella 14 – Specifiche elettriche e caratteristiche ambientali MTC-6.....	57
Tabella 15 – Caratteristiche FRM-20X-EC	60
Tabella 16 – Parametri OTDM-4D-L	71
Tabella 17 – Range di funzionamento del OTDM (distanza, risoluzione, impulso)	72
Tabella 18 – Margine OSNR servizi Lotto 2	78
Tabella 19 – Capacità Massima Lotto 2.....	79
Tabella 20 – Numero di tratte EDFA e EDFA-RAMAN Lotto 2	81
Tabella 21 – Lunghezza d'onda e tipo scheda utilizzata per ciascuna relazione di traffico Lotto2.....	86
Tabella 22 – Diversificazione di percorso/nodo	87
Tabella 23 – Suddivisione flussi sui transponder (es. nodi di Bari).....	88
Tabella 24 – Diversificazione chassis G30/G42.....	89
Tabella 25 – Distribuzione porte client su chassis G30/G42.....	90
Tabella 26 – Valori di latenza dei flussi di traffico GARR	92

Tabella 27 – Numero totale di interfacce di linea fornite, utilizzate ed ancora libere.	93
Tabella 28 – Banda disponibile CHM1 lato linea	94
Tabella 29 – Banda disponibile CHM2T lato linea	95
Tabella 30 – Banda disponibile CHM6 lato linea	96
Tabella 31 – Banda extra disponibile sui moduli CHM1, CHM2T, CHM6	96
Tabella 32 – Moduli 100GBASE-SR4	97
Tabella 33 – Moduli 400GBASE-DR4	97
Tabella 34 – Espandibilità in termini di interfacce client su schede fornite Lotto 2 ..	97
Tabella 35 – Architettura ROADM Lotto 2	99
Tabella 36 – FRM20X Porte SYS Lotto 2	102
Tabella 37 – Porte Add/Drop Lotto 2	103
Tabella 38 – Lotto 2 Chassis MTC6/9 utilizzati	105
Tabella 39 – Lotto 2 Chassis GX utilizzati	106
Tabella 40 – Lotto 2: Assorbimento/Spazi nodi line system a 25°C e 40°C	108
Tabella 41 – Lotto 2 Assorbimento/Spazi nodi DCI/Transponders a 25°C e 40°C	109
Tabella 42 – Part-number utilizzati nei link H4-Satellite	112
Tabella 43 – Valori di guadagno supportati da PAOHIR e BAX	113

PREMESSA

Il presente documento costituisce il “Progetto Tecnico” presentato da TELECOM ITALIA S.P.A (nel seguito semplicemente TIM) in risposta al lotto 2 del bando di gara rif. GARR 2302 denominata “Gara per l’affidamento della fornitura di apparati trasmissivi e relativi servizi di Assistenza Specialistica e Manutenzione”, indetta dal Consortium GARR (nel seguito semplicemente GARR) per acquisire gli elementi di trasporto ottico necessari a estendere la rete GARR-T in modo unitario su scala nazionale, secondo il modello di rete ottica parzialmente disaggregata in corso di realizzazione con il progetto GARR-T.

Come richiesto nel capitolato tecnico, la soluzione proposta da TIM è basata sulla tecnologia Infinera FlexILS e GX. Le piattaforme offerte sono tutte commercialmente disponibili e già utilizzate/installate nelle reti di altri clienti che hanno scelto la tecnologia Infinera e si basano sui seguenti elementi:

- **Infinera Open Flex Line System (ILS) Rel.22.1**, per la trasmissione/amplificazione di segnali coerenti nella griglia di frequenze Flex Grid ITU-T G.694.1, equipaggiato con:
 - ROADM 20 porte;
 - Supporto Banda C Estesa 4.8THz;
 - Amplificatori EDFA e ibridi EDFA/Raman;
 - Architettura flessibile Colorless “C”, Colorless-Directionless “CD” e Colorless-Directionless-Contentionless “CDC”;
 - Chassis fotonico MTC-6 nei nodi ROADM e MTC-9 nei nodi ILA;
 - Moduli OTDR integrati per monitoraggio delle fibre;
 - Supporto esteso interfacce programmabili Open API per sviluppi e integrazioni in modalità “agile”;
 - Supporto lunghezze d’onda aliene e spectrum sharing.

- **Infinera Groove Network Disaggregation Platform FP4.5**, piattaforma Xponder disaggregata, compatta, modulare, ottimizzata per ambienti DCI per la trasmissione di segnali coerenti fino a 600Gb/s, equipaggiato con:
 - Chassis Compatto G30 (1RU);
 - Transponder/Muxponder CHM1, 800G/s di Throughput per il supporto di interfacce client 100GBE e Linea fino a 2x200Gb/s;
 - Transponder/Muxponder CHM2T, 4.8Tb/s di Throughput per il supporto di interfacce client da 100GE/OTU4 fino a 400GBE e Linea fino a 2x600Gb/s;
 - Supporto esteso interfacce programmabili Open API per sviluppo e integrazione in modalità “agile”.

- **Infinera G42 Compact Modular Platform FP6.1**, piattaforma Xponder disaggregata, compatta, modulare, ottimizzata per ambienti DCI per la trasmissione di segnali coerenti fino a 800Gb/s, equipaggiato con:
 - Chassis Compatto G42 (3RU);
 - Transponder/Muxponder CHM6, 12.8Tb/s di Throughput per il supporto di interfacce client 100GE/OTU4/400GBE e Linea fino a 2x800Gb/s
 - Supporto trasmissione lunghezze d’onda tra nodi collegati mediante link terrestri o che attraversano segmenti in fibra sottomarini
 - Supporto esteso interfacce programmabili Open API per sviluppo e integrazione in modalità “agile”.

- Licenze di espansione per accogliere i nuovi nodi di rete sul Sistema di Gestione Infinera TNMS esistente rel.19.10.3: sistema di gestione unico della soluzione, equipaggiato con tutti i tool necessari per Gestione Allarmi, Configurazione, Provisioning, Performance Management e Troubleshooting
- Licenze di espansione per accogliere i nuovi nodi di rete sul Transcend Transport Controller esistente rel.5.10: controller SDN per l'automazione e l'integrazione multi-vendor, multi-layer

TIM garantisce la rispondenza della soluzione tecnica proposta e descritta nella presente Offerta Tecnica a tutti i requisiti vincolanti richiesti nel Bando di Gara ed ai requisiti premianti evidenziati nel documento di risposta alle specifiche domande del Capitolato Tecnico. Contestualmente, l'offerta risponde anche alle specifiche relative ai servizi di installazione, configurazione e collaudo nonché ai servizi di assistenza specialistica e manutenzione. Particolare attenzione è stata rivolta alle problematiche di delivery e alla necessità di mettere in campo un'organizzazione che consentirà di realizzare la nuova infrastruttura di rete nei tempi imposti nel Capitolato Tecnico, tenendo anche presente la necessità di rispettare delle specifiche Milestone e di mettere in atto un piano di migrazione che consenta di effettuare il passaggio dall'attuale alla nuova infrastruttura di rete, arrecando il minimo disservizio agli utilizzatori della rete GARR.

L'obiettivo principale della presente proposta è quello di acquisire nuovi apparati necessari alla realizzazione dell'infrastruttura di trasporto ottica su scala nazionale, secondo il modello di rete ottica parzialmente disaggregata, in grado di illuminare l'infrastruttura in fibra di lunga distanza operata da GARR.

Con la presente proposta il GARR intende estendere e ampliare la rete GARR-T secondo lo stesso modello architetturale, aggiornando il sistema di linea su tecnologia FlexILS Infinera nelle regioni Campania, Calabria, Puglia e Sicilia coinvolte nel precedente progetto GARR-X Progress in continuità con le attività già realizzate al centro-nord e con l'obiettivo di creare un unico dominio fotonico e operativo su tutto il territorio nazionale. In aggiunta saranno acquisiti apparati DCI/Transponder della piattaforma Groove GX Infinera per realizzare le interconnessioni ottiche necessarie a soddisfare le richieste di traffico dati in Abruzzo, Sardegna e nelle regioni del sud, anche in questo caso uniformandosi a quanto in corso di realizzazione con il progetto GARR-T del centro-nord d'Italia.

Per l'estensione della rete GARR-T, nel presente Lotto 2 sono offerti i seguenti elementi:

- a. la fornitura di apparati per l'aggiornamento del sistema di linea trasmissivo di GARR-X Progress nelle regioni Campania, Calabria Puglia e Sicilia Settentrionale verso un sistema ottico di linea aperta (Open Line System - OLS). Gli apparati offerti appartengono alla piattaforma Infinera FlexILS impiegata nella rete GARR-T, per consentire di realizzare una soluzione unitaria e omogenea a livello nazionale e un unico dominio fotonico gestito dallo stesso sistema di gestione TNMS;
- i. la fornitura di apparati di trasporto ottico DCI/Transponder per soddisfare le matrici di traffico riportate nel capitolato tecnico. Gli apparati offerti appartengono alla piattaforma Infinera Groove GX impiegata nella rete GARR-T, per consentire di realizzare una soluzione unitaria e omogenea a livello nazionale;
- ii. il servizio di installazione hardware e software degli apparati nei PoP GARR, comprensivo di trasporto, predisposizione dei siti, configurazione, attivazione e migrazione di rete nonché del cablaggio completo e dell'etichettatura degli apparati;
- iii. la progettazione, l'attivazione e i collaudi necessari all'attivazione della rete, inclusa anche la progettazione completa della soluzione da realizzare, sulla base della topologia e delle caratteristiche della fibra ottica geografica già operativa, oltre al

- consolidamento e alla bonifica dei siti. Progettazione, realizzazione e rispetto dei termini di consegna sono sotto la responsabilità di TIM;
- iv. la fornitura di licenze software per accogliere i nuovi nodi di rete sul Sistema di Gestione Infinera TNMS esistente e sul Transcend Transport Controller esistente;
 - v. la fornitura delle scorte necessarie per l'erogazione del servizio di manutenzione;
 - vi. il servizio di assistenza tecnica specialistica per la durata di 10 anni consecutivi a decorrere dalla data del verbale di collaudo con esito positivo degli apparati;
 - vii. il servizio di manutenzione per la durata di 10 anni consecutivi a decorrere dalla data del verbale di collaudo con esito positivo degli apparati.

Il documento è strutturato sulla base delle linee guida contenute nel capitolo 8 del Capitolato Tecnico e, pertanto, contiene i seguenti allegati esterni:

- **Allegato C_2302_Template informazioni tecniche - errata corrige 2023-07-12:** contiene i seguenti elementi
 - **Allestimento Siti:** riporta in forma tabellare le caratteristiche dell'installazione prevista per ciascun sito della soluzione proposta, secondo il template fornito dal GARR nell'Allegato C.
 - **Kit List:** contiene l'elenco di tutti i componenti dei PoP e dei siti di amplificazione, incluse le schede di servizio, alimentatori, fan, shelf, ecc., secondo il template fornito dal GARR nell'Allegato C. La Kit List è strutturata in:
 - Kit List di dettaglio per sede;
 - Kit List delle parti spare;
 - Kit List complessiva della fornitura.
 - **Dettaglio Servizi Client:** contiene, per i circuiti in consistenza di rete, le informazioni richieste nel foglio "Dettaglio Servizi Client" dell'Allegato C del Capitolato Tecnico, tenendo presenti le indicazioni fornite per la compilazione delle celle.
- **Schema topologico Instradamento Servizi Client Lotto 2:** contiene lo schema grafico degli instradamenti topologici dei servizi client.
- **Rack Layout Lotto 2:** contiene gli schemi di progetto sull'equipaggiamento e l'installazione degli apparati trasmissivi per ciascun nodo di rete della soluzione proposta. Negli schemi è indicato il posizionamento indicativo degli shelf all'interno di ciascun rack e, internamente a ciascuno shelf, è indicato il posizionamento (id slot) di ciascuna scheda contrassegnata con il relativo codice identificativo. Sono inoltre rappresentati gli schemi del cablaggio interno al nodo. Per maggiori dettagli su questo aspetto si rimanda anche al documento "Diagrammi a Blocchi Nodi", allegato alle risposte ai quesiti di capitolato. Gli schemi di cablaggio client e dell'alimentazione verranno forniti durante la fase operativa all'interno del Progetto Tecnico Esecutivo, tenendo presenti i dati rilevati durante i sopralluoghi propedeutici alle attività di installazione e i requisiti di dettaglio che verranno forniti dal GARR in corso d'opera.
- **Layout di Tratta Lotto 2:** contiene gli schemi di progetto di ciascuna tratta da sito a sito della soluzione proposta ed includono le caratteristiche di ciascuno span in fibra e il dettaglio della completa catena di amplificazione. I dettagli forniti rispettano quanto richiesto nel capitolato tecnico.
- **Progetto DCN Lotto 2:** contiene le linee guida per la progettazione della DCN ed include i seguenti dettagli della soluzione proposta:
 - Numero di Gateway Network Element (GNE) previsti per la soluzione proposta;

- Massimo numero di NE per ogni GNE;
- Numero massimo di NE all'interno della stessa sottorete di gestione;
- Banda richiesta tra GNE e NMS nella soluzione proposta.
- **Documentazione Componenti della soluzione proposta:** contiene la documentazione funzionale, tecnica e i datasheet completi per ogni componente, scheda ed elemento degli apparati trasmissivi e degli apparati accessori offerti. I documenti forniti sono i seguenti:
 - Infinera-FlexILS-DS-RevA-1019
 - Infinera_Converged_OS_Overview_Guide
 - MTC Mounting Kit
 - R22.1_FlexILS_ROADM_Turn-up_and_Test_Guide
 - R22.1_GNM_Configuration_Management_Guide
 - R22.1_GNM_Fault_Management_and_Diagnostics_Guide
 - R22.1_GNM_Overview_Guide
 - R22.1_GNM_Performance_Management_Guide
 - R22.1_GNM_Security_Management_Guide
 - R22.1_GNM_Service_Provisioning_Guide
 - R22.1_IMS_Overview_Guide
 - R22.1_IQ_NOS_Overview_Guide
 - R22.1_Line_Systems_Hardware_Description_Guide
 - R22.1_Line_Systems_Site_Preparation_and_Hardware_Installation_Guide
 - R22.1_Line_Systems_Task_Oriented_Procedures_Guide
 - R22.1_Optical_Amplifier_Turn_up_and_Test_Guide
 - R22.1_Optical_Line_Amplifier_Turn_up_and_Test_Guide
 - R22.1_Passive_Equipment_Hardware_Description_Guide
 - R22.1_Passive_Equipment_Site_Preparation_and_Hardware_Installation_Guide
 - R23.0_DNA_Circuit_Tracer_Tool_Guide
 - R23.0_DNA_Product_Release_Notes
 - R6.1_Infinera_GX_G40_Hardware_Description_Guide
 - R6.1_Infinera_GX_G40_Overview_Guide
 - R6.1_Infinera_GX_G40_Site_Preparation_and_Hardware_Installation_Guide
 - R6.1_Infinera_GX_G40_Task_Oriented_Procedures_Guide
 - TNMS system_description_and_operation_guidelines
 - 090-0089-001_Rev_A03_Quick_Installation_Guide_FRCU_Chassis
 - GDM_G30FP044_04_0A_Installation_UMN
 - GDM_G30FP044_09_0A_Safety_Instructions
 - GDM_G30FP045_02_0C_Product_Description
 - GDM_G30FP045_07_0B_Web_GUI_User_Guide
 - GDM_G30FP045_11_0A_OLS_Applications
 - GDM_G30FP045_13_0B_Troubleshooting

Per i materiali accessori della fornitura (rack, PDU, cavi MPO), si può fare invece riferimento ai seguenti datasheet:

- PDU AC cod. F3052NS
- PDU DC cod. FD1215-03
- Rack 600x600x2200 cod. 0000070
- Rack 800x800x2200 cod. 3147.8800.1
- TecnoSteel - PDU AC 32A F3067N_DS_ENG
- Optoplast MPO-MTP-cable

Ulteriore documentazione ufficiale dei vendor (manuali, guide, norme di installazione, norme di collaudo, etc.), come illustrato nel seguito, è contenuta in altri allegati di questo documento o di altri che compongono l'Offerta Tecnica.

- **Manuali e Documentazione API/NBI**: contiene i manuali, le guide all'implementazione e la documentazione tecnica di tutte le API/NBI disponibili per la soluzione proposta. I documenti allegati sono i seguenti:
 - GDM_G30FP030_12_0B_OSL
 - GDM_G30FP041_15_0B_OPENCONFIG_YANG
 - GDM_G30FP042_08_0A_RESTCONF
 - GDM_G30FP045_03_0C_CLI_UMN
 - GDM_G30FP045_06_0A_YANG
 - GDM_G30FP045_17_0A_OpenConfig_UMN
 - GDM_G30FP045_18_0A_OpenROADM_UMN
 - R22.1_CLI_User_Guide
 - R22.1_DTN_and_DTN-X_SNMP_Agent_Reference_Guide
 - R22.1_DTN_and_DTN-X_TL1_User_Guide
 - R22.1_Infinera_gRPC_Reference_Guide
 - R22.1_NETCONF_Agent_Reference_Guide
 - R22.1_RESTCONF_Agent_Reference_Guide
 - R6.1_Infinera_GX_G40_CLI_Command_Reference_Guide
 - R6.1_Infinera_GX_G40_CLI_User_Guide
 - R6.1_Infinera_GX_G40_IOA_YANG_Reference_Guide
 - R6.1_Infinera_GX_G40_NETCONF_User_Guide
 - R6.1_Infinera_GX_G40_OpenConfig_User_Guide
 - R6.1_Infinera_GX_G40_RESTCONF_User_Guide
 - R6.1_Infinera_GX_G40_SNMP_Agent_Reference_Guide
 - R6.1_Infinera_GX_G40_TL1_User_Guide
 - R6.1_Infinera_GX_G40_gRPC_Reference_Guide
 - TNMS SNMP NBI - Operation Guide - V19.10.3
 - TRNBI - Interface Specification - V19.10.3
- **Allegato Matrice Diversificazione Flussi**: contiene l'analisi della diversificazione degli instradamenti dei servizi secondo la matrice di traffico e l'analisi della banda fornita ed utilizzata.

Nel seguito del presente documento si riporta una descrizione della soluzione offerta con l'obiettivo di evidenziare le caratteristiche principali della tecnologia proposta e delle scelte tecniche fatte per rispondere ai requisiti del bando di gara. Si rimanda agli altri documenti dell'Offerta Tecnica per gli ulteriori approfondimenti.

Nel capitolo 5 viene riportata una sintesi dei punti richiesti in riferimento al criterio di valutazione EP1, al fine di consentire al GARR di valutare la chiarezza e la completezza della presente proposta tecnica.

1. INTRODUZIONE

1.1 ARCHITETTURA E DISEGNO DI RETE: MILESTONES

Il mercato delle reti di trasporto ottiche è oggi fortemente guidato dall'aumento delle architetture multi-cloud e dai volumi di traffico generato dagli Hyperscale Data Center. Questo modello richiede un cambio architetturale della rete di core ed implicazioni significative nel modo in cui i fornitori dei servizi di rete progettano e forniscono capacità e servizi di trasporto.

Ciò impone requisiti rigorosi sulla rete di trasporto in termini di larghezza di banda, flessibilità, scalabilità, apertura, latenza, connettività, affidabilità e apertura della capacità SDN.

I punti fondamentali che devono caratterizzare una rete di trasporto di prossima generazione sono:

- Disaggregazione, in cui le singole funzioni sono separate in dispositivi discreti, come transponder aperti o sistemi di linea aperti;
- Prestazioni ottiche all'avanguardia;
- Capacità di collegare mediante le stesse piattaforme nodi tra link terrestri e sottomarini
- Trasporto ad alta capacità;
- Bassa latenza;
- Programmabilità

La soluzione Infinera, basata sul sistema di linea Open Flex Line System e sui transponder disaggregati della piattaforma GX, costituisce un punto di riferimento per soddisfare tutti i requisiti descritti sopra, mediante un design modulare e compatto, un'architettura flex grid flessibile ed aperta, elevata scalabilità e semplicità oltre alla possibilità di interconnettere nodi collegati mediante link terrestri e sottomarini.

Inoltre, un ricco set di interfacce open API standard di ultima generazione, disponibili sia direttamente sugli apparati che sul sistema di gestione unico TNMS e sul Controller di Trasporto SDN, garantiscono un'elevata programmabilità e un'integrazione "agile".

Gli elementi caratterizzanti della soluzione Infinera sono sintetizzati nei seguenti paragrafi.

1.2 FLEX ILS OPEN OPTICAL LINE SYSTEM

La soluzione di rete ottica Infinera è basata sui seguenti prodotti:

- Infinera FlexILS Line System: Sistema di Linea ottica basato su un'architettura ROADM CDC e amplificazione ottica ottimizzati per il trasporto di segnali coerenti;
- Infinera GX Series: piattaforma disaggregata per l'equipaggiamento di transponder ad alta capacità;
- Licenze SW per poter gestire i nodi oggetto di questa fornitura sotto il sistema di gestione TNMS e SDN Controller che attualmente gestisce la rete GARR-T.

La soluzione di rete ottica Infinera utilizza il sistema di linea Flex Open Line System. Questa tecnologia è basata su moduli ROADM, amplificatori di linea ottimizzati per il trasporto di segnali coerenti nella griglia flessibile ITU-T G.694.1 (banda C estesa 4.8THz). Infatti, i moduli FRM-20X-EC, IAM-2 ed IRM non prevedono stadi intermedi per l'installazione di moduli di compensazione cromatica, tipici dei sistemi non coerenti. Inoltre, i moduli del line system contengono funzionalità di monitoraggio dei canali (Optical Channel Monitoring), meccanismi di equalizzazione, controllo del guadagno e dello spettro ottimizzati per

lunghezze d'onda di qualsiasi modulazione, bit rate e baud rate tipici dei segnali coerenti, sia nativi che Alien.

Il sistema di linea Infinera supporta inoltre configurazioni C, CD, CDC flessibili per cui è possibile passare da una configurazione all'altra mediante aggiunta dei moduli necessari e supportare configurazioni miste.

Infinera Flexible Grid Open Line System

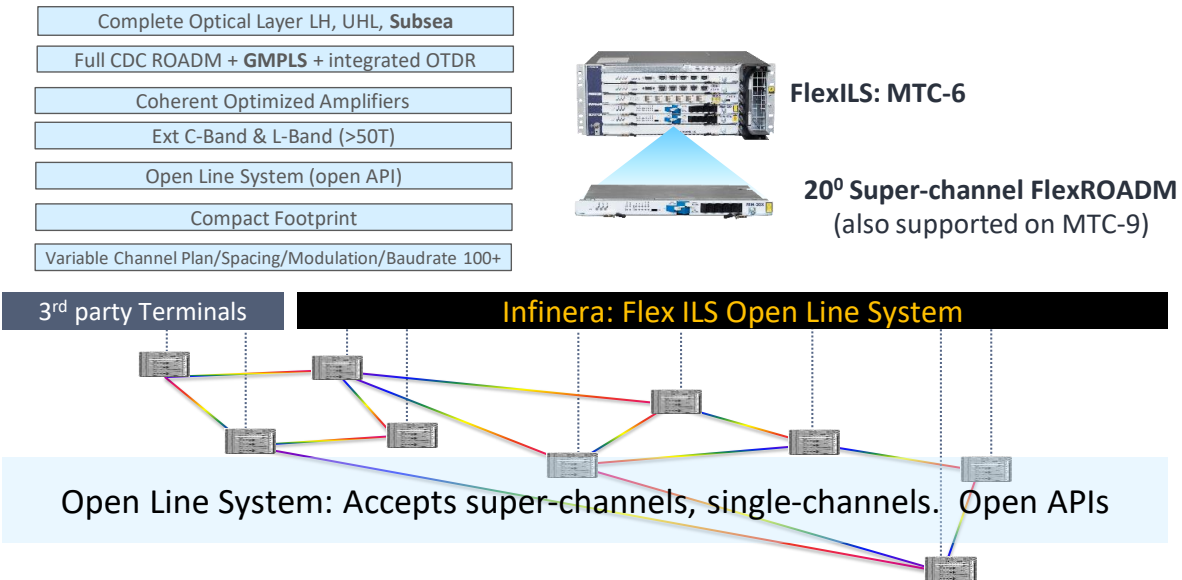


Figura 1 – Infinera Flexible Grid Open Line System

Il Flex ILS supporta inoltre la funzione OTDR integrata che consente il monitoraggio delle fibre di linea senza interruzione di traffico, per una più approfondita analisi dei guasti e problemi di fibra, velocizzando l'individuazione del guasto e riducendo di conseguenza i tempi necessari al ripristino del servizio.

Infine, il sistema di linea Flex ILS supporta già oggi i moduli per l'espansione L-Band aumentando lo spettro flessibile di ulteriori 4.8THz (totale C+L 9.6THz).

La soluzione "Infinite Network" di Infinera è basata sulla piattaforma fotonica Flex Open Line System. In particolare, la soluzione Infinera "Infinite Network" proposta per la presente offerta è costituita dai Flex Open Line System (ILS) Rel.22.1 per la trasmissione e amplificazione di segnali coerenti nella griglia di frequenze Flex Grid ITU-T G.694.1, equipaggiati con:

- ROADM 20 porte
- supporto Band C-Estesa 4.8THz (384 slice da 12.5GHz)
- Amplificatori Coerenti EDFA e ibridi EDFA/Raman
- Architettura ROADM flessibile Colorless "C", Colorless-Directionless "CD" e Colorless-Directionless-Contentionless "CDC"
- Modulo OTDR integrato per il monitoraggio delle fibre
- Chassis fotonico MTC-6 nei nodi ROADM e MTC-9 nei nodi ILA
- Supporto trasmissione di canali tra link terrestri e sottomarini senza necessità di rigenerazione 3R
- Open API

1.3 ELEMENTI DI RICE/TRASMISSIONE (DCI/TRANSPONDER)

La serie GX di Infinera è una soluzione di trasporto disaggregata, aperta, modulare, scalabile ed innovativa per reti cloud e data center. Costruita appositamente per le applicazioni di interconnettività, la piattaforma GX si basa su una architettura modulare e compatta basata su sled offrendo un'elevata flessibilità e densità di porte in un ingombro ridotto e basso consumo energetico.

La piattaforma GX offre inoltre una varietà di Xponder per il trasporto di servizi di connettività cloud WAN (Wide Area Network) a 10G, 40G, 100G e 400G e la possibilità di integrare elementi di linea per la realizzazione di collegamenti punto punto a bassa capacità e costi ridotti.

La serie GX è costituita da due tipologie di chassis, denominati G30 (1 RU) e G42 (3 RU). Il G30 consente di equipaggiare Xponder fino a 4.8Tb/s di capacità di throughput in una singola RU. La piattaforma Groove G30 supporta interfacce DWDM configurabili, grazie alla tecnologia CloudwaveT, con baud rate da 28 fino a 69Gbaud, modulazioni complesse come QPSK, 8QAM 16QAM, SPQQAM, bit rate da 100Gb/s fino a 600Gb/s in tutto lo spettro flessibile della griglia ITU-T G.694.1, con granularità 100MHz.

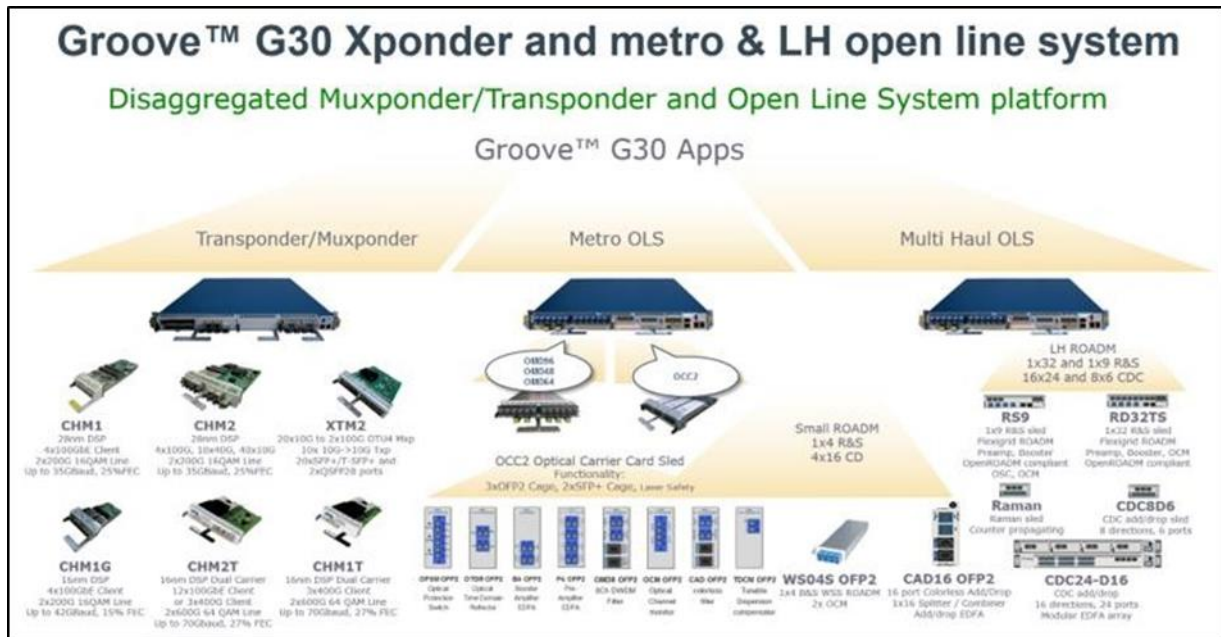


Figura 2 – Groove DCI Platform

Wide range of applications

- Data Center Interconnect
- Disaggregated Transponder for Metro and LH
- CNP, ICP, IXP, Telco

Customizable

- Pluggable concept – true pay as you grow
- Pluggable sleds, transceivers
- Pluggable optical layer

Scalable

- Flexigrd, Flexirate
- High density, Most Modular
- 100G to 600G wavelengths

Programmable

- Automatic optical link control
- Flexirate Interfaces 100G to 600G
- Encryption
- 10G, 40G, 100G and 400G services
- Ethernet, OTN and FiberChannel Support

Efficient

- Power consumption optimized
- Density of 9.6Terabit per rack unit (RU)

Open

- REST YANG based interface
- Open Line System support

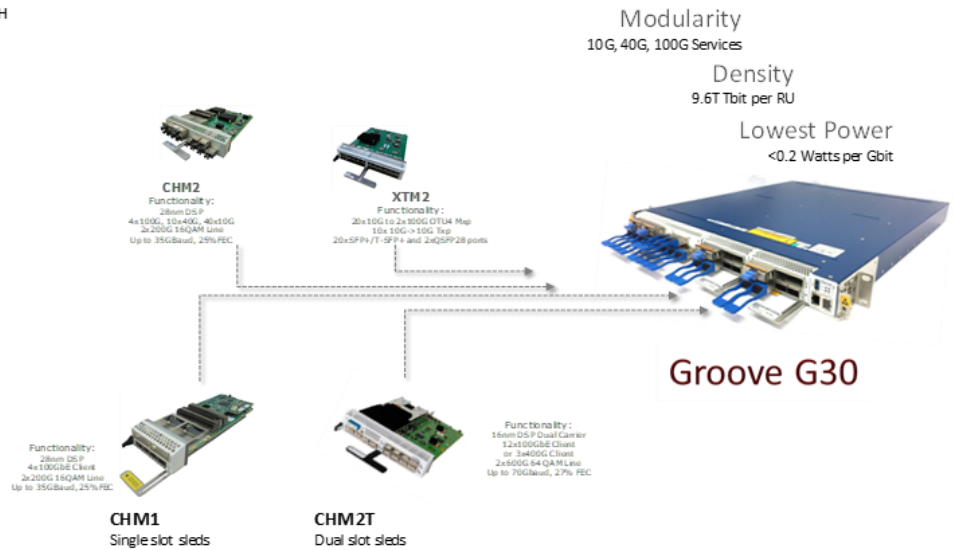


Figura 3 – Caratteristiche e moduli del Groove G30

Il G42 consente di equipaggiare Xponder fino a 12.8Tb/s di capacità di throughput in tre RU. La piattaforma Groove G42 supporta interfacce DWDM configurabili basate sull'ultima generazione di ASIC/DSP tecnologia 7nm CMOS, circuito fotonico integrato (PIC) al fosforo di indio (InP), modulazioni che utilizzano Probabilistic Constellation Shaping (PCS), baud rate da 31 fino a 96Gbaud, bit rate da 100Gb/s fino a 800Gb/s in tutto lo spettro flessibile della griglia ITU-T G.694.1, con granularità 0.05GHz.

Line Side

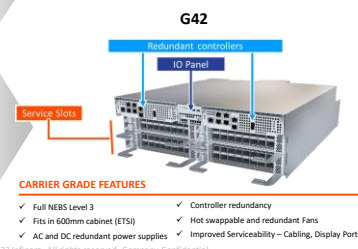
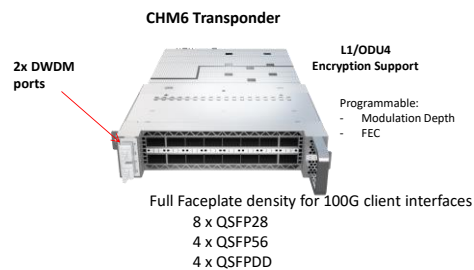
- Integrated PIC based 1.6T DCO
- Capacity: 2x800G – 800G per lambda
- Configurable Line Side Interface:
 - Full flexibility from 100G-800G 64QAM, 32QAM, 16QAM, 8QAM, QPSK
 - Probabilistic Constellation Shaping (PCS) for best performance
 - Aggressive Polarization Tracking (SOP)
 - OPSM based Line Protection
 - L1 Encryption (AES-256 GCM based)

Client Side

- 100GE, 400GE, OTU4
- QSFPDD pluggables supports (up to 4x)
- QSFP28 client pluggables support (up to 16x)
- Y-Cable Client Protection, SNCP (RS.x)

Management Interfaces

- Netconf, CLI, TL1, Telemetry
- Restconf, OpenConfig
- FIPS Compliance



Specs	
Footprint	600 mm
Depth	450 mm
Chassis	450 mm
Controller	Dual (front)
Interface Slot	4 Double Wide
PSU Slots	4 (rear)
Input Voltage	DC: -48V to -60V AC: 100V to 240V
PSU Power	2200W (DC or AC HL), 1100W (AC LL)

Figura 4 – Caratteristiche e moduli del Groove G42

1.4 ELEMENTI DI CONTROLLO, GESTIONE E MONITORAGGIO

La soluzione di rete Infinera si basa su un unico sistema di gestione e controllo denominato TNMS per la gestione e controllo della piattaforma del sistema di linea Flex ILS e della piattaforma dei transponder disaggregati G30 e G42.

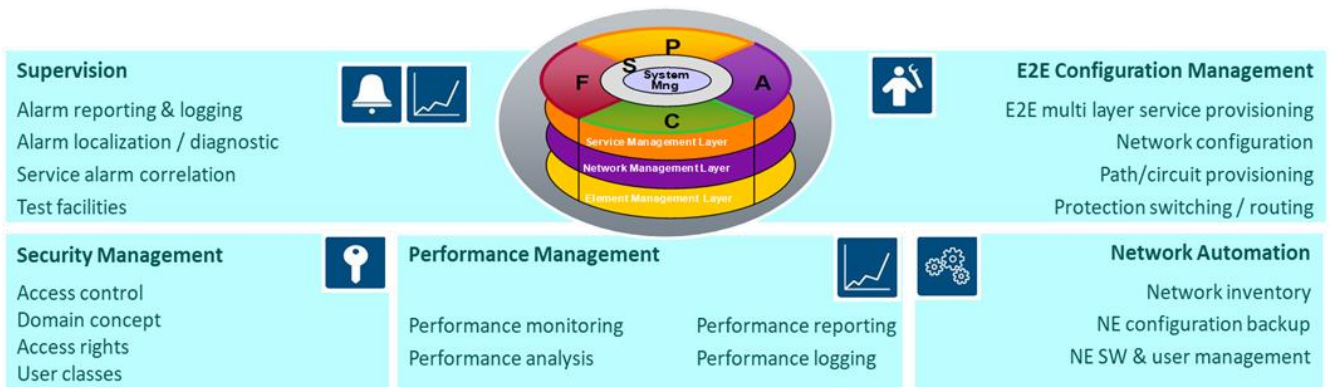


Figura 5 – TNMS FCAPS

Il sistema di gestione TNMS è equipaggiato con tutte le funzioni (FCAPS, inventory, performance monitoring, Troubleshooting, fault management, etc), necessarie al controllo degli apparati della rete GARR sia esistenti sia di nuova fornitura oggetto nel presente bando gara.

1.5 API E SDN

La soluzione Infinera prevede una ricca gamma di interfacce API direttamente sugli apparati Flex ILS e GX, sul sistema di gestione TNMS e tramite la piattaforma Transcend Transport Controller (SDN Controller). Questa flessibilità di opzioni consente al GARR di decidere quale ambiente SDN implementare in funzione delle esigenze di programmabilità.

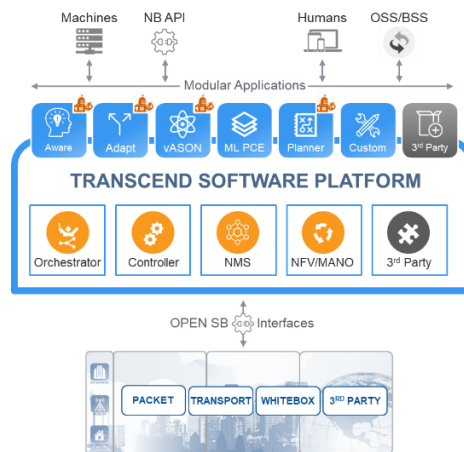


Figura 6 – Infinera Transcend Controller Solution Architecture

Gli apparati Flex ILs e GX offrono interfacce API come Netconf, gRPC, RestConf, TL1; il controller offre interfacce OIF REST APIs, ONF T-API 2.0.1 RESTCONF API, come descritto nella seguente figura.

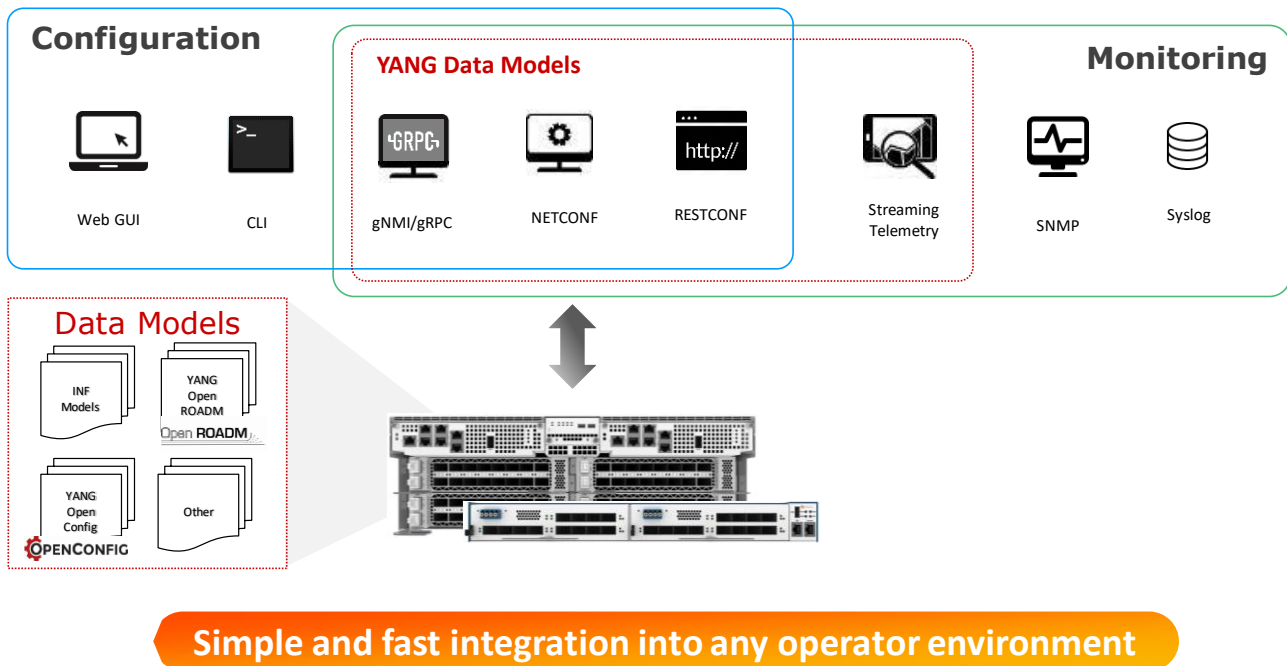


Figura 7 – Interfacce API piattaforma Infinera

Infinera "Transcend Controller" è una soluzione completa che risponde alle esigenze di controllo in reti multi-dominio, ambiente multi-vendor e multi-tecnologia. Costituisce uno strumento per gli operatori di rete per ottimizzare la connettività su tutti i livelli di rete e introdurre servizi basati sulle applicazioni, riducendo drasticamente i costi operativi e la complessità mediante un controllo flessibile ed efficiente della rete e della gestione dei servizi.

La soluzione di rete proposta da Infinera, ad esempio, tramite "SDN Transport Controller" centralizzato è in grado di fornire funzionalità programmabili e dinamiche, come ad esempio bandwidth on demand, network virtualization e slicing, self-provisioning.

La soluzione Infinera consentirà il passaggio a un livello di applicazioni "astratte", come parte di una rete aperta altamente programmabile. Questo permette:

- Maggiore programmabilità ed economicità della rete, grazie all'astrazione del livello di applicazione e controllo tramite interfacce aperte.
- Un ecosistema che stimolerà funzionalità e servizi innovativi, senza essere vincolato da una particolare architettura del fornitore.
- Miglioramento complessivo dell'efficienza della rete.
- Opportunità per nuovi servizi di rete a valore aggiunto con nuove opportunità di business.

2. INFINERA – PUNTI DI FORZA

Infinera (NASDAQ: INFN), con sede nella Silicon Valley, è un vendor globale di soluzioni di rete innovative che consentono ai fornitori di servizi di rete e contenuti, agli operatori cloud, alle pubbliche amministrazioni, alle organizzazioni delle reti di ricerca (ad es. GEANT) ed imprese di costruire reti altamente scalabili in larghezza di banda, di automatizzare l'operatività della rete, di accelerare l'innovazione dei servizi offerti, ed offrire una esperienza affidabile ai propri end-user. Il portafoglio di soluzioni end-to-end di Infinera offre prestazioni e vantaggi economici leader del settore nelle applicazioni a lungo raggio, sottomarine, di interconnessione dei data center e di trasporto in ambito metropolitano

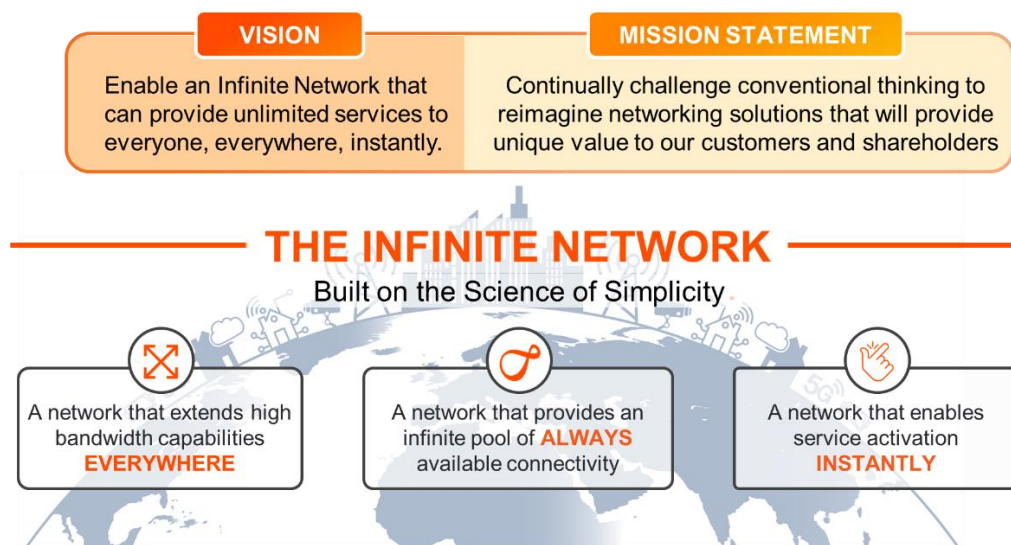


Figura 8 – Vision e Mission di Infinera

Infinera offre una comprovata esperienza in componenti ottici (integrazione verticale), sistemi di comunicazione, software e deployment di rete. È questa miscela di competenze alla base della soluzione “Infinite Network”: una rete costruita sulla scienza della semplicità che è disponibile ovunque, sempre, all'istante.

Inoltre, la soluzione Infinera è costruita sul paradigma “Network Openness and Software Driven Innovation”. Infinera è, infatti, attivamente coinvolta in molti progetti open source, tra cui ONAP, TIP, OIF e Open ROADM, con una forte attenzione verso soluzioni di rete aperte, alla disaggregazione, automazione e ad un approccio software-driven per l'innovazione di reti e servizi.

Infinera è leader di mercato nello sviluppo di sistemi aperti e disaggregati e nel fornire i vantaggi della disaggregazione hardware e software ai propri clienti.

L'innovazione e il focus di Infinera sull'Open Networking si basano sui seguenti pilastri:

- Innovazione di rete ottica aperta e disaggregata. Questo è iniziato nel 2014 con FlexILS Open Line System (OLS) e dal 2015 con le piattaforme DCI disaggregate; nel 2016 è stata lanciata la famiglia Groove che offre alta densità, modularità, apertura a ottiche collegabili di terze parti e basso consumo energetico.
- Questi sistemi appositamente progettati forniscono interfacce basate su standard che semplificano l'integrazione e il funzionamento all'interno degli ambienti IT di cloud e data center. Le interfacce supportate includono: CLI, SNMP, RESTCONF e NETCONF, interfacce aperte con modelli di dati YANG, nonché gRPC di telemetria.
- Andando avanti verso una maggiore apertura delle reti ottiche, Infinera sta attualmente implementando i modelli di dati OpenROADM e OpenConfig su Groove, consentendo una perfetta integrazione nei controller Open SDN come Transcend.

Questa implementazione di OpenConfig e OpenROADM copre i transponder, inclusa l'interoperabilità sul lato linea con FEC, e le applicazioni ROADM OLS.

- Suite software Infinera Transcend SDN: il software Transcend SDN è un elemento chiave per implementare un controllo di rete unificato, integrato in ONAP, Open Daylight o altri ambienti di controllo aperti. Offre un controllo SDN senza soluzione di continuità su più domini di fornitori, livelli di rete e tecnologie che vanno dal livello 0 al livello 3 incluso microonde.
- Transcend si affida anche a interfacce aperte definite da standard di settore e modelli di dati aperti (ad esempio OpenROADM e OpenConfig) che sono fattori chiave per sfruttare appieno l'apertura della rete ottica, semplificando l'introduzione di nuovi fornitori e riducendo drasticamente i costi di integrazione IT / OSS associati.
- Transcend offre anche un set di strumenti semplice ma potente che consente lo sviluppo di nuove applicazioni e servizi, attraverso la programmazione standard (PYTHON). Questa piattaforma consente il funzionamento in stile DevOps e consente di estendere e modificare facilmente le funzionalità del Controller e il supporto di diversi casi d'uso.

2.1 BENEFICI DELLA SOLUZIONE INFINERA

Di seguito sono elencati i punti di forza della soluzione proposta:

Modello di Rete Parzialmente Disaggregato: la soluzione proposta da Infinera offre un modello di rete parzialmente disaggregato che prevede il disaccoppiamento degli elementi fotonici di linea dai Transponder. Il sistema di linea **Flex Open Line System** nasce sin dalla prima release come sistema di linea aperto, in grado di supportare lunghezze d'onda native e aliene senza alcuna limitazione nel tipo di modulazione, bit rate, larghezza d banda, baud rate, frequenza centrale. Questa caratteristica del sistema di linea consentirà al GARR di costruire un'infrastruttura di rete fotonica stabile ed inalterata, in grado di adattarsi per un lungo periodo di tempo a diversi elementi di rice-trasmissione disponibili, oggi ed in futuro, il cui ciclo di vita si è dimezzato rispetto a quello del sistema di linea stesso.

Inoltre, anche i transponder DCI della piattaforma GX nascono come disaggregati e possono quindi funzionare sia sulla rete ottica Infinera sia su qualunque altra rete fotonica grazie alla programmabilità via software delle interfacce di linea.

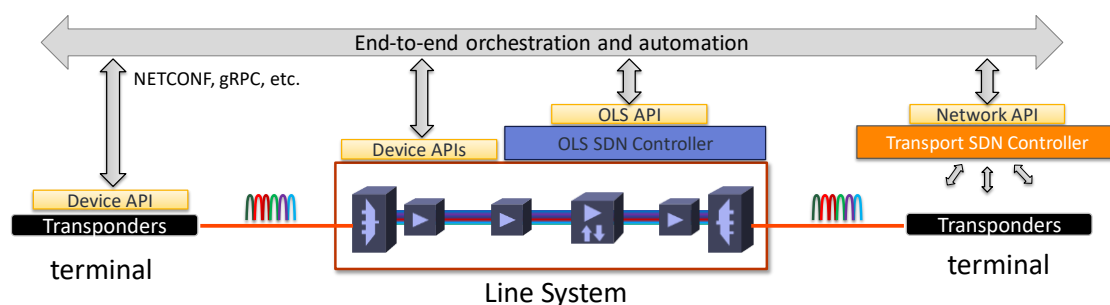


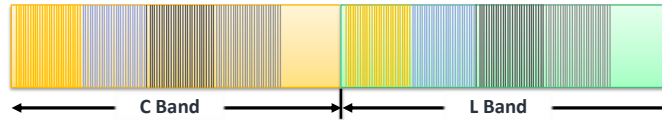
Figura 9 – Modello di rete parzialmente disaggregato

Griglia Flessibile e Alien Wave

Il sistema di linea Infinera Flex ILS supporta la griglia flessibile delle lunghezze d'onda come definito nello standard ITU-T G.694.1 nella banda band C estesa con granularità 12.5Ghz (hardware ready 6.25GHz), inoltre è già disponibile il supporto per la banda L che aggiunge

ulteriori 4.8THz di spettro. Il sistema può supportare lunghezze d'onda native oppure Aliene senza alcuna limitazione tecnologica in tutto lo spettro disponibile.

FlexCoherent®: BPSK, QPSK, ME-PSK, 3QAM, 8QAM, 16QAM, 32QAM, 64QAM, Hybrid



C-Band + L-Band

- Maximum use of EDFA spectrum
- Scalable to 84.8Tb/s per fiber: ICE6 64QAM super-channels

Flexible Grid

- ITU-T G.694.1 flex-grid (12.5GHz)
- More efficient spectrum use
- Tunable for multi-carrier FlexCoherent® modulation
- Future-proof for Terabit

Maximizing *capacity* and *flexibility* of fiber spectrum

Figura 10 – Massimizzazione della capacità e della flessibilità nell'utilizzo dello spettro

Hands-free Line System

Il software GMPLS equipaggiato sul sistema di linea offre un meccanismo automatico di controllo del guadagno degli amplificatori ed equalizzazione delle lunghezze d'onda sia native che aliene, senza alcuna necessità di intervento manuale. Il meccanismo Automatic Gain Control (AGC) monitora e controlla le potenze delle lunghezze d'onda attraverso la comunicazione GMPLS tra gli elementi del nodo ROADM e gli amplificatori di linea, ottimizzando la trasmissione dei segnali coerenti.

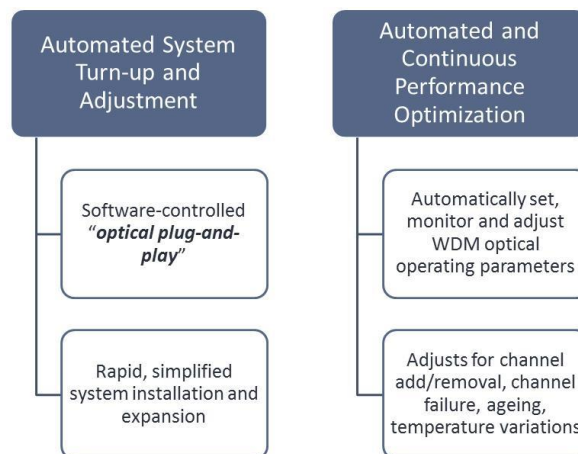


Figura 11 – Automatismo del controllo del guadagno degli amplificatori ed equalizzazione delle lunghezze d'onda

Interfacce API Programmabili

La soluzione Infinera parzialmente disaggregata offre una ricca gamma di interfacce API aperte che forniscono un livello di automazione e programmabilità della rete in ambiente multi-vendor/multi-layer SDN.

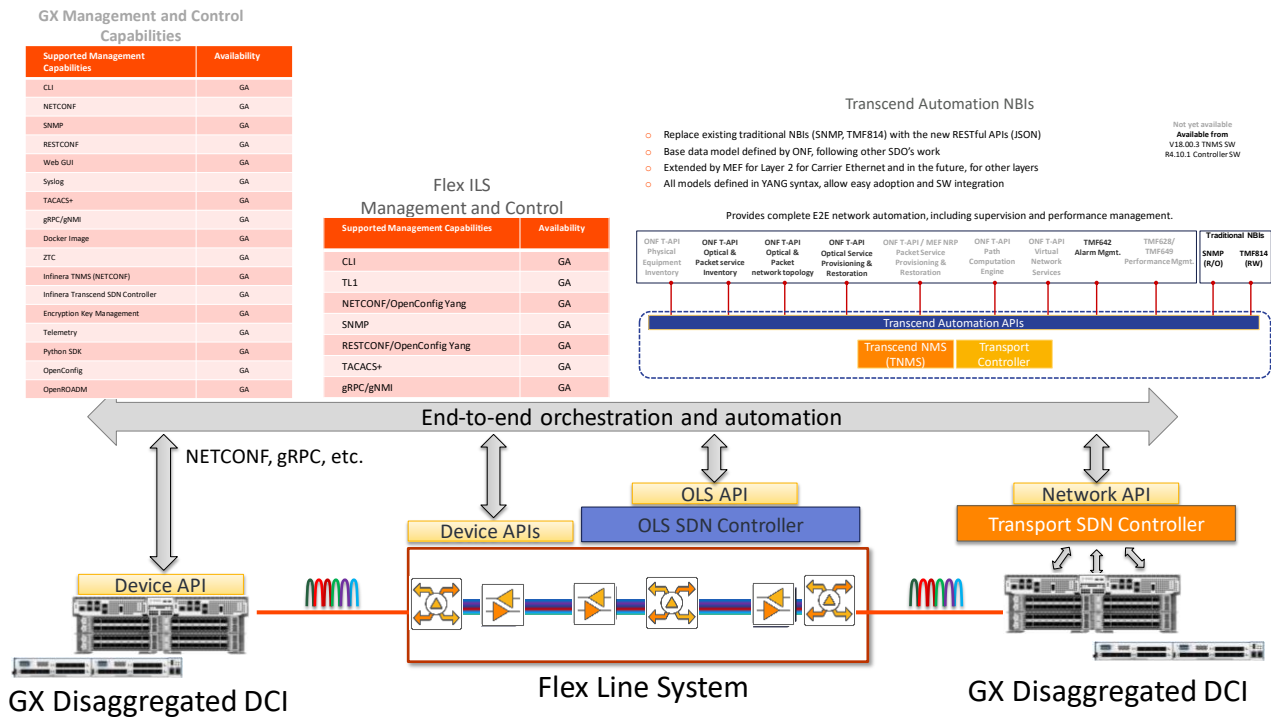


Figura 12 – Automazione e programmabilità della rete

High Capacity Transponders

La soluzione di rete Infinera prevede i transponder DCI della piattaforma GX con interfacce di rete configurabili via software in termini di centratura del segnale, larghezza di canale, bit rate, baud-rate e modulazione. In particolare, i transponder inclusi nella fornitura consentono di scalare da 100Gb/s fino a 200Gb/s (modulo CHM1) oppure da 100Gb/s fino a 600Gb/s (modulo CHM2T) e da 100Gb/s fino a 800Gb/s (CHM6) tramite configurazione software. Inoltre i transponder CHM6 possono essere utilizzati per la realizzazione di canali ottici su link terrestri (CHM6-C6) e sottomarini (CHM6-C14) con questi ultimi caratterizzati da performance ottiche superiori. Questa riconfigurabilità, inclusa senza licenze software o limitazioni, consente di progettare la rete al day1 con il miglior compromesso tra efficienza spettrale e performance e, al contempo, lascia al GARR la flessibilità di modificare la matrice di traffico e l'utilizzo dei transponder in funzione delle proprie esigenze di traffico odierne e future.

Groove G30 solution

Scalable

- Flexigrid, Flexirate
- High density, Most Modular
- 100G to 600G wavelengths

Programmable

- Flexirate Interfaces 100G to 600G
- 100G and 400G services

Modularity
10G, 40G, 100G Services

Density
9,6T Tbit per RU

Lowest Power
<0.2 Watts per Gbit

Groove G30



Functionality:
28nm DSP
4x100GbE Client
2x200G 16QAM Line
Up to 35GBaud, 25%FEC



CHM1
Single slot sleds



CHM2T
Dual slot sleds

Functionality:
16nm DSP Dual Carrier
12x100GbE Client
or 3x400G Client
2x600G 64 QAM Line
Up to 70GBaud, 27% FEC

Figura 13 – Transponder G30

Line Side

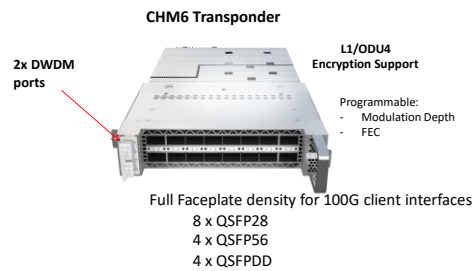
- Integrated PIC based 1.6T DCO
- Capacity: 2x800G – 800G per lambda
- Configurable Line Side Interface:
 - Full flexibility from 100G-800G 64QAM, 32QAM, 16QAM, 8QAM, QPSK
 - Probabilistic Constellation Shaping (PCS) for best performance
 - Aggressive Polarization Tracking (SOP)
 - OPSM based Line Protection
 - L1 Encryption (AES-256 GCM based)

Client Side

- 100GE, 400GE, OTU4
- QSFPDD pluggables supports (up to 4x)
- QSFP28 client pluggables support (up to 16x)
- Y-Cable Client Protection, SNCP (R5.x)

Management Interfaces

- Netconf, CLI, TL1, Telemetry
- Restconf, OpenConfig
- FIPS Compliance

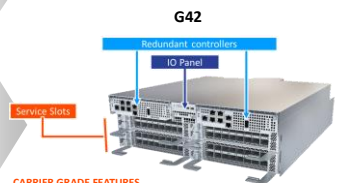


2x DWDM ports

L1/ODU4 Encryption Support

Programmable:
- Modulation Depth
- FEC

Full Faceplate density for 100G client interfaces
8 x QSFP28
4 x QSFP56
4 x QSFPDD



CARRIER GRADE FEATURES

- ✓ Full NEBS Level 3
- ✓ Fits in 600mm cabinet (ETS)
- ✓ AC and DC redundant power supplies
- ✓ Controller redundancy
- ✓ Hot swappable and redundant Fans
- ✓ Improved Serviceability – Cabling, Display Ports

Specs	
Footprint	600 mm
Depth	450 mm
Controller	Dual (front)
Interface Slot	4 Double Wide
PSU Slots	4 (rear)
Input Voltage	DC: -48V to -60V AC: 100V to 240V
PSU Power	2200W (DC or AC HL), 1100W (AC LL)

Figura 14 – Transponder G42

Scalabilità

Sia il sistema di linea Infinera che i transponder del Groove garantiscono una elevata scalabilità, in particolare:

- Numerosità porte add-drop nei nodi ROADM: fino a 20 porte per ciascun modulo WSS, 8 porte per ciascun modulo Mux/demux Colorless e da 8 a 12 per ciascun modulo CDC. Inoltre, il nodo ROADM è facilmente scalabile ad un numero di porte maggiori mediante l'aggiunta di ulteriori moduli senza interruzione del traffico di produzione.
- Tutte le schede Transponder sono fornite con due porte di rete, da equipaggiare tramite CFP2 (CHM1) oppure già integrate (CHM2T e CHM6), in grado di supportare segnali fino alla massima capacità disponibile. Dato che non tutte le porte lato linea

sono utilizzate per soddisfare la matrice di traffico del GARR, su alcuni transponder forniti si potrà supportare capacità addizionale mediante la sola aggiunta delle interfacce client e delle interfacce lato linea sui soli CHM1.

Riduzione degli spazi e consumi

La soluzione proposta da Infinera per i nodi della rete GARR è compatta in quanto lo chassis fotonico ROADM richiede solo 4RU, mentre il G30 consente di terminare fino a 2.4Tb/s di traffico su una singola RU ed il G42 fino a 6.4Tb/s su 3RU.

In riferimento ai consumi, la tecnologia di nuova generazione DSP utilizzata da Infinera e basata su CMOS 16nm, consente una riduzione significativa dei consumi, consentendo di garantire un assorbimento medio di circa 0,15W per Gbps sulla scheda CHM2T, 0.2W per Gbps su CHM6 e 0,45W per Gbps sulla scheda CHM1.

Semplicità

La soluzione di rete Infinera garantisce una elevata semplicità grazie all'utilizzo di un numero minimo di tipologie di schede di linea, in particolare:

- Un solo tipo di modulo ROADM per tutti i nodi;
- Un solo tipo di Amplificatore EDFA;
- Un solo tipo di Amplificatore RAMAN;
- Tre soli tipi di schede Transponder;
- Un solo tipo di Catena Colorless;
- Due soli tipi di catene CDC.

Inoltre, l'utilizzo di shuffle panel e cavi MPO riducono il numero di interconnessioni interne al nodo, aumentando la semplicità delle operazioni e riducendo la possibilità di guasti e/o errori nella realizzazione del nodo stesso.

3. DESCRIZIONE SOLUZIONE TECNICA

La soluzione “Infinite Network” di Infinera è basata sulla piattaforma fotonica Flex Open Line System e sui Muxponder della serie GX Network Disaggregation Platform.

In particolare, la soluzione Infinera “Infinite Network” proposta per la rete GARR-T è costituita dai seguenti elementi, tutti commercialmente disponibili e già utilizzati/installati nelle reti di altri clienti che hanno scelto la soluzione Infinera (ad esempio GEANT):

- **Infinera Flex Open Line System (ILS) Rel.22.1** per la trasmissione/amplificazione di segnali coerenti nella griglia di frequenze Flex Grid ITU-T G.694.1, equipaggiato con:
 - ROADM 20 porte
 - Supporto Band C-Estesa 4.8THz (384 slice da 12.5GHz)
 - Amplificatori Coerenti EDFA e ibridi EDFA/Raman
 - Architettura ROADM flessibile Colorless “C”, Colorless-Directionless “CD” e Colorless-Directionless-Contentionless “CDC”
 - Modulo OTDR integrato per il monitoraggio delle fibre
 - Chassis fotonico MTC-6 nei nodi ROADM e MTC-9 nei nodi ILA
 - Open API

- **Infinera G30 Network Disaggregation Platform FP4.5**, piattaforma Xponder disaggregata compatta e modulare per la trasmissione di segnali coerenti fino a 600Gb/s, equipaggiato con:
 - Chassis Compatto G30 (1RU);
 - Transponder/Muxponder CHM1, 800G/s Throughput per il supporto di interfacce client fino a 4x100GBE e Linea fino a 2 segnali coerenti 200Gb/s configurabili via software;
 - Transponder/Muxponder CHM2T, 4.8Tb/s di Throughput per il supporto di interfacce client da 12x100GE fino a 3x400GBE e linea fino a 2 segnali coerenti 600Gb/s configurabili via software;
 - Open API.

- **Infinera G42 Compact Modular Platform FP6.1**, piattaforma Xponder disaggregata, compatta, modulare, ottimizzata per ambienti DCI per la trasmissione di segnali coerenti fino a 800Gb/s, equipaggiato con:
 - Chassis Compatto G42 (3RU);
 - Transponder/Muxponder CHM6, 12.8Tb/s di Throughput per il supporto di interfacce client 100GE/OTU4/400GBE e Linea fino a 2x800Gb/s
 - Supporto trasmissione lunghezze d'onda tra nodi collegati mediante link terrestri o che attraversano segmenti in fibra sottomarini
 - Supporto esteso interfacce programmabili Open API per sviluppo e integrazione in modalità “agile”.

- Licenze di espansione per accogliere i nuovi nodi di rete sul Sistema di Gestione Infinera TNMS esistente rel.19.10.3: sistema di gestione unico della soluzione, equipaggiato con tutti i tool necessari per Gestione Allarmi, Configurazione, Provisioning, Performance Management e Troubleshooting.
- Licenze di espansione per accogliere i nuovi nodi di rete sul Transcend Transport Controller esistente rel.5.10: controller SDN per l'automazione e l'integrazione multi-vendor, multi-layer.

3.1 INFINERA PIATTAFORMA GX

Infinera GX è una piattaforma di trasporto ultramoderna con un'architettura sled-based compatta, modulare e altamente scalabile che supporta sia sled di sistema di linea ottico che transponder.

La piattaforma GX è caratterizzata da due tipologie di Chassis G30 e G42, come descritto nei seguenti paragrafi.

3.2 INFINERA G30

Infinera G30 Network Disaggregation Platform (NDP) è una soluzione innovativa, modulare, di trasporto aperto per reti cloud e data center in ambito metro, lunga distanza e sottomarino. Costruito appositamente per le applicazioni DCI, il Groove disaggregato offre densità, flessibilità e basso consumo energetico; infatti come soluzione muxponder, offre fino a 4.8Tb/s di throughput di capacità in una singola RU. La piattaforma Groove abilita i servizi di connettività cloud WAN (Wide Area Network), inclusi i servizi client 10G, 40G, 100G e 400G. Il Groove oggi supporta la quinta generazione della tecnologia coerente denominata Infinera CloudWave™ T, che utilizza un DSP basato su CMOS 16nm e supporta interfacce di linea programmabili da 100Gb/s fino a 600Gb/s, con modulazioni diverse, baud rate variabili da 28Gbaud fino a 69Gbaud. Questa soluzione consente di ridurre spazi e consumi ed al tempo stesso ottimizzare le prestazioni e l'efficienza spettrale fino a 8,7b/s/Hz.

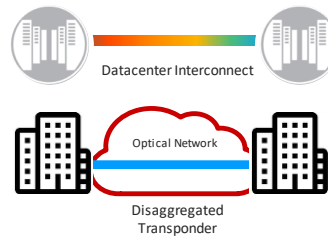
Il G30 inoltre fornisce interfacce di gestione e controllo basate su standard che semplificano l'integrazione e il funzionamento all'interno di ambienti cloud e data center, incluso il supporto di interfacce Northbound (NBI) e API aperte.

Groove utilizza la modellazione dei dati YANG per gli oggetti gestiti. Il modello YANG costituisce la base per supportare più interfacce di gestione per Groove. Le interfacce di gestione supportate includono CLI, Web GUI, NETCONF, API RESTCONF / REST, SNMP e telemetria.

Inoltre lo chassis G30 può essere utilizzato per installare moduli line system per la realizzazione di collegamenti punto punto, tipo nodi GARR H4

Groove G30 – World’s Most Efficient Networking Solution

Industry’s Lowest TCO Connectivity Solution



KEY NETWORK APPLICATIONS

- 1 Data Center Interconnect
- 2 Disaggregated Transponder – Over any existing line system
- 3 Metro, Regional, LH Open Line System

KEY DIFFERENTIATING FEATURES

- Highest Density, Lowest Power, Most Modular
- Lowest First Cost
- Single Chassis support transponder & line system
- Most Flexible – sled design & POL integration
- Simplified integration with Open Networking from ground up
- Best optical performance w/ CloudwaveT

Figura 15 – Caratteristiche Groove G30

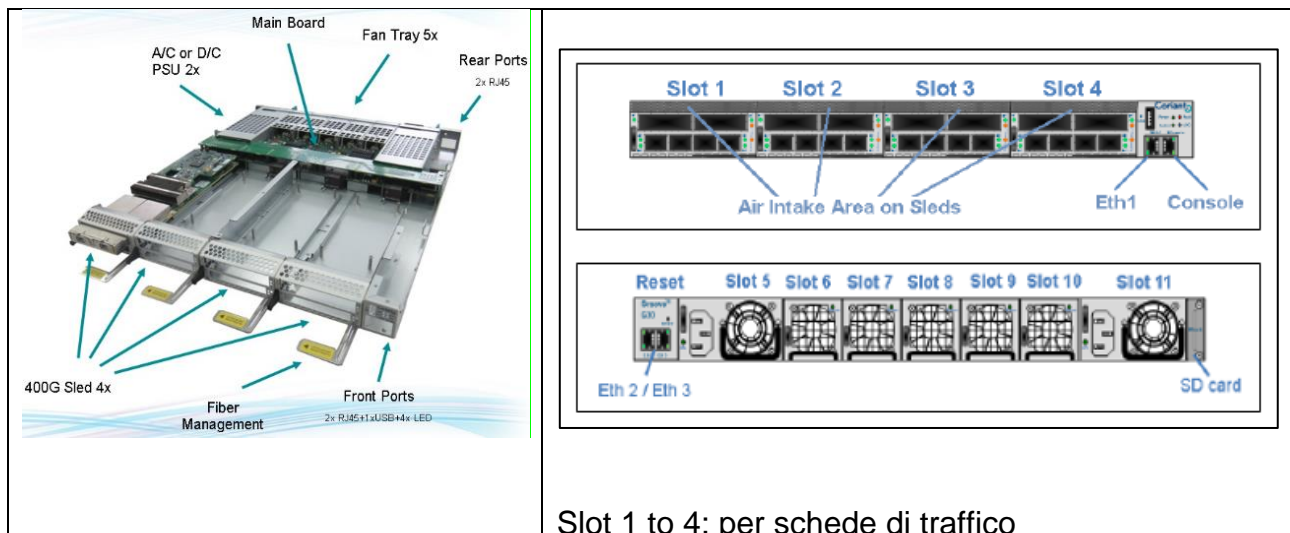
Gli elementi principali che costituiscono il Groove sono riportati nei paragrafi successivi.

3.2.1 Chassis G30

Il Groove è costituito da uno chassis compatto di 1RU basato su un’architettura modulare a “sled”. Il G30 (440mm x 44mm x 510mm WxHxD) è costituito nella parte frontale da 4 slot universali denominati Slot-1, Slot-2, Slot-3, Slot-4. Tutti gli slot possono supportare qualunque scheda della famiglia Groove che occupa un singolo slot, mentre gli slot 1 e 3 possono alloggiare schede doppio slot.

Nella parte frontale è incluso lo slot per il controllore, estraibile a caldo.

Nella parte posteriore sono presenti due moduli di alimentazione che possono essere sia AC che DC in configurazione 1:1, inoltre sono presenti cinque moduli FAN in configurazione 4:1.



Slot 1 to 4: per schede di traffico

	Slot 6 to 10: slot per moduli ventole. Slot 5 to 11: slot per moduli power Slot 12: slot per modulo Controllore
--	---


Figura 16 – Vista posteriore e anteriore Groove G30

3.2.2 Schede di Traffico

La piattaforma Groove supporta una vasta gamma di interfacce client per il supporto di servizi 10G, 40G, 100G e 400G mediante transponder/muxponder con interfacce di linea configurabili da 100Gb/s fino a 600Gb/s.


Disaggregated Transponder - Groove™ G30

Highly compact high-speed solution for efficient data center connectivity




1RU
4 Pluggable Slots
 Pay-As-You-Grow Power-As-You-Grow
 Configure-As-You-Grow

Dual Slot Sled
10x10G/40G/100G + 2x 200G WDM



10xQSFP28 100G client
2xCFP2-ACO 200G network

Single Slot Sled
4x100G + 2x 200G WDM



CHM1G
 .25W per Gbs
 (4T per KW)
 4xQSFP28 100G client
 2xCFP2-ACO 200G network

- 1 RU Chassis
- 4 Pluggable Slots
- 10G, 40G, 100G Clients
- Network/Line Interface: CFP2-ACO pluggable
- Client Interfaces: QSFP+/QSFP28 pluggable
- Wire speed encryption for 10G and 100G
- Power: AC and DC option
- Compliance: GR-3160, UL and CE

Fiber Capacity	Service Density	Power Utilization
38.4Tbps	9.6T per RU	.16W per Gbs
ULTRA-HIGH SPECTRAL DENSITY	GREATEST DENSITY	LOWEST POWER
Unique Modular Design		

Figura 17 – Groove™ G30 Disaggregated Transponder

Di seguito sono riportate le caratteristiche delle schede di traffico utilizzate nel progetto di rete GARR.

3.2.2.1 Modulo CHM1: 4x100G Universal Coherent Transport Module

CHM1 è una scheda transponder che può trasportare un massimo di 400G di traffico client. È un modulo di trasporto coerente universale che può supportare fino a 4 interfacce client 100GE/OTU4 e due porte di linea pluggable CFP2-ACO con velocità di linea configurabili 100Gb/s QPSK, 150Gb/s 8QAM e 200Gb/s 16QAM 34Gbaud. È una scheda che occupa un singolo slot dello chassis G30 per cui è possibile alloggiare fino a quattro moduli CHM1 sullo chassis G30.

• CHM1 Sled – 400G Line Side Capacity

- Hot-pluggable CFP2 transceivers
 - 2 x CFP2-ACO
 - Multiple sources
- Capacity: 2xCFP2-ACO – 200G per lambda
- 400Gb/s total line capacity per sled
- Configurable Line Side Interface:
 - 16QAM 200G
 - 8QAM 150G
 - QPSK 100G
- Client Services
 - 100GbE, OTU4
- QSFP28 support (up to 4x):
 - SR4 (100m) for 100GE
 - PSM4 (500m) for 100GE
 - LR4 (10km) dual rate for 100GE and OTU4
 - CWDM4 (2km)
 - Active Optical Cable (AOC)

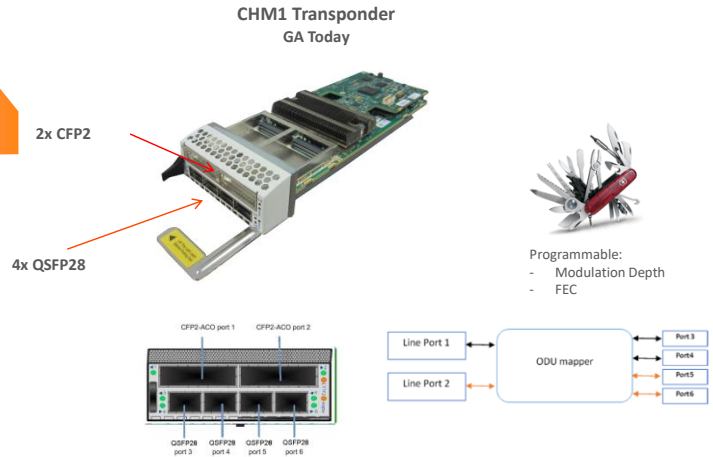


Figura 18 – Caratteristiche modulo CHM1

La scheda CHM1 consente di trasmettere due servizi 100GE/OTU4 su due lunghezze d’onda 100Gb/s QPSK, tre servizi 100GE/OTU4 multiplati su due lunghezze d’onda 150Gb/s 8QAM, quattro servizi 100GE/OTU4 multiplati su due lunghezze d’onda 200Gb/s 16QAM.

Le interfacce di linea sono pluggable mediante moduli CFP2-ACO.

Le tabelle seguenti riportano alcuni dati sulle performance delle schede lato linea.

Groove™ G30 Typical Reach Table – SMF28 ULL

Groove Modules	Data Rate Gb/s	Modulation Format	Baud Rate Gbaud	Reach Km
CHMx+CFP2-ACO	100	QPSK	34	3600
CHMx+CFP2-ACO	150	8QAM	34	2000
CHMx+CFP2-ACO	200	16QAM	34	1200

Groove™ G30 Typical Reach Table – ELEAF

Groove Modules	Data Rate Gb/s	Modulation Format	Baud Rate Gbaud	Reach Km
CHMx+CFP2-ACO	100	QPSK	34	2400
CHMx+CFP2-ACO	150	8QAM	34	1200
CHMx+CFP2-ACO	200	16QAM	34	800

Tabella 1 – Performance scheda CHM1

3.2.2.2 Modulo CHM2T 12x100G (QSFP28) & 3x400GE muxponder (QSFP-DD)

La scheda CHM2T utilizza la tecnologia ottica di nuova generazione CloudWave T descritta precedentemente. Occupa due slot dello chassis G30 e supporta 12 interfacce client 100GE/OTU4 (QSFP28) oppure 3 interfacce 400GE (QSFP-DD), oppure un mix delle precedenti multiplate su segnali di linea configurabili da 100Gb/s fino a 600Gb/s.

Le interfacce ottiche di linea sono integrate nella scheda per cui, indipendentemente da quanto utilizzato per ragioni di traffico, entrambe le interfacce di linea sono utilizzabili e configurabili senza alcuna limitazione.

Le interfacce di linea sono caratterizzate da:

- lunghezze d'onda con bit rate variabili da 100Gb/s fino a 600Gb/s
- baud rate variabili da 28Gbaud a 69Gbaud
- modulazioni configurabili QPSK, 8QAM, 16QAM, SPQAM, 32QAM, 64QAM, con le seguenti caratteristiche:
 - BICHM – bit-interleaved coded hybrid modulation (es., 400G 16QAM/32QAM 27FEC): anche conosciuta come Fractional QAM, questo tipo di modulazione usa 2 ordini di QAM adiacenti (es., 4 e 5) utilizzandoli in sequenza alternata;
 - SP-QAM (set-partitioning QAM, es. E200G SP-16QAM 15FEC): questo tipo di modulazione utilizza un sotto insieme (partitioned set) del formato QAM16 e ne trasmette soltanto i punti di costellazione pari o dispari. Nel caso del QAM16, l'ordine di costellazione è 4 ma le prestazioni della QAM è equivalente a 3 (ovvero QAM8);
 - 3D shaping: permette la gestione dettagliata di ogni punto della costellazione su griglia non-simmetrica con probabilità di trasmissione difforme;
 - Combinazione di BICHM, SP-QAM e 3D shaping (es. 200G SP-16QAM/16QAM 27FEC): modulazione che utilizza i metodi sopra descritti contemporaneamente.
- Frequenza centrale e spaziatura configurabile:
- FEC configurabile 15% e 27%.

CHM2T 1.2T Muxponder

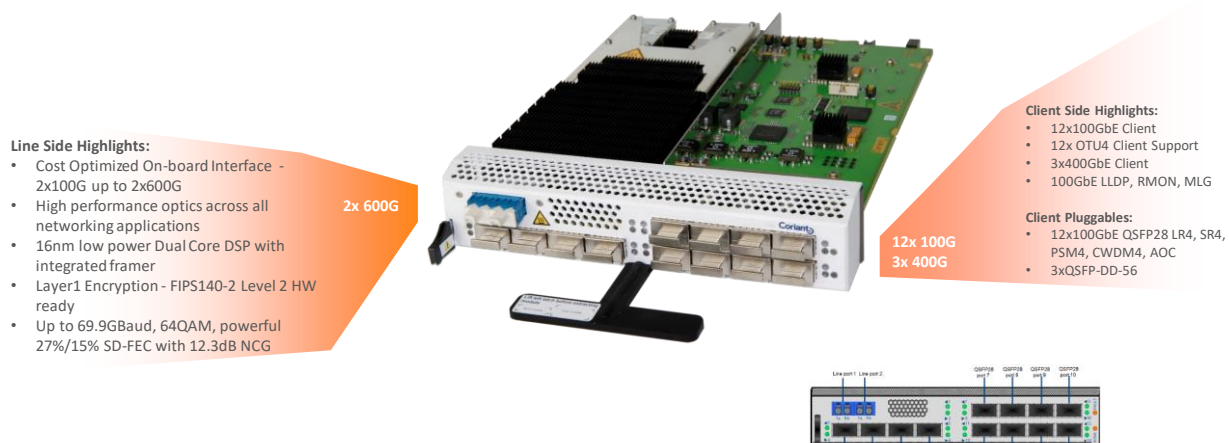


Figura 19 – Caratteristiche modulo CHM2T

Le seguenti tabelle riportano le caratteristiche delle interfacce di linea.

CHM2T Line Modes

Bit Rate	>30Gbaud 50GHz spacing	>40Gbaud 50GHz spacing	>50Gbaud 75GHz spacing	>60Gbaud 75GHz spacing for 15%FEC 100GHz spacing for 27%FEC
100G	100G QPSK 27FEC			100G SP-QPSK 27FEC
150G	150G SP-16QAM 27FEC	150G QPSK/SP-16QAM 27FEC		
200G	200G SP-16QAM/16QAM 27FEC 200G 16QAM 27FEC	200G SP-16QAM 15FEC	200G QPSK/SP-16QAM 27FEC	200G QPSK 27FEC 200G QPSK 15FEC
250G	250G 16QAM/32QAM 27FEC	250G 16QAM 27FEC	250G SP-16QAM 27FEC	250G QPSK/SP-16QAM 27FEC
300G	300G 32QAM/64QAM 27FEC	300G 32QAM 27FEC	300G SP-16QAM/16QAM 27FEC	300G SP-16QAM 27FEC
350G		350G 32QAM/64QAM 15FEC	350G 16QAM 27FEC	350G SP-16QAM/16QAM 27FEC
400G		400G 64QAM 15FEC	400G 16QAM/32QAM 27FEC	400G 16QAM 27FEC 400G 16QAM15FEC
450G			450G 32QAM 27FEC	450G 16QAM/32QAM 27FEC
500G			500G 32QAM/64QAM 27FEC	500G 32QAM 27FEC
550G				550G 32QAM/64QAM 27FEC
600G				600G 64QAM 27FEC 600G 64QAM 15FEC 600G 32QAM/64QAM 15%

18

Tabella 2 – Performance scheda CHM2T

CHM2T Line Modes @ 75GHz/100GHz Grid

CHM2T Operation Mode		Symbol Rate [GBaud]		Rx power sensitivity [dB]	Impairments Tolerance					Reference Reach [km]	
Bit Rate [Gb/s]	Modulation Format	15% FEC	27% FEC		CD [s/m]	DGD max [ps]	SOPMD [ps ²]	SOP Tracking [rad/ms]	PDL [dB]	15% FEC	27% FEC
100	SP-QPSK	63.1	69.4	-25	> 360	75	1200	> 800	6	5900	6900
200	QPSK	63.1	69.4	-22	> 300	75	1200	> 800	6	3600	4200
250	QPSK/SP-16QAM	63.1	69.4	-19	> 240	75	1200	> 500	6	2600	3000
300	SP-16QAM	63.1	69.4	-17	> 180	75	1200	> 500	6	1900	2200
350	SP-16QAM/16QAM	63.1	69.4	-15	> 120	75	1200	> 250	6	1400	1650
400	16QAM	63.1	69.4	-14	> 80	75	1200	> 250	6	900	1100
450	16QAM/32QAM	63.1	69.4	-12	> 60	75	1200	> 250	6	600	700
500	32QAM	63.1	69.4	-10	> 30	75	1200	> 200	6	390	450
550	32QAM/64QAM	63.1	69.4	-6	> 20	75	1200	> 200	6	200	250
600	64QAM	63.1	69.4	-4	> 15	75	1200	> 200	6	120	150

Tabella 3 – CHM2T Line Modes a 75GHz/100GHz Grid

CHM2T Line Modes @ 50GHz Grid

Bit Rate [Gb/s]	Modulation Format	FEC OH [%]	Symbol Rate [GBaud]	Rx power [dB]	CD [s/m]	DGD max [ps]	SOPMD [ps ²]	SOP Tracking [rad/ms]	PDL [dB]	Ref. Reach [km]
100	QPSK	27	34.7	-24	> 360	150	5200	> 800	6	4900
150	SP-16QAM	27	34.7	-21	> 360	150	5200	> 500	6	2800
200	16QAM	27	34.7	-18	> 300	150	5200	> 250	6	1400
200	SP-16QAM/16QAM	27	39.7	-19	> 300	130	4000	> 250	6	1600
250	16QAM/32QAM	27	38.6	-15	> 240	130	4000	> 250	6	750
300	32QAM	27	41.7	-12	> 180	120	3600	> 200	6	550
350	32QAM/64QAM	15	40.1	-9	> 120	120	3600	> 200	6	250
400	64QAM	15	42	-7	> 80	120	3600	> 200	6	120

Tabella 4 – CHM2T Line Modes a 50GHz Grid

Le tabelle precedenti mostrano che, in funzione del baud-rate selezionato, l'utilizzo dello spettro cambia da 50GHz a 75GHz a 100GHz per i formati di modulazione >60GBaud. L'utilizzo dello spettro è funzione del mix di modulazioni adottate; ad esempio, se si seleziona un formato di modulazione che alterna 2 e 3 bits/sym al 50% per ciclo, si crea un formato da 2.5bits/sym.

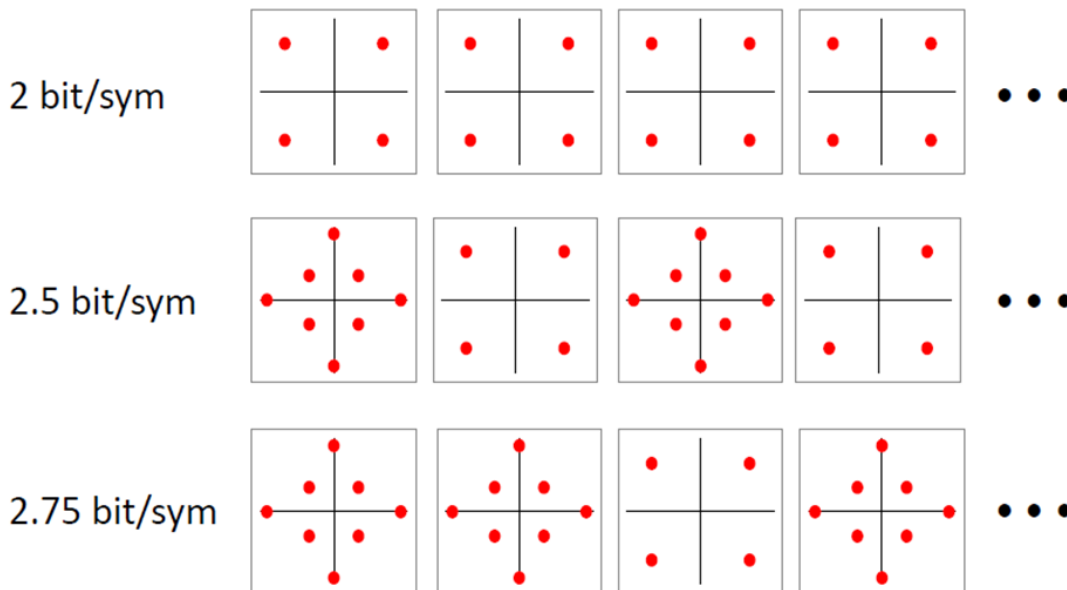


Figura 20 – Formati di modulazione

Allo stesso modo, alternando 2 e 3 bits/sym al 75% per ciclo, si crea un formato da 2.75bits/sym. In questo modo, è possibile ottimizzare il baud rate in funzione del bit rate e, in ultima istanza, permette migliori prestazioni di OSNR per quella determinata distanza/bit rate.

L'efficienza spettrale è quindi funzione del mix di modulazioni scelte e varia tra 2-6 bits/sym. E' possibile configurare tutte le lunghezze d'onda con diversa spaziatura in funzione delle necessità di Link Engineering. Pertanto, sfruttando la caratteristica di configurabilità software di bit rate, modulazione, FEC, baud rate è possibile scegliere il formato migliore in funzione delle performance richieste dal design di rete.

3.2.2.3 Ulteriori schede Xponder supportate

Oltre alle schede precedenti, utilizzate nella soluzione proposta al GARR, si riporta di seguito una lista di schede ulteriori disponibili nella piattaforma Groove, di potenziale interesse:

- **CHM2** – è una scheda muxponder universale che supporta 10 interfacce QSFP+ e 4 interfacce QSFP28 con un mix di servizi 10GE/OC192/STM64/FC/40G/100G mappati su due interfacce di linea CFP2-ACO configurabili via software fino a 200Gb/s 16QAM;
- **CHM1L** – è una versione della CHM1 con ottiche di linea integrate per il miglioramento delle performance in condizioni particolari;
- **CHM2L** – è una versione della CHM2 con ottiche di linea integrate per il miglioramento delle performance in condizioni particolari;
- **CHM1G** – Green Redesign della CHM1, è una versione CHM1 con power consumption ridotto e supporto OpenROADM;
- **XTM2** – è un Transponder/Muxponder 10G che supporta 20 interfacce 10G configurabili come 10 transponder 10G oppure come muxponder 20x10G su due lunghezze d'onda OTU4. Questa scheda può essere utilizzata come aggregatore 10G per i moduli CHM1 e CHM2T.

100G services



Groove G30 CHM1L/G

- Capacity: 2xCFP2-ACO, 200G per lambda, 400Gb/s total line capacity per sled
- Hot-pluggable CFP2 transceivers: 2 x CFP2-ACO
- Hot-pluggable QSFP28 transceivers: 4xQSFP28 per sled
- Client Services: 100GbE, OTU4
- QSFP28 support (up to 4x):
 - SR4 (100m) for 100GE
 - PSM4 (500m) for 100GE
 - LR4 (10km) dual rate for 100GE and OTU4
 - CLR4/CWDM4 (2km)
 - SWDM4 (up to 300 m) 100GE
- **CHM1L** has integrated CFP2 for optimized LH performance
- **CHM1G** variant is 30% reduced power w/ 16nm DSP
 - Encryption: FIPS 140-2 Level 2 ready H/W, GCC Support
 - 200G 8-QAM [HW Ready]

10G/40G/100G services



Groove G30 CHM2/L

- Hot-pluggable QSFP transceivers: 10xQSFP+ or 4xQSFP28
- Client Services
 - 10GbE, 40GbE, 100GbE
 - 25GbE (hardware ready)
 - OTU3, OTU4
 - 8/10/16/32G Fibre Channel
- QSFP+ pluggables supports (up to 10x):
 - SR4 (100m) for 40GE
 - LR4 (dual rate for 40GE and OTU3)
 - eSR4 (300m) for 40GE <-> 10GE w/ breakout fiber
 - 4 x 10GE/LR4 for 40GE <-> 10GE w/ breakout fiber
- QSFP28 client pluggables support (up to 4x):
 - SR4 (100m) for 100GE
 - PSM4 (500m) for 100GE
 - LR4 (10km) dual rate for 100GE and OTU4
 - CLR4/CWDM4 (2km)
 - SWDM4 for 100GE
- Encryption: FIPS 140-2 Level 2 ready H/W, GCC Support
- **CHM2L** variant has integrated CFP2 for optimized LH performance

10G services



Groove G30 XTM2

- Universal 10x 10G clients Transponder
- 2x 100G Muxponder, to mux 20x 10G clients
- 10G interface: 10GbE or 8GFC/16GFC (H/W) or OTU2/2e or OC192/STM64 (H/W)
- 100G interface: OTU4
- Up to 10 circuits line OEO if client side populated with T-SFP+, and EDC used at client side for linear T-SFP+
- Up to 10 circuits hairpin based on ODUk level cross connection
- Totally 200G OTN mapping/switch capacity
- Also for 10G grooming into 100G as low speed fan-out

Figura 21 – Caratteristiche ulteriori schede supportate

I dettagli tecnici di tutti i moduli sono riportati nel manuale tecnico GDM_G30FP045_02_0A_Product_Description, contenuto nella “Documentazione Componenti della soluzione proposta” allegata al presente documento.

3.2.3 Client Interfaces

La scheda CHM1/CHM2T possono alloggiare le seguenti tipologie di ottiche client QSFP28 100G:

- Clients QSFP28 for 100GE
 - SR4 (100m)
 - LR4 (10km)

- CWDM4 (2km)
- PSM4 (500m)
- ER4 (>25km)
- Active Optical Cable (1,3,5,10m)
- DR1
- LR1
- FR1
- Clients QSFP28 for OTU4
 - LR4 (10km)

La scheda CHM2T può alloggiare le seguenti tipologie di ottiche client 400GE QSFPDD-56 for 400GBE:

- 400GBASE-SR8 (100m)
- 400GBASE-DR4 (500m)
- 400GBASE-XDR4 (2km)
- 400GBASE-FR4 (2km)
- 400GBASE-LR8 (10km)
- 400GBASE-LR4 (10km).
- 400GBASE-SR4.2 (100m).
- 400GBASE-SWDM8 (70m).
- 400G AOC (5m)
- 400G DAC (3M).

Le tabelle seguenti riportano le caratteristiche di tutte le interfacce client disponibili su CHM1 e CHM2T.

Client/ Line	Pluggable ModuleDescription	Part Number	Form Factor	Wave Length (nm)	Distance	
					100GBE	OTU4
Client Side	QSFP28 100G SR4	ZXS-Q8S4ZZZZ-00	QSFP28	850	100m (FEC)	
	QSFP28 100G LR4	ZXS-Q8L4ZZZZ-00	QSFP28	1295.56 (231.4TH) 1300.05 (230.6TH) 1304.58 (229.8TH) 1309.14 (229.0TH)	10km	
	QSFP28 100G CWDM4/CLR4	ZXS-Q8CWD4M4Z-00	QSFP28	1271 1291 1311 1331	2km (FEC)	
	QSFP28, 100G PSM4	ZXS-Q8PSM4ZZ-00	QSFP28	1310	500m (FEC)	
	QSFP28 100GBASE-LR4 and OTU4 Dual Rate	ZXS-Q8L4ZZDR-00	QSFP28	1295.56 1300.05 1304.58 1309.14	10km	10km (FEC)
	QSFP28 LR4 DR FPS	ZXS-Q8L4PRDR-00	QSFP28	1295.56 1300.05 1304.58 1309.14	10km	10km (FEC)
	QSFP28 SR4 Multirate(100GbE,OTU4) 100GbE,OTU4	ZXS-Q8S4ZZMR-00	QSFP28	850	100m (FEC)	100m (FEC)
	QSFP28 Active Optical Cable 3m	ZXS-Q8AOCZZZ-03	QSFP28	850	3m (FEC)	
	QSFP28 Active Optical Cable 10m	ZXS-Q8AOCZZZ-10	QSFP28	850	10m (FEC)	
	QSFP28 Active Optical Cable DR 1m	ZXS-Q8AOCZDR-01	QSFP28	850	1m (FEC)	1m (FEC)
	QSFP28 Active Optical Cable DR 5m	ZXS-Q8AOCZDR-05	QSFP28	850	5m (FEC)	5m (FEC)
	QSFP28 ER4 (30km). SMF fiber. LC connector	ZXS-Q8ER4ZZZ-00	QSFP28	1295.56 1300.05 1304.58 1309.14	30km, 40km (FEC)	
	TOM QSFP28 100G MR ER4L	TOM-100GMR-Q-ER4L	QSFP28	1294.53 to 1296.59 1299.02 to 1301.09 1303.54 to 1305.63 1308.09 to 1310.19	40km (FEC)	40km (FEC)
	TOM 100G QSFP28 DR1	TOM-100G-Q-DR1	QSFP28	1304.5 to 1317.5	500m	
	TOM 100G QSFP28 FR1	TOM-100G-Q-FR1	QSFP28	1304.5 to 1317.5	2km	
QSFP28 100GE LR1	TOM-100G-Q-LR1	QSFP28	1304.5 to 1317.5	10km		

Tabella 5 – Interfacce Client CHM1

Pluggable ModuleDescription	Part Number	Form Factor	Wave Length (nm)	Distance		
				400GBE	100GBE	OTU4
QSFP28 100G LR4	ZXS-Q8L4ZZZZ-00	QSFP28	1295.56 (231.4THz) 1300.05 (230.6THz) 1304.58 (229.8THz) 1309.14 (229.0THz)		10km	
QSFP28 100G CWDM4/CLR4	ZXS-Q8CWDM4Z-00	QSFP28	1271 1291 1311 1331		2km (FEC)	
QSFP28, 100G PSM4	ZXS-Q8PSM4ZZ-00	QSFP28	1310		500m (FEC)	
QSFP28 100G SR4	ZXS-Q8S4ZZZZ-00	QSFP28	850		100m (FEC)	
QSFP28 100GBASE-LR4 and OTU4 Dual Rate	ZXS-Q8L4ZZDR-00	QSFP28	1295.56 1300.05 1304.58 1309.14		10km	10km (FEC)
QSFP28 LR4 DR FPS	ZXS-Q8L4PRDR-00	QSFP28	1295.56 1300.05 1304.58 1309.14		10km	10km (FEC)
QSFP28 Active Optical Cable 3m	ZXS-Q8AOCZZZ-03	QSFP28	850		3m (FEC)	
QSFP28 Active Optical Cable 10m	ZXS-Q8AOCZZZ-10	QSFP28	850		10m (FEC)	
QSFP28 Active Optical Cable DR 1m	ZXS-Q8AOCZDR-01	QSFP28	850		1m (FEC)	1m (FEC)
QSFP28 Active Optical Cable DR 5m	ZXS-Q8AOCZDR-05	QSFP28	850		5m (FEC)	5m (FEC)
QSFP28 SR4 Multirate(100GbE, OTU4) 100GbE, OTU4	ZXS-Q8S4ZZMR-00	QSFP28	850		100m (FEC)	100m (FEC)
QSFP28 ER4 (30km). SMF fiber. LC connector	ZXS-Q8ER4ZZZ-00	QSFP28	1295.56 1300.05 1304.58 1309.14		30km, 40km (FEC)	
QSFP-DD 400G BASE-AOC (5M)	ZXS-QDAOCZZZ-05	QSFP-DD	850	5m		
QSFP-DD 400G BASE-DR4	ZXS-QDD4ZZZZ-00	QSFP-DD	1310	500m		
QSFP-DD 400G BASE-FR4	ZXS-QDF4ZZZZ-00	QSFP-DD	λ1: 1264.5~1277.5 λ2: 1284.5~1297.5 λ3: 1304.5~1317.5 λ4: 1324.5~1337.5	2000m		
QSFP-DD 40QSFP-DD 400G BASE-LR80G BASE-LR4	ZXS-QDL4ZZZZ-00	QSFP-DD	1271 1291 1311 1331	10km		
QSFP-DD 400G BASE-SR8	ZXS-QDS8ZZZZ-00	QSFP-DD	850	100m		
QSFP-DD 400G BASE-LR8	ZXS-QDL8ZZZZ-00	QSFP-DD	1272.55 to 1274.54 1276.89 to 1278.89 1281.25 to 1283.27 1285.65 to 1287.68 1294.53 to 1296.59 1299.02 to 1301.09 1303.54 to 1305.63 1308.09 to 1310.19	10km		
CBL 100G QSFP28 DAC 2.0M	VVS-DAC1HQ88-20	QSFP28	N/A		2m	
CBL 100G QSFP28 DAC 3.0M	VVS-DAC1HQ88-30	QSFP28	N/A		3m	
TOM QSFP28 100G MR ER4L	TOM-100GMR-Q-ER4L	QSFP28	1294.53 to 1296.59 1299.02 to 1301.09 1303.54 to 1305.63 1308.09 to 1310.19		40km (FEC)	40km (FEC)
TOM 100G QSFP28 DR1	TOM-100G-Q-DR1	QSFP28	1304.5 to 1317.5		500m	
TOM 100G QSFP28 FR1	TOM-100G-Q-FR1	QSFP28	1304.5 to 1317.5		2km	
QSFP-DD 400G BASE-SR4.2	ZXS-QDS4ZZZZ-00	QSFP-DD	850 908	100m		
QSFP-DD 400GBASE-XDR4	ZXS-QDXD4ZZZ-00	QSFP-DD	1310	2km		
QSFP-DD 400G DAC (3M)	ZXS-QDACCZZZ-03	QSFP-DD	N/A	3m		
QSFP28 100GE LR1	TOM-100G-Q-LR1	QSFP28	1304.5 to 1317.5		10km	

Tabella 6 – Interfacce Client CHM2T

I dettagli delle interfacce client disponibili su tutti i moduli presenti nella piattaforma G30 sono riportati nel manuale tecnico GDM_G30FP045_02_0A_Product_Description, contenuto nella “Documentazione Componenti della soluzione proposta” allegata al presente documento.

3.2.4 Moduli Line System G30

Lo chassis G30 consente di equipaggiare sistemi di linea per la realizzazione di collegamenti punto-punto a bassa capacità, spazi, consumi e costi ridotti con la possibilità di scalare in termini di capacità e prestazioni mediante opportuni multiplexer/demultiplexer ed amplificatori. Lo stesso Chassis G30 può essere utilizzato per alloggiare sia Xponder che moduli di linea.

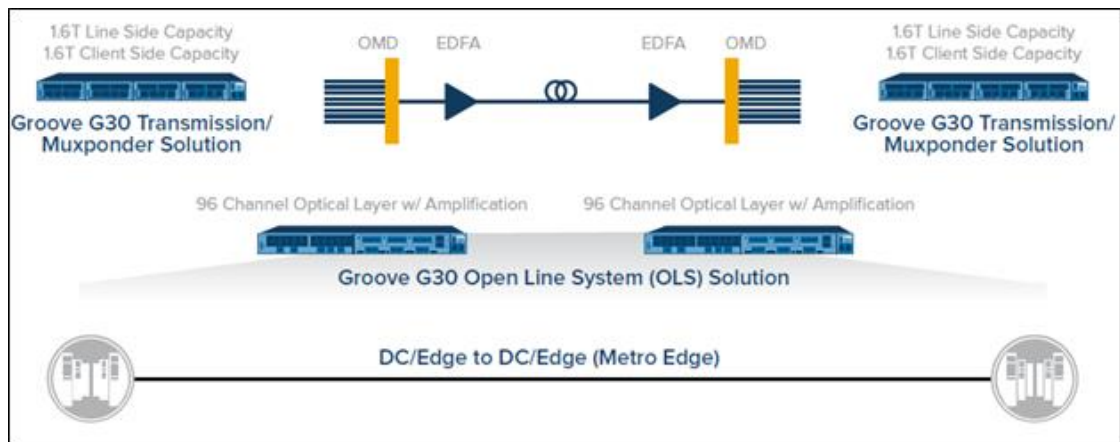


Figura 22 – Infinera G30 con transponder e Line system

In particolare, lo chassis G30 può essere equipaggiato con un modulo denominato Optical Carrier Card (OCC2) per consentire l’installazione di elementi di linea Pluggable Optical Module (OPF2) come Mux/Demux, amplificatori, OTDR, OSC, OCM. L’OCC2 occupa due slot dello chassis G30.

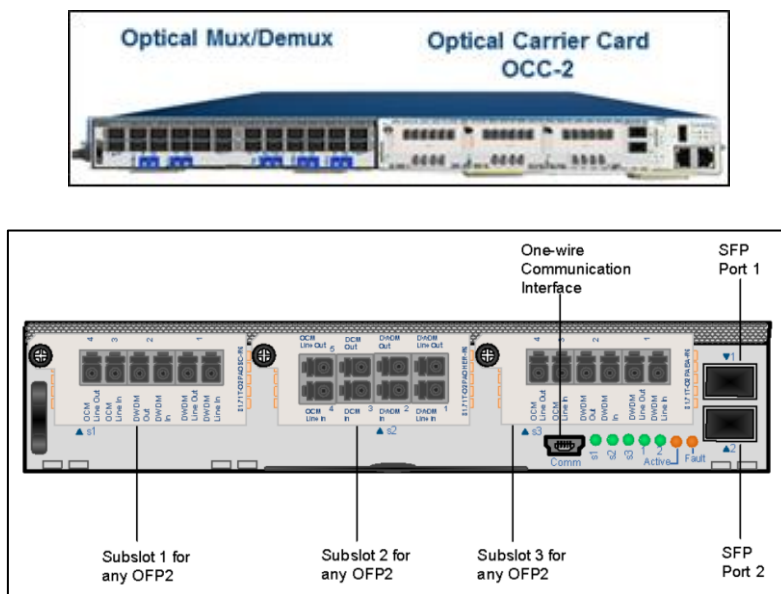


Figura 23 – Optical carrier card

Alcuni esempi di moduli sono:

- CAD8: Flex Grid splitter/combiner per 8 canali e con porta di espansione per collegare altri moduli CAD.

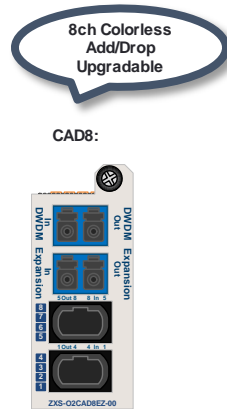


Figura 24 – Modulo CAD8

- Premaplifier PAOHIR: moduli di pre-amplificazione con canale OSC incluso
- Booster BAX: moduli booster di amplificazione

In tabella sono mostrati i valori di guadagno supportati da questi amplificatori.

Board Name	Min Gain (dB)	Max Gain (B)
PAHOIR	0	18
BAX	10	22

Tabella 7 – Valori di guadagno dei moduli PAOHIR e BAX

E' possibile configurare il link control di un collegamento equipaggiato con questi amplificatori nei seguenti modi:

- Manual Control Mode: i parametri di ciascun amplificatore sono configurati manualmente;
- Automatic Control Mode: tool di equalizzazione automatica si assicurano che i pre-amplificatori aggiustino il guadagno in maniera automatica.

La figura seguente descrive alcuni esempi di moduli utilizzabili nel G30.

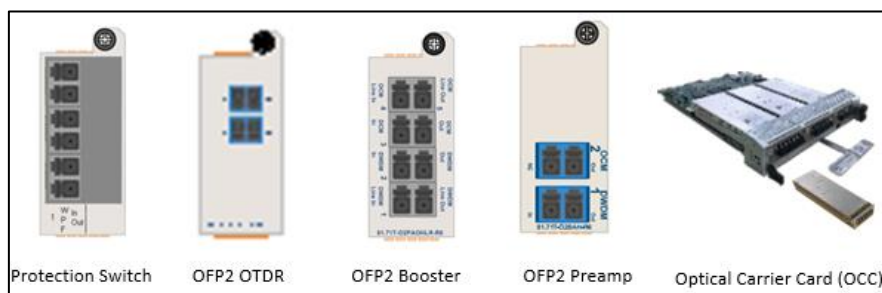


Figura 25 – Pluggable Components and the Optical Carrier Card

3.3 INFINERA G40

La piattaforma Infinera G42 è basata su una architettura flessibile e dinamica per adattarsi alle evoluzioni tecnologiche del settore. In questo momento, le lunghezze d'onda supportate consentono di raggiungere velocità fino a 800Gb/s basate sulla tecnologia Infinera "Infinite Capacity Engine" di sesta generazione (ICE6), che rende il G42 leader del settore della trasmissione su fibra ottica in ambito terrestre e sottomarino.

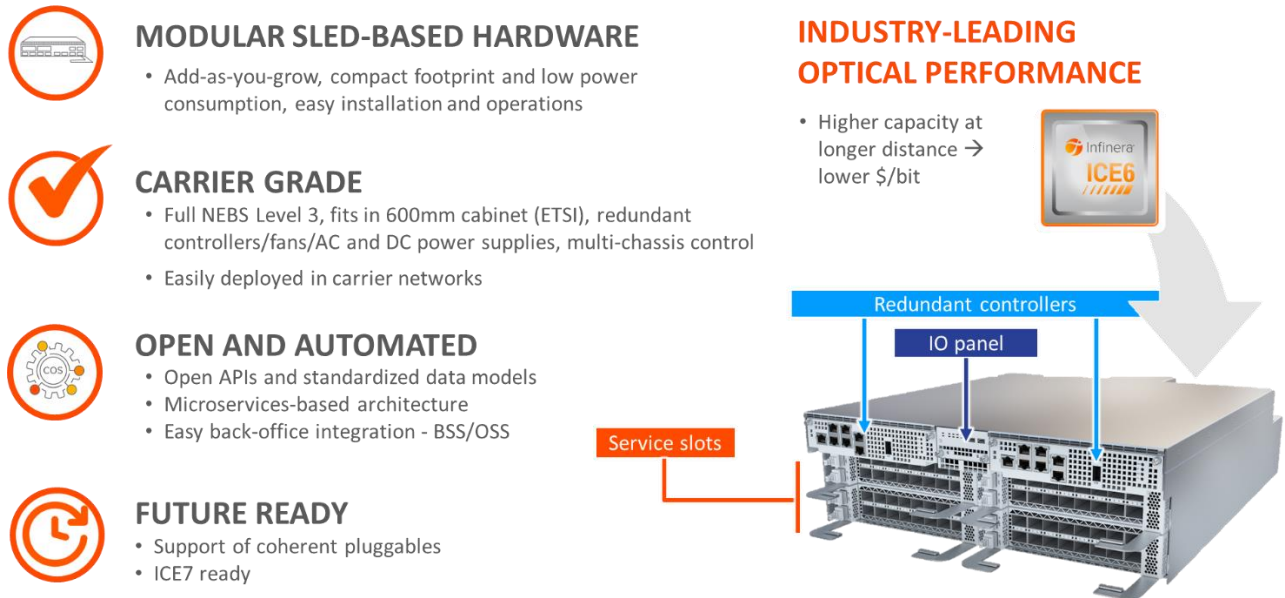


Figura 26 - GX G40 Overview

Infinera Infinite Capacity Engine (ICE) è un motore ottico che fornisce le migliori prestazioni della categoria e si è costantemente evoluto nel corso delle generazioni per stabilire nuovi parametri di riferimento del settore.

La piattaforma G42 è dotata delle funzionalità software di gestione leader del settore che semplificano gli aspetti operativi della rete. Mantiene inoltre una stretta integrazione con i sistemi di gestione della rete esistenti per fornire un'esperienza utente continua. Ha un supporto migliorato per SDN, programmabilità dell'automazione, API aperte e funzionalità avanzate del piano di controllo che semplificano l'installazione, l'integrazione, il funzionamento e la manutenzione. Inoltre, GX offre le migliori funzionalità di sicurezza, tra cui FIPS 140-2 e funzionalità di crittografia del traffico che lo rendono una piattaforma affidabile.

Le caratteristiche principali della piattaforma GX G42 sono:

- Piattaforma a future-proof, compatta, modulare e carrier grade in grado di supportare più generazioni di transponder e tecnologie di sistemi di linea.
- Piattaforma a basso costo, bassa potenza e alta densità.
- Conforme a 600mm ETSI e NEBS livello 3.
- Controller e moduli ventole ridondanti e sostituibili a caldo.
- Alimentatori AC/DC ridondanti.
- Architettura software modulare, altamente personalizzabile. Software moderno basato su microservizi agile e affidabile.
- Supporta automazione e programmabilità, SDN

- Software moderno con supporto API aperto come NETCONF, RESTCONF che utilizza modelli di dati OpenConfig.
- Supporto per gRPC/gNMI, telemetria in streaming.
- Supporto di Infinera Optical Engine ICE6:
 - Migliori prestazioni ottiche del settore per qualsiasi velocità di linea/ baud da 100G a 800G.
 - Transponder con supporto per formati Flex-coherent e di modulazione di ordine superiore come 64 QAM e Probabilistic constellation shaping (PCS).
 - Alta densità, 12,8 Tb/s di capacità totale (linea + client); 3U G42 con CHM6
 - Mapping client 100GE, OTU4 e 400GE completamente flessibile; piattaforma veramente multiservizio.
 - Supporto per l'aggregazione 10G; Segnali client 10GbE, OTU2, OTU2e, OC-192 e/o STM-64
 - Efficienza energetica, potenza nominale di 0,2 W/Gb/s
 - Full faceplate per client 100G.
 - Supporto di Short haul, long haul e Subsea Reach
 - Supporto Banda C + L
 - Sicurezza - FIPS 140-L2
 - Crittografia di linea: crittografia AES 256-GCM L1 per lunghezza d'onda con software avanzato di gestione delle chiavi di crittografia.

3.3.1 G42 Chassis

GX-G42 è uno chassis di trasporto modulare compatto 3RU con quattro slot I/O per ospitare sled di servizio. Il design dello chassis consente l'accesso frontale a tutte le interfacce di input-output e di gestione. I moduli di alimentazione e le unità FAN si trovano nella parte posteriore dello chassis. Il meccanismo di raffreddamento ha un flusso d'aria dalla parte anteriore a quella posteriore con l'accesso di servizio posteriore. Lo chassis supporta la ridondanza nei moduli comuni come moduli di alimentazione, ventole e moduli controller. Lo chassis G42 è completamente conforme a NEBS livello 3 e soddisfa i requisiti di profondità ETSI di 600 mm. Può essere installato in rack/armadi standard ANSI 19", ANSI 23" o ETSI (600mm).

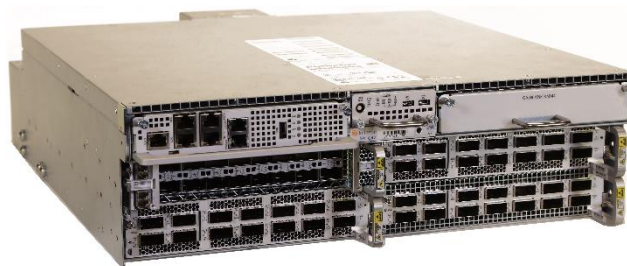


Figura 27 - GX G42 Chassis view

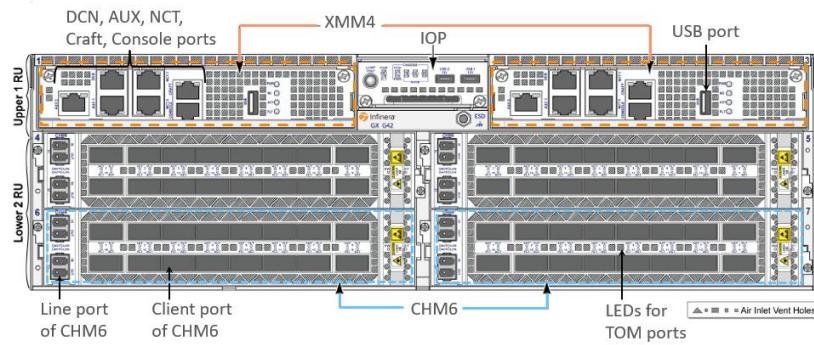


Figura 28 - GX G42 HW Front Schematics

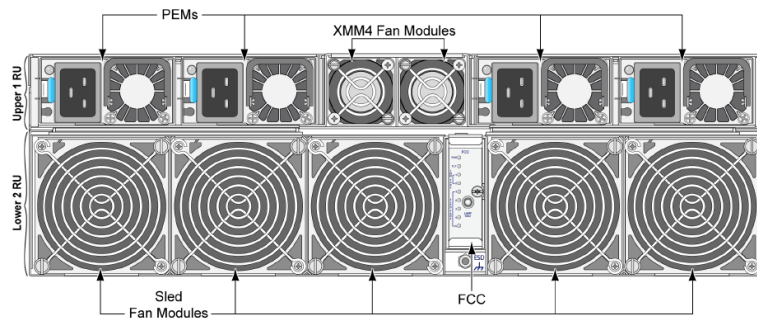


Figura 29 - GX G42 HW Rear Schematics

G42- 2 Service Rows / 3RU	
Footprint Depth	600mm
Chassis Depth	498mm
Interface slots	4 Double Wide
PEM/PSU Power	2200W (DC or AC HL), 1155W (AC LL)

Tabella 8 – G42 Specifications

Lo chassis G42 supporta 4 schede di alimentazione Power Entry Module (PEM). Ogni modulo PEM, disponibile sia in AC che in DC, è sostituibile a caldo, con nessun impatto sul traffico esistente. Le quattro schede di alimentazione possono essere configurate con protezione 2+2 o 1+1 in funzione dell'equipaggiamento specifico. Ciascuna PEM DC può essere alimentata con tensione nel range -40.0V to -75V (-48V to -60V nominal) mentre in AC con tensione nel range 90-264V (100-240V nominal).

Il G42 è equipaggiato con 7 moduli di raffreddamento installati nella parte posteriore, due sono dedicati al raffreddamento delle schede di controllo (XMM4) in modalità 1:1 e 5 al raffreddamento delle schede di traffico installate nella parte anteriore in modalità 4:1. I moduli FAN sono estraibili a caldo senza interruzione del traffico.

3.3.2 Controller Card

XMM4 è il modulo di gestione e controller per chassis GX. Contiene il software di sistema e il database di configurazione per lo chassis GX-G42. Risiede in slot dedicati nella parte anteriore del telaio. XMM4 è un modulo sostituibile a caldo e due di essi possono essere implementati per la configurazione ridondante del controller.

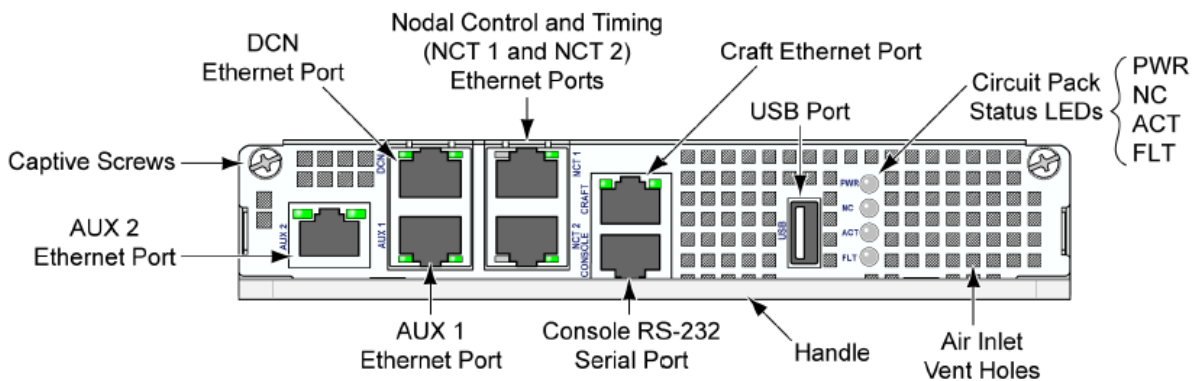


Figura 30 – Modulo XMM4

Il modulo XMM4 supporta le seguenti porte:

- DCN Port - One 10Gbps auto-negotiating RJ-45 interface.
- NCT 1 and NCT2- Two Nodal Timing and Control Ports
- ETH Craft: One 100Mbps RJ-45 Serial port
- RS-232 serial craft port
- Two AUX port- RJ45
- USB Port- For database backup

Inoltre, il controllore XMM4 ospita il SW Intelligent Power Management (IPM) necessario per una corretta gestione delle potenze all'interno dello spettro in cavi sottomarini.

3.3.3 Schede di Traffico

Lo chassis G42 può essere equipaggiato con il modulo Xponder CHM6. Il modulo CHM6 è costruito con l'ultima generazione della tecnologia ottica ICE6 di Infinera e si basa su un ASIC/DSP CMOS a 7 nm ed un circuito fotonico (PIC) altamente integrato al fosforo di indio (InP). L'utilizzo di questi due componenti permette di raggiungere un elevato rapporto segnale/rumore (SNR) del modem, riducendo al minimo il rumore e le distorsioni all'interno del motore ottico consentendo il raggiungimento delle migliori prestazioni a 800Gb/s. Il modulo CHM6 supporta 2 lunghezze d'onda configurabili da 100Gb/s fino a 800 Gb/s con 16 porte client 100GE/OTU4/400GE fornendo fino a 1,6Tb/s di capacità di linea e fino a 1,6Tb/s della capacità lato cliente nella sua massima configurazione. E' possibile equipaggiare fino a 4 moduli CHM6 in uno chassis G42 consentendo quindi capacità di linea pari a 6.4Tb/s e capacità di add/drop di 6.4Tb/s in solo 3RU

Il CHM6 utilizza metodi di trasmissione basati su sottoportanti (Carrier) di Nyquist, modulazione configurabile basata su Probabilistic Constellation Shaping PCS, allocazione dinamica della larghezza di banda (DBA), correzione degli errori mediante soft decision-forward ad alto guadagno (SD-FEC) per coprire tutte le applicazioni di trasporto ottico in ambito metro, lunga distanza e sottomarina.

Infatti il transponder CHM6 può essere utilizzato per la realizzazione di canali ottici che transitano su link terrestri (CHM6-C6) e canali ottici che transitano su link sottomarini (CHM6S-C14). Le due varianti del modulo CHM6 hanno le stesse caratteristiche tecniche con l'unica differenza nelle performance ottiche superiori del modulo CHM6S-C14 che consentono di realizzare collegamenti a lunga distanza ad alta capacità attraverso sistemi di linea sottomarini.

CHM6 – 1.6T ICE6 based Multi functional Transponder

Line Side

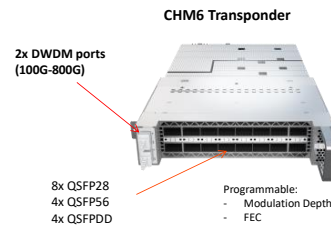
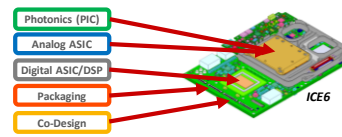
- Integrated PIC based 1.6T DCO
- Capacity: 2x800G – (Full flexibility from 100G-800G in 50G increments)
- Configurable Line Side Interface:
 - 31-96 Gbaud; 100+ Gbaud with ICE6 Turbo
 - Probabilistic Constellation Shaping (PCS) for best performance
 - Advanced Modulation: PCS-64QAM; 8/16/32/64QAM, QPSK; Subsea (4D/8D formats, 4/3-QAM, etc.)
 - Advanced Features: Nyquist Subcarriers, Long Codeword PCS, DBA, SD-FEC Gain Sharing
- Deep Vertical Integration (digital ASIC/DSP, analog ASIC, InP PIC, RF interconnect, packaging, holistic co-design) enables low internal noise/distortions (high modem SNR)
 - Aggressive Polarization Tracking (SOP)
 - OPSM based Line Protection
 - L1 Encryption (AES-256 GCM based)

Client Side

- 100GE, 400GE (R4.1), OTU4 (R5.0)
- QSFPDD pluggables supports (up to 4x)
- QSFP28 client pluggables support (up to 16x)
- Y-Cable Client Protection, SNCP (R5.x)

Management Interfaces

- Netconf, CLI, TL1, Telemetry
- Restconf, OpenConfig
- FIPS Compliance



© 2023 Infinera. All rights reserved. Company Confidential.

Figura 31 – CHM6 overview

Il CHM6 è progettato per funzionare su sistemi di linea Infinera o di terze parti e, con la flessibilità di ottimizzare bit rate da 100Gb/s fino a 800Gb/s in Banda C ed L estesa, Baud Rate da 31 a 96 Gbaud, FEC 20% e 33% e spaziatura, consentendo fino ad oltre 400 modalità di trasmissione di linea supportate. E' possibile utilizzare fino a 446 modalità diverse nella scheda CHM6 in funzione di Bit Rata, Modulazione, Spaziatura e FEC.

CHM6 - ICE6 main building blocks

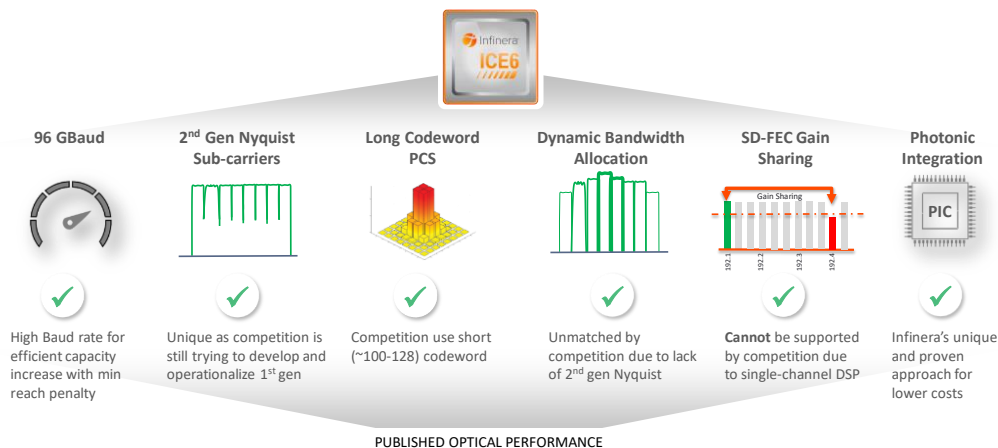


Figura 32 – CHM6 Building blocks

La tabella seguente riassume le caratteristiche principali della scheda CHM6.

Feature	Infinera ICE6
DSP Process Node	7nm
Photonics	InP
Max Wavelength	800Gbs
Wavelengths	2
Increments	CHM6: 50Gb/s (DSP supports 25Gb/s)

Max Baud Rate	31-96 Gbaud (100.4 Gbaud with Turbo version)
Baud Rate Flexibility	~45 Different Baud Rates
Nyquist Subcarriers	Yes (8)
PCS	LC-PCS (with Super-Gaussian)
Super-Gaussian	Yes
PCS Codeword Length	Yes (1136 Symbols)
Conventional Modulation	Yes
Hybrid Modulation	Frequency Domain
Subsea Modulation (4D)	ME-8QAM,
Subsea Modulation (8D)	FD-eBPSK/2.5QAM/3QAM
FEC Gain Sharing	Yes
FEC	20%, 33#
Max DGD	100 to 160 ps DGD
Max CD	150 to 400 s/m

Tabella 9 – Caratteristiche principali della scheda CHM6

E' possibile configurare tutte le lunghezze d'onda con diversa spaziatura in funzione delle necessità di Link Engineering. Pertanto, sfruttando la caratteristica di configurabilità software di bit rate, modulazione, FEC, baud rate è possibile scegliere il formato migliore in funzione delle performance richieste dal design di rete.

La scheda è equipaggiata con due porte di linea integrate e 16 porte client utilizzabili per servizi 100GE, OTU4 e 400GE. In particolare, i client QSFP28 100GE possono essere equipaggiati in qualunque slot da 1 a 16 mentre i client 400GE possono essere configurati mediante interfacce pluggable QSFP-DD nelle porte 1,8,9 e 16, come descritto nella seguente figura.

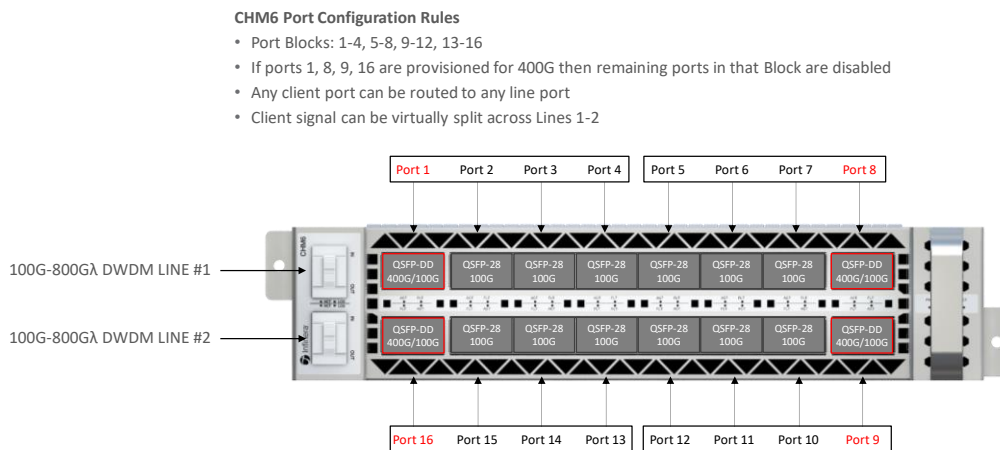


Figura 33 – Interfacce pluggable nella CHM6

La seguente figura descrive i blocchi funzionali della scheda CHM6:

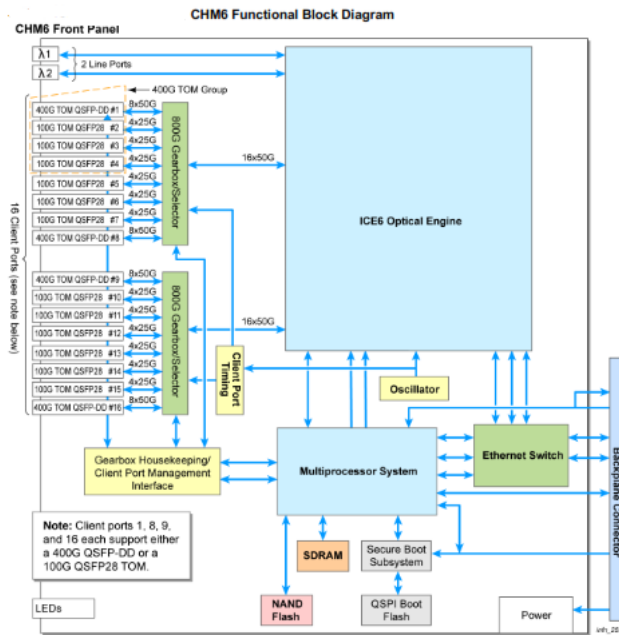


Figura 34 – Blocchi funzionali CHM6

La seguente figura descrive la struttura del mapping del traffico 400GE/100GE sulle porte di linea:

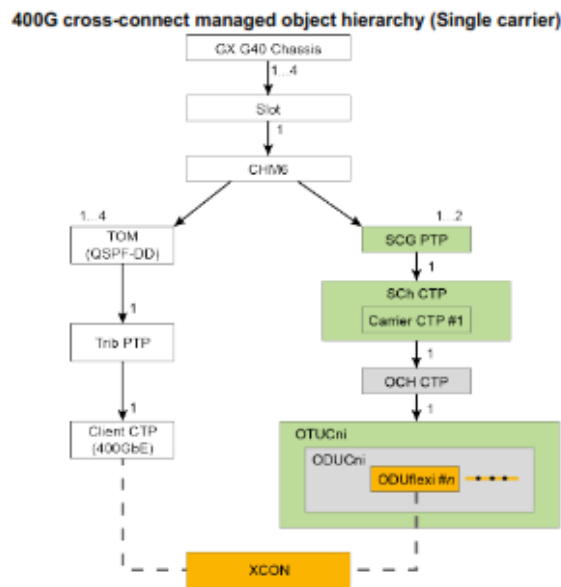


Figura 35 – Mapping del traffico 400GE sulle porte di linea

Figure 17: 100G cross-connect managed object hierarchy (Single carrier)

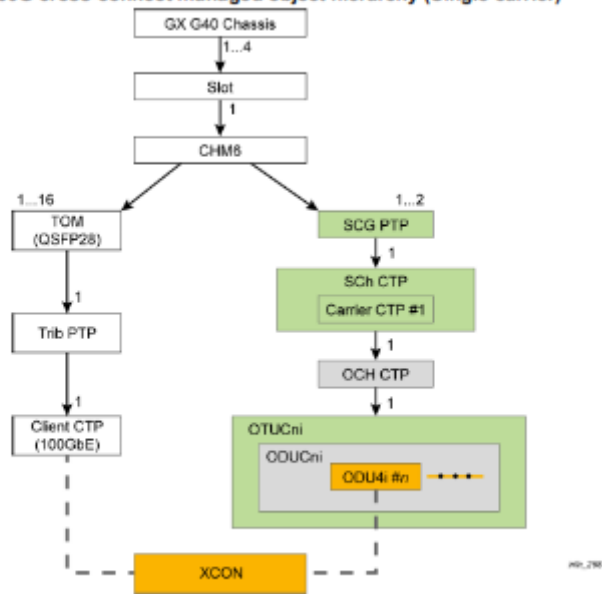


Figura 36 – Mapping del traffico 100GE sulle porte di linea

La scheda CHM6 è inoltre dotata di un meccanismo denominato Bandwidth Virtualization attraverso il quale è possibile trasmettere il traffico di una porta client suddividendolo tra le lunghezze d’onda delle porte di linea, come descritto nella seguente figura:

CHM6 Bandwidth Virtualization

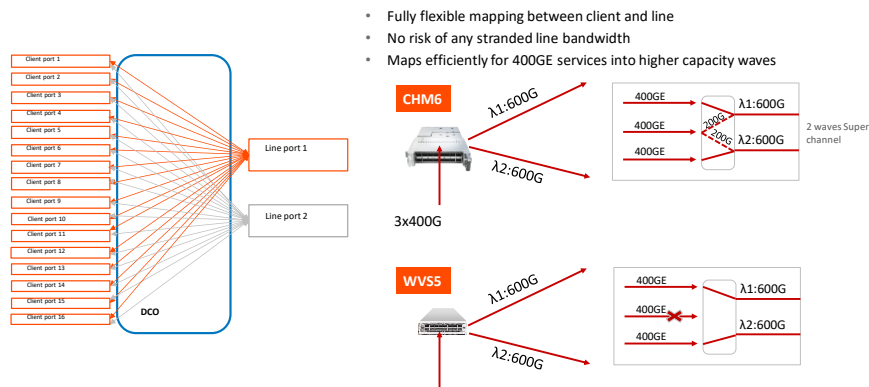


Figura 37 – Bandwidth virtualization CHM6

Possono essere installate fino a 4 schede CHM6 all’interno di uno chassis G42.

3.3.4 Client Interfaces

Le schede CHM6-C6 e CHM6S-C14 possono alloggiare le seguenti tipologie di ottiche client QSFP28 100G:

- Clients QSFP28 for 100GE
 - SR4 (100m)
 - LR4 (10km)
 - CWDM4 (2km)
 - ER4 40km)
 - Active Optical Cable (1,3,5,10m)

- DR1
- FR1
- LR1
- Clients QSFP28 for OTU4
 - LR4 (10km)

Le schede CHM6-C6 e CHM6S-C14 possono alloggiare le seguenti tipologie di ottiche client 400GE QSFPDD-56 for 400GBE:

- 400GBASE-SR8 (100m)
- 400GBASE-DR4 (500m)
- 400GBASE-XDR4 (2km)
- 400GBASE-FR4 (2km)
- 400GBASE-LR4 (10km).
- 400GBASE-SR4.2 (100m).
- 400G AOC (5m)
- 400G DAC (3M).
- 400G ZR (80km)

Le schede CHM6 (C6 e C14) permettono l'utilizzo di interfacce pluggable soltanto lato client.

CHM6 Tributary Optical Modules		
QSFP-DD TOMs		
Part Number	IEEE/MSA PMD type	Reach
ZXS-QDD4ZZZZ-00	400GBASE-DR4	500m
ZXS-QDF4ZZZZ-00	400GBASE-FR4	2 km
ZXS-QDL4ZZZZ-00	400GBASE-LR4	10 km
ZXS-QDS8ZZZZ-00	400GBASE-SR8	100m
ZXS-QDS4ZZZZ-00	400GBASE-SR4.2	100m
ZXS-QDAOCZZZ-05	400G AOC	5m
ZXS-QDACCZZZ-03	400G DAC	3m
ZXS-QDXD4ZZZ-00	400GBASE-XDR4	2 km
ZXS-QDZRZZZZ-00	400G-ZR	80 km

QSFP28 TOMs		
Part Number	IEEE/MSA PMD type	Reach
TOM-100G-Q-LR4	100GBASE-LR4	10 km
TOM-100G-Q-CWDM4	100GBASE-CWDM4	2 km
TOM-100G-Q-SR4	100GBASE-SR4	100m
ZXS-Q8AOCZDR-01	100GBASE-R	1m
TOM-100GMR-Q-LR4	100GBase-LR4	10 km
TOM-100GMR-Q-SR4	100GBase-SR4	100m
ZXS-Q8AOCZZZ-03	100GBASE-R	3m
XP2-C-CBLA-Q-078	100GBASE-CR4	.78m
TOM-100GMR-Q-ER4L	100GBase-ER	40 km
TOM2-100G-Q-LR4	100GBase-LR4	10 km
TOM-100G-Q-FR1	100GBASE-FR	2 km
TOM-100G-Q-DR1	100GBASE-DR	500m
ZXS-Q8AOCZDR-05	100GBASE-R	5m
ZXS-Q8AOCZZZ-10	100GBASE-R	10m
ZXS-Q8S4ZZMR-00	100GBase-SR4	100m
TOM-100G-Q-ER4L	100GBASE-ER4	40 km
TOM-100G-Q-LR1	100GBASE-LR	10 km
ZXS-Q8L4ZZDR-00	100GBase-LR4	10 km

Tabella 10 – Interfacce lato client CHM6

I dettagli delle interfacce client disponibili su tutti i moduli presenti nella piattaforma G42 sono riportati nel manuale tecnico R6.1_Infinera_GX_G40_Hardware_Description_Guide,

contenuto nella “Documentazione Componenti della soluzione proposta” allegata al presente documento.

3.3.5 Altre Schede: Universal Client Module UCM4

Lo chassis G42 può essere equipaggiato con il modulo Universal Client Module (UCM4), denominato UCM4, che funziona come un aggregatore di servizi 10G. In particolare, la scheda UCM4 supporta fino a 400Gb/s (4 x OTU4) di capacità di linea su cui è possibile mappare le interfacce client 10GbE, OTU2, OTU2e, OC-192, STM-64, 100GE.

L'UCM4 occupa un doppio slot dello chassis G42 ed è possibile installare fino a 4 schede nello stesso chassis.

Sono presenti quattordici sub-slot TOM etichettati da 1 a 14 disponibili per interfacce 100Gb/s Quad Small Form Factor Pluggable 28 (QSFP28), 40Gb/s Quad Small Form Factor Pluggable Plus (QSFP+) e/o interfacce pluggable di terze parti.

Le porte da 1 a 4 sono porte uplink OTU4 utilizzate per l'interconnessione con il lato client di un CHM6 mediante interfacce 100G QSFP28. Le porte da 5 a 14 sono porte client in cui le porte 5, 6, 10 e 11 supportano interfacce 100G QSFP28 o 40G QSFP+ configurato per la modalità breakout 4x10G, le porte 7, 8, 9, 12, 13, 14 supportano TOM QSFP+ 40G configurato per la modalità breakout 4x10G.

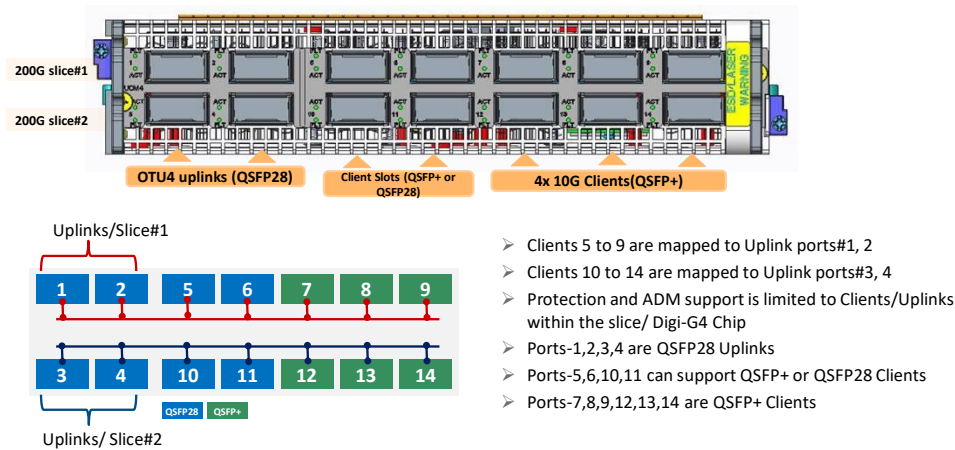


Figura 38 – Modulo UCM4

3.3.6 G42 meccanismi di protezione

Il transponder CHM6 supporta i seguenti meccanismi di protezione:

- Protezione Y-Cable:
- Protezione Ottica basata su OPSM;
- Protezione SNCP singolo client.

Il meccanismo di protezione Y-Cable consente di proteggere il traffico cliente su percorsi ottici differenti. Il meccanismo garantisce tempi di switching di 50ms per i client 100GE e di circa 3s per i client 400GE. Il cavo a Y consente di proteggere traffico client sulla stessa scheda CHM6 oppure su due schede CHM6 installate nello stesso chassis.

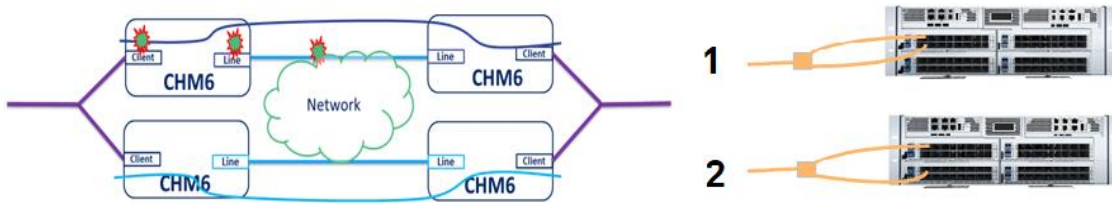


Figura 39 – Cable Protection

La protezione ottica mediante modulo OPSM (Optical Protection Switch Module) consente di proteggere il canale ottico di uscita dalla scheda CHM6 con tempi di switching inferiori a 50ms. Il Modulo OPSM occupa uno slot dello chassis MTC-6 o MTC-9.

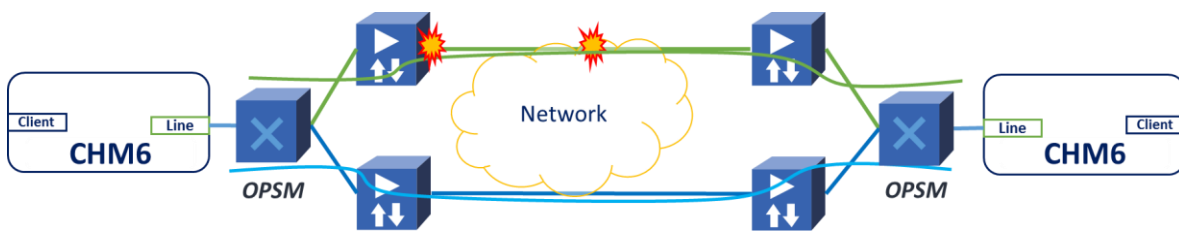


Figura 40 – Optical protection using OPSM

Il CHM6 supporta inoltre protezione del traffico client mediante un meccanismo SNCP che consente di trasmettere un servizio client attraverso le due porte linea della stessa scheda CHM6. In questo caso i tempi di switching sono inferiori a 50ms.

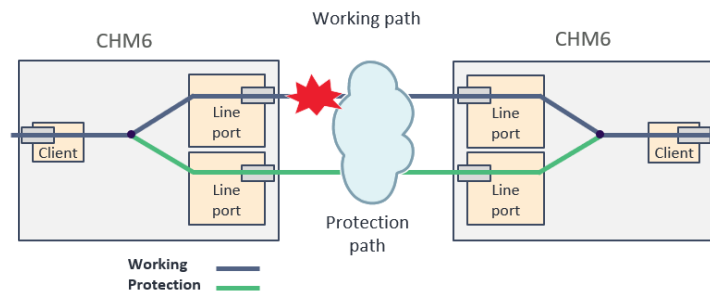


Figura 41 – Single Port SNCP Protection

3.4 API

La piattaforma GX nasce come piattaforma transponder disaggregata per cui sia lo chassis G30 che il G42 sono equipaggiati con numerose interfacce API per l'integrazione verso sistemi di terze parti, automazione e programmabilità. La figura seguente descrive le interfacce disponibili.

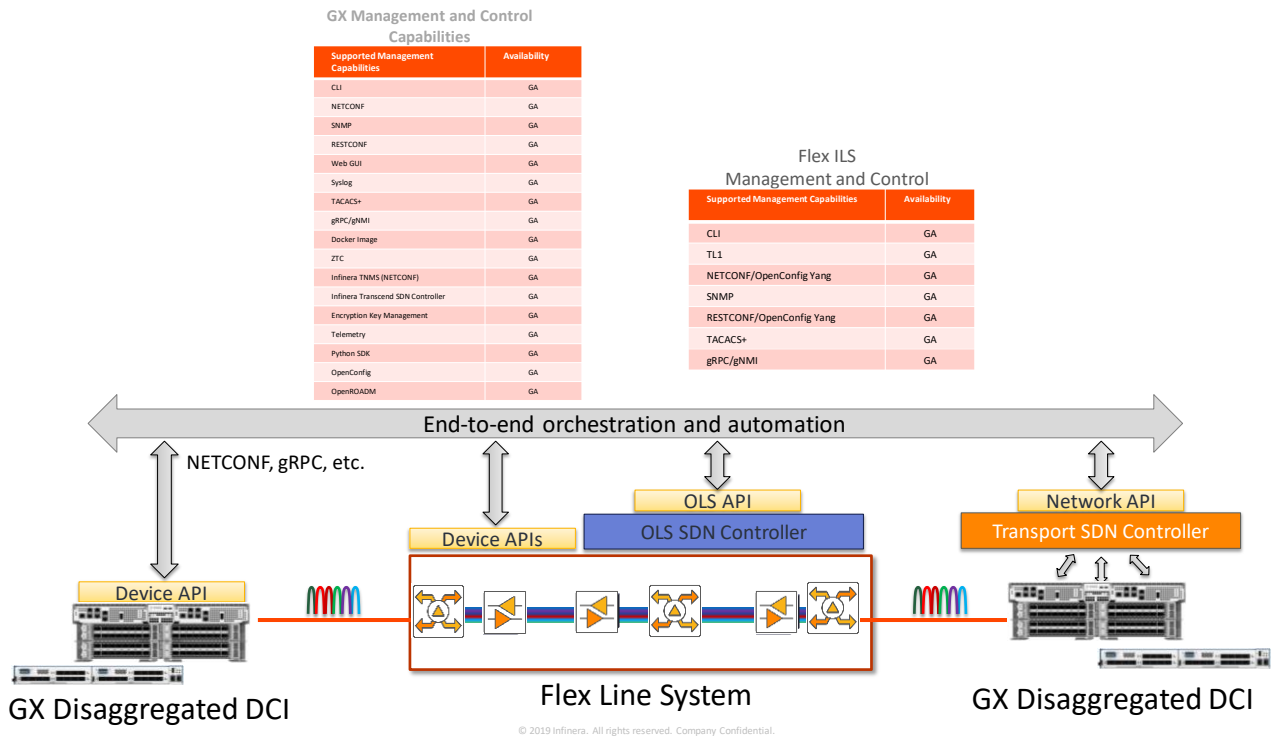


Figura 42 – API disponibili su G30-G42

3.5 INFINERA LINE SYSTEM

La soluzione di rete ottica Infinera utilizza il sistema di linea Flex Open Line System. Questa tecnologia è basata su moduli ROADM, amplificatori di linea ottimizzati per il trasporto di segnali coerenti nella griglia flessibile ITU-T G.694.1 (banda C estesa 4.8THz). Infatti, i moduli FRM-20X-EC, IAM-2 ed IRM non prevedono stadi intermedi per l'installazione di moduli di compensazione cromatica, tipici dei sistemi non coerenti. Inoltre, i moduli del line system contengono funzionalità di monitoraggio dei canali (Optical Channel Monitoring), meccanismi di equalizzazione, controllo del guadagno e dello spettro ottimizzati per lunghezze d'onda di qualsiasi modulazione, bit rate e baud rate tipici dei segnali coerenti sia nativi che alieni.

Il sistema di linea Infinera supporta inoltre configurazioni C, CD, CDC flessibili per cui è possibile passare da una configurazione all'altra mediante l'aggiunta dei soli moduli necessari a supportare configurazioni miste.

Infinera Flex ILS Long haul platform overview

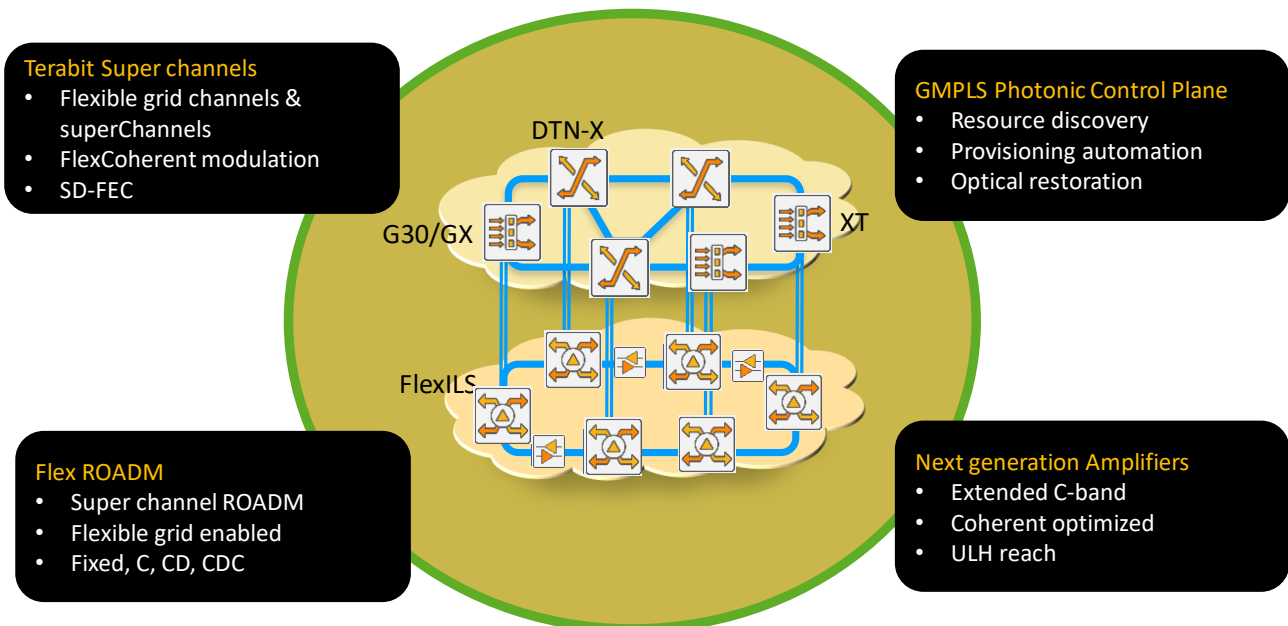


Figura 43 – Piattaforma long haul Infinera Flex ILS

Il Flex ILS inoltre fornisce interfacce API aperte di gestione e controllo, basate su standard che semplificano l'integrazione e l'automazione in ambiente SDN.

Il Flex ILS utilizza la modellazione dei dati YANG per gli oggetti gestiti. Il modello YANG costituisce la base per supportare più interfacce di gestione per Groove. Le interfacce di gestione supportate includono CLI, NETCONF, API RESTCONF/REST, SNMP e telemetria.

Flex Open Line System

- **Field Proven and Widely Deployed**

Investment Protection

- **Optimized for ICE4 and Open Line System Applications**
- **Future Proof** – Supports all current and known future coherent transponders
- **Full Flex Grid Functionality** 12.5GHz Granularity (6.25GHz Capable)
- **Highest Capacity** – Extended C-Band + Extended L-Band (9,600GHz of Spectrum)
- **ADAPT** Automated per link and per channel power control for Infinera or Alien Waves
- Wide range of management interfaces NETCONF, RESTCONF, YANG, TLI, CLI, XML

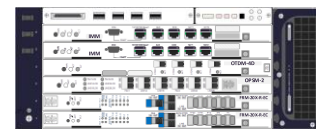
Easy to Deploy and Operate

- **GMPLS** Control Pane for Provisioning, Topology Discovery, Resource Inventory
- **Auto Discovery** and **Power Control** of Infinera Line Modules
- **Automatic Path Loss Checks**
- **Integrated** functions minimizes circuit packs and sparing
- **MPO/MTP** cables and Fiber Shuffle Panels reduces fibering complexity

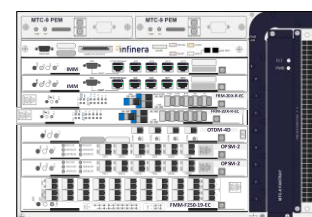
Resiliency Options

- Redundant Controllers
- Optical Protection Switching Modules
- Layer 0 Restoration

Field Proven & Widely Deployed	
GA Since	2015
Nodes Deployed	>3,500
Amps Deployed	>7,000
ROADMs	>2000
Customers	>60



MTC-6 Chassis



MTC-9 Chassis

Figura 44 – Caratteristiche generali Infinera Flex ILS

Infinera FlexILS supporta lunghezze d'onda nel piano dei canali della griglia flessibile ITU-T G.694.1 sia in banda C-estesa (4.8THz) sia in banda L (4.8THz) con granularità 12.5GHz (hardware ready 6.25GHz) ed è in grado di trasportare segnali con qualsiasi formato di modulazione, bit rate, baud rate, frequenza centrale e spaziatura.

Il sistema di linea Infinera supporta l'ultima generazione di amplificatori EDFA e RAMAN ottimizzati per la trasmissione di segnali coerenti.

La seguente figura descrive la suddivisione in 384 slice della banda C-estesa.

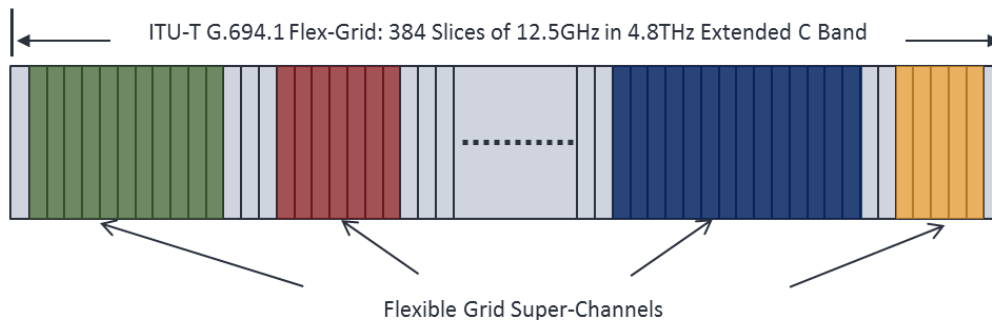


Figura 45 – Spaziatura canali nella banda C-estesa

La figura seguente illustra l'estensione nella banda L.

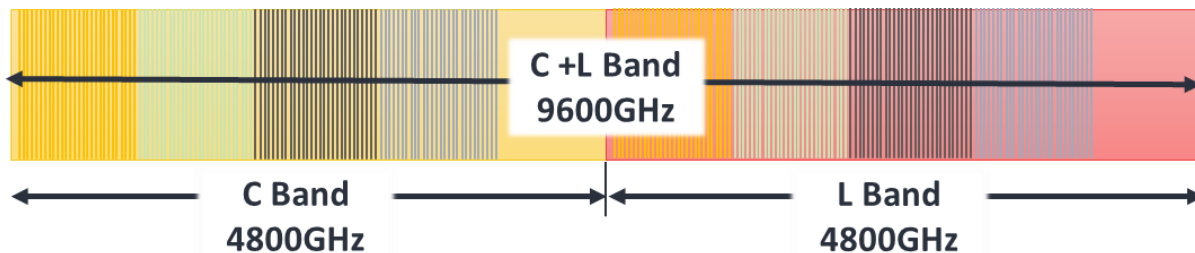


Figura 46 – Estensione alla banda L

Il sistema Flex ILS supporta il controllo automatico del guadagno degli amplificatori, delle potenze e l'equalizzazione delle lunghezze d'onda, mediante un monitoraggio costante (intervalli di 400s) delle potenze del sistema. Adatta automaticamente il guadagno degli amplificatori (con variazioni max di 1dB in intervalli di tempo di 1500ms +/- 250ms al fine di prevenire cambi troppo veloci sulla tratta, ma completati entro una finestra di 10s), equalizzando le lunghezze d'onda in caso di variazioni sui parametri di fibra. Questo meccanismo consente quindi di ottimizzare le performance mantenendo il Qvalue al valore ottimale.

Di seguito sono descritte alcune delle principali funzionalità supportate.

Automatic Gain Control

Il software di controllo automatico del guadagno (noto come AGC) controlla gli amplificatori ottici di linea, i multiplexer, i moduli di linea e tutti i nodi ROADM intermedi e implementa sofisticate funzionalità di ottimizzazione automatizzata delle prestazioni che imposteranno, monitoreranno e regoleranno automaticamente i parametri operativi ottici. Oltre all'automazione effettuata in fase di accensione iniziale, il sistema ottimizzerà continuamente i parametri operativi per adattarsi all'aggiunta/rimozione di canali, guasto del

singolo canale o della banda, guasto della fibra, nonché per cambiamenti graduali nella perdita di tratta dovuti a variazioni di temperatura, invecchiamento e altre cause impreviste.

Mux Control Loop

Il loop di controllo sul mux consente la comunicazione dei parametri del modulo di linea come baud configurato, modulazione, numero di canali, portanti dei canali e livelli di potenza (segnale, rumore). Il Mux/Demux (supponendo che sia attivo e abbia elementi di controllo nel suo ingresso) o il FlexROADM inviano feedback di potenza ricevuta a ciascun modulo di linea da cui hanno ricevuto la sua potenza di ingresso. Ciò consente al modulo di linea di adattarsi alla perdita dovuta al mux/demux per raggiungere il valore target di potenza all'ingresso FlexROADM.

Express Control Loop

L'Express Control Loop consente la comunicazione di parametri ottici tra i moduli FRM-20X-EC, attraverso i quali avviene l'optical by-pass.

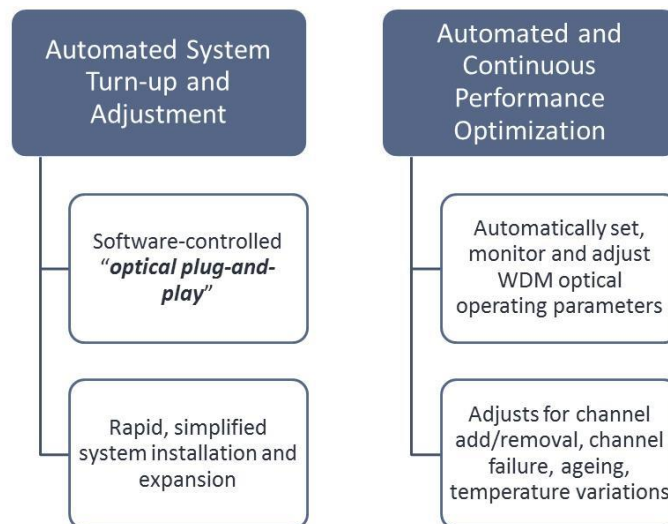


Figura 47 – Meccanismi automatici di controllo delle performance

La figura seguente illustra gli elementi principali presenti nel sistema di linea Infinera, descritti più in dettaglio nelle sezioni successive.

FlexILS Optical Building Blocks

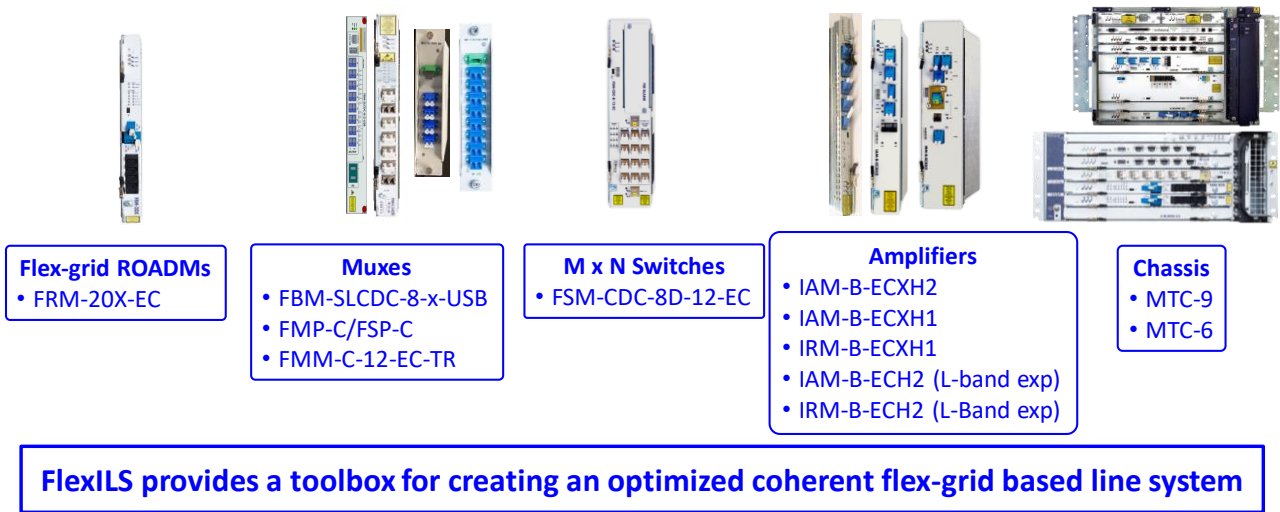


Figura 48 – Elementi che compongono il Flex ILS

3.5.1 Chassis MTC

Le schede del sistema Flex ILS sono installate nello chassis chiamato Modular Transport Chassis (MTC). Sono disponibili due tipologie di chassis:

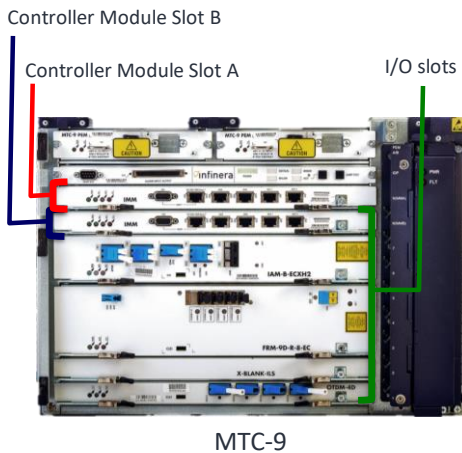
- MTC-9: Chassis 8RU che può essere installato in rack profondi 300mm;
- MTC-6: Chassis 4RU che può essere installato in rack profondi 600mm.



Figura 49 – Chassis MTC-9 e MTC-6

Su entrambi gli chassis possono essere installate tutte le schede di traffico del sistema Flex ILS. In particolare, lo chassis MTC-9 è costituito da 9 slot e può essere configurato con una scheda di controllo ridondata opzionale per cui 8 degli slot disponibili possono essere equipaggiati con schede di traffico. Lo chassis MTC-6 è costituito da 6 slot e può essere configurato con una scheda di controllo ridondata opzionale per cui 5 degli slot disponibili possono essere equipaggiati con schede di traffico.

FlexLS: Photonic Chassis (MTC-9)



- ▶ Supports all WDM photonic elements: ROADM, WDM mux, OLA and DSE
- ▶ Mix & match FRUs
 - 8 x I/O slots with one controller
 - 7 x I/O slots with redundant controller
- ▶ Small form factor
 - Width: Fits 19", 23" & 600mm racks
 - Depth: Fits 12" and 300mm racks
 - Height: 7 RU. 8 RU (with air baffle)

Figura 50 – Caratteristiche Chassis Chassis MTC-9

Lo chassis MTC-9 supporta alimentazione DC -40V/-72V in configurazione ridondata 1:1. La scheda di alimentazione supporta un carico di corrente fino a 15A e contiene sensori termici che monitorano la temperatura per proteggere i componenti interni da surriscaldamento e incendi. Inoltre, ogni PEM fornisce il monitoraggio della tensione di ingresso (ovvero tensione transitoria, sotto e sovratensione, ecc.) e soglie di allarme tramite le interfacce di gestione.

Table 4-10 MTC-9 Mechanical Specifications

Type	Parameter	Specification
Mechanical specifications	Height	12.22 inches / 310.39mm (7 RU)
	Width	17.40 inches / 441.96mm
	Depth	9.45 inches / 240.00mm
	Weight - chassis bundle (1 IMM, 2 PEMs, IOP, air filter, and fan tray)	51.6lb / 23.4kg
	Weight - fully loaded chassis	83.8lb / 38.0kg (approximately)

Tabella 11 – Caratteristiche meccaniche MTC-9

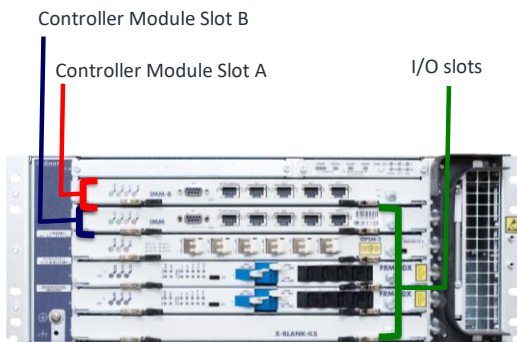
Entrambi gli chassis sono equipaggiati con schede di alimentazione ridondata.

Table 4-3 MTC-9 Technical Specifications

Type	Parameter	Specification
Electrical specifications	Power consumption	<ul style="list-style-type: none"> • Typical dissipation (at 25° C): 340W • Maximum dissipation (at 40° C): 507W
	Input voltage range	-40V DC to -72V DC (Worldwide except for Australia/New Zealand) IEC/EN/UL/CSA 60950 See Figure 4-1 on page 4-5 for detailed information regarding the input voltage operating range and thresholds
		-40V DC to -60V DC (Australia/New Zealand only) ANZ60950-1
Environmental specifications	Operating temperature range	Normal operation (including system power up): 5° C to 40° C Short term operation: -5° C to 55° C
	Storage temperature range	-40° C to 70° C
	High relative humidity	90% non-condensing

Tabella 12 – Specifiche elettriche e caratteristiche ambientali MTC-9

FlexILS: Photonic Chassis (MTC-6)



MTC-6

- ▶ Supports all WDM photonic functions ROADM, WDM mux, OLA and DSE
- ▶ Mix & match FRUs
 - 5 x I/O slots with one controller
 - 4 x I/O slots with redundant controller
- ▶ Small form factor
 - Width: Fits 19", 23" & 600mm racks
 - Depth: Fits 12" and 450mm racks
 - Height: 4 RU
 - AC & DC option available

Figura 51 – Caratteristiche Chassis Chassis MTC-6

Lo chassis MTC-6 supporta l'alimentazione in DC -40V/-72V oppure in AC 220V in configurazione ridondata 1:1. I moduli di alimentazione supportano un carico di corrente fino a 15A e contengono sensori termici che monitorano la temperatura per proteggere i componenti interni da surriscaldamento e incendi. Inoltre, ogni PEM fornisce il monitoraggio della tensione di ingresso (ovvero tensione transitoria, sotto e sovratensione, ecc.) e soglie di allarme tramite le interfacce di gestione.

Table 2-14 MTC-6 Mechanical Specifications

Type	Parameter	Specification
Mechanical specifications	Height	6.97 inches / 177.04mm (4 RU)
	Width - chassis only	17.40 inches / 441.96mm
	Width (chassis including integrated rack mounting ears)	19.00 inches / 482.60mm
	Depth	14.41 inches / 366.03mm
	Weight - chassis only	19.0lb / 8.6kg
	Weight - chassis bundle (1 IMM-B, 2 AC PEMs, 1 IOP Base, 1 fan tray, and 1 air filter)	41.2lb / 18.7kg
	Weight - chassis bundle (1 IMM-B, 2 DC PEMs, 1 IOP Base, 1 fan tray, and 1 air filter)	33.7lb / 15.3kg
	Weight - fully loaded chassis	61.6lb / 27.9kg (approximately)

Tabella 13 – Caratteristiche meccaniche MTC-6

Table 2-3 MTC-6 Technical Specifications

Type	Parameter	Specification
Electrical specifications	Power consumption	<ul style="list-style-type: none"> ■ Typical (at 25° C): 296W ■ Maximum (at 40° C): 366W ■ Maximum (at 55° C): 508W Refer to MTC-6 Power Consumption and Configuration Rules on page 2-2 for module level power consumption numbers
	Input voltage range (DC)	-40V DC to -72V DC IEC/EN/UL/CSA 60950-1 See Figure 2-1: Input Voltage Operating Range and Thresholds on page 2-4 for detailed information regarding the input voltage operating range and thresholds
	Input voltage range (AC)	100V AC to 240V AC IEC/EN/UL/CSA 60950-1
Environmental specifications	Operating temperature range	Normal operation (including system power up): 5° C to 40° C Short-term operation: -5° C to 55° C
	Storage temperature range	-40° C to 70° C
	High relative humidity	90% non-condensing

Tabella 14 – Specifiche elettriche e caratteristiche ambientali MTC-6

3.5.2 Amplificatori Coerenti FlexILS

Il Sistema Flex ILS supporta amplificatori EDFA ed amplificatori ibridi EFDA/RAMAN con amplificazione a guadagno variabile in banda C estesa (4.8THz) ed in banda L (4.8THz). Tutti i moduli di amplificazione contengono uno stadio di pre amplificazione ed uno stadio booster; inoltre hanno il canale di controllo OSC integrato. I moduli ibridi sono equipaggiati con pompe raman contro-propaganti. Gli amplificatori del Flex ILS sono ottimizzati per funzionare in reti coerenti in quanto non hanno stadio intermedio per l'inserimento dei moduli di compensazione cromatica tipici dei sistemi non coerenti.

Le schede descritte nei paragrafi seguenti sono quelle utilizzate nel progetto di rete del GARR.

3.5.2.1 IAM-B-ECXH2

IAM-B-ECXH2 è un amplificatore EDFA bidirezionale con compensazione del guadagno in tutto lo spettro in banda C estesa. Consente l’inserimento ed estrazione del canale OSC 1510nm integrato e supporta tratte con attenuazione fino a 31dB. La figura seguente descrive i blocchi funzionali del modulo IAM.

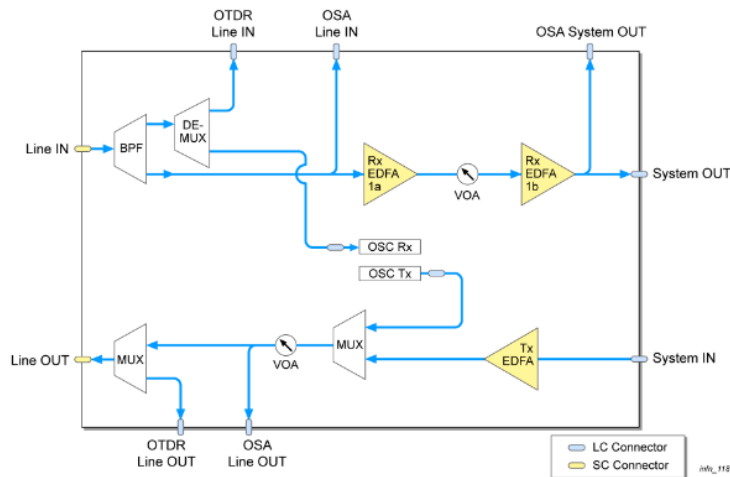


Figura 52 - Schema a blocchi IAM-B-ECXH2

La scheda è fornita con porte OSA per l'accesso esterno alle apparecchiature di misurazione di spettro e punti di accesso OTDR per il monitoraggio in servizio delle fibre Line In e Line Out.

IAM-B-ECXH2 occupa due slot negli chassis MTC-9 ed MTC-6.

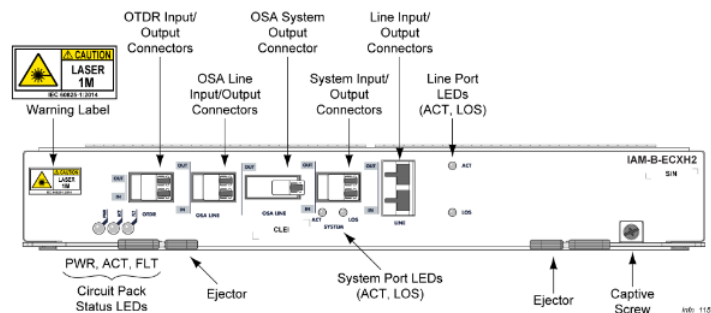


Figura 53 – IAM-B-ECXH2 Faceplate

3.5.2.2 IRM-B-ECXH1

IRM-B-ECXH1 è un amplificatore bidirezionale EDFA ibrido che include un amplificatore Raman contro propagante con compensazione del guadagno in tutto lo spettro in banda C estesa. Integra la funzione di inserimento ed estrazione del canale OSC 1510nm e supporta tratte con attenuazione fino a 35dB. La figura seguente descrive i blocchi funzionali del modulo IRM.

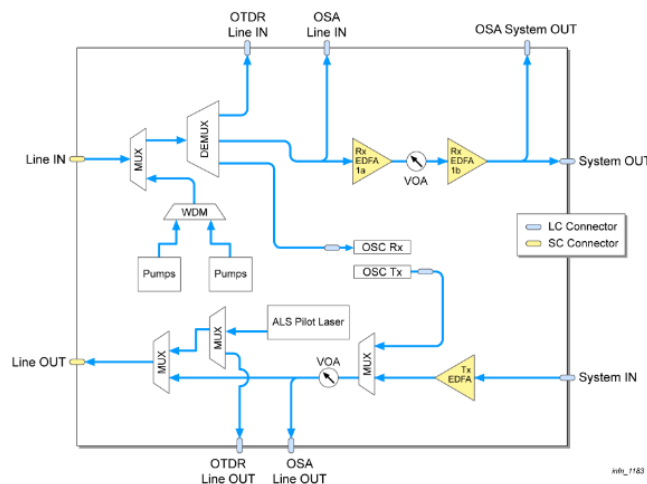


Figura 54 - Schema a blocchi IRM-B-ECXH1

IRM-B-ECXH1 funge sia da preamplificatore che da booster e supporta span fino a 35 dB. E' equipaggiato con porte OSA per l'accesso esterno agli strumenti di misurazione e punti di accesso OTDR per il monitoraggio in servizio delle fibre Line In e Line Out. IRM-B-ECXH1 occupa tre slot negli chassis MTC-9 ed MTC-6.

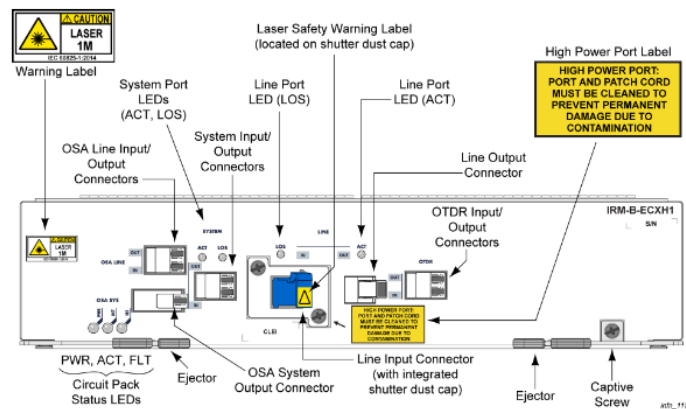


Figura 55 - IRM-B-ECXH1 Faceplate

3.5.2.3 Ulteriori amplificatori supportati

Oltre agli amplificatori descritti, utilizzati nella soluzione proposta al GARR, il Flex ILS supporta anche altre tipologie di amplificatori brevemente descritti di seguito:

- IAM-B-ECXH1: amplificatore bidirezionale EFDA in Banda C Estesa (4.8THz) per tratte fino a 25dB;
- IAM-B-ECH2: amplificatore bidirezionale EFDA in Banda C Estesa (4.8THz) con porta di espansione per la Banda L (4.8THz) per tratte fino a 28dB;
- IRM-B-ECH1: amplificatore bidirezionale ibrido EDFA e raman in banda C estesa con porta di espansione per la Banda L (4.8THz) per tratte fino a 31dB (C-Band) o 29dB (C+L-Band);
- IRM-B-ECH2: amplificatore bidirezionale ibrido EDFA e raman in banda C estesa con porta di espansione per la Banda L (4.8THz) per tratte fino a 35dB (C-Band) o 33dB (C+L-Band).

Maggiori dettagli sugli amplificatori sono riportati nel manuale tecnico R22.1_Line_Systems_Hardware_Description_Guide, contenuto nella “Documentazione Componenti della soluzione proposta”, allegata al presente documento.

3.5.3 FRM-20X-EC

Il modulo FRM-20X-EC è un modulo Twin-WSS (WSS in entrambe le direzioni add e drop) Route&Select con 20 porte, che può supportare fino a 16 direzioni. Il modulo richiede uno slot nello chassis MTC-6/9, supporta lo spettro flessibile con granularità 12.5GHz (6.25GHz hardware ready), in particolare 384 slices@12.5GHz nella Banda C-Estesa (4.8THz).

Il modulo include la funzione di amplificazione sia “pre” che “booster”, il canale OSC, porte di espansione per L-Band, porte OTDR, porte OSA e la funzione di Optical Power Monitoring per l’equalizzazione e il controllo delle lunghezze d’onda.

Il modulo FRM-20X include la funzione di Dynamic Spectrum Equalizer (DSE) che fornisce la funzionalità di “Gain Flattening” (equalizzazione) a seguito del Ripple accumulato su una lunga catena di amplificazione e di tilt control.

Il modulo FRM-20X utilizza cavi di connessione MPO e pannelli shuffle per ridurre il numero di connessioni in fibra richieste con altri moduli FlexILS e per semplificare l’operatività del nodo.

Module	Type	Degrees	C	CDC	OSA	Power Balancing	Express Config	Integrated Amp	WSS Ports	MTC-n slots
FRM-20X	Route and Select	16	✓	✓	✓	Per Channel	FSP-E	✓	20	1

Tabella 15 – Caratteristiche FRM-20X-EC

Il modulo FRM20X può essere configurato in modalità SLTE per l’interconnessione verso open cables di terze parti che mettono a disposizione porzioni di spettro accessibili mediante WSS gateway collegati al cavo sottomarino.

Il modulo FRM-20X-EC ha inoltre la porta di espansione per la L-Band. La banda L può essere aggiunta collegando il modulo FRM-20X-L alla porta di espansione del modulo in banda C.

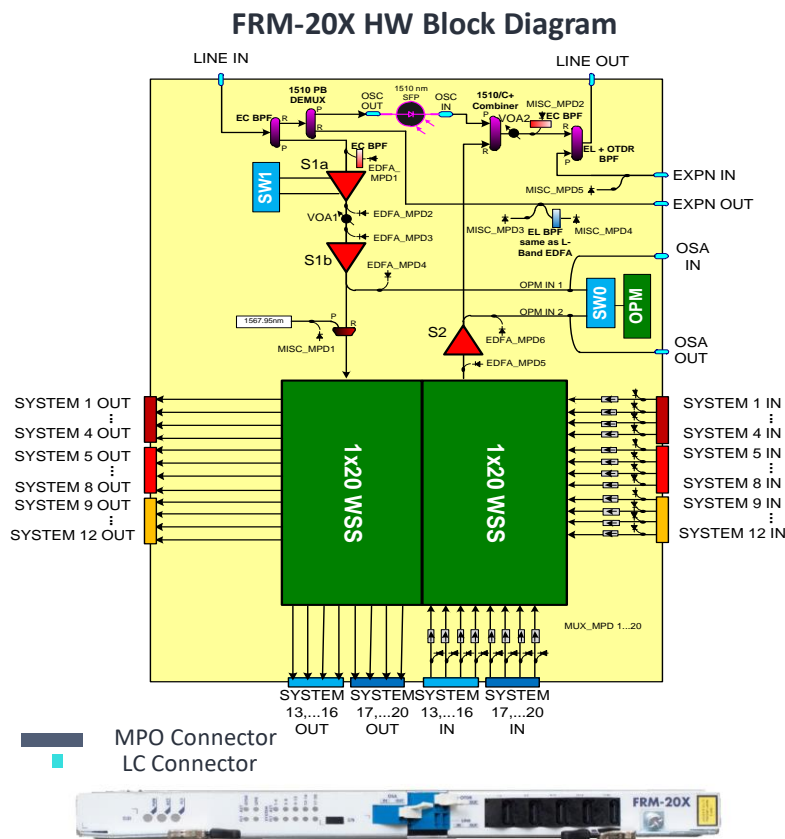


Figura 56 – Schema funzionale FRM-20X-EC

Maggiori dettagli sugli amplificatori sono riportati nel manuale tecnico R22.1_Line_Systems_Hardware_Description_Guide, contenuto nella “Documentazione Componenti della soluzione proposta”, allegata al presente documento.

3.5.4 Moduli di Add/Drop

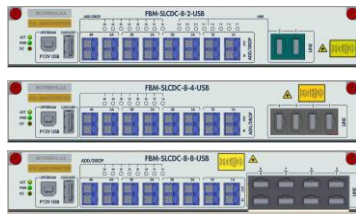
Il FlexILS ha un’architettura flessibile che consente di implementare nodi Colorless, Colorless-Directionless e Colorless-Directionless-Contentionless, con un numero ridotto di moduli e soprattutto di poter supportare configurazioni miste. In particolare, il sistema Flex ILS supporta i seguenti moduli per la realizzazione di nodi Colorless, Colorless-Directionless e Colorless-Directionless-Contentionless.

3.5.5 FBM-SLCDC-8-x-USB

I Flex Broadcast Multiplexing (FBM) sono moduli semi-attivi a basso costo per la realizzazione di configurazioni CDC. Sono disponibili 3 varianti: con 8 porte add-drop per l’add-drop dei transponder DCI e 2, 4, 8 porte di linea per il collegamento verso gli FRM-20X-EC delle direzioni del nodo. Il segnale di ingresso nei moduli FBM viene trasmesso in broadcast a tutte le porte di linea e quindi a tutti gli FRM-20X-EC collegati, quest’ultimo si occuperà della funzione Contentionless.

Nella figura seguente sono descritte le tipologie di moduli FBM disponibili.

FBM cards



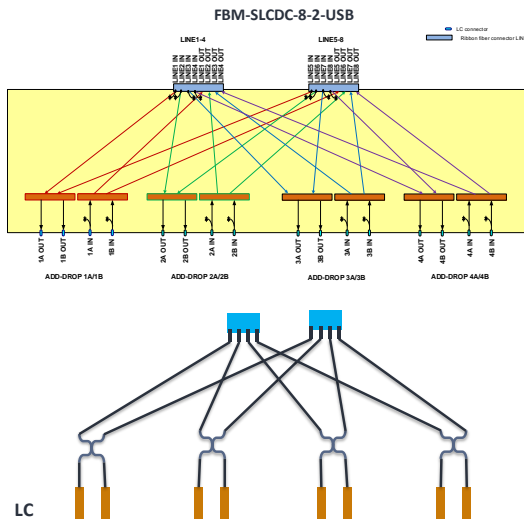
MPC-6 carrier



- ▶ Allow for sliceable cost efficient CDC routing for ICE optical engines
- ▶ Four variants
 - FBM-SLDC-8-2-USB – up to 2 degrees
 - FBM-SLDC-8-4-USB – up to 4 degrees
 - FBM-SLDC-8-8-USB – up to 8 degrees
- ▶ 8 LC ports for Line Cards
- ▶ 2 to 8 MPO ports for connection to WSS cards
- ▶ Optically passive, have MPDs for auto-discovery and power measurements
- ▶ USB connectivity to control plane
 - USB cable supplies power for MPDs and controller
- ▶ Hosted in MPC-6 passive chassis (1RU)
 - Each FBM takes half of that carrier

Figura 57 – Moduli FBM disponibili

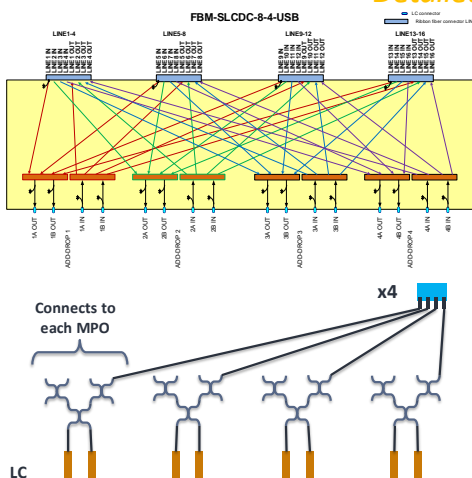
Le figure seguenti descrivono gli schemi funzionali dei moduli a 2, 4 e 8 vie.



- ▶ Contains four 2x2 power splitter/combiners
- ▶ On FRM side fibers are combined into 2 MPO ports
- ▶ On System Side fibers are connected to 8 LC-LC connectors
- ▶ Routes up to 8 Line Cards to up to 2 directions
- ▶ Supports auto-discovery

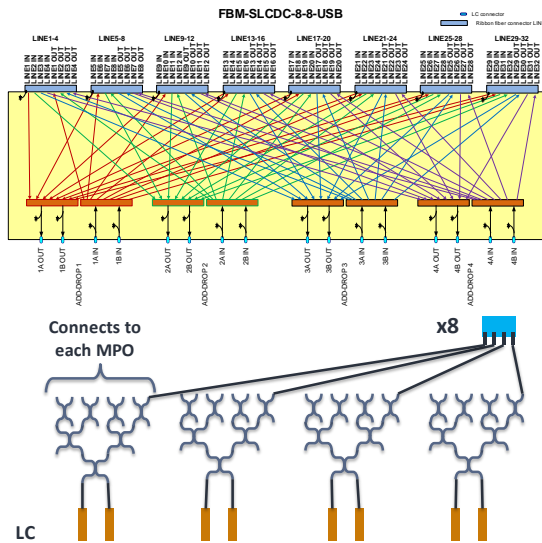
Figura 58 – Schema funzionale modulo FBM a 2 vie

Detailed diagram



- ▶ Contains four 2x4 power splitter/combiners
- ▶ On FRM side fibers are combined into 4 MPO ports
- ▶ On System Side fibers are connected to 8 LC-LC connectors
- ▶ Routes up to 8 Line Cards to up to 4 directions
- ▶ Supports auto-discovery

Figura 59 – Schema funzionale modulo FBM a 4 vie



- ▶ Contains four 2x8 power splitter/combiners
- ▶ On FRM side fibers are combined into 8 MPO ports
- ▶ On System Side fibers are connected to 8 LC-LC connectors
- ▶ Routes up to 8 Line Cards to up to 8 directions
- ▶ Supports auto-discovery

Figura 60 – Schema funzionale modulo FBM a 8 vie

La figura seguente illustra un esempio di applicazione con FBM 4 vie.

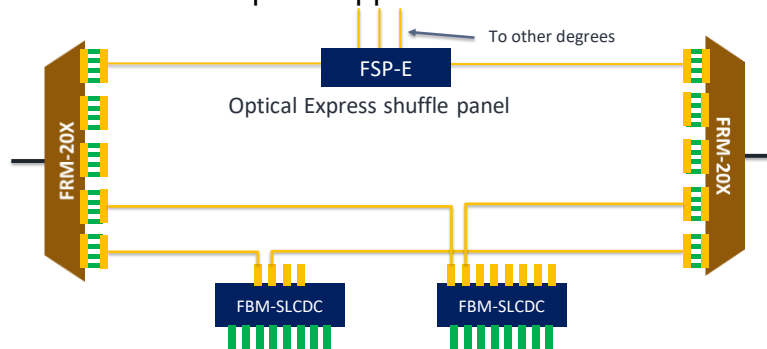


Figura 61 – Esempio di applicazione con FBM 4 vie

3.5.6 FSM-CDC-8D-12-EC: FlexROADM Switching Module (FSM) & FSM Extender Module (FSE)

Il modulo switching FlexROADM (FSM) è uno switch ottico multicast utilizzato per l'add-drop dei canali e abilita le funzionalità CDC nell'architettura flessibile ROADM del Flex ILS. FSM fornisce dodici porte locali add/drop verso i transponder DCI e supporta fino a otto direzioni. Poiché l'FSM supporta il funzionamento CDC, il numero di FSM richiesti in un nodo è dettato dal numero di canali di add-drop in un sito, indipendentemente dalla direzione del routing. Il modulo FSM ha:

- 12 porte Add-Drop;
- 4 porte di linea (il modulo di espansione FSE fornisce ulteriori 4 porte di linea);
- Un modulo switch multi-cast doppio (per le direzioni Mux e Demux) attraverso il quale fornisce la funzionalità CDC;
- Array di amplificatori EDFA a guadagno fisso sia nella direzione Mux che Demux;
- Monitoraggio/reporting delle prestazioni di potenza ottica e monitoraggio/reporting di perdita di segnale ottico (OLOS) su ciascuna porta.

La figura seguente riporta lo schema funzionale della scheda FSM.

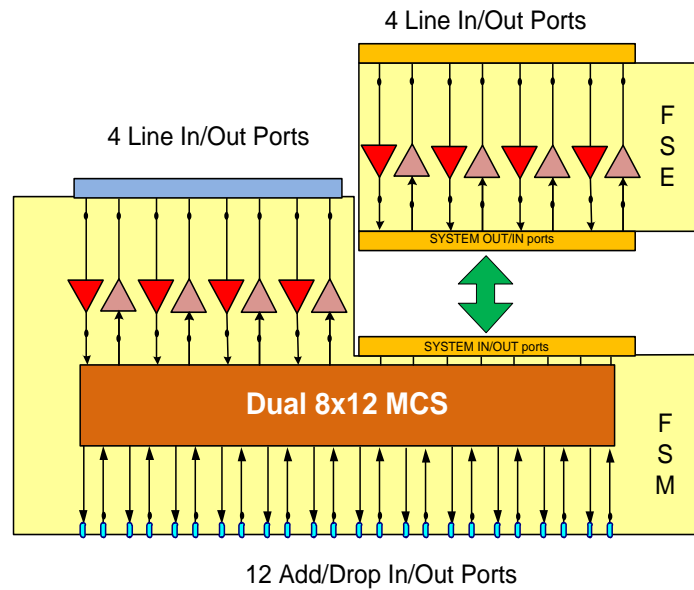


Figura 62 – Schema funzionale scheda FSM

Le porte di linea del modulo FSM si collegano a più FRM-20X tramite un cavo MPO attraverso shuffle panel passivi. Le figure seguenti descrivono alcuni esempi di configurazione per nodi a 4 direzioni con singolo Shuffle panel e doppio shuffle panel e nodo a 8 direzioni.

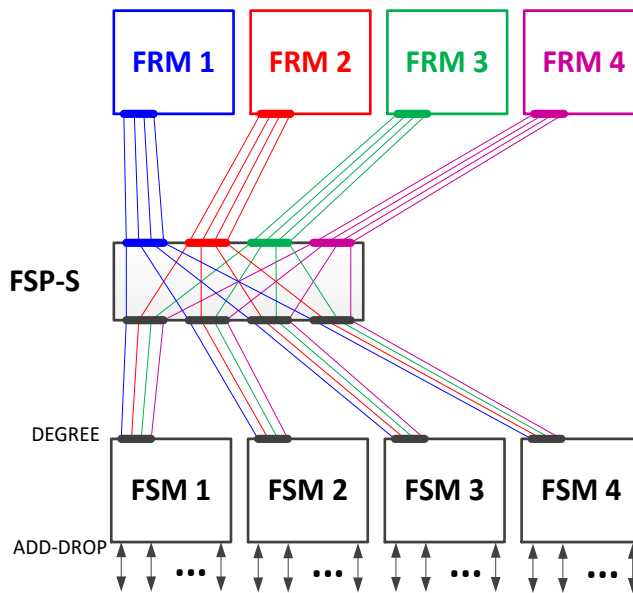


Figura 63 – Configurazione per nodi a 4 direzioni con singolo Shuffle panel

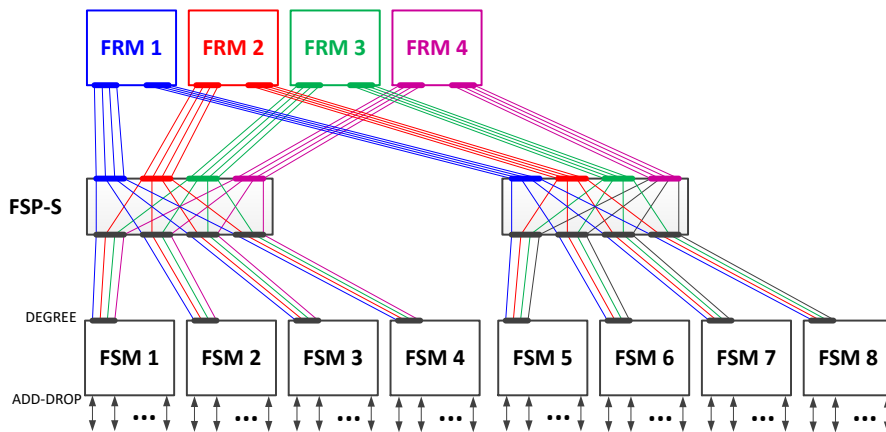


Figura 64 – Configurazione per nodi a 4 direzioni con doppio Shuffle panel

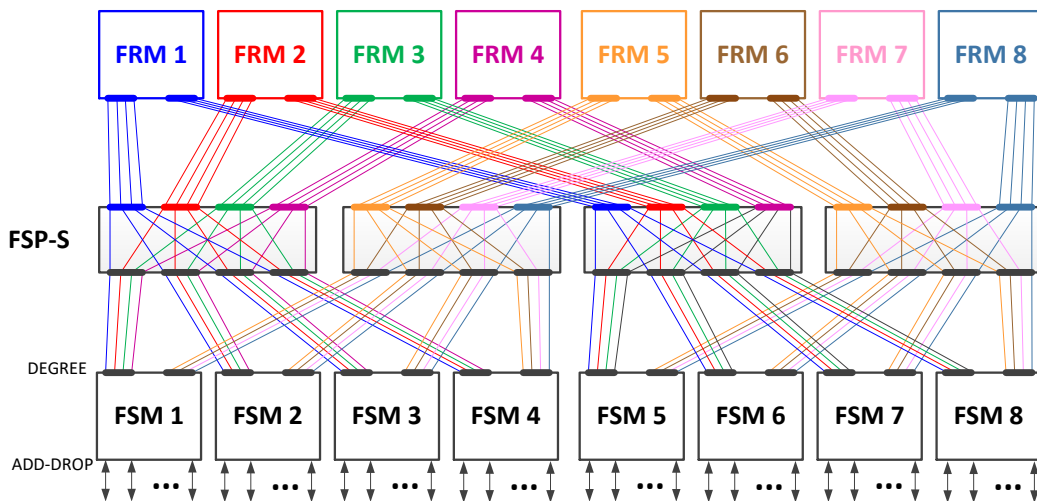


Figura 65 – Configurazione per nodi a 8 direzioni

Oltre ai moduli descritti prima, sono disponibili altri moduli Mutiplexer descritti brevemente di seguito.

3.5.6.1 FSP-C-1D-1MPO-4LC-M6

FSP-C: è un modulo Mux/demux passivo utilizzato per convertire le 4 fibre (direzioni) contenute nelle porte “SYS” del modulo FRM20X in singole porte LC, fornendo quindi 4 porte add/drop colorless. Si collega al modulo FRM-20X-EC mediante un cavo MPO.

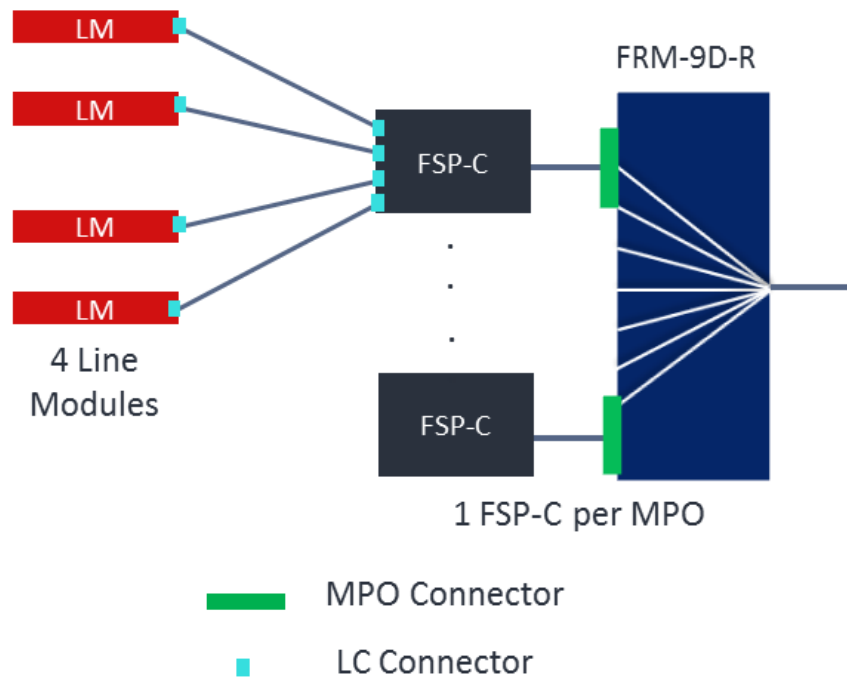


Figura 66 – Configurazione FSP-C in FlexROADM

FSP-C-1D-1MPO-4LC-M6 occupa uno slot dello chassis passivo MPC-6 da 1RU.

Maggiori dettagli su tali moduli sono riportati nel manuale tecnico R22.1_Passive_Equipment_Hardware_Description_Guide, contenuto nella “Documentazione Componenti della soluzione proposta” allegata al presente documento.

3.5.7 FMP-C-8-4-LC-MPO-M6

FMP-C: è un modulo mux/demux colorless con 8 porte add-drop per i transponder DCI. Si collega al modulo FRM-20X-EC mediante un cavo MPO.

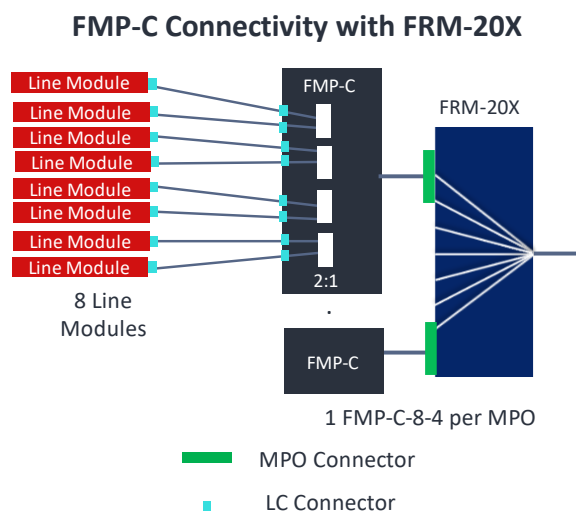


Figura 67 – Configurazione con FMP-C

3.5.8 FMM-C-12: Flex Multiplexing Module

Il modulo FMM-C12 è un modulo mux/demux colorless attivo generalmente utilizzato in cascata ai moduli FBM per aumentare le porte di add-drop verso i moduli transponder DCI. Il modulo occupa uno slot negli chassis MTC6/9 e supporta 12 porte add-drop, ha lo stadio di amplificazione integrato sia in trasmissione che in ricezione e porte OSA integrate. Il modulo è costituito da un power combiner 1x12 in direzione Mux e da uno splitter 1x12 in direzione demux.

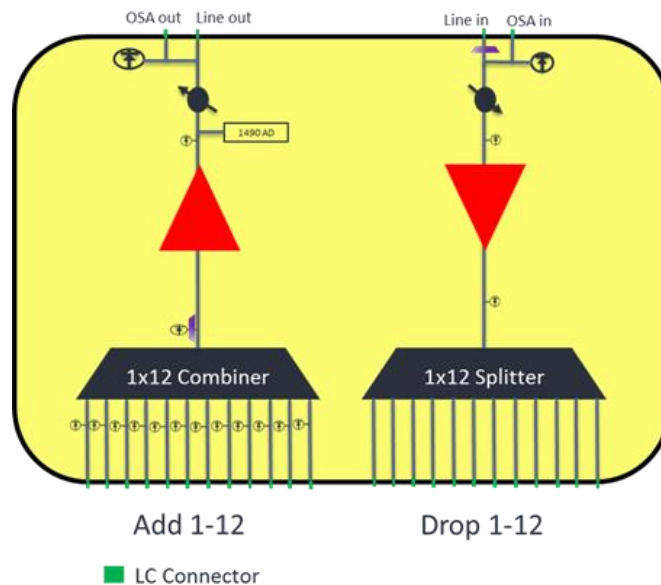


Figura 68 – Diagramma a blocchi FMM-C-12

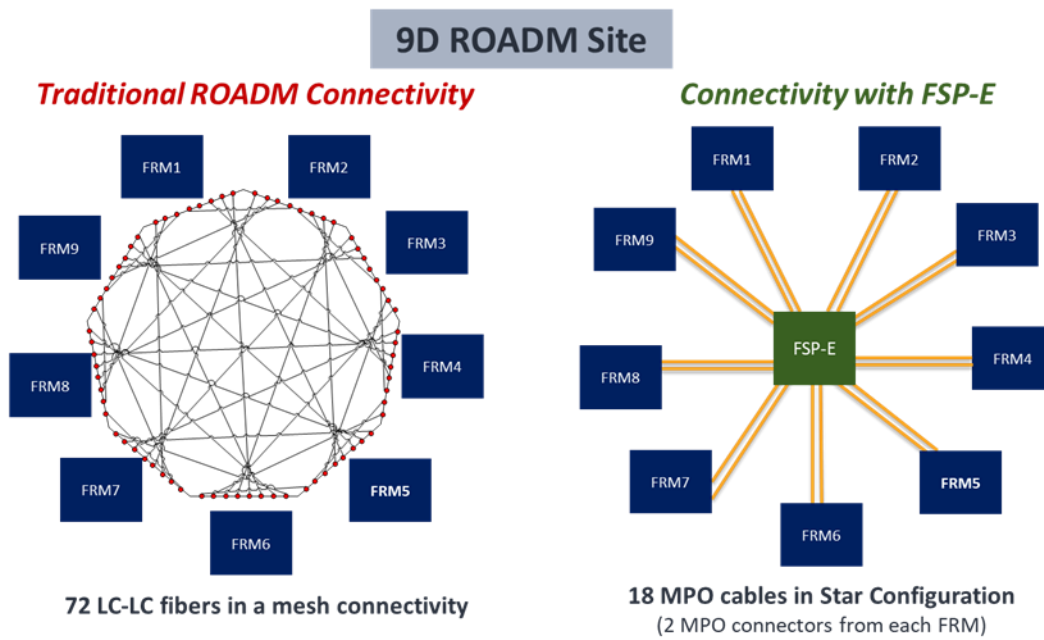
3.5.9 Shuffle Panel

Il sistema di Linea Flex ILS utilizza Shuffle Panel passivi che consentono di ridurre il numero di interconnessioni tra i moduli attivi, semplificando l'installazione e l'operatività del nodo. I moduli shuffle utilizzano cavi MPO per il collegamento verso i moduli attivi.

Di seguito vengono descritti gli shuffle panel utilizzati nella soluzione di rete GARR.

3.5.9.1 FSP-E-9D-18MPO

FSP-E-9D-18MPO è un pannello di distribuzione delle fibre ottiche passivo progettato per instradare il traffico espresso proveniente da ogni FRM-20X verso le altre direzioni. Invece di collegare una maglia di fibre tra i diversi FRM20X, le porte MPO di ciascun FRM20X sono collegati al FSP-E, che riorganizza le singole fibre all'interno degli MPO di ogni FRM20X per collegarle tra loro nella rete magliata completa necessaria per permettere l'instradamento espresso any-to-any.



Less Install Time, Less Prone to Errors

Figura 69 - FSP-E Vs approccio full-mesh

Il vantaggio principale dell'utilizzo di FSP-E è la facilità d'uso; le 72 connessioni in fibra mesh tra FRM-20X per la connettività express sono ridotte a 18 connessioni in fibra in configurazione a stella attraverso il FSP-E. Ciò porta a una significativa riduzione del tempo per l'installazione e ad una più rapida risoluzione dei problemi.



Figura 70 – Modulo FSP-E

FSP-E è un modulo passivo e si adatta a 1RU.

3.5.9.2 FSP-S-4D-8MPO

FSP-S-4D-8MPO è utilizzato nella configurazione CDC ROADM per la connettività tra FRM-20X e FSM. FSP-S è progettato in modo modulare, con ogni FSP-S che supporta:

- un MPO (4 coppie di fibre) fino ad un massimo di 4 FRM-20X
- un MPO (4 coppie di fibre) fino ad un massimo di 4 FSM.

Due FSP-S vengono utilizzati se sono necessari più di 4 direzioni o più di 4 FSM. Quattro FSP-S vengono utilizzati se sono necessari più di 4 direzioni e più di 4 FSM

Gli scenari di implementazione di FSP-S possono essere mostrati nelle figure seguenti.



- 1 MPO from each FRM gets connected to FSP-S
- 1 MPO from each FSM gets connected to FSP-S

Figura 71 – ROADM CDC a 4 direzioni con 4 FSM

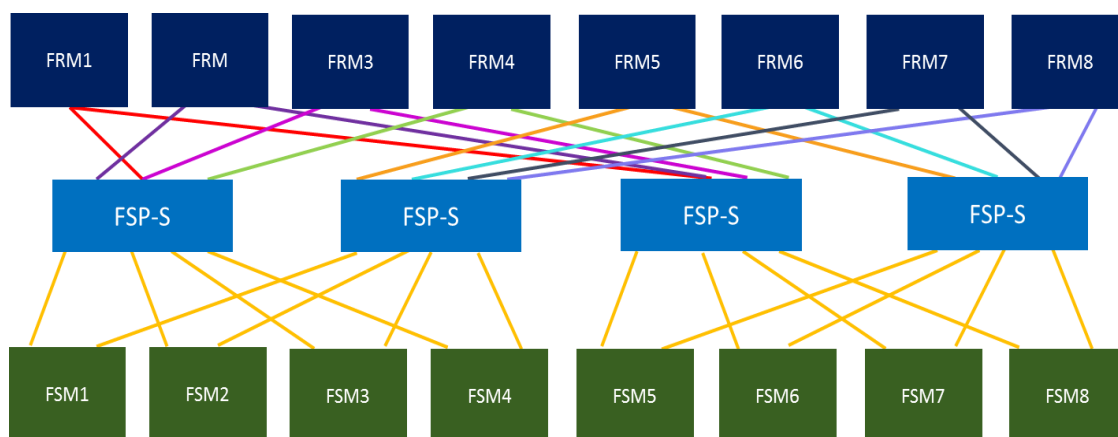


Figura 72 - ROADM CDC a 8 direzioni con 8 FSM

FSP-S è un modulo passivo e si possono equipaggiare fino a 2 moduli in uno chassis FPC-1 da 1 RU.

Sono inoltre disponibili altri moduli passivi, non utilizzati nella presente proposta di rete, descritti brevemente di seguito;

3.5.9.3 Ulteriori moduli passivi

FSP-CE-2MPO: modulo utilizzato per l'espansione di porte Add-Drop mediante aggiunta di ulteriori FRM-20X in cascata.

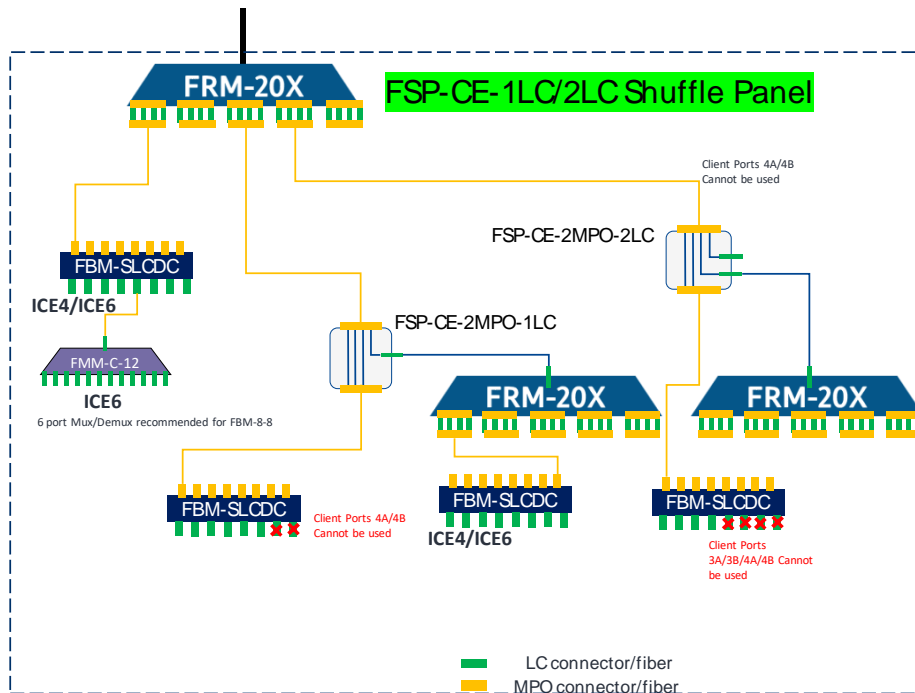


Figura 73 - Configurazione Cascaded FRM-20X

FSP-E-5D-5MPO: shuffle panel per optical by-pass fino a 5 direzioni.
 FSP-EE-9D-13MPO: shuffle panel per optical by-pass fino a 13 direzioni.

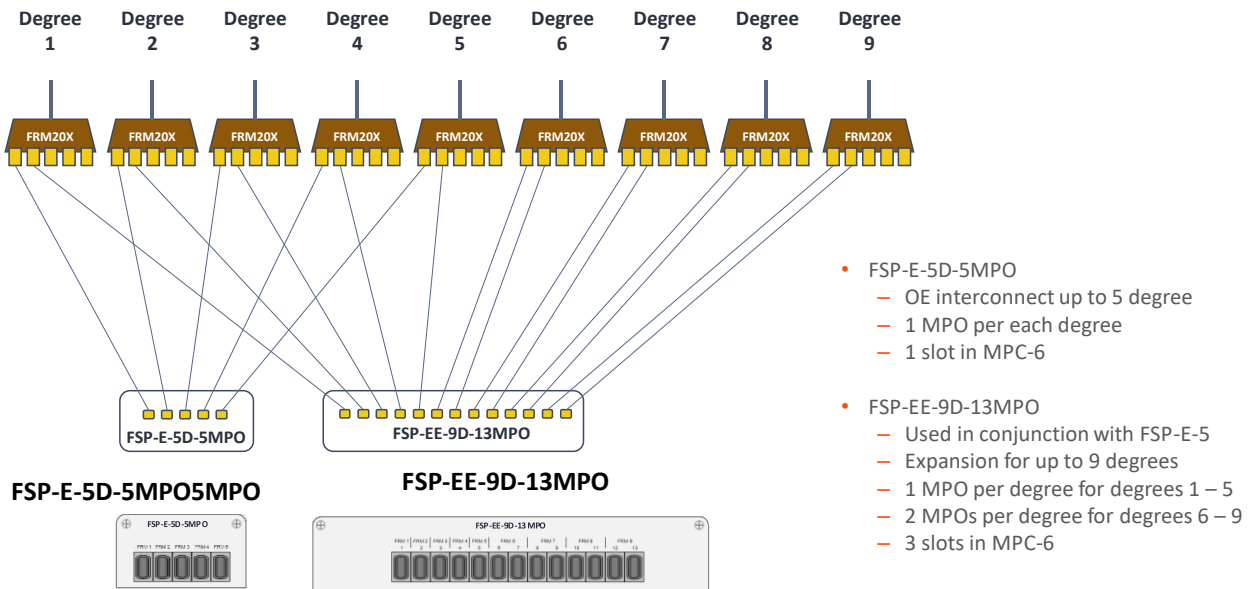


Figura 74 - Optical Express Shuffle Panel

Maggiori dettagli sono riportati nel manuale tecnico R22.1_Passive_Equipment_Hardware_Description_Guide, contenuto nella “Documentazione Componenti della soluzione proposta”, Allegata al presente documento.

3.5.10 Modulo OTDR

Il sistema Flex ILS supporta un modulo OTDR integrato denominato OTDM-4D-L. Questo modulo occupa uno slot nello chassis MTC-6/9 e fornisce 4 porte con funzionalità OTDR per il monitoraggio di 4 fibre. Il modulo può essere installato insieme alle schede di amplificazione IAM/IRM oppure al modulo FRM-20X-EC.

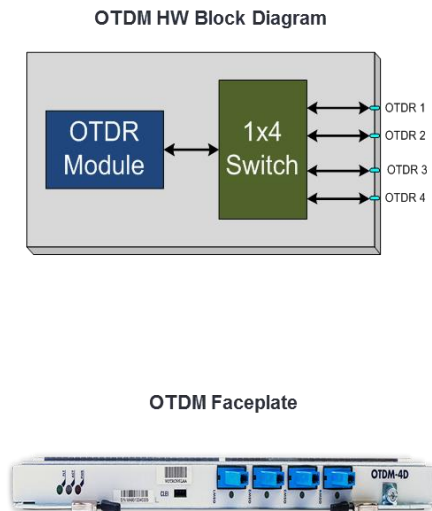


Figura 75 - OTDM-4D-L

Il modulo OTDM-4D-L consente misurazioni senza interruzione e con interruzione di traffico come descritto nelle seguenti tabelle.

Parameters	Pulse Width = 20 μ s	Pulse Width = 100ns
Event dead-zone (Km)	3	No near-end dead-zone
Out-of-service reach (Km)	≥ 110	≥ 22 km
In-service reach (Km)	≥ 90	≥ 6 km
Resolution up to (m)	3000	15

Tabella 16 – Parametri OTDM-4D-L

OTDM distance, resolution and pulse Width Settings

OTDM preferred sampling resolution, distance and pulse width setting table

Pulse width (ns)	Distance range (km)									
	0.5	1	2	5	10	20	40	80	160	260
5	16cm	16cm	16cm	32cm	32cm	64cm	64cm			
10	32cm	32cm	32cm	64cm	64cm	125cm	125cm	125cm		
30		64cm	64cm	64cm	64cm	125cm	125cm	125cm		
100		125cm	125cm	125cm	250cm	250cm	250cm	250cm		
300				250cm	250cm	5m	5m	5m	5m	5m
1000				5m	5m	10m	10m	10m	10m	10m
3000						10m	10m	20m	20m	20m
10000							40m	40m	80m	80m
20000							40m	40m	80m	80m

Tabella 17 – Range di funzionamento del OTDM (distanza, risoluzione, impulso)

Di seguito alcuni esempi di configurazione:

- Nodo ILA

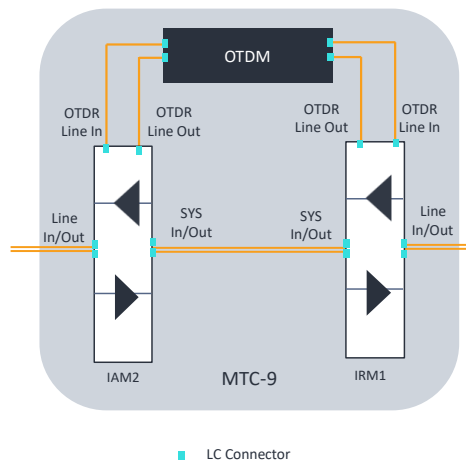
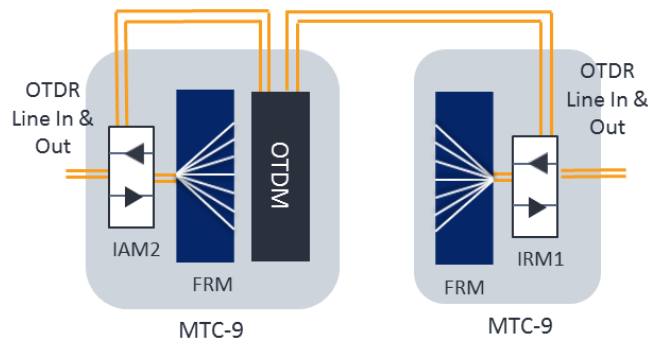


Figura 76 – Configurazione OTDM nei nodi ILA

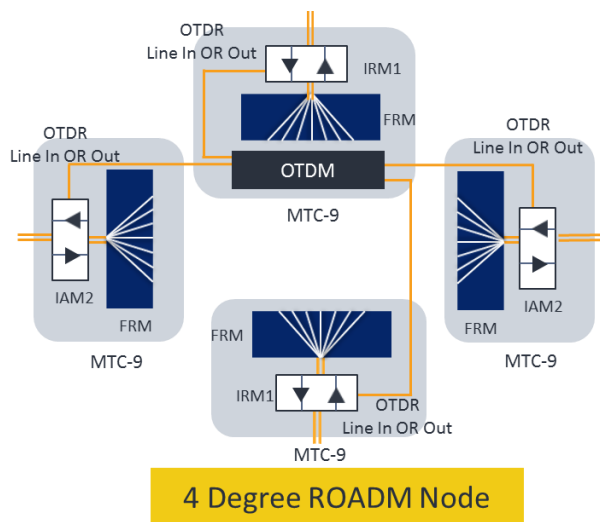
- Nodo 2-direzioni



2 Degree ROADM Node

Figura 77 – Configurazione OTDM in nodi a 2 vie

- Nodo 4 direzioni



4 Degree ROADM Node

Figura 78 – Configurazione OTDM in nodi a 4 vie

Il modulo OTDM-4D-L consente misurazione sia in banda C-estesa sia in banda L grazie all'utilizzo della lunghezza d'onda 1625nm più adatta a questo tipo di misurazioni, come descritto nella seguente figura.

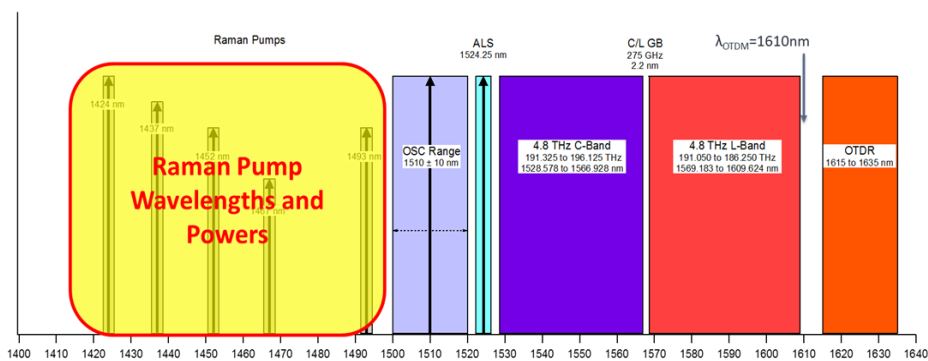


Figura 79 – Fibre Spectrum Usage with OTDR

3.5.11 Esempi di configurazioni di ROADM

Tutti i moduli Mux/Demux possono essere utilizzati insieme all'interno di un nodo ROADM, di seguito una figura che riassume le opzioni di muxing descritte precedentemente.

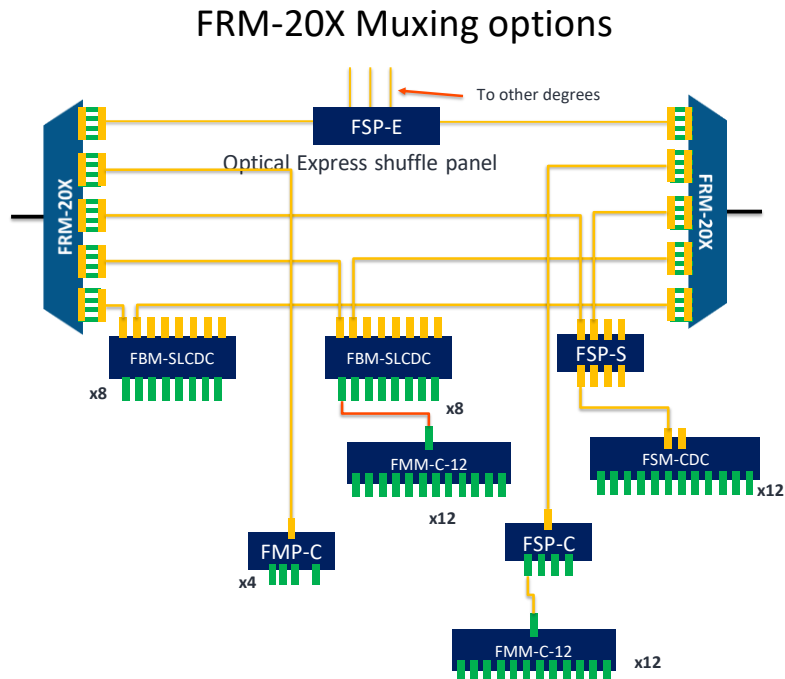


Figura 80 – Opzioni Muxing FRWM-20X

3.5.12 Configurazione Nodo ILA

I moduli di amplificazione IAM ed IRM sono moduli bidirezionali per cui ne sono necessari due per realizzare un amplificatore di linea, come descritto nella seguente figura.

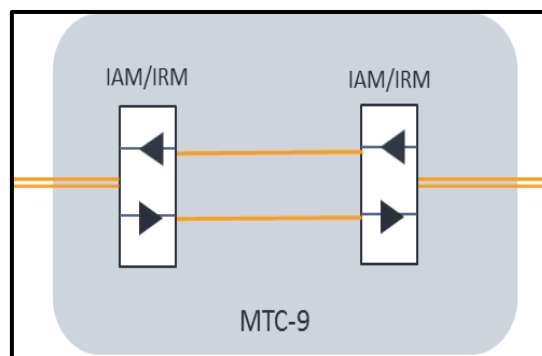


Figura 81 – Coppia di amplificatori in un ILA

4. DESCRIZIONE DELL'ARCHITETTURA DI RETE

La soluzione di rete proposta da TIM si basa sulla piattaforma Infinera Flex ILS e GX consentendo ai nodi e collegamenti inclusi nel Lotto 1 e Lotto 2 di integrarsi con i nodi e collegamenti della rete GARR-T esistente in un unico dominio fotonico e di controllo e gestione così da realizzare una rete unitaria a livello nazionale. L'architettura di rete Flex ILS è progettata per consentire la realizzazione di percorsi completamente ottici tra qualsiasi coppia di nodi del disegno di rete (inclusi i link sottomarini), senza rigenerazione a meno delle performance dei transponder.

In particolare, la soluzione di rete proposta da TIM è basata su:

- Infinera Open Flex Line System (ILS) Rel.22.1 per la trasmissione/amplificazione di segnali coerenti nella griglia di frequenze Flex Grid ITU-T G.694.1 della banda C-Estesa (4.8THz) equipaggiato con:
 - ROADM 20 porte
 - Amplificatori EDFA e ibridi EDFA/Raman
 - Architettura flessibile Colorless-Directionless "CD"
 - Modulo OTDR integrato per il monitoraggio delle fibre
 - Chassis fotonico MTC-6 nei nodi ROADM e MTC-9 nei nodi ILA
 - Open API
- Infinera G30 Platform FP4.5, piattaforma Xponder disaggregata compatta e modulare per la trasmissione di segnali coerenti fino a 600Gb/s equipaggiato con:
 - Transponder CHM1 per il trasporto di canali 100G/200G
 - Transponder CHM2T per il trasporto di canali da 300G a 600G
 - Sistema di linea EDFA per le connessioni ai nodi H4
- Infinera G42 Platform FP6.1, piattaforma Xponder disaggregata compatta e modulare per la trasmissione di segnali coerenti fino a 800Gb/s equipaggiato con:
 - Transponder CHM6-C6 per il trasporto di client 400GbE su canali da 300G a 800G su percorsi lungo tratte terrestri
 - Transponder CHM6S-C14 per il trasporto di client 400GbE su canali da 300G a 800G su percorsi lungo tratte miste terrestri/sottomarine
- Licenze di espansione per accogliere i nuovi nodi di rete sul Sistema di Gestione Infinera TNMS rel19.10.3: sistema di gestione unico della soluzione, equipaggiato con tutti i tool necessari per Gestione Allarmi, Configurazione, Provisioning, Performance Management e Troubleshooting
- Licenze di espansione per accogliere i nuovi nodi di rete sul Transcend Transport Controller rel.5.10: controller SDN per l'automazione e l'integrazione multi-vendor, multi-layer

Relativamente al numero e tipologia di Nodi, la soluzione Infinera per il Lotto 2 consiste di:

- Direzione FlexILS MTC-6 di espansione su 5 nodi GARR-T esistenti
- 14 Nodi FlexILS ROADM con chasis MTC-6
- 29 Nodi FlexILS ILA con chasis MTC-9
- 9 Nodi H4 G30

La seguente figura descrive l'architettura di rete Infinera del Lotto 2.

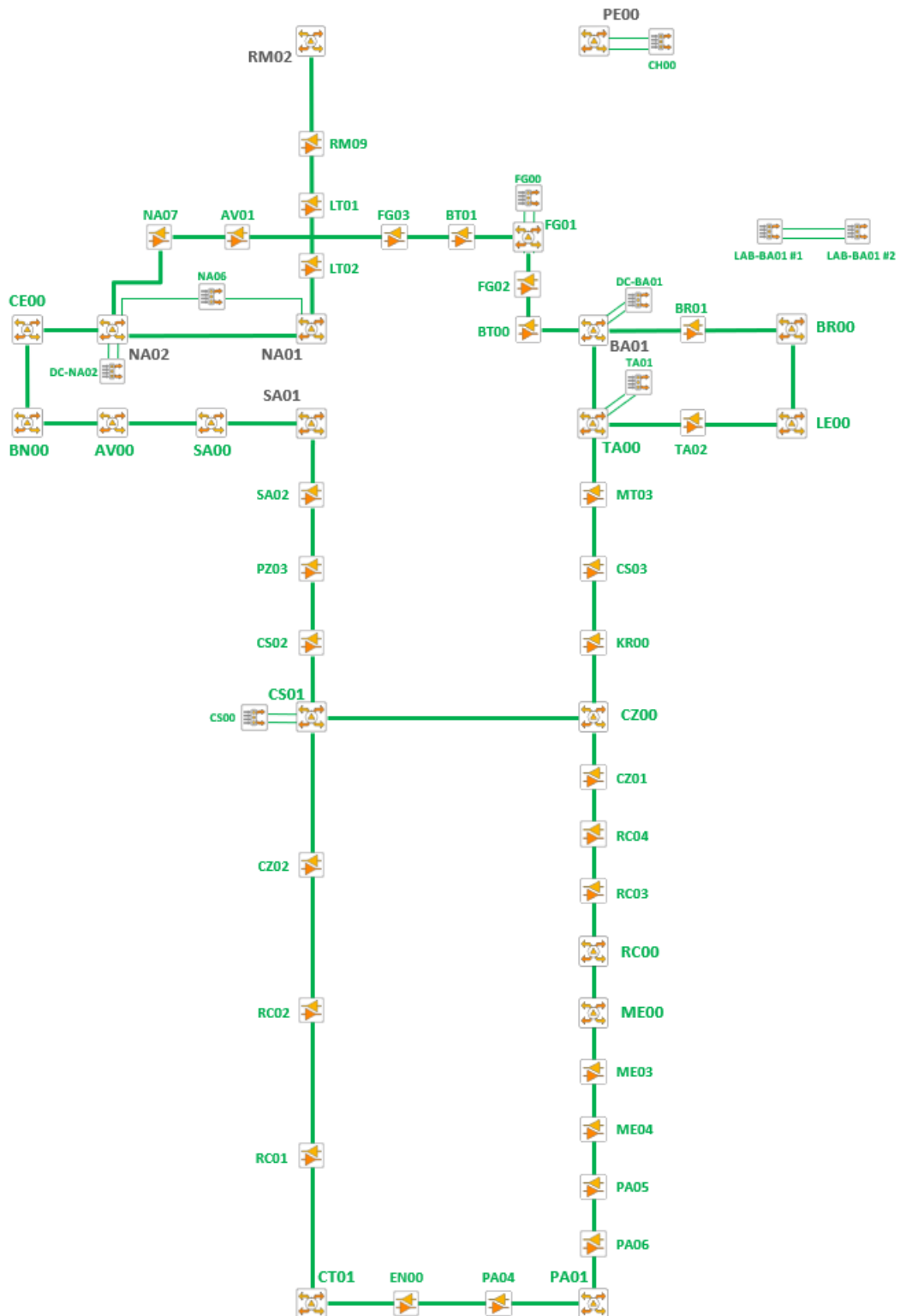


Figura 82 – Infinera – Network Diagram Lotto 2

Nella figura, per semplicità, sono riportati solamente i nodi ROADM e gli amplificatori di Linea.

I Moduli inclusi nella piattaforma Flex ILS possono inoltre essere adattati sia ad applicazioni terrestri sia in ambito sottomarino, consentendo la realizzazione di soluzioni end-to-end fotoniche senza rigenerazioni intermedie

I Nodi ROADM sono costruiti realizzando un'architettura C, CD e CDC flessibile, dove è possibile utilizzare configurazioni miste ed evolvere in termini di funzionalità, garantendo comunque la continuità di servizio nel passaggio da configurazioni "C" a configurazioni più complesse (CD/CDC) senza impatto sul traffico di produzione. I nodi ROADM, come descritto nei prossimi paragrafi, sono inoltre tutti equipaggiati con modulo ROADM 20 porte e shuffle panel per la realizzazione di optical by-pass fino a 9 direzioni; questo consente di introdurre una direzione a qualsiasi nodo mediante l'aggiunta della connessione MPO tra la nuova direzione e lo shuffle panel.

I nodi ROADM sono equipaggiati, in funzione della matrice di traffico, con chassis G30 con moduli CHM1/CHM2T e G42 con moduli CHM6 con interfacce coerenti, configurabili via software in modulazione, bit, rate, baud rate, frequenza centrale e FEC, come descritto nei paragrafi successivi.

Tutti i nodi e link aggiuntivi saranno integrati e gestiti dal TNMS e SDN Controller esistenti che attualmente gestiscono la rete GARR-T.

Il TNMS è il sistema di gestione basato su un'architettura carrier class scalabile e robusta, basata sugli standard ITU-T TMN e Telcordia ed integra le funzioni OAMP sia a livello nodale che a livello di rete in un unico ambiente centralizzato.

Il Transcend Transport Controller è la piattaforma software che consente l'interazione tramite interfacce aperte programmabili tra la rete di trasporto Infinera e l'ambiente SDN esterno.

4.1 DIMENSIONAMENTO DEI LINK DWDM (LINK ENGINEERING)

Come anticipato nel paragrafo precedente, il dimensionamento dei link DWDM tiene conto di una soluzione basata su un unico dominio fotonico, dove sia possibile realizzare connessioni ottiche tra qualunque nodo di rete senza dover rigenerare.

Nella progettazione di una rete Flex Grid complessa come quella della rete GARR è fondamentale trovare il giusto compromesso tra la massima capacità teorica realizzabile su ciascun link e la capacità reale disponibile. Quest'ultima è funzione delle relazioni di traffico richieste che determinano la scelta del dimensionamento delle lunghezze d'onda in termini di bit rate, baud rate e spaziatura dei canali.

Ad esempio, è possibile disegnare tutti i link di rete tra nodi adiacenti con lunghezze d'onda 500Gb/s 100GHz che garantiscono 24Tb/s di capacità totale. In realtà questa capacità deve tenere conto delle lunghezze d'onda che possono transitare per raggiungere nodi ROADM non adiacenti (ad esempio 400Gb/s 100GHz), per cui la capacità effettiva potrebbe ridursi a 19.2Tb/s.

In generale, non è possibile definire un unico dimensionamento di rete in quanto la gestione dello spettro flessibile consente di dimensionare ciascuna tratta/relazione di traffico in modo indipendente. La progettazione del Link Engineering è stata realizzata per massimizzare l'efficienza spettrale a favore quindi di ridurre il più possibile la spaziatura tra i canali e aumentare il bit rate delle lunghezze d'onda utilizzato sia per il trasporto dei flussi previsti nella matrice di traffico del GARR ma anche per quelli temporaneamente presenti sull'attuale rete GARR-X Progress e per quelli che potrebbero presentarsi in futuro. Il progetto prevede inoltre 3dB di margine per ciascuno span, come richiesto nei requisiti vincolanti del capitolato tecnico.

Le lunghezze d'onda utilizzate sono:

- 200Gb/s per tutte le relazioni della matrice traffico GARR nel caso CHM1
- 300Gb/s per tutte le relazioni della matrice di traffico GARR nel caso CHM2T
- 400Gbs-600Gb/s per tutte le relazioni della matrice di traffico GARR nel caso CHM6
- Da 600Gb/s fino a 800Gb/s mediante scheda CHM6 tra due nodi ROADM adiacenti
- Da 400Gb/s fino a 500Gb/s mediante scheda CHM2T tra due nodi ROADM adiacenti
- 200Gb/s mediante scheda CHM1 tra due nodi ROADM adiacenti

La tabella seguente fornisce i risultati dell'analisi con il margine OSNR fine vita per i servizi del Lotto 2.

ID_flusso	ID_client	SRC	DST	payload	SERVICE PATH						Estimated OSNR maglinn
					path - traversed nodes	path - distance (km)	carrier_channel	carrier_modulation	carrier_freq_width	carrier_baudrate	
f100	f100c1	BA01	NA01	400GE	BA01---FG01---NA02---NA01	519.7	400	Hybrid PCS	100	84	4.69
f101	f101c1	NA01	CT01	400GE	CT01---CS01---SA01---NA01	735.9	400	Hybrid PCS	112.5	96	2.59
f102	f102c1	PA01	CT01	400GE	CT01---SR00---RG00---AG00---TP01---TP00---PA01	698.83	400	Hybrid PCS	112.5	96	1.65
f103	f103c1	BA01	PA01	400GE	BA01---TA00---CZ00---RC00---ME00---PA01	1016.5	400	Hybrid PCS	112.5	96	1.51
f104	f104c1	BA01	BO01	400GE	BO01---AN01---PE00---BA01	848.3	400	Hybrid PCS	100	84	2.96
f105	f105c1	NA01	RM02	400GE	NA01---RM02	305.99	500	Hybrid PCS	112.5	91	2.91
f106	f106c1	BA01	NA01	400GE	BA01---MT01---PZ01---SA01---NA01	450.3	600	Hybrid PCS	112.5	96	1.49
f107	f107c1	NA01	BA01	400GE	BA01---MT01---PZ01---SA01---NA01	450.3	600	Hybrid PCS	112.5	96	1.49
f110	f110c1	BA01	NA01	400GE	BA01---MT01---PZ01---SA01---NA01	450.3	600	Hybrid PCS	112.5	96	1.49
f111	f111c1	BA01	NA01	400GE	BA01---MT01---PZ01---SA01---NA01	450.3	600	Hybrid PCS	112.5	96	1.49
f112	f112c1	NA01	BA01	400GE	BA01---MT01---PZ01---SA01---NA01	450.3	600	Hybrid PCS	112.5	96	1.49
f113	f113c1	PA01	CT01	100GE	CT01---PA01	272.7	500	Hybrid PCS	112.5	91	3.54
f114	f114c1	CT01	PA01	400GE	CT01---PA01	272.7	500	Hybrid PCS	112.5	91	3.54
f115	f115c1	NA02	NA01	400GE	NA01---NA02	15	800	Hybrid PCS	112.5	96	3.99
f116	f116c1	NA02	BA01	400GE	BA01---FG01---NA02	504.7	400	Hybrid PCS	100	84	5.01
f117	f117c1	NA06	NA01	100GE	NA06---NA01	61.46	200	16QAM	50	33	11.88
f118	f118c1	NA06	BA01	100GE	NA06---NA02---FG01---BA01	523.12	300	SP16QAM	100	69	4.64
f119	f119c1	SA00	NA01	400GE	SA00---AV00---BN00---CE00---NA02---NA01	276.89	600	Hybrid PCS	112.5	96	0.62
f120	f120c1	SA00	BA01	400GE	SA00---SA01---PZ01---MT01---BA01	368.6	600	Hybrid PCS	112.5	96	2.36
f121	f121c1	AV00	NA01	100GE	AV00---SA00---SA01---NA01	154.1	200	16QAM	50	33	5.22
f122	f122c1	AV00	NA02	100GE	AV00---BN00---CE00---NA02	219.49	200	16QAM	50	33	1.25
f123	f123c1	BN00	NA01	100GE	BN00---AV00---SA00---SA01---NA01	225.43	200	16QAM	50	33	3.13
f124	f124c1	BN00	NA02	100GE	BN00---CE00---NA02	148.16	200	16QAM	50	33	2.70
f125	f125c1	CE00	NA01	100GE	CE00---BN00---AV00---SA00---SA01---NA01	299.38	200	16QAM	75	33	2.00
f126	f126c1	CE00	NA02	100GE	CE00---NA02	74.21	200	16QAM	50	33	7.68
f127	f127c1	ME00	BA01	100GE	BA01---TA00---CZ00---RC00---ME00	695.9	200	QPSK	75	63	4.49
f128	f128c1	ME00	PA01	100GE	ME00---PA01	320.6	200	16QAM	75	33	3.49
f129	f129c1	LE00	BA01	100GE	BA01---BR00---LE00	189	200	16QAM	50	33	4.86
f129	f129c2	LE00	BA01	100GE	BA01---BR00---LE00	189	200	16QAM	50	33	4.86
f130	f130c1	LE00	NA01	100GE	LE00---TA00---CZ00---CS01---SA01---NA01	921.1	200	QPSK	75	63	3.31
f130	f130c2	LE00	NA01	100GE	LE00---TA00---CZ00---CS01---SA01---NA01	921.1	200	QPSK	75	63	3.31
f131	f131c1	BR00	BA01	100GE	BA01---BR00	130	200	16QAM	50	33	6.27
f131	f131c2	BR00	BA01	100GE	BA01---BR00	130	200	16QAM	50	33	6.27
f132	f132c1	BR00	NA01	100GE	BR00---LE00---TA00---CZ00---CS01---SA01---NA01	980.1	200	QPSK	75	63	2.89
f132	f132c2	BR00	NA01	100GE	BR00---LE00---TA00---CZ00---CS01---SA01---NA01	980.1	200	QPSK	75	63	2.89
f133	f133c1	TA01	BA01	100GE	TA01---TA00---BA01	107.56	200	16QAM	50	33	3.14
f133	f133c2	TA01	BA01	100GE	TA01---TA00---BA01	107.56	200	16QAM	50	33	3.14
f134	f134c1	TA01	NA01	100GE	TA01---TA00---CZ00---CS01---SA01---NA01	825.66	200	QPSK	75	63	3.86
f134	f134c2	TA01	NA01	100GE	TA01---TA00---CZ00---CS01---SA01---NA01	825.66	200	QPSK	75	63	3.86
f135	f135c1	FG00	BA01	100GE	FG00---FG01---BA01	190.25	200	16QAM	50	33	6.04
f136	f136c1	FG00	NA01	100GE	FG00---FG01---NA02---NA01	337.75	300	SP16QAM	75	63	3.22
f137	f137c1	PZ00	BA01	100GE	PZ00---PZ01---MT01---BA01	301.6	200	16QAM	50	33	4.12
f138	f138c1	PZ00	NA01	100GE	PZ00---PZ01---SA01---NA01	268.7	200	16QAM	50	33	3.48
f139	f139c1	RC00	PA01	100GE	PA01---ME00---RC00	350.6	300	SP16QAM	75	63	3.12
f140	f140c1	RC00	BA01	100GE	BA01---TA00---CZ00---RC00	665.9	300	SP16QAM	100	69	1.80
f141	f141c1	CZ00	PA01	100GE	CZ00---RC00---ME00---PA01	596	300	SP16QAM	100	69	2.89
f142	f142c1	CZ00	BA01	100GE	BA01---TA00---CZ00	420.5	200	16QAM	75	33	1.51
f143	f143c1	CS00	NA01	100GE	CS00---CS01---SA01---NA01	388.55	300	SP16QAM	87.5	69	3.88
f144	f144c1	CS00	BA01	100GE	CS00---CS01---CZ00---TA00---BA01	525.67	300	SP16QAM	87.5	69	1.86
f165	f165c1	AQ04	BO01	100GE	AQ04---AQ05---TE00---PE00---AN01---BO01	599.76	300	SP16QAM	75	63	1.10
f166	f166c1	AQ04	RM02	100GE	AQ04---AQ00---RM02	182.88	200	16QAM	50	33	7.67
f167	f167c1	AQ05	BO01	100GE	AQ05---TE00---PE00---AN01---BO01	591.63	300	SP16QAM	75	63	1.65
f168	f168c1	AQ05	RM02	100GE	AQ05---AQ04---AQ00---RM02	191.01	200	16QAM	50	33	6.62
f169	f169c1	TE00	BO01	100GE	BO01---AN01---PE00---TE00	551.13	200	16QAM	75	33	1.54
f170	f170c1	TE00	RM02	100GE	TE00---AQ05---AQ04---AQ00---RM02	231.51	200	16QAM	50	33	5.31

Tabella 18 – Margine OSNR servizi Lotto 2

Considerando la matrice di traffico e gli instradamenti utilizzati si potrebbe definire una capacità max per ciascuna relazione realizzabile per soddisfare la matrice di traffico, come riportato nella seguente tabella.

ID_flusso	ID_client	SRC	DST	payload	SERVICE PATH						Max Capacity Tb/s
					path - traversed nodes	path - distance (km)	carrier_channel	carrier_modulation	carrier_freq_width	carrier_baudrate	
f100	f100c1	BA01	NA01	400GE	BA01--FG01--NA02--NA01	519.7	400	Hybrid PCS	100	84	19.20
f101	f101c1	NA01	CT01	400GE	CT01--CS01--SA01--NA01	735.9	400	Hybrid PCS	112.5	96	16.80
f102	f102c1	PA01	CT01	400GE	CT01--SR00--RG00--AG00--TP01--TP00--PA01	698.83	400	Hybrid PCS	112.5	96	16.80
f103	f103c1	BA01	PA01	400GE	BA01--TA00--CZ00--RC00--ME00--PA01	1016.5	400	Hybrid PCS	112.5	96	16.80
f104	f104c1	BA01	BO01	400GE	BO01--AN01--PE00--BA01	848.3	400	Hybrid PCS	100	84	19.20
f105	f105c1	NA01	RM02	400GE	NA01--RM02	305.99	500	Hybrid PCS	112.5	91	21.00
f106	f106c1	BA01	NA01	400GE	BA01--MT01--PZ01--SA01--NA01	450.3	600	Hybrid PCS	112.5	96	25.20
f107	f107c1	NA01	BA01	400GE	BA01--MT01--PZ01--SA01--NA01	450.3	600	Hybrid PCS	112.5	96	25.20
f110	f110c1	BA01	NA01	400GE	BA01--MT01--PZ01--SA01--NA01	450.3	600	Hybrid PCS	112.5	96	25.20
f111	f111c1	BA01	NA01	400GE	BA01--MT01--PZ01--SA01--NA01	450.3	600	Hybrid PCS	112.5	96	25.20
f112	f112c1	NA01	BA01	400GE	BA01--MT01--PZ01--SA01--NA01	450.3	600	Hybrid PCS	112.5	96	25.20
f113	f113c1	PA01	CT01	100GE	CT01--PA01	272.7	500	Hybrid PCS	112.5	91	21.00
f114	f114c1	CT01	PA01	400GE	CT01--PA01	272.7	500	Hybrid PCS	112.5	91	21.00
f115	f115c1	NA02	NA01	400GE	NA01--NA02	15	800	Hybrid PCS	112.5	96	33.60
f116	f116c1	NA02	BA01	400GE	BA01--FG01--NA02	504.7	400	Hybrid PCS	100	84	19.20
f117	f117c1	NA06	NA01	100GE	NA06--NA01	61.46	200	16QAM	50	33	19.20
f118	f118c1	NA06	BA01	100GE	NA06--NA02--FG01--BA01	523.12	300	SP16QAM	100	69	14.40
f119	f119c1	SA00	NA01	400GE	SA00--AV00--BN00--CE00--NA02--NA01	276.89	600	Hybrid PCS	112.5	96	25.20
f120	f120c1	SA00	BA01	400GE	SA00--SA01--PZ01--MT01--BA01	368.6	600	Hybrid PCS	112.5	96	25.20
f121	f121c1	AV00	NA01	100GE	AV00--SA00--SA01--NA01	154.1	200	16QAM	50	33	19.20
f122	f122c1	AV00	NA02	100GE	AV00--BN00--CE00--NA02	219.49	200	16QAM	50	33	19.20
f123	f123c1	BN00	NA01	100GE	BN00--AV00--SA00--SA01--NA01	225.43	200	16QAM	50	33	19.20
f124	f124c1	BN00	NA02	100GE	BN00--CE00--NA02	148.16	200	16QAM	50	33	19.20
f125	f125c1	CE00	NA01	100GE	CE00--BN00--AV00--SA00--SA01--NA01	299.38	200	16QAM	75	33	12.80
f126	f126c1	CE00	NA02	100GE	CE00--NA02	74.21	200	16QAM	50	33	19.20
f127	f127c1	ME00	BA01	100GE	BA01--TA00--CZ00--RC00--ME00	695.9	200	QPSK	75	63	12.80
f128	f128c1	ME00	PA01	100GE	ME00--PA01	320.6	200	16QAM	75	33	12.80
f129	f129c1	LE00	BA01	100GE	BA01--BR00--LE00	189	200	16QAM	50	33	19.20
f129	f129c2	LE00	BA01	100GE	BA01--BR00--LE00	189	200	16QAM	50	33	19.20
f130	f130c1	LE00	NA01	100GE	LE00--TA00--CZ00--CS01--SA01--NA01	921.1	200	QPSK	75	63	12.80
f130	f130c2	LE00	NA01	100GE	LE00--TA00--CZ00--CS01--SA01--NA01	921.1	200	QPSK	75	63	12.80
f131	f131c1	BR00	BA01	100GE	BA01--BR00	130	200	16QAM	50	33	19.20
f131	f131c2	BR00	BA01	100GE	BA01--BR00	130	200	16QAM	50	33	19.20
f132	f132c1	BR00	NA01	100GE	BR00--LE00--TA00--CZ00--CS01--SA01--NA01	980.1	200	QPSK	75	63	12.80
f132	f132c2	BR00	NA01	100GE	BR00--LE00--TA00--CZ00--CS01--SA01--NA01	980.1	200	QPSK	75	63	12.80
f133	f133c1	TA01	BA01	100GE	TA01--TA00--BA01	107.56	200	16QAM	50	33	19.20
f133	f133c2	TA01	BA01	100GE	TA01--TA00--BA01	107.56	200	16QAM	50	33	19.20
f134	f134c1	TA01	NA01	100GE	TA01--TA00--CZ00--CS01--SA01--NA01	825.66	200	QPSK	75	63	12.80
f134	f134c2	TA01	NA01	100GE	TA01--TA00--CZ00--CS01--SA01--NA01	825.66	200	QPSK	75	63	12.80
f135	f135c1	FG00	BA01	100GE	FG00--FG01--BA01	190.25	200	16QAM	50	33	19.20
f136	f136c1	FG00	NA01	100GE	FG00--FG01--NA02--NA01	337.75	300	SP16QAM	75	63	19.20
f137	f137c1	PZ00	BA01	100GE	PZ00--PZ01--MT01--BA01	301.6	200	16QAM	50	33	19.20
f138	f138c1	PZ00	NA01	100GE	PZ00--PZ01--SA01--NA01	268.7	200	16QAM	50	33	19.20
f139	f139c1	RC00	PA01	100GE	PA01--ME00--RC00	350.6	300	SP16QAM	75	63	19.20
f140	f140c1	RC00	BA01	100GE	BA01--TA00--CZ00--RC00	665.9	300	SP16QAM	100	69	14.40
f141	f141c1	CZ00	PA01	100GE	CZ00--RC00--ME00--PA01	596	300	SP16QAM	100	69	14.40
f142	f142c1	CZ00	BA01	100GE	BA01--TA00--CZ00	420.5	200	16QAM	75	33	12.80
f143	f143c1	CS00	NA01	100GE	CS00--CS01--SA01--NA01	388.55	300	SP16QAM	87.5	69	16.20
f144	f144c1	CS00	BA01	100GE	CS00--CS01--CZ00--TA00--BA01	525.67	300	SP16QAM	87.5	69	16.20
f165	f165c1	AQ04	BO01	100GE	AQ04--AQ05--TE00--PE00--AN01--BO01	599.76	300	SP16QAM	75	63	19.20
f166	f166c1	AQ04	RM02	100GE	AQ04--AQ00--RM02	182.88	200	16QAM	50	33	19.20
f167	f167c1	AQ05	BO01	100GE	AQ05--TE00--PE00--AN01--BO01	591.63	300	SP16QAM	75	63	19.20
f168	f168c1	AQ05	RM02	100GE	AQ05--AQ04--AQ00--RM02	191.01	200	16QAM	50	33	19.20
f169	f169c1	TE00	BO01	100GE	BO01--AN01--PE00--TE00	551.13	200	16QAM	75	33	12.80
f170	f170c1	TE00	RM02	100GE	TE00--AQ05--AQ04--AQ00--RM02	231.51	200	16QAM	50	33	19.20

Tabella 19 – Capacità Massima Lotto 2

Al fine di realizzare quanto descritto precedentemente, il dimensionamento degli amplificatori (scelta e tipo) tiene conto del miglior compromesso tra le prestazioni (massimizzare la capacità per lunghezza d'onda, riducendo lo spettro utilizzato), i costi (ridurre il numero di componenti HW necessari) ed il mantenimento della stessa tipologia EDFA/RAMAN installata nelle tratte della rete GARR-X, laddove possibile, soggette a migrazione dal sistema di linea ILS2 al sistema di linea Flex ILS. Sulle base del bilanciamento degli elementi descritti prima il numero totale di tratte Raman è pari a 4 nel Lotto 2.

Inoltre, si è deciso di utilizzare due soli tipi di amplificatori IAM-B-ECXH2 (EDFA) ed IRM-B-ECXH1 (Ibrido EDFA/RAMAN) per semplificare il disegno e garantire margini operativi superiori su un certo numero di span che possano variare rispetto ai 3dB richiesti nel capitolato di gara. Infatti, la scheda IAM consente di supportare attenuazioni di tratta fino a 31dB e quelle IRM fino a 35dB; questo gli consente di funzionare anche in caso di attenuazione di fibra superiori a quelle previste, ovviamente potrebbe essere necessaria nuova analisi sul margine OSNR se tutte le tratte dovessero richiedere più di 3dB di margine. Il progetto degli amplificatori di linea è realizzato mediante il tool Network Planning System (NPS) di Infinera che calcola il posizionamento degli amplificatori IAM-2 ed IRM-1 per raggiungere i valori di OSNR necessari per garantire le performance delle lunghezze d'onda. In particolare, il design prevede per il lotto 2:

- 46 x span FlexILS EDFA
- 4 x span FlexILS EDFA/RAMAN
- 16 x span H4 G30 EDFA

In tabella il dettaglio.

Span	POP_GARR _A	POP_GARR _B	Ampl Type
T-41s4	SA01-Centro	SA02-SicignanoScalo	EDFA
T-41s3	SA02-SicignanoScalo	PZ03-Lagonegro	EDFA
T-41s2	PZ03-Lagonegro	CS02-Castrovillari	EDFA
T-41s1	CS02-Castrovillari	CS01-RogesRende	EDFA
T-42s5	CS01-RogesRende	CZ02-Lamezia	EDFA
T-42s4	CZ02-Lamezia	RC02-Rosarno	EDFA
T-42s3	RC02-Rosarno	RC01-Regio	EDFA
T-42s1-2	RC01-Regio	CT01-Cittadella	EDFA/RAMAN
T-43s1-2	PA01-Scienze	PA04-Scillato	EDFA/RAMAN
T-43s3	PA04-Scillato	EN00-Piave	EDFA
T-43s4-5	EN00-Piave	CT01-Cittadella	EDFA
T-50s1	ME00-Pugliatti	ME03-Patti	EDFA
T-50s2	ME03-Patti	ME04-AgataMilitello	EDFA
T-50s3	ME04-AgataMilitello	PA05-Cefalu	EDFA
T-50s4	PA05-Cefalu	PA06-BagheriaVillarosa	EDFA
T-50s5	PA06-BagheriaVillarosa	PA01-Scienze	EDFA
T-51	RC00-Melissari	ME00-Pugliatti	EDFA
T-52s1	RC00-Melissari	RC03-Brancaleone	EDFA
T-52s2	RC03-Brancaleone	RC04-Locri	EDFA
T-52s3	RC04-Locri	CZ01-Soverato	EDFA
T-52s4	CZ01-Soverato	CZ00-Germaneto	EDFA
T-53	CS01-RogesRende	CZ00-Germaneto	EDFA/RAMAN
T-54	CS01-RogesRende	CS00-Arcavacata	H4 EDFA
T-55	CS01-RogesRende	CS00-Arcavacata	H4 EDFA
T-56s1	TA00-Umbria	MT03-Policoro	EDFA
T-56s2	MT03-Policoro	CS03-Rossano	EDFA
T-56s3	CS03-Rossano	KR00-Crotone	EDFA
T-56s4	KR00-Crotone	CZ00-Germaneto	EDFA
T-57	TA00-Umbria	BA01-Amendola	EDFA
T-58s1	BA01-Amendola	BR01-Fasano	EDFA
T-58s2	BR01-Fasano	BR00-Cittadella	EDFA
T-59	LE00-Fiorini	BR00-Cittadella	EDFA

Span	POP_GARR _A	POP_GARR _B	Ampl Type
T-60s1	LE00-Fiorini	TA02-Avetrana	EDFA
T-60s2	TA02-Avetrana	TA00-Umbria	EDFA
T-61	TA01-Turismo	TA00-Umbria	H4 EDFA
T-62	TA01-Turismo	TA00-Umbria	H4 EDFA
T-63s1	FG01-Aviatori	FG02-Cerignola	EDFA
T-63s2	FG02-Cerignola	BT00-AndriaMurge	EDFA
T-63s3	BT00-AndriaMurge	BA01-Amendola	EDFA
T-64	FG01-Aviatori	FG00-Gramsci	H4 EDFA
T-65	FG01-Aviatori	FG00-Gramsci	H4 EDFA
T-66s1	NA02-MonteDiDio	NA07-Nola	EDFA
T-66s2	NA07-Nola	AV01-Grottaminarda	EDFA
T-66s3	AV01-Grottaminarda	FG03-Candela/A	EDFA
T-66s4	FG03-Candela/A	BT01-CanosaPuglia	EDFA
T-66s4	BT01-CanosaPuglia	FG01-Aviatori	EDFA
T-67s1	NA02-MonteDiDio	NA01-Mt.S.Angelo	EDFA
T-69s1	NA06-Portici	NA01-Mt.S.Angelo	H4 EDFA
T-70	NA06-Portici	NA02-MonteDiDio	H4 EDFA
T-71s1	CE00-Vivaldi	NA02-MonteDiDio	EDFA
T-72s1	CE00-Vivaldi	BN00-Guerrazzi	EDFA
T-73s1	AV00-Roma	BN00-Guerrazzi	EDFA
T-74s1	AV00-Roma	SA00-Fisciano	EDFA
T-	SA01-Centro	SA00-Fisciano	EDFA
T-76s1	RM02-Tizii	RM09-Pomezia2	EDFA
T-76s2	RM09-Pomezia2	LT01-RivaGaia	EDFA
T-76s3	LT01-RivaGaia	LT02-Minturno	EDFA
T-76s4	LT02-Minturno	NA01-Mt.S.Angelo	EDFA/RAMAN
T-	CH00	PE00-Trieste	H4 EDFA
T-	CH00	PE00-Trieste	H4 EDFA
T-	DC-NA02	NA02-MonteDiDio	H4 EDFA
T-	DC-NA02	NA02-MonteDiDio	H4 EDFA
T-	DC-BA01	BA01-Amendola	H4 EDFA
T-	DC-BA01	BA01-Amendola	H4 EDFA
T-	LAB-BA01	LAB-BA01	H4 EDFA
T-	LAB-BA01	LAB-BA01	H4 EDFA

Tabella 20 – Numero di tratte EDFA e EDFA-RAMAN Lotto 2

La seguente figura descrive l'architettura di rete Infinera FlexILS proposta per il Lotto 2 con evidenziati in verde le tratte equipaggiate con amplificatori EDFA e in rosso le tratte equipaggiate con amplificatori ibridi EDFA/RAMAN.

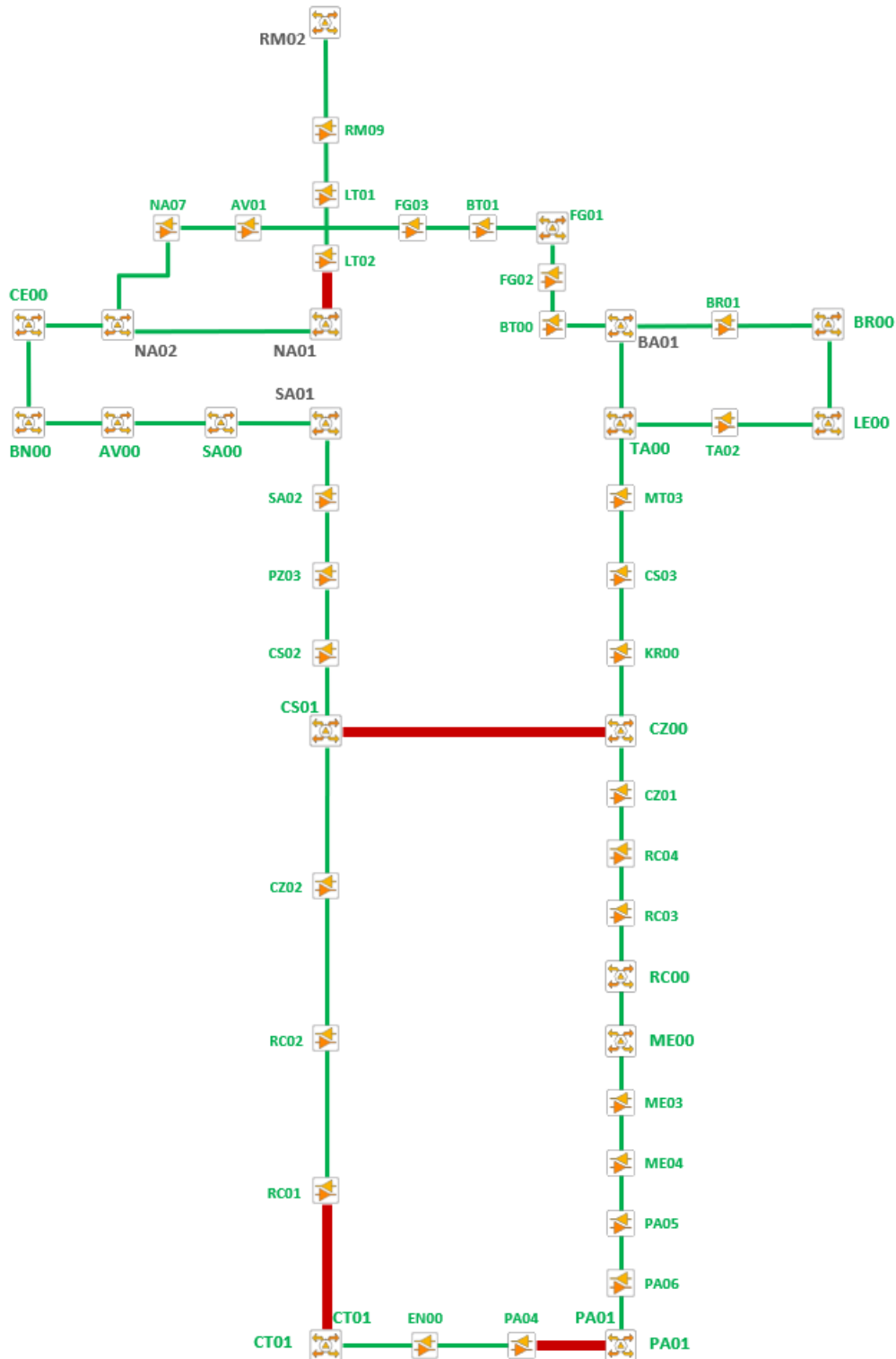


Figura 83 – Infinera – Network Diagram Lotto 2

Nella figura, per semplicità, sono riportati solamente i nodi ROADM e gli amplificatori di Linea.

4.2 OTDR: MONITORAGGIO FIBRA DI LINEA

La piattaforma FlexILS supporta il modulo OTDM-4D-L che permette di lanciare misure OTDR sulle fibre di linea collegate ai nodi FLEXILS. Il modulo OTDM-4D-L occupa uno slot sugli chassis MTC-9/6. Il modulo OTDM-4D-L è collegato a specifiche porte OTDR In/Out presenti sulle schede FlexILS che sono collegate alla fibra ottica di linea, cioè FRM-20X, IAM-B-ECXH2 e IRM-B-ECXH1 ed è quindi possibile effettuare misure OTDR senza interruzione di traffico, direttamente dal sistema di gestione e senza dover intervenire in campo.

Esistono diversi modi di utilizzare la scheda OTDM-4D-L, infatti grazie alla indipendenza delle 4 misure OTDR effettuate sulle 4 porte, la stessa scheda può essere utilizzata per monitorare fibra appartenente alla stessa coppia, fibre su coppie diverse in direzioni diverse etc. Di seguito si riportano alcuni esempi semplificati di collegamento della scheda OTDR nel caso di nodi di amplificazione e ROADM.

Amplificatore di Linea: in questo caso le 4 porte del modulo OTDM-4D-L sono collegate a ciascuna delle due porte delle schede di amplificazione. Le frecce in rosso indicano la direzione di misura.

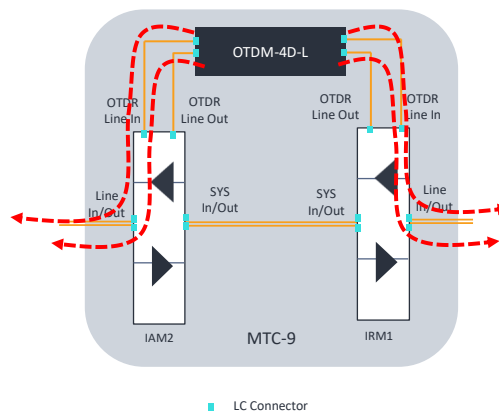


Figura 84 – Misura OTDR da un amplificatore di linea

Nodo ROADM a due vie e quattro vie: nella configurazione a due vie, così come nel caso del nodo ILA, la scheda OTDM-4D-L viene utilizzata per monitorare le 4 fibre in uscita dal nodo. Le frecce rosse indicano la direzione di Misura.

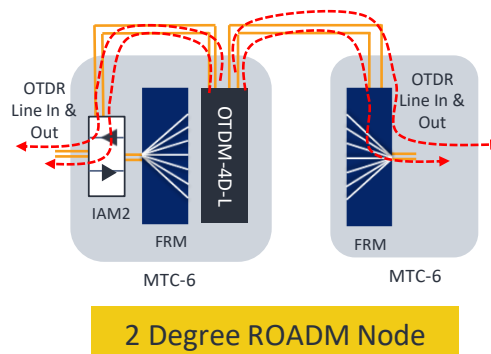


Figura 85 – Misura OTDR in un nodo ROADM a due vie

Nel caso 4 vie è descritto uno scenario in cui una sola scheda OTDM-4D-L è utilizzata per monitorare 4 fibre in uscita dal nodo ROADM (direzione frecce in rosso), mentre le fibra in entrata saranno monitorate dal nodo successivo.

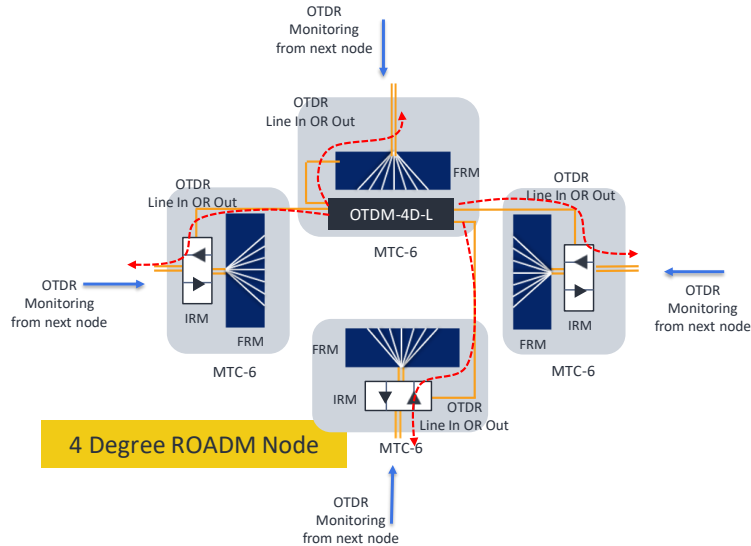


Figura 86 – Scenario misura OTDR in un nodo ROADM a quattro vie

Il criterio utilizzato nella soluzione proposta è quello di utilizzare un numero di schede OTDM-4D-L tali da garantire le misure OTDR in tutte le tratte (sia Tx che Rx) da almeno uno dei due nodi a cui è collegata la tratta stessa. Di seguito si riporta il principio progettuale ed il dettaglio dei nodi dove sono presenti le schede OTDM-4D-L

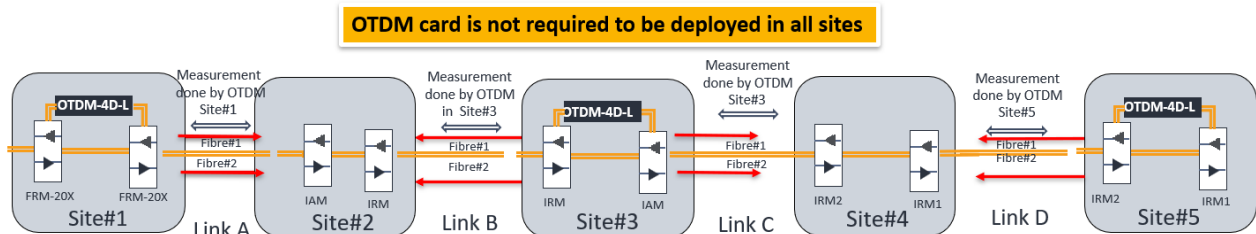


Figura 87 – OTDM criterio di progetto

Secondo questo principio lo stato delle fibre di linea caratterizzanti il Link A sono monitorate dall'OTDR nel Sito#1, nella direzione dal Sito#1 al Sito#2, mentre lo stato delle fibre di linea caratterizzanti il Link B e Link C, sono monitorate dal OTDR del Sito #3, rispettivamente nella direzione dal Sito#3 al Sito#2 e nella direzione dal Sito#3 al Sito#4, in entrambe le direzioni. La figura seguente mostra le schede OTDR utilizzate nella soluzione proposta secondo il criterio descritto sopra (si faccia riferimento alla sola porzione di rete relativa al lotto in questione).

La figura seguente mostra le schede OTDR (5 schede nel Lotto 1 e 26 schede nel Lotto2) utilizzate nella soluzione proposta secondo il criterio descritto sopra (si faccia riferimento alla sola porzione di rete relativa al lotto in questione).

OTDR trace

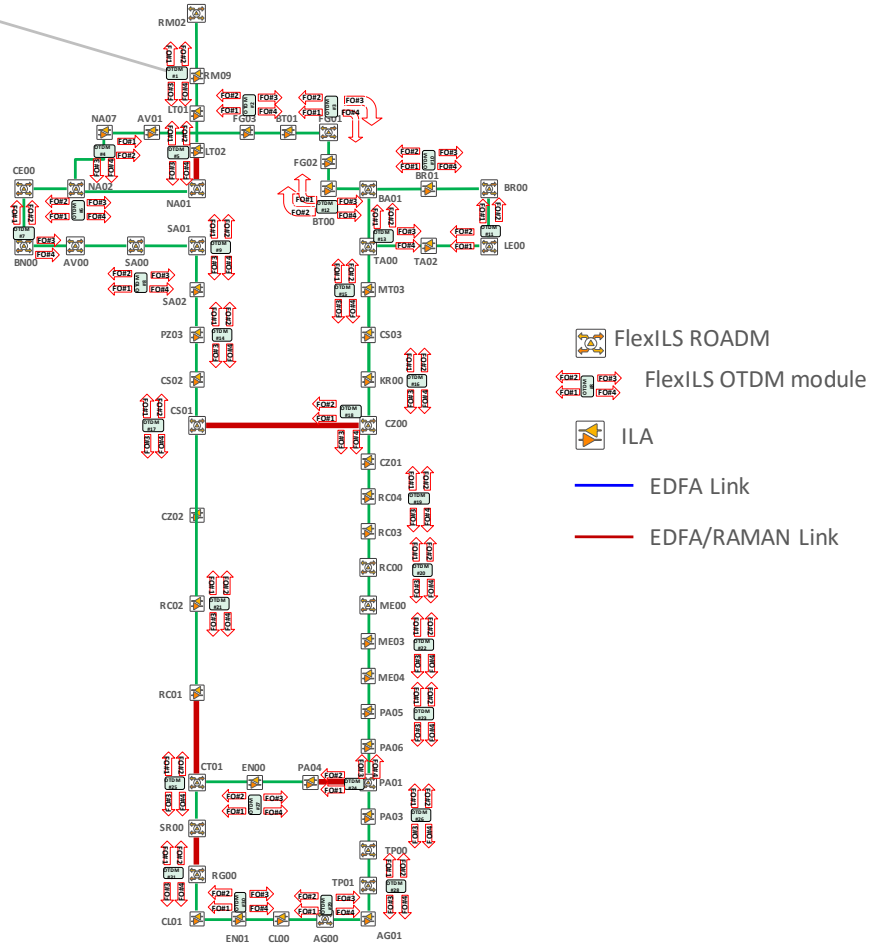
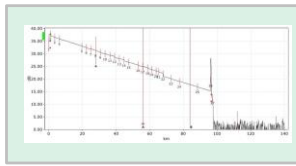


Figura 88 – Direttrici di misura OTDR nella rete GARR

Le schede OTDM-4D-L sono rappresentate in figura con rettangoli in colore azzurro mentre le frecce in rosso indicano la direzione di misura.

4.3 ANALISI DIMENSIONAMENTO DELLA MATRICE DI TRAFFICO

Una volta definito il link design è possibile procedere con l'analisi del dimensionamento della banda richiesta da ciascuna relazione della matrice di traffico ed abbinare a ciascuna di esse una delle lunghezze d'onda descritte precedentemente.

L'analisi tiene conto di:

- Numero di servizi richiesti da ciascuna relazione di traffico;
- Lunghezza/Performance del percorso in funzione di:
 - Utilizzo percorso più corto come da requisito della matrice di traffico
 - Minimizzazione latenza
- Vincoli di diversità di percorso richiesti dal GARR;

4.3.1 Pianificazione della capacità

A seguito dei risultati dell'analisi del link design, si è scelto di utilizzare un mix delle schede CHM1 e CHM2T per il trasporto dei servizi 100GE e il modulo CHM6 per il trasporto dei

servizi 400GE della matrice di traffico GARR, ad esclusione dei flussi f113 e f189 (CT01-PA01) per i quali si è scelto di utilizzare la capacità disponibile sulla lunghezza d'onda 500Gb/s del modulo CHM-C6.

La seguente tabella riassume la lunghezza d'onda ed il tipo di scheda utilizzata per ciascuna relazione di traffico del Lotto 2.

ID Flusso	id_client	SRC	DST	payload	path - traversed nodes	SERVICE PATH				Line Module	Max Capacity Tbit/s	Estimated OSNR mag/m	
						path - distance (km)	carrier_channel	carrier_modulation	carrier_freq_width				carrier_baudrate
f100	f100c1	BA01	NA01	400GE	BA01-FG01-NA02-NA01	519.7	400	Hybrid PCS	100	84	CHM6-C6	19.20	4.69
f101	f101c1	NA01	CT01	400GE	CT01-C501-SA01-NA01	735.9	400	Hybrid PCS	112.5	96	CHM6-C6	16.80	2.59
f102	f102c1	PA01	CT01	400GE	CT01-SR00-RG00-AG00-TP01-TP00-PA01	698.83	400	Hybrid PCS	112.5	96	CHM6-C6	16.80	1.65
f103	f103c1	BA01	PA01	400GE	BA01-TA00-CZ00-RC00-ME00-PA01	1016.5	400	Hybrid PCS	112.5	96	CHM6-C6	16.80	1.51
f104	f104c1	BA01	BO01	400GE	BO01-AN01-PE00-BA01	848.3	400	Hybrid PCS	100	84	CHM6-C6	19.20	2.96
f105	f105c1	NA01	RM02	400GE	NA01-RM02	305.99	200	Hybrid PCS	112.5	91	CHM6-C6	21.00	2.91
f106	f106c1	BA01	NA01	400GE	BA01-MT01-PZ01-SA01-NA01	450.3	600	Hybrid PCS	112.5	96	CHM6-C6	25.20	1.49
f107	f107c1	NA01	BA01	400GE	BA01-MT01-PZ01-SA01-NA01	450.3	600	Hybrid PCS	112.5	96	CHM6-C6	25.20	1.49
f110	f110c1	BA01	NA01	400GE	BA01-MT01-PZ01-SA01-NA01	450.3	600	Hybrid PCS	112.5	96	CHM6-C6	25.20	1.49
f111	f111c1	BA01	NA01	400GE	BA01-MT01-PZ01-SA01-NA01	450.3	600	Hybrid PCS	112.5	96	CHM6-C6	25.20	1.49
f112	f112c1	NA01	BA01	400GE	BA01-MT01-PZ01-SA01-NA01	450.3	600	Hybrid PCS	112.5	96	CHM6-C6	25.20	1.49
f113	f113c1	PA01	CT01	100GE	CT01-PA01	272.7	500	Hybrid PCS	112.5	91	CHM6-C6	21.00	3.54
f114	f114c1	CT01	PA01	400GE	CT01-PA01	272.7	500	Hybrid PCS	112.5	91	CHM6-C6	21.00	3.54
f115	f115c1	NA02	NA01	400GE	NA01-NA02	15	800	Hybrid PCS	112.5	96	CHM6-C6	33.60	3.99
f116	f116c1	NA02	NA01	400GE	NA01-FG01-NA02	50.7	200	Hybrid PCS	100	84	CHM6-C6	19.20	5.01
f117	f117c1	NA06	NA01	100GE	NA06-NA01	61.46	200	16QAM	50	33	CHM1	19.20	11.88
f118	f118c1	NA06	BA01	100GE	NA06-NA02-FG01-BA01	523.12	300	SP16QAM	100	69	CHM2T	14.40	4.64
f119	f119c1	SA00	NA01	400GE	SA00-AV00-BN00-CE00-NA02-NA01	276.89	600	Hybrid PCS	112.5	96	CHM6-C6	25.20	0.62
f120	f120c1	SA00	BA01	400GE	SA00-SA01-PZ01-MT01-BA01	368.6	600	Hybrid PCS	112.5	96	CHM6-C6	25.20	2.36
f121	f121c1	AV00	NA01	100GE	AV00-SA00-SA01-NA01	154.1	200	16QAM	50	33	CHM1	19.20	5.22
f122	f122c1	AV00	NA02	100GE	AV00-AV00-CE00-NA02	219.49	200	16QAM	50	33	CHM1	19.20	1.25
f123	f123c1	BN00	NA01	100GE	BN00-AV00-SA00-SA01-NA01	225.43	200	16QAM	50	33	CHM1	19.20	3.13
f124	f124c1	BN00	NA02	100GE	BN00-CE00-NA02	148.16	200	16QAM	50	33	CHM1	19.20	2.70
f125	f125c1	CE00	NA01	100GE	CE00-BN00-AV00-SA00-SA01-NA01	299.38	200	16QAM	75	33	CHM1	12.80	2.00
f126	f126c1	CE00	NA02	100GE	CE00-NA02	74.21	200	16QAM	50	33	CHM1	19.20	7.68
f127	f127c1	ME00	BA01	100GE	BA01-TA00-CZ00-RC00-ME00	695.9	200	QPSK	75	63	CHM2T	12.80	4.49
f128	f128c1	ME00	PA01	100GE	ME00-PA01	320.6	200	16QAM	75	33	CHM1	12.80	3.49
f129	f129c1	LE00	BA01	100GE	BA01-BR00-LE00	189	200	16QAM	50	33	CHM1	19.20	4.86
f129	f129c2	LE00	BA01	100GE	BA01-BR00-LE00	189	200	16QAM	50	33	CHM1	19.20	4.86
f130	f130c1	LE00	NA01	100GE	LE00-TA00-CZ00-C501-SA01-NA01	921.1	200	QPSK	75	63	CHM2T	12.80	3.31
f130	f130c2	LE00	NA01	100GE	LE00-TA00-CZ00-C501-SA01-NA01	921.1	200	QPSK	75	63	CHM2T	12.80	3.31
f131	f131c1	BR00	BA01	100GE	BA01-BR00	130	200	16QAM	50	33	CHM1	19.20	6.27
f131	f131c2	BR00	BA01	100GE	BA01-BR00	130	200	16QAM	50	33	CHM1	19.20	6.27
f132	f132c1	BR00	NA01	100GE	BR00-LE00-TA00-CZ00-C501-SA01-NA01	980.1	200	QPSK	75	63	CHM2T	12.80	2.89
f132	f132c2	BR00	NA01	100GE	BR00-LE00-TA00-CZ00-C501-SA01-NA01	980.1	200	QPSK	75	63	CHM2T	12.80	2.89
f133	f133c1	TA01	BA01	100GE	TA01-TA00-BA01	107.56	200	16QAM	50	33	CHM1	19.20	3.14
f133	f133c2	TA01	BA01	100GE	TA01-TA00-BA01	107.56	200	16QAM	50	33	CHM1	19.20	3.14
f134	f134c1	TA01	NA01	100GE	TA01-TA00-CZ00-C501-SA01-NA01	825.66	200	QPSK	75	63	CHM2T	12.80	3.86
f134	f134c2	TA01	NA01	100GE	TA01-TA00-CZ00-C501-SA01-NA01	825.66	200	QPSK	75	63	CHM2T	12.80	3.86
f135	f135c1	FG00	BA01	100GE	FG00-FG01-BA01	190.25	200	16QAM	50	33	CHM1	19.20	6.04
f136	f136c1	FG00	NA01	100GE	FG00-FG01-NA02-NA01	337.75	300	SP16QAM	75	63	CHM2T	19.20	3.22
f137	f137c1	PZ00	BA01	100GE	PZ00-PZ01-MT01-BA01	301.6	200	16QAM	50	33	CHM1	19.20	4.12
f138	f138c1	PZ00	NA01	100GE	PZ00-PZ01-SA01-NA01	268.7	200	16QAM	50	33	CHM1	19.20	3.48
f139	f139c1	RC00	PA01	100GE	PA01-ME00-RC00	350.6	300	SP16QAM	75	63	CHM2T	19.20	3.12
f140	f140c1	RC00	BA01	100GE	BA01-TA00-CZ00-RC00	665.9	300	SP16QAM	100	69	CHM2T	14.40	1.80
f141	f141c1	CZ00	PA01	100GE	CZ00-RC00-ME00-PA01	596	300	SP16QAM	100	69	CHM2T	14.40	2.89
f142	f142c1	CZ00	BA01	100GE	BA01-TA00-CZ00	420.5	200	16QAM	75	33	CHM1	12.80	1.61
f143	f143c1	C500	NA01	100GE	C500-C501-SA01-NA01	388.55	300	SP16QAM	87.5	69	CHM2T	16.20	3.88
f144	f144c1	C500	BA01	100GE	C500-C501-CZ00-TA00-BA01	525.67	300	SP16QAM	87.5	69	CHM2T	16.20	1.86
f165	f165c1	AQ04	BO01	100GE	AQ04-AQ05-TE00-PE00-AN01-BO01	599.76	300	SP16QAM	75	63	CHM2T	19.20	1.10
f166	f166c1	AQ04	RM02	100GE	AQ04-AQ00-RM02	182.88	200	16QAM	50	33	CHM1	19.20	7.67
f167	f167c1	AQ05	BO01	100GE	AQ05-TE00-PE00-AN01-BO01	591.63	300	SP16QAM	75	63	CHM2T	19.20	1.65
f168	f168c1	AQ05	RM02	100GE	AQ05-AQ00-AQ00-RM02	191.01	200	16QAM	50	33	CHM1	19.20	6.62
f169	f169c1	TE00	BO01	100GE	BO01-AN01-PE00-TE00	551.13	200	16QAM	75	63	CHM1	12.80	1.54
f170	f170c1	TE00	RM02	100GE	TE00-AQ05-AQ04-AQ00-RM02	231.51	200	16QAM	50	33	CHM1	19.20	5.31
f171	f171c1	LabBA01	LabBA01	100GE			200	16QAM	112.5	96	CHM6-C6		
f172	f172c1	LabBA01	LabBA01	400GE			200	16QAM	112.5	96	CHM6-C6		
f173	f173c1	DC-BA01	BA01	100GE			200	16QAM	50	33	CHM1		
f174	f174c1	DC-BA01	BA01	100GE			200	16QAM	50	33	CHM1		
f181	f181c1	DC-NA02	NA02	100GE			200	16QAM	50	33	CHM1		
f182	f182c1	DC-NA02	NA02	100GE			200	16QAM	50	33	CHM1		
f185	f185c1	CH00	PE00	100GE			200	16QAM	50	33	CHM1		
f186	f186c1	CH00	PE00	100GE			200	16QAM	50	33	CHM1		

Tabella 21 – Lunghezza d'onda e tipo scheda utilizzata per ciascuna relazione di traffico Lotto2

4.3.2 Instradamento del traffico

Come richiesto nelle specifiche del capitolato tecnico, l'instradamento del traffico è stato considerato con i vincoli di diversità sia interni al nodo sia di rete (percorso e nodi attraversati).

Il documento "Allegato Matrice Diversificazione Flussi", allegato al presente documento, illustra il dettaglio della scelta fatta per ciascun nodo, in termini di diversificazione di percorso/nodo, diversificazione di moduli e chassis Transponder DCI, diversificazione moduli mux/demux del sistema Flex ILS interni al nodo.

La diversificazione di percorso/nodo è indicata all'interno della tabella seguente.

node_A	node_B	sysfreq	rf_freq	N_Link	link_type	line system	gruppo diversificazione	Node Diversity	Link Diversity	Distance	Transponder	Mode	Wave bit Rate (Gbit/s)	n waves	Ch	shortest path
MA01	MA01	1000	1	16	FNLS	2	1	MA01-F001-MA01-MA01	Prov.B.T.61 Prov.B.T.62	521	CHM1	IEEE-C6-400E-96P-112.5GHz	400	1,0	00A-124	
MA01	TR01	1000	1	16	FNLS	2	1	TR01-C001-SAD1-MA01	Prov.B.T.43 Prov.B.T.41	735	CHM1	IEEE-C6-400E-96P-112.5GHz	400	1,0	00A-125	
PA01	TR01	1000	1	16	FNLS	2	1	TR01-S000-MA00-MA00-TR01-TR01-PA01	Prov.B.T.49 Prov.B.T.48 Prov.B.T.47 Prov.B.T.46 Prov.B.T.45 Prov.B.T.44	696,83	CHM1	IEEE-C6-400E-96P-112.5GHz	400	1,0	00A-133	
BA01	PA01	1000	1	16	FNLS	2	1	BA01-TA00-C000-MA00-MA00-BA01	Prov.B.T.57 Prov.B.T.56 Prov.B.T.55 Prov.B.T.54 Prov.B.T.53	105,7	CHM1	IEEE-C6-400E-96P-112.5GHz	400	1,0	00A-134	
BA01	BA01	1000	1	16	FNLS	2	1	BA01-AN01-PE00-BA01	Prov.B.045 Prov.B.046 Prov.B.053	848	CHM1	IEEE-C6-400E-96P-112.5GHz	400	1,0	00A-138	
BA01	MA01	1000	1	16	FNLS	2	2	MA01-MT01-PE01-SAD1-MA01	Prov.B.031 Prov.B.030 Prov.B.029 Prov.B.T.41 Mg01	450	CHM1	IEEE-C6-400E-96P-112.5GHz	600	0,5	00A-139	*
MA01	BA01	1000	1	16	FNLS	2	3	BA01-MT01-PE01-SAD1-MA01	Prov.B.031 Prov.B.030 Prov.B.029 Prov.B.T.41 Mg01	450	CHM1	IEEE-C6-400E-96P-112.5GHz	600	1,0	00A-120 + 00A-121	*
MA01	TR01	1000	1	16	FNLS	2	7	TR01-PA01	Prov.B.T.43	773	CHM1	IEEE-C6-400E-96P-112.5GHz	500	0,5	00A-134	*
TR01	PA01	1000	1	16	FNLS	2	8	TR01-PA01	Prov.B.T.43	773	CHM1	IEEE-C6-400E-96P-112.5GHz	500	1,0	00A-136	*
MA01	MA01	1000	1	16	FNLS	2	6	MA01-MT01-PE01-SAD1-MA01	Prov.B.031 Prov.B.030 Prov.B.029 Prov.B.T.41 Mg01	450	CHM1	IEEE-C6-400E-96P-112.5GHz	600	0,5	00A-122	*
BA01	MA01	1000	1	16	FNLS	2	5	MA01-MT01-PE01-SAD1-MA01	Prov.B.031 Prov.B.030 Prov.B.029 Prov.B.T.41 Mg01	450	CHM1	IEEE-C6-400E-96P-112.5GHz	600	0,5	00A-123	*
MA01	BA01	1000	1	16	FNLS	2	6	BA01-MT01-PE01-SAD1-MA01	Prov.B.031 Prov.B.030 Prov.B.029 Prov.B.T.41 Mg01	450	CHM1	IEEE-C6-400E-96P-112.5GHz	600	1,5	00A-122 + 00A-123	*
MA01	TR01	1000	1	16	FNLS	2	9	TR01-PA01	Prov.B.T.43	773	CHM1	IEEE-C6-400E-96P-112.5GHz	500	0,5	00A-134	*
TR01	PA01	1000	1	16	FNLS	2	10	TR01-PA01	Prov.B.T.43	773	CHM1	IEEE-C6-400E-96P-112.5GHz	500	0,5	00A-134	*
MA01	MA01	1000	1	16	FNLS	2	11	MA01-MA01	Prov.B.T.67	45	CHM1	IEEE-C6-400E-96P-112.5GHz	600	1,0	00A-131	
MA01	MA01	1000	1	16	FNLS	2	11	MA01-F001-MA01	Prov.B.T.61 Prov.B.T.62	465	CHM1	IEEE-C6-400E-96P-112.5GHz	400	1,0	00A-125	
MA01	MA01	1000	1	16	HA	2	12	MA01-MA01	Prov.B.T.69	81	CHM1	CHM1-2006 (15000M-336-500GHz)	200	1,0	00A-143	
MA01	MA01	1000	1	16	HA	2	12	MA01-MA01-BA01	Prov.B.T.70 Prov.B.T.71 Prov.B.T.72 Prov.B.T.73 Prov.B.T.74 Prov.B.T.75 Prov.B.029 Prov.B.030 Prov.B.031	533	CHM1	CHM1-2006 (15000M-336-500GHz)	200	1,0	00A-144	
CA00	MA01	1000	1	16	HA	2	13	CA00-AV00-BA00-C000-MA01-MA01	Prov.B.T.74 Prov.B.T.73 Prov.B.T.72 Prov.B.T.71 Prov.B.T.70	277	CHM1	IEEE-C6-400E-96P-112.5GHz	600	1,0	00A-132	
CA00	MA01	1000	1	16	HA	2	13	CA00-SAD1-PE01-MA01-MA01	Prov.B.T.78 Prov.B.029 Prov.B.030 Prov.B.031	388	CHM1	IEEE-C6-400E-96P-112.5GHz	600	1,0	00A-137	
MA01	MA01	1000	1	16	FNLS	2	14	MA01-SAD1-SAD1-MA01	Prov.B.T.74 Prov.B.T.74 Mg01	154	CHM1	CHM1-2006 (15000M-336-500GHz)	200	1,0	00A-145	
MA01	MA01	1000	1	16	FNLS	2	14	MA01-SAD1-C000-MA01	Prov.B.T.72 Prov.B.T.72	230	CHM1	CHM1-2006 (15000M-336-500GHz)	200	1,0	00A-146	
MA01	MA01	1000	1	16	FNLS	2	15	MA01-AV00-SAD1-SAD1-MA01	Prov.B.T.75 Prov.B.T.74 Prov.B.T.73 Prov.B.T.72 Prov.B.T.71	255	CHM1	CHM1-2006 (15000M-336-500GHz)	200	1,0	00A-147	
MA01	MA01	1000	1	16	FNLS	2	15	MA01-C000-MA01	Prov.B.T.77 Prov.B.T.71	148	CHM1	CHM1-2006 (15000M-336-500GHz)	200	1,0	00A-148	
C000	MA01	1000	1	16	FNLS	2	16	MA01-BA01-CA00-SAD1-MA01	Prov.B.T.72 Prov.B.T.70 Prov.B.T.70 Prov.B.T.69 Prov.B.T.68 Prov.B.T.67	209	CHM1	CHM1-2006 (15000M-336-500GHz)	200	1,0	00A-149	
C000	MA01	1000	1	16	FNLS	2	16	C000-MA01	Prov.B.T.71	74	CHM1	CHM1-2006 (15000M-336-500GHz)	200	1,0	00A-150	
MA01	MA01	1000	1	16	FNLS	2	17	MA01-TA00-C000-MA01	Prov.B.T.77 Prov.B.T.76 Prov.B.T.75 Prov.B.T.74	68	CHM1	CHM1-2006 (15000M-336-500GHz)	200	1,0	00A-151	
MA01	MA01	1000	1	16	FNLS	2	17	MA01-MA01	Prov.B.T.77 Prov.B.T.76 Prov.B.T.75 Prov.B.T.74	68	CHM1	CHM1-2006 (15000M-336-500GHz)	200	1,0	00A-152	
C000	MA01	1000	1	16	FNLS	2	18	MA01-BA01-C000	Prov.B.T.78 Prov.B.T.77	189	CHM1	CHM1-2006 (15000M-336-500GHz)	200	1,0	00A-153	
C000	MA01	1000	1	16	FNLS	2	18	MA01-BA01-C000-SAD1-MA01	Prov.B.T.78 Prov.B.T.76 Prov.B.T.76 Prov.B.T.75 Prov.B.T.74	209	CHM1	CHM1-2006 (15000M-336-500GHz)	200	1,0	00A-154	
MA01	MA01	1000	1	16	FNLS	2	19	MA01-BA01	Prov.B.T.78	130	CHM1	CHM1-2006 (15000M-336-500GHz)	200	1,0	00A-155	
MA01	MA01	1000	1	16	FNLS	2	20	MA01-BA01-C000-C000-SAD1-MA01	Prov.B.031 Prov.B.029 Prov.B.T.41 Mg01 Prov.B.T.68 Prov.B.T.67	108	CHM1	CHM1-2006 (15000M-336-500GHz)	200	1,0	00A-157	
MA01	MA01	1000	1	16	FNLS	2	20	MA01-FA01-BA01	Prov.B.T.41 Prov.B.T.37	108	CHM1	CHM1-2006 (15000M-336-500GHz)	200	1,0	00A-157	
PA01	MA01	1000	1	16	HA	2	20	PA01-TA00-C000-TR01-SAD1-MA01	Prov.B.T.74 Prov.B.T.73 Prov.B.T.72 Prov.B.T.71	846	CHM1	CHM1-2006 (15000M-336-500GHz)	200	1,0	00A-158	
CA00	MA01	1000	1	16	HA	2	21	CA00-TA00-C000-MA01-MA01	Prov.B.T.75 Prov.B.T.74 Prov.B.T.73 Prov.B.T.72 Prov.B.T.71	100	CHM1	CHM1-2006 (15000M-336-500GHz)	200	1,0	00A-159	
CA00	MA01	1000	1	16	HA	2	21	CA00-F001-MA01-MA01	Prov.B.T.65 Prov.B.T.66 Prov.B.T.67	138	CHM1	CHM1-2006 (15000M-336-500GHz)	200	1,0	00A-160	
MA01	MA01	1000	1	16	FNLS	2	22	MA01-FA01-SAD1-MA01	Prov.B.031 Prov.B.029 Prov.B.T.41 Mg01	209	CHM1	CHM1-2006 (15000M-336-500GHz)	200	1,0	00A-162	
MA01	MA01	1000	1	16	FNLS	2	23	MA01-MA01-BA01	Prov.B.T.52 Prov.B.T.51	351	CHM1	CHM1-2006 (15000M-336-500GHz)	200	1,0	00A-163	
MA01	MA01	1000	1	16	FNLS	2	23	MA01-TA00-C000-MA01	Prov.B.T.75 Prov.B.T.74 Prov.B.T.73	686	CHM1	CHM1-2006 (15000M-336-500GHz)	200	1,0	00A-164	
C000	MA01	1000	1	16	FNLS	2	24	C000-BA01-C000-MA01	Prov.B.T.51 Prov.B.T.50	596	CHM1	CHM1-2006 (15000M-336-500GHz)	200	1,0	00A-165	
MA01	MA01	1000	1	16	FNLS	2	24	MA01-TA00-C000	Prov.B.T.75 Prov.B.T.74	421	CHM1	CHM1-2006 (15000M-336-500GHz)	200	1,0	00A-166	
C000	MA01	1000	1	16	FNLS	2	25	C000-C001-SAD1-MA01	Prov.B.T.61 Prov.B.T.61 Mg01 Prov.B.T.41	388	CHM1	CHM1-2006 (15000M-336-500GHz)	200	1,0	00A-167	
MA01	MA01	1000	1	16	FNLS	2	25	C000-C001-TA00-TR01-BA01	Prov.B.T.62 Prov.B.T.61 Prov.B.T.60 Prov.B.T.59	535	CHM1	CHM1-2006 (15000M-336-500GHz)	200	1,0	00A-168	
MA01	MA01	1000	1	16	FNLS	2	26	MA01-TR01-TR01-PA01	Prov.B.T.44 Prov.B.T.45 Prov.B.T.46 Prov.B.T.47 Prov.B.T.48	635	CHM1	CHM1-2006 (15000M-336-500GHz)	200	1,0	00A-170	
MA01	TR01	1000	1	16	FNLS	2	26	TR01-S000	Prov.B.T.49 Prov.B.T.48 Prov.B.T.47 Prov.B.T.46	579	CHM1	CHM1-2006 (15000M-336-500GHz)	200	1,0	00A-171	
MA01	TR01	1000	1	16	FNLS	2	26	TR01-S000-CT01	Prov.B.T.59 Prov.B.T.45	63	CHM1	CHM1-2006 (15000M-336-500GHz)	200	1,0	00A-175	
TR01	PA01	1000	1	16	FNLS	2	30	PA01-TR01	Prov.B.T.44	135	CHM1	CHM1-2006 (15000M-336-500GHz)	200	1,0	00A-177	
MA01	TR01	1000	1	16	FNLS	2	31	TR01-S000-PA01	Prov.B.T.49 Prov.B.T.48 Prov.B.T.47 Prov.B.T.46 Prov.B.T.45	564	CHM1	CHM1-2006 (15000M-336-500GHz)	200	1,0	00A-176	
MA01	TR01	1000	1	16	FNLS	2	31	TR01-S000-MA00-TR01	Prov.B.T.49 Prov.B.T.48 Prov.B.T.47 Prov.B.T.46	564	CHM1	CHM1-2006 (15000M-336-500GHz)	200	1,0	00A-176	
C000	MA01	1000	1	16	FNLS	2	32	C000-BA01-C000-MA01-MA01	Prov.B.007 Prov.B.009 Prov.B.008	488	CHM1	CHM1-2006 (15000M-336-500GHz)	200	1,0	00A-180	
CA01	MA01	1000	1	16	FNLS	2	33	CA01-NU00-G001A000-R000A001-BA01	Prov.B.002 Prov.B.004 Prov.B.003	639	CHM1	IEEE-C6-500E-84P	400	1,0	00A-138	
MA01	MA01	1000	1	16	FNLS	2	33	MA01-CA01-MA01	Prov.B.002 Prov.B.004 Prov.B.003	208	CHM1	IEEE-C6-500E-84P	400	1,0	00A-139	
CA06	CA01	1000	1	16	FNLS	2	34	CA01-CA06	Prov.B.007	11	CHM1	IEEE-C6-400E-96P-112.5GHz	200	1,0	00A-180	
CA06	CA01	1000	1	16	FNLS	2	34	CA06-S000	Prov.B.009	312	CHM1	IEEE-C6-400E-96P-112.5GHz	200	1,0	00A-182	
MA01	CA01	1000	1	16	FNLS	2	35	CA01-NU00-NU01	Prov.B.002 Prov.B.003	388	CHM1	CHM1-2006 (15000M-336-500GHz)	200	1,0	00A-183	
MA01	CA01	1000	1	16	FNLS	2	35	CA01-NU00-NU01-BA01	Prov.B.002 Prov.B.004 Prov.B.003	208	CHM1	IEEE-C6-500E-84P	400	1,0	00A-139	
MA01	CA01	1000	1	16	FNLS	2	35	CA01-NU00-NU01-BA01	Prov.B.002 Prov.B.004 Prov.B.003	208	CHM1	IEEE-C6-500E-84P	400	1,0	00A-139	
MA01	CA01	1000	1	16	FNLS	2	35	CA01-NU00-NU01-BA01	Prov.B.002 Prov.B.004 Prov.B.003	208	CHM1	IEEE-C6-500E-84P	400	1,0	00A-139	
MA01	CA01	1000	1	16	FNLS	2	35	CA01-NU00-NU01-BA01	Prov.B.002 Prov.B.004 Prov.B.003	208	CHM1	IEEE-C6-500E-84P	400	1,0	00A-139	
MA01	CA01	1000	1	16	FNLS	2	35	CA01-NU00-NU01-BA01	Prov.B.002 Prov.B.004 Prov.B.003	208	CHM1	IEEE-C6-500E-84P	400	1,0	00A-139	
MA01	CA01	1000	1	16	FNLS	2	35	CA01-NU00-NU01-BA01	Prov.B.002 Prov.B.004 Prov.B.003	208	CHM1	IEEE-C6-500E-84				

		Tot Chassis G30	Tot Chassis G42	G30 DCI + OLS				G40 DCI				G30 + G40			
				Total slots	Used slots	Free slots	Free slots %	Total slots	Used slots	Free slots	Free slots %	TOTAL Slots	TOTAL used slots	TOTAL free slots	TOTAL free slots %
Lotto 1	CT01	4	1	16	12	4	25%	4	1	3	75%	20	13	7	35%
	PA01	4	1	16	12	4	25%	4	1	3	75%	20	13	7	35%
	AG00	2	0	8	3	5	63%	0	0	0	0%	8	3	5	63%
	RG00	2	0	8	5	3	38%	0	0	0	0%	8	5	3	38%
	SR00	3	0	12	10	2	17%	0	0	0	0%	12	10	2	17%
	SR01 (H4)	2	0	8	7	1	13%	0	0	0	0%	8	7	1	13%
	TP00	2	0	8	3	5	63%	0	0	0	0%	8	3	5	63%
	TP01	2	0	8	3	5	63%	0	0	0	0%	8	3	5	63%
	CA01	2	2	8	7	1	13%	8	2	6	75%	16	9	7	44%
	SS01	1	2	4	1	3	75%	8	2	6	75%	12	3	9	75%
	MI02	0	1	0	0	0	0%	4	1	3	75%	4	1	3	75%
	RM02	0	1	0	0	0	0%	4	1	3	75%	4	1	3	75%
	CA06	2	0	8	6	2	25%	0	0	0	0%	8	6	2	25%
	NU01	2	0	8	2	6	75%	0	0	0	0%	8	2	6	75%
	CA07 (H4)	2	0	8	6	2	25%	0	0	0	0%	8	6	2	25%
	CA08 (H4)	2	0	8	6	2	25%	0	0	0	0%	8	6	2	25%
	DC-CT01 (H4)	2	0	8	6	2	25%	0	0	0	0%	8	6	2	25%
	DC-PA01 (H4)	2	0	8	6	2	25%	0	0	0	0%	8	6	2	25%
	SR02 (H4)	2	0	8	6	2	25%	0	0	0	0%	8	6	2	25%
	Lotto 2	BA01	4	3	16	13	3	19%	12	5	7	58%	28	18	10
NA01		3	3	12	11	1	8%	12	5	7	58%	24	16	8	33%
CT01		0	2	0	0	0	0%	8	2	6	75%	8	2	6	75%
PA01		1	2	4	3	1	25%	8	2	6	75%	12	5	7	58%
BO01		2	1	8	3	5	63%	4	1	3	75%	12	4	8	67%
RM02		2	1	8	2	6	75%	4	1	3	75%	12	3	9	75%
NA02		3	2	12	10	2	17%	8	2	6	75%	20	12	8	40%
NA06 (H4)		2	0	8	7	1	13%	0	0	0	0%	8	7	1	13%
SA00		0	2	0	0	0	0%	8	2	6	75%	8	2	6	75%
AV00		2	0	8	2	6	75%	0	0	0	0%	8	2	6	75%
BN00		2	0	8	2	6	75%	0	0	0	0%	8	2	6	75%
CE00		2	0	8	2	6	75%	0	0	0	0%	8	2	6	75%
ME00		2	0	8	3	5	63%	0	0	0	0%	8	3	5	63%
LE00		2	0	8	3	5	63%	0	0	0	0%	8	3	5	63%
BR00		2	0	8	3	5	63%	0	0	0	0%	8	3	5	63%
TA01 (H4)		2	0	8	7	1	13%	0	0	0	0%	8	7	1	13%
FG00 (H4)		2	0	8	7	1	13%	0	0	0	0%	8	7	1	13%
PZ00		2	0	8	2	6	75%	0	0	0	0%	8	2	6	75%
RC00		2	0	8	4	4	50%	0	0	0	0%	8	4	4	50%
CZ00		2	0	8	3	5	63%	0	0	0	0%	8	3	5	63%
CS00		2	0	8	8	0	0%	0	0	0	0%	8	8	0	0%
AQ04		2	0	8	3	5	63%	0	0	0	0%	8	3	5	63%
AQ05		2	0	8	3	5	63%	0	0	0	0%	8	3	5	63%
TE00		2	0	8	2	6	75%	0	0	0	0%	8	2	6	75%
LAB-BA01 #1 (H4)		2	1	8	4	4	50%	4	1	3	75%	12	5	7	58%
LAB-BA01 #2 (H4)		2	1	8	4	4	50%	4	1	3	75%	12	5	7	58%
DC-BA01 (H4)		2	0	8	6	2	25%	0	0	0	0%	8	6	2	25%
DC-NA02 (H4)		2	0	8	6	2	25%	0	0	0	0%	8	6	2	25%
CH00 (H4)		2	0	8	6	2	25%	0	0	0	0%	8	6	2	25%
PE00		2	0	8	6	2	25%	0	0	0	0%	8	6	2	25%
CS01		2	0	8	4	4	50%	0	0	0	0%	8	4	4	50%
TA00		2	0	8	4	4	50%	0	0	0	0%	8	4	4	50%
FG01	2	0	8	4	4	50%	0	0	0	0%	8	4	4	50%	

Tabella 24 – Diversificazione chassis G30/G42

4.3.3 Latency

L'instradamento del traffico è stato realizzato sulla base dei vincoli di diversità minimizzando la distanza e la latenza end to end per ciascun servizio della matrice di traffico.

I transponder CHM1, CHM2T e CHM6 introducono valori di latenza trascurabili (ordine del microsecondo) ai fini del calcolo della latenza totale del circuito end to end rispetto alle distanze chilometriche da coprire. Anche il sistema di linea può essere considerato irrilevante (ordine dei nanosecondi) ai fini del calcolo in quanto consiste di pura trasmissione ottica senza alcuna conversione ottico-elletrica. In particolare, i valori di latenza tipici sono:

Transponder:

- CHM1 = 5.17 μ s (valore medio calcolato sui possibili modi di configurazione)
- CHM2T = 6.08 μ s (valore medio calcolato sui possibili modi di configurazione)
- CHM6= 25 μ s (valore medio calcolato sui possibili modi di configurazione)

FRM-20X:

- LINE IN to SYSTEM OUT: 400ns
- SYSTEM IN to LINE OUT: 300ns
- LINE IN to EXPN OUT: 110ns
- EXPN IN to LINE OUT: 90ns

IAM-B-EXCH2= Total latency for both stages: 605ns

IRM-B-EXCH1:

- LINE-IN to SYSTEM-OUT Latency: 335ns
- SYSTEM-IN to LINE-OUT Latency: 225ns

La seguente tabella riporta i valori di latenza one-way per tutti i flussi di traffico (in msec).

node_A	node_B	payload	id_flusso	lotto	gruppo diversificazione	Path	Distance	Transponder	Total Latency (ms)
BA01	NA01	400GE	f100	2	1, 2, 3, 4, 5, 6	BA01--FG01--NA02--NA01	519,7	CHM6 C6	2,60
NA01	CT01	400GE	f101	2	1	CT01--CS01--NA01	736	CHM6 C6	3,65
PA01	CT01	400GE	f102	2	1, 7, 8, 9, 10	CT01--SR00--RG00--AG00--TP01--TP00--PA01	698,83	CHM6 C6	3,47
BA01	PA01	400GE	f103	2	1	BA01--TA00--CZ00--RC00--ME00--PA01	1017	CHM6 C6	5,02
BA01	BO01	400GE	f104	2	1	BO01--AN01--PE00--BA01	848	CHM6 C6	4,20
NA01	RM02	400GE	f105	2	1	NA01--RM02	306	CHM6 C6	1,55
BA01	NA01	400GE	f106	2	2	BA01--MT01--PZ01--SA01--NA01	450	CHM6 C6	2,25
NA01	BA01	400GE	f107	2	3	BA01--MT01--PZ01--SA01--NA01	450	CHM6 C6	2,25
PA01	CT01	400GE	f108	1	7	CT01--PA01	273	CHM6 C6	1,38
CT01	PA01	400GE	f109	1	8	CT01--PA01	273	CHM6 C6	1,38
BA01	NA01	400GE	f110	2	4	BA01--MT01--PZ01--SA01--NA01	450	CHM6 C6	2,25
BA01	NA01	400GE	f111	2	5	BA01--MT01--PZ01--SA01--NA01	450	CHM6 C6	2,25
NA01	BA01	400GE	f112	2	6	BA01--MT01--PZ01--SA01--NA01	450	CHM6 C6	2,25
PA01	CT01	100GE	f113	2	9	CT01--PA01	273	CHM6 C6	1,35
CT01	PA01	400GE	f114	2	10	CT01--PA01	273	CHM6 C6	1,38
NA02	NA01	400GE	f115	2	11	NA01--NA02	15	CHM6 C6	0,12
NA02	BA01	400GE	f116	2	11	BA01--FG01--NA02	465	CHM6 C6	2,33
NA06	NA01	100GE	f117	2	12	NA06--NA01	61	CHM1	0,31
NA06	BA01	100GE	f118	2	12	NA06--NA02--FG01--BA01	523	CHM2T	2,57
SA00	NA01	400GE	f119	2	13	SA00--AV00--BN00--CE00--NA02--NA01	277	CHM6 C6	1,41
SA00	BA01	400GE	f120	2	13	SA00--SA01--PZ01--MT01--BA01	369	CHM6 C6	1,85
AV00	NA01	100GE	f121	2	14	AV00--SA00--SA01--NA01	154	CHM1	0,76
AV00	NA02	100GE	f122	2	14	AV00--BN00--CE00--NA02	219	CHM1	1,08
BN00	NA01	100GE	f123	2	15	BN00--AV00--SA00--SA01--NA01	225	CHM1	1,11
BN00	NA02	100GE	f124	2	15	BN00--CE00--NA02	148	CHM1	0,74
CE00	NA01	100GE	f125	2	16	CE00--BN00--AV00--SA00--SA01--NA01	299	CHM1	1,48
CE00	NA02	100GE	f126	2	16	CE00--NA02	74	CHM1	0,37
ME00	BA01	100GE	f127	2	17	BA01--TA00--CZ00--RC00--ME00	696	CHM2T	3,42
ME00	PA01	100GE	f128	2	17	ME00--PA01	321	CHM1	1,58
LE00	BA01	100GE	f129	2	18	BA01--BR00--LE00	189	CHM1	0,94
LE00	NA01	100GE	f130	2	18	LE00--TA00--CZ00--CS01--NA01	921	CHM2T	4,52
BR00	BA01	100GE	f131	2	19	BA01--BR00	130	CHM1	0,65
BR00	NA01	100GE	f132	2	19	BR00--LE00--TA00--CZ00--CS01--NA01	980	CHM2T	4,81
TA01	BA01	100GE	f133	2	20	TA01--TA00--BA01	108	CHM1	0,54
NA01	NA01	100GE	f134	2	20	TA01--TA00--CZ00--CS01--NA01	826	CHM2T	4,05
FG00	BA01	100GE	f135	2	21	FG00--FG01--BA01	190	CHM1	0,94
FG00	NA01	100GE	f136	2	21	FG00--FG01--NA02--NA01	338	CHM2T	1,67
PZ00	BA01	100GE	f137	2	22	PZ00--PZ01--MT01--BA01	302	CHM1	1,49
PZ00	NA01	100GE	f138	2	22	PZ00--PZ01--SA01--NA01	269	CHM1	1,33
RC00	PA01	100GE	f139	2	23	PA01--ME00--RC00	351	CHM2T	1,73
RC00	BA01	100GE	f140	2	23	BA01--TA00--CZ00--RC00	666	CHM2T	3,27
CZ00	PA01	100GE	f141	2	24	CZ00--RC00--ME00--PA01	596	CHM2T	2,93
CZ00	BA01	100GE	f142	2	24	BA01--TA00--CZ00	421	CHM1	2,07
CS00	NA01	100GE	f143	2	25	CS00--CS01--NA01	388	CHM2T	1,91
CS00	BA01	100GE	f144	2	25	CS00--CS01--CZ00--TA00--BA01	526	CHM2T	2,58
AG00	PA01	100GE	f145	1	26	AG00--TP01--TP00--PA01	242	CHM1	1,20
AG00	CT01	100GE	f146	1	26	AG00--RG00--SR00--CT01	457	CHM2T	2,25
RG00	PA01	100GE	f147	1	27	PA01--TP00--TP01--AG00--RG00	519	CHM2T	2,55
RG00	CT01	100GE	f148	1	27	CT01--SR00--RG00	180	CHM1	0,89
SR00	PA01	100GE	f149	1	28	PA01--TP00--TP01--AG00--RG00--SR00	616	CHM2T	3,03
SR00	CT01	100GE	f150	1	28	CT01--SR00	83	CHM1	0,42
SR01	PA01	100GE	f151	1	29	SR01--RG00--AG00--TP01--TP00--PA01	979	CHM2T	2,84
SR01	CT01	100GE	f152	1	29	SR01--SR00--CT01	93	CHM1	0,47
TP00	PA01	100GE	f153	1	30	PA01--TP00	135	CHM1	0,67
TP00	CT01	100GE	f154	1	30	CT01--SR00--RG00--AG00--TP01--TP00	564	CHM2T	2,77
TP01	PA01	100GE	f155	1	31	TP01--TP00--PA01	201	CHM1	0,99
TP01	CT01	100GE	f156	1	31	CT01--SR00--RG00--AG00--TP01	498	CHM2T	2,45
CA01	MI02	400GE	f157	1	32	CA01--CA06--SS01--Golfo Aranci--MI02	528	CHM6 C14	2,60
CA01	RM02	400GE	f158	1	32	CA01--NU00--Golfo Aranci--RomaNord--RM02	629	CHM6 C14	3,09
SS01	MI02	400GE	f159	1	33	MI02--Golfo Aranci--SS01	206	CHM6 C14	1,02
SS01	RM02	400GE	f160	1	33	SS01--CA06--CA01--NU00--Golfo Aranci--RomaNord--RM02	951	CHM6 C14	4,67
CA06	CA01	100GE	f161	1	34	CA01--CA06	11	CHM1	0,06
CA06	SS01	100GE	f162	1	34	CA06--SS01	312	CHM1	1,54
NU01	CA01	100GE	f163	1	35	CA01--NU00--NU01	398	CHM1	1,96
NU01	SS01	100GE	f164	1	35	NU01--NU00--Golfo Aranci--SS01	393	CHM1	1,93
AQ04	BO01	100GE	f165	2	36	AQ04--AQ05--TE00--PE00--AN01--BO01	600	CHM2T	2,95
AQ04	RM02	100GE	f166	2	36	AQ04--AQ00--RM02	183	CHM1	0,91
AQ05	BO01	100GE	f167	2	37	AQ05--TE00--PE00--AN01--BO01	592	CHM2T	2,91
AQ05	RM02	100GE	f168	2	37	AQ05--AQ04--AQ00--RM02	191	CHM1	0,95
TE00	BO01	100GE	f169	2	38	BO01--AN01--PE00--TE00	551	CHM1	2,71
TE00	RM02	100GE	f170	2	38	TE00--AQ05--AQ04--AQ00--RM02	232	CHM1	1,14
LabBA01_1	LabBA01_2	100GE	f171	2		Lab-BA01_1--Lab-BA01_2	10	CHM6 C6	0,10
LabBA01_1	LabBA01_2	400GE	f172	2		Lab-BA01_1--Lab-BA01_2	10	CHM6 C6	0,10
DC-BA01	BA01	100GE	f173	2	39	DC-BA01--BA01	10	CHM1	0,06
DC-BA01	BA01	100GE	f174	2	39	DC-BA01--BA01	10	CHM1	0,06
CA07	CA01	100GE	f175	1	40	CA01--CA07	60	CHM1	0,30
CA07	CA01	100GE	f176	1	40	CA01--CA07	60	CHM1	0,30
CA08	CA06	100GE	f177	1	41	CA06--CA08	60	CHM1	0,30
CA08	CA06	100GE	f178	1	41	CA06--CA08	60	CHM1	0,30
DC-CT01	CT01	100GE	f179	1	42	DC-CT01--CT01	10	CHM1	0,06
DC-CT01	CT01	100GE	f180	1	42	DC-CT01--CT01	10	CHM1	0,06
DC-NA02	NA02	100GE	f181	2	43	DC-NA02--NA02	10	CHM1	0,06
DC-NA02	NA02	100GE	f182	2	43	DC-NA02--NA02	10	CHM1	0,06
DC-PA01	PA01	100GE	f183	1	44	DC-PA01--PA01	10	CHM1	0,06
DC-PA01	PA01	100GE	f184	1	44	DC-PA01--PA01	10	CHM1	0,06
CH00	PE00	100GE	f185	2	45	CH00--PE00	60	CHM1	0,30
CH00	PE00	100GE	f186	2	45	CH00--PE00	60	CHM1	0,30
SR02	SR00	100GE	f187	1	46	SR02--SR00	60	CHM1	0,30
SR02	SR00	100GE	f188	1	47	SR02--SR00	60	CHM1	0,30
PA01	CT01	100GE	f189	1	48	CT01--PA01	273	CHM6 C6	1,38

Tabella 26 – Valori di latenza dei flussi di traffico GARR

4.3.4 Dimensionamento moduli transponder lato linea

Una volta definito il link design, verificato l'instradamento ed i vincoli è possibile calcolare il numero di moduli CHM1, CHM2T e CHM6 necessari per soddisfare la matrice di traffico. In particolare, sono necessari 103 chassis G30 (Lotto1=38, Lotto2=65) equipaggiati con schede CHM1 e CHM2T e 26 chassis G42 equipaggiati con schede CHM6 (Lotto1 = 8 chassis di cui 6 con Transponder di tipo sottomarino, Lotto 2 = 18 chassis), secondo la distribuzione riportata nella Kit list allegata al presente documento. Inoltre, le tabelle riportano il numero di porte linea disponibili e libere per entrambe le tipologie di traffico, tenendo conto che le schede CHM2T e CHM6 hanno i moduli di linea integrati, mentre la scheda CHM1 ha i moduli di linea pluggable CFP2-ACO.

Lotto 2	#CFP2-ACO Slots			#Line interfaces		
	Disponibili	Fornite	Libere (non fornite)	Fornite	Utilizzate	Libere (integrate)
CHM1	86	48	38			
CHM2T				40	26	14
CHM6-C6				44	34	10
CHM6S-C14				0	0	0

Tabella 27 – Numero totale di interfacce di linea fornite, utilizzate ed ancora libere

4.3.5 Dimensionamento Banda

Tenendo conto del dimensionamento utilizzato per ciascun flusso di traffico, è stata calcolata la banda utilizzata e quella disponibile su ciascun transponder dovuta al fatto che non tutte le lunghezze d'onda accese sono completamente utilizzate dal traffico client. Le seguenti tabelle riportano i calcoli della banda libera disponibile sui moduli equipaggiati rispetto a quella utilizzata per il traffico della matrice GARR.

CHM1	Site	Lotto	Uplink 1 Capacity Gb/s	Uplink 1 Used Gb/s	Uplink 1 Spare Gb/s	Uplink 2 Capacity Gb/s	Uplink 2 Used Gb/s	Uplink 2 Spare Gb/s	Total Capacity Gb/s	Total Used Gb/s	Total Spare Gb/s	Fill Rate %	CFP2-DCO not equipped Gb/s	
1	BA01	2	200	200		200	200		400	400		100%		
2	BA01	2	200	200		200	100	100	400	300	100	75%		
3	BA01	2	200	100		200	100	100	400	200	200	50%		
4	BA01	2	200	200		200	100	100	400	300	100	75%		
5	BA01	2	200	200		200	100	100	400	300	100	75%		
6	LE00	2	200	200					200	200		100%	200	
7	NA01	2	200	100	100	200	100	100	400	200	200	50%		
8	NA01	2	200	100	100	200	100	100	400	200	200	50%		
9	NA01	2	200	100	100				200	100	100	50%	200	
10	PA01	2	200	100	100				200	100	100	50%	200	
11	PA01	1	200	100	100	200	100	100	400	200	200	50%		
12	PA01	1	200	100	100				200	100	100	50%	200	
13	PA01	1	200	200		200	100	100	400	300	100	75%		
14	PA01	1	200	200		200	100	100	400	300	100	75%		
15	CT01	1	200	100	100	200	100	100	400	200	200	50%		
16	CT01	1	200	200					200	200		100%	200	
17	CT01	1	200	200		200	100	100	400	300	100	75%		
18	TP01	1	200	200		200	100	100	400	300	100	75%		
19	NA02	2	200	100	100	200	100	100	400	200	200	50%		
20	NA02	2	200	100	100				200	100	100	50%	200	
21	NA02	2	200	200		200	100	100	400	300	100	75%		
22	NA02	2	200	200		200	100	100	400	300	100	75%	200	
23	NA06	2	200	100	100				200	100	100	50%	200	
24	AV00	2	200	100	100				200	100	100	50%	200	
25	AV00	2	200	100	100				200	100	100	50%	200	
26	BN00	2	200	100	100				200	100	100	50%	200	
27	BN00	2	200	100	100				200	100	100	50%	200	
28	CE00	2	200	100	100				200	100	100	50%	200	
29	CE00	2	200	100	100				200	100	100	50%	200	
30	ME00	2	200	100	100				200	100	100	50%	200	
31	BR00	2	200	200					200	200		100%	200	
32	TA01	2	200	200					200	200		100%	200	
33	FG00	2	200	100	100				200	100	100	50%	200	
34	PZ00	2	200	100	100				200	100	100	50%	200	
35	PZ00	2	200	100	100				200	100	100	50%	200	
36	CZ00	2	200	100	100				200	100	100	50%	200	
37	AG00	1	200	100	100				200	100	100	50%	200	
38	RG00	1	200	100	100				200	100	100	50%		
39	SR00	1	200	100	100	200	100	100	400	200	200	50%		
40	SR00	1	200	100	100				200	100	100	50%	200	
41	SR01	1	200	200					200	200		100%	200	
42	TP00	1	200	100	100				200	100	100	50%	200	
43	TP01	1	200	100	100				200	100	100	50%	200	
44	CA01	1	200	100	100	200	200		400	300	100	75%		
45	CA01	1	200	100	100				200	100	100	50%	200	
46	CA01	1	200	100	100				200	100	100	50%	200	
47	SS01	1	200	100	100	200	200		400	300	100	75%		
48	CA06	1	200	100	100	200	100	100	400	200	200	50%		
49	CA06	1	200	100	100	200	100	100	400	200	200	50%		
50	CA07	1	200	100	100				200	100	100	50%	200	
51	CA07	1	200	100	100				200	100	100	50%	200	
52	CA08	1	200	100	100				200	100	100	50%	200	
53	CA08	1	200	100	100				200	100	100	50%	200	
54	DC-BA01	2	200	200		200	100		400	300	100	75%		
55	DC-BA01	2	200	200		200	100		400	300	100	75%		
56	DC-CT01	1	200	200		200	100		400	300	100	75%		
57	DC-CT01	1	200	200		200	100		400	300	100	75%		
58	DC-NA02	2	200	200		200	100		400	300	100	75%		
59	DC-NA02	2	200	200		200	100		400	300	100	75%		
60	DC-PA01	1	200	200		200	100		400	300	100	75%		
61	DC-PA01	1	200	200		200	100		400	300	100	75%		
62	CH00	2	200	100	100				200	100	100	50%	200	
63	CH00	2	200	100	100				200	100	100	50%	200	
64	PE00	2	200	100	100				200	100	100	50%	200	
65	PE00	2	200	100	100				200	100	100	50%	200	
66	SR02	1	200	100	100				200	100	100	50%	200	
67	SR02	1	200	100	100				200	100	100	50%	200	
68	RM02	2	200	100	100	200	100	100	400	200	200	50%		
69	RM02	2	200	100	100				200	100	100	50%	200	
70	NU01	1	200	200					200	200		100%	200	
71	NU01	1	200	200					200	200		100%	200	
72	AQ04	2	200	100	100				200	100	100	50%	200	
73	AQ05	2	200	100	100				200	100	100	50%	200	
74	TE00	2	200	100	100				200	100	100	50%	200	
75	TE00	2	200	100	100				200	100	100	50%	200	
76	AQ05	2	200	100	100				200	100	100	50%	200	
									Total	21200	13400	7800	62%	9200

Tabella 28 – Banda disponibile CHM1 lato linea

Poiché i moduli CHM1 sono costituiti da ottiche di linea pluggable CFP2-DCO, è stata calcolata anche la banda che potenzialmente può essere aggiunta mediante l'acquisto delle ottiche aggiuntive.

CHM2T	Site	Lotto	Uplink 1 Capacity	Uplink 1 Used	Uplink 1 Spare	Uplink 2 Capacity	Uplink 2 Used	Uplink 2 Spare	Total Capacity	Total Used	Total Spare	Fill Rate %	
1	BA01	2	300	100	200	200	100	100	500	200	300	40%	
2	BA01	2	300	100	200	300	100	200	600	200	400	33%	
3	LE00	2	200	200		200		200	400	200	200	50%	
4	NA01	2	200	200		200	200		400	400		100%	
5	NA01	2	200	200		300	100	200	500	300	200	60%	
6	NA01	2	300	100	200	300		300	600	100	500	17%	
7	PA01	2	300	100	200	300	100	200	600	200	400	33%	
8	PA01	1	300	100	200	300	100	200	600	200	400	33%	
9	PA01	1	300	200	100	300		300	600	200	400	33%	
10	CT01	1	300	100	200	300	100	200	600	200	400	33%	
11	CT01	1	300	100	200	300		300	600	100	500	17%	
12	NA06	2	300	100	200	300		300	600	100	500	17%	
13	ME00	2	200	100	100	200		200	400	100	300	25%	
14	BR00	2	200	200		200		200	400	200	200	50%	
15	TA01	2	200	200		200		200	400	200	200	50%	
16	FG00	2	300	100	200	300		300	600	100	500	17%	
17	RC00	2	300	100	200	300		300	600	100	500	17%	
18	RC00	2	300	100	200	300		300	600	100	500	17%	
19	CZ00	2	300	100	200	300		300	600	100	500	17%	
20	CS00	2	300	100	200	300		300	600	100	500	17%	
21	CS00	2	300	100	200	300		300	600	100	500	17%	
22	AG00	1	300	100	200	300		300	600	100	500	17%	
23	RG00	1	300	100	200	300		300	600	100	500	17%	
24	SR00	1	300	100	200	300		300	600	100	500	17%	
25	SR01	1	300	200	100	300		300	600	200	400	33%	
26	TP00	1	300	100	200	300		300	600	100	500	17%	
27	TP01	1	300	100	200	300		300	600	100	500	17%	
28	AQ04	2	300	100	200	300		300	600	100	500	17%	
29	AQ05	2	300	100	200	300		300	600	100	500	17%	
30	BO01	2	300	100	200	300	100	200	600	200	400	33%	
									Total	16800	4600	12200	29%

Tabella 29 – Banda disponibile CHM2T lato linea

Nel caso della CHM2T, poiché le ottiche linea sono integrate, il calcolo della banda tiene già conto della loro presenza con l'assunzione che il bit rate sia lo stesso dell'ottica utilizzata per il trasporto del traffico della matrice GARR. In realtà queste interfacce possono essere configurate fino alla massima capacità di 600Gb/s, per cui la banda disponibile è potenzialmente superiore a quella calcolata in tabella.

CHM6 ID	Site	Lotto	Cx Variant	Uplink 1			Uplink 2			Total CHM6			
				Capacity	Used	Left	Capacity	Used	Left	Capacity	Used	Left	Fill Rate %
1	BA01	2	C6	400	400	0	400	400	0	800	800	0	100%
2	BA01	2	C6	400	400	0	600	400	200	1000	800	200	80%
3	BA01	2	C6	400	400	0	400	0	400	800	400	400	50%
4	BA01	2	C6	600	600	0	600	600	0	1200	1200	0	100%
5	BA01	2	C6	600	600	0	600	200	400	1200	800	400	67%
6	NA01	2	C6	400	400	0	400	0	400	800	400	400	50%
7	NA01	2	C6	400	400	0	800	400	400	1200	800	400	67%
8	NA01	2	C6	500	400	100	600	400	200	1100	800	300	73%
9	NA01	2	C6	600	600	0	600	600	0	1200	1200	0	100%
10	NA01	2	C6	600	600	0	600	200	400	1200	800	400	67%
11	PA01	2	C6	400	400	0	400	0	400	800	400	400	50%
12	PA01	2	C6	400	400	0	500	500	0	900	900	0	100%
13	PA01	1	C6	500	500	0	500	400	100	1000	900	100	90%
14	CT01	2	C6	400	400	0	500	500	0	900	900	0	100%
15	CT01	2	C6	400	400	0	400	0	400	800	400	400	50%
16	CT01	1	C6	500	500	0	500	400	100	1000	900	100	90%
17	NA02	2	C6	800	400	400	800	0	800	1600	400	1200	25%
18	NA02	2	C6	400	400	0	400	0	400	800	400	400	50%
19	SA00	2	C6	600	400	200	600	0	600	1200	400	800	33%
20	SA00	2	C6	600	400	200	600	0	600	1200	400	800	33%
21	CA01	1	C14	500	400	100	500	0	500	1000	400	600	40%
22	CA01	1	C14	500	400	100	500	0	500	1000	400	600	40%
23	SS01	1	C14	500	400	100	500	0	500	1000	400	600	40%
24	SS01	1	C14	450	400	50	450	0	450	900	400	500	44%
25	LabBA01_1	2	C6	800	200	600	800	400	400	1600	600	1000	38%
26	LabBA01_2	2	C6	800	200	600	800	400	400	1600	600	1000	38%
27	MI02	1	C14	500	400	100	500	400	100	1000	800	200	80%
28	RM02	2	C6	500	400	100	500	0	500	1000	400	600	40%
29	RM02	1	C14	500	400	100	450	400	50	950	800	150	84%
30	BO01	2	C6	400	400	0	400	0	400	800	400	400	50%
Total										31550	19200	12350	61%

Tabella 30 – Banda disponibile CHM6 lato linea

Nel caso della CHM6, poiché le ottiche linea sono integrate, il calcolo della banda tiene già conto della loro presenza con l'assunzione che il bit rate sia lo stesso dell'ottica utilizzata per il trasporto del traffico della matrice GARR. In realtà queste interfacce possono essere configurate fino alla massima capacità di 800Gb/s per cui la banda disponibile è potenzialmente superiore a quella calcolata in tabella.

E' possibile quindi ipotizzare una banda extra disponibile, come descritto nella seguente tabella.

	#extra CFP2	#extra Linea	end to end extra Band (Giga) Lunghezze d'onda 200G	end to end extra Band (Giga) Lunghezze d'onda 300G	end to end extra Band (Giga) Lunghezze d'onda 400G	end to end extra Band (Giga) Lunghezze d'onda 500G	end to end extra Band (Giga) Lunghezze d'onda 600G	end to end extra Band (Giga) Lunghezze d'onda 700G	end to end extra Band (Giga) Lunghezze d'onda 800G
LOTTO1									
CHM1	8		800		1600	2000	2400		
CHM2T		8	800	1200	1600	2000	2400		
CHM65-C14		4	400	600	800	1000	1200	1400	1600
LOTTO2									
CHM1	38		3800		2800	3500	4200		
CHM2T		14	1400	2100	2800	3500	4200		
CHM6-C6		10	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000

Tabella 31 – Banda extra disponibile sui moduli CHM1, CHM2T, CHM6

4.3.6 Interfacce Client (Tributary Modules)

La soluzione proposta utilizza i seguenti moduli ottici per le interfacce client.

100GBASE-SR4

Pluggable QSFP28	Rate	Reach	Connector Type	λ (nm)
SR4 (Short Reach 4 Lanes) ZXS-Q8S4ZZZZ-00	100GbE OTU4 (MR)	100m	MPO12 (OM4 MM fiber)	850

Tabella 32 – Moduli 100GBASE-SR4

400GBASE-DR4

Pluggable QSFP-DD	IEEE/MSA PMD type	Connector /Cable Type	Reach Expected
ZXS-QDD4ZZZZ-00	400GBASE-DR4	MPO12	500m

Tabella 33 – Moduli 400GBASE-DR4

Anche in questo caso, è possibile calcolare il numero di porte client disponibili sui moduli forniti ed equipaggiabili per espansioni future, ipotizzando il massimo riempimento dei moduli transponder, ovvero:

- CHM1 = 4 x100GE su 2 canali 200G
- CHM2T = 12 x 100GE su 2 canali 600G
- CHM2T = 3 x 400GE su 2 canali 600G
- CHM6 = 16 x 100GE su 2 canali 800G
- CHM6 = 4 x 400GE su 2 canali 800G

	#Client Ports 100GE		
	Disponibili	Fornite	Libere (non fornite)
CHM1	172	110	302
CHM2T	240		
	#Client Ports 400GE		
CHM6	88	34	54

Nota: si assume 4 interfacce client 100G su ogni modulo CHM1, 12 interfacce client 100G disponibili su CHM2T, 4 interfacce client 400GE su CHM6

Tabella 34 – Espandibilità in termini di interfacce client su schede fornite Lotto 2

4.4 CONFIGURAZIONE DEI NODI

Tutti i nodi ROADM sono caratterizzati da:

- **FRM-20X-EC:** Modulo ROADM con granularità 12,5 GHz (HW ready per granularità di 6,25GHz). Il modulo FRM-20X si basa su un'architettura route-and-select e include switch WSS a 20 porte in entrambe le direzioni di add/drop e include amplificatori EDFA pre e post integrati, supporto OSC e un modulo OPM onboard. E' richiesto un modulo FRM-20X per ogni direzione del nodo ROADM. Il modulo ROADM è costituito da 20 porte duplex (5 porte MPO da 8 cavi ciascuno) disponibili, senza limitazioni sia per le catene add-drop che per gli Optical by Pass dei segnali;
- **FSP-E-9D-18MPO:** Shuffle Panel passivo delle fibre ottiche progettato per instradare il traffico espresso proveniente da ogni FRM-20X verso le altre direzioni. Il modulo consente di interconnettere sino a 9 direzioni.

Alcuni nodi ROADM possono presentare un modulo **IRM-B-ECXH1**, se richiesto dall'analisi del link design (ad es. CT01). Il modulo viene montato tra la scheda FRM-20X e la fibra di linea.

Tutti i nodi ROADM sono configurati con direzioni indipendenti, mediante l'utilizzo dello chassis fotonico MTC-6 dedicato per l'alloggiamento dei moduli relativi ad una specifica direzione, ovvero moduli FRM-20X, moduli amplificazione se necessari.

Relativamente alle catene di add-drop, sono stati utilizzati i seguenti moduli:

FBM-SLCDC-8-2-USB

Modulo Flex Broadcast Multiplexing (FBM) semi-attivi con funzionalità CDC equipaggiato con 2 porte linea ed 8 porte add-drop verso i transponders.

FBM-SLCDC-8-4-USB

Modulo Flex Broadcast Multiplexing (FBM) semi-attivi con funzionalità CDC equipaggiato con 4 porte linea ed 8 porte add-drop verso i transponders.

FSM-CDC-8D-12-EC + FSE-4D-EC

Modulo switching FlexROADM (FSM) multicast utilizzato per add-drop dei canali che abilita le funzionalità CDC nell'architettura flessibile ROADM del Flex ILS. La scheda ha 12 porte add-drop verso i transponders DCI ed 8 porte linea (2 porte MPO) mediante il modulo extender FSE per la connessione verso 8 direzioni.

FSP-S-4D-8MPO-B1

Le porte di linea del modulo FSM si collegano a più FRM-20X tramite un cavo MPO attraverso shuffle panel passivi FSP-S. Ciascun shuffle panel può collegare fino a 4 FRM-20X e 4 FSM.

Di seguito sono descritte le architetture proposte:

- H1: nodi ROADM equipaggiati con N catene di Add/Drop "CDC" e una catena di Add/Drop "C" per ogni direzione. Il numero di catene di Add/Drop "CDC" è calcolato in ogni sito in modo da rispettare il vincolo sui gruppi di diversità richiesti tra i flussi della matrice di traffico
- H3: nodi ROADM equipaggiati con una catena di Add/Drop "C" per ogni direzione
- Photonic ROADM: nodi ROADM senza alcuna catena di Add/Drop
- ILA: nodi di amplificazione ottica

In tabella è mostrato per ciascun nodo il tipo di architettura proposta e quali moduli svolgono le funzioni di Add/Drop "C" e "CDC".

Node	Node Type	C Add/Drop	CDC Add/Drop	Node	Node Type	C Add/Drop	CDC Add/Drop
RM02	H1	FBM-2	FSM	ME04	ILA	NA	NA
RM09	ILA	NA	NA	ME03	ILA	NA	NA
LT01	ILA	NA	NA	ME00	H3	FBM-2	NA
LT02	ILA	NA	NA	RC00	H3	FBM-2	NA
NA01	Upgraded to H1	FBM-2	FBM-4	RC03	ILA	NA	NA
NA02	H3	FBM-2	NA	RC04	ILA	NA	NA
CE00	H3	FBM-2	NA	CZ01	ILA	NA	NA
BN00	H3	FBM-2	NA	CZ00	H3	FBM-2	NA
AV00	H3	FBM-2	NA	KR00	ILA	NA	NA
SA00	H3	FBM-2	NA	CS03	ILA	NA	NA
SA01	Photonic ROADM	NA	NA	MT03	ILA	NA	NA
SA02	ILA	NA	NA	TA00	H3	FBM-2	NA
PZ03	ILA	NA	NA	TA02	ILA	NA	NA
CS02	ILA	NA	NA	LE00	H3	FBM-2	NA
CS01	H3	FBM-2	NA	BR00	H3	FBM-2	NA
CZ02	ILA	NA	NA	BR01	ILA	NA	NA
RC02	ILA	NA	NA	BA01	Upgraded to H1	FBM-2	FSM
RC01	ILA	NA	NA	BT00	ILA	NA	NA
CT01	H1	FBM-2	FBM-4	FG02	ILA	NA	NA
EN00	ILA	NA	NA	FG01	H3	FBM-2	NA
PA04	ILA	NA	NA	BT01	ILA	NA	NA
PA01	H1	FBM-2	FBM-4	FG03	ILA	NA	NA
PA06	ILA	NA	NA	AV01	ILA	NA	NA
PA05	ILA	NA	NA	NA07	ILA	NA	NA

Tabella 35 – Architettura ROADM Lotto 2

In giallo sono evidenziati i nodi GARR-T FlexILS esistenti a cui sono state aggiunte delle nuove direzioni.

Inoltre, il modulo “C” FMP-C è aggiunto in tutte le direzioni che dovranno accogliere canali provenienti dai moduli legacy AOLx-500 da migrare sulla nuova infrastruttura.

Le seguenti figure mostrano nel dettaglio i diversi moduli e le interconnessioni proposte per realizzare le architetture descritte.

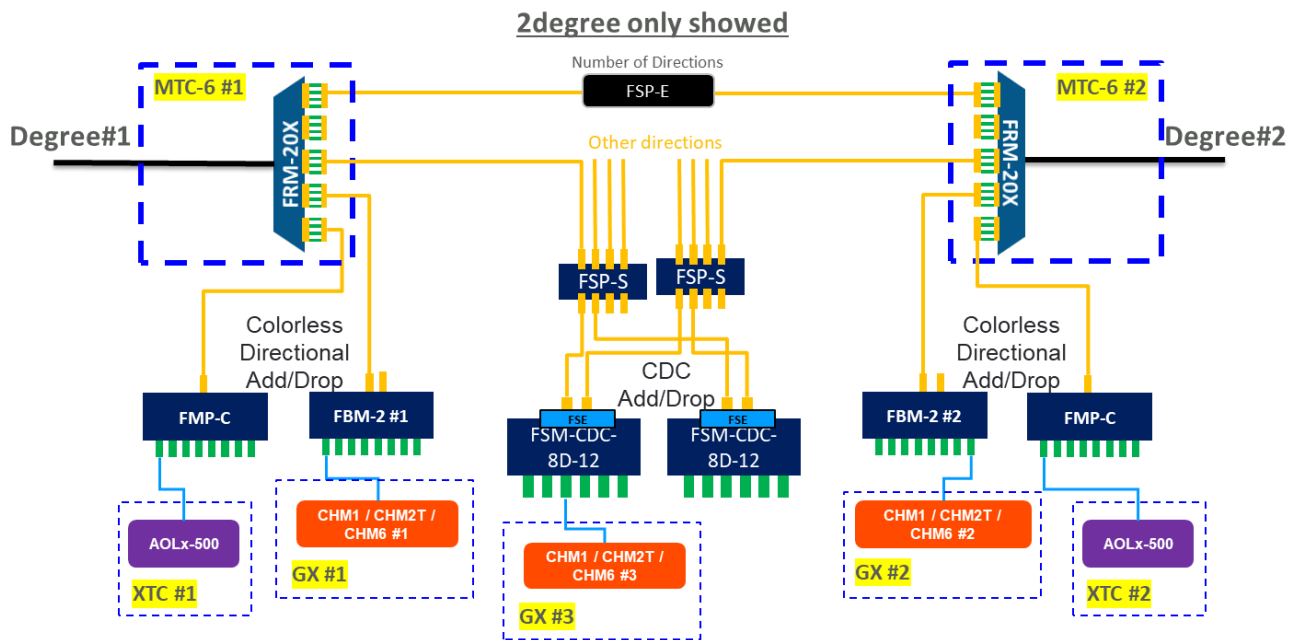


Figura 90 - Architettura H1 per nodi > 4 degree

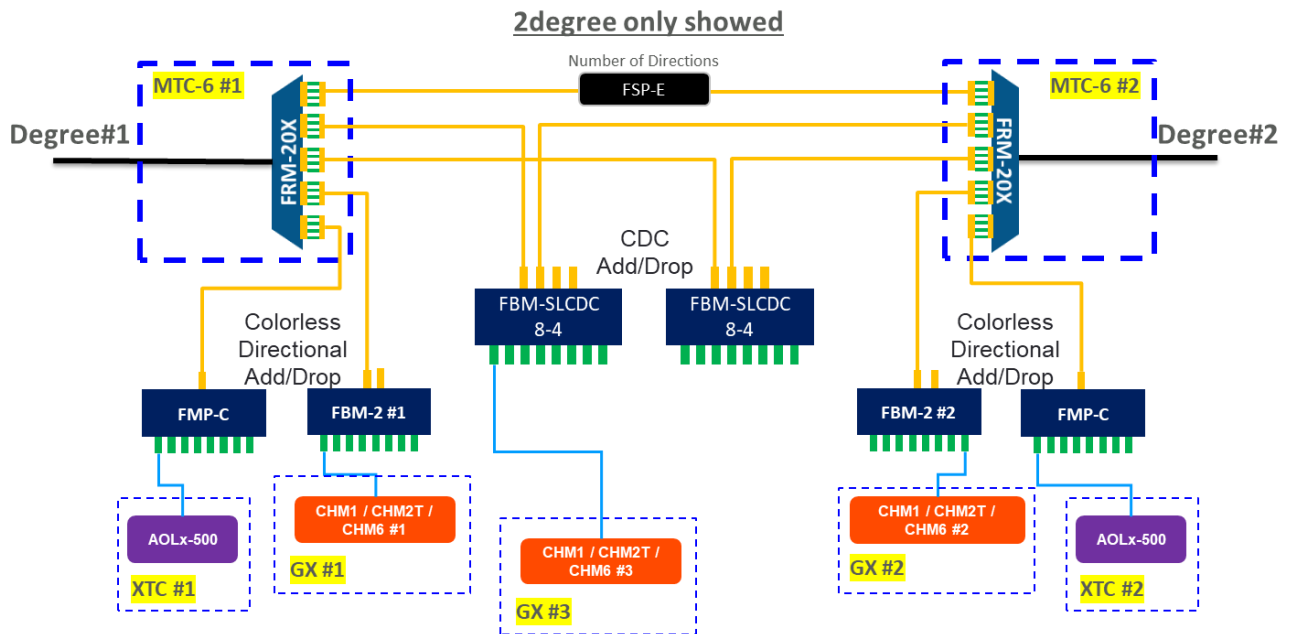


Figura 91 - Architettura H1 per nodi <= 4 degree

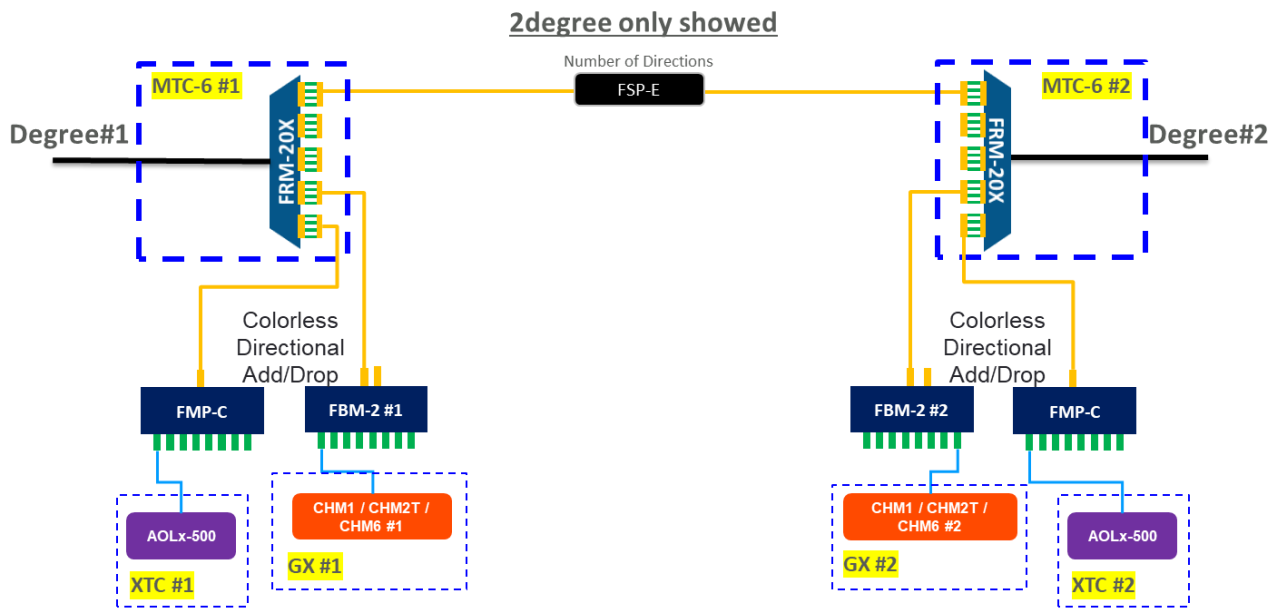


Figura 92 - Architettura H3

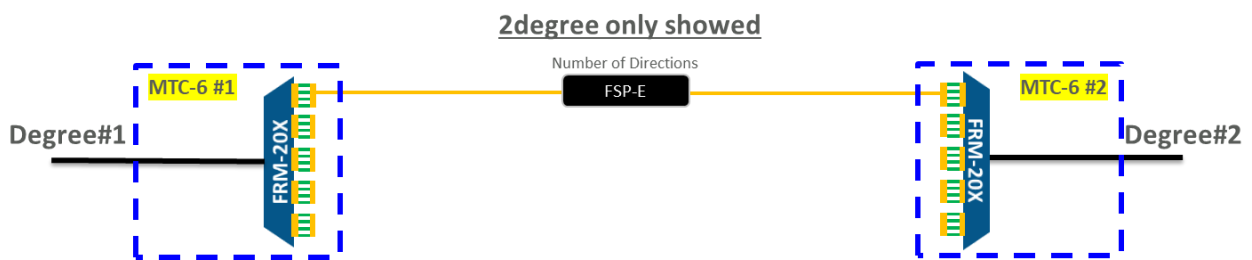


Figura 93 - Architettura Photonic ROADM

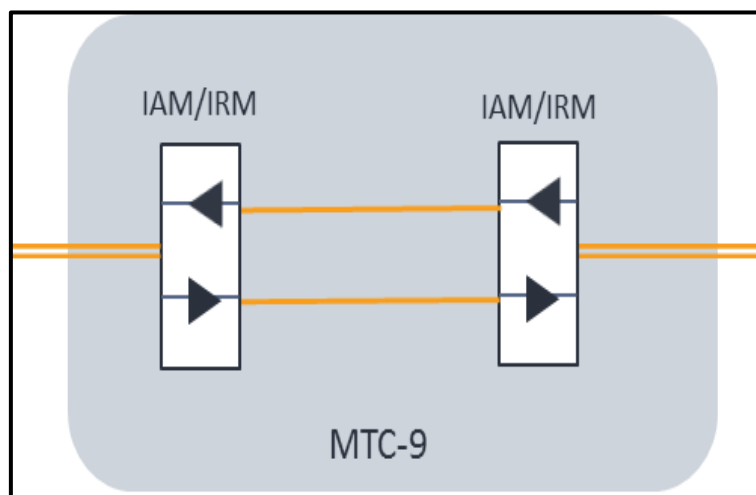


Figura 94 - Architettura ILA

Per semplicità sono mostrati nodi ROADM a due direzioni, ma la stessa architettura è offerta anche nei nodi con più direzioni aggiungendo un modulo FRM20X per ogni direzione e le interconnessioni che ne conseguono.

Inoltre, eventuali moduli IRM e OTDM non sono mostrati in figura.

Per maggiori dettagli si faccia riferimento al documento “Diagrammi a Blocchi Nodi Lotto 2” allegato al documento delle risposte.

4.5 UTILIZZO PORTE MUX/DEMUX

In tabella sono mostrate quante porte "SYS" del moulo FRM-20X sono fornite in ogni nodo e quante sono utilizzate per ogni nodo.

	FRM20X SYS ports TOTAL	FRM20X SYS ports used	FRM20X SYS ports available
RM02	5	3	2
NA01	20	15	5
NA02	15	8	7
CE00	10	4	6
BN00	10	4	6
AV00	10	4	6
SA00	10	4	6
SA01	10	2	8
CS01	15	9	6
CT01	15	15	
PA01	15	15	
ME00	10	6	4
RC00	10	6	4
CZ00	15	9	6
TA00	15	9	6
LE00	10	6	4
BR00	10	6	4
BA01	15	12	3
FG01	10	6	4

Tabella 36 – FRM20X Porte SYS Lotto 2

In questo conteggio sono incluse le porte SYS usate per l'interconnessione con i moduli FMP-C usati temporaneamente per la migrazione dei canali legacy provenienti dai moduli AOLx-500. Quindi qualora in futuro si dovessero rimuovere questi moduli, ci sarebbe un'ulteriore porta SYS a disposizione per future crescite.

Le porte SYS non usate, possono essere impiegate in futuro per l'aggiunta di ulteriori moduli di Add/Drop che potranno fornire ulteriori porte C/CDC.

A seconda dell'architettura di nodo richiesta, i seguenti moduli sono proposti per fornire porte Add/Drop:

- FSM-CDC-8D-12-EC: 12 porte CDC
- FBM-SLCDC-8-4-USB: 8 porte C
- FBM-SLCDC-8-2-USB: 8 porte C

In tabella sono mostrate quante porte Add/Drop sono fornite in totale per ogni nodo e quante sono impiegate per risolvere la matrice di traffico richiesta.

	Add/Drop ports TOTAL	Add/Drop used	Add/Drop available
RM02	8		8
NA01	40	15	25
NA02	24	8	16
CE00	16	2	14
BN00	16	2	14
AV00	16	2	14
SA00	16	2	14
SA01			
CS01	24	2	22
CT01	40	13	27
PA01	40	16	24
ME00	16	2	14
RC00	16	2	14
CZ00	24	2	22
TA00	24	2	22
LE00	16	2	14
BR00	16	2	14
BA01	60	18	42
FG01	16	2	14

Tabella 37 – Porte Add/Drop Lotto 2

In questo conteggio non sono incluse le porte fornite da FMP-C in quanto il modulo è dedicato alla gestione dei canali legacy provenienti dai moduli AOLx-500 da migrare.

Tutte le tabelle fanno riferimento esclusivamente alle schede FRM20X e moduli di Add/Drop che fanno parte della presente fornitura.

Infine, tutti i nodi collegati ai link H4-Satellite sono equipaggiati con un mux CAD8E che fornisce 8 porte Add/Drop "C", di cui è usata una sola porta ad eccezione dei seguenti link dove sono usate 2 porte:

- DC-CT01 - CT01
- DC-NA02 - NA02
- DC-PA01 - PA01
- DC-BA01 - BA01

4.6 TIPOLOGIA CHASSIS MTC E GX

I nodi ILA sono stati configurati utilizzando chassis MTC-9 con alimentazione DC integrata e ridondante.

I nodi ROADM sono stati configurati utilizzando chassis MTC-6 e GX G30/G42 con alimentazione integrata e ridondante AC o DC in funzione dei dettagli riportati nel documento di gara.

Le seguenti tabelle riportano la sintesi degli chassis utilizzati.

	Nodo	Tipo Nodo	Implementazioni	MTC-9	MTC-6
Lotto 2	RM02	H1	AC		1
	RM09	ILA	DC	1	
	LT01	ILA	DC	1	
	LT02	ILA	DC	1	
	NA01	ROADM	AC		2
	NA02	ROADM	AC		3
	CE00	ROADM	AC		2
	BN00	ROADM	AC		2
	AV00	ROADM	AC		2
	SA00	ROADM	AC		2
	SA01	ROADM	DC		2
	SA02	ILA	DC	1	
	PZ03	ILA	DC	1	
	CS02	ILA	DC	1	
	CS01	ROADM	DC		3
	CZ02	ILA	DC	1	
	RC02	ILA	DC	1	
	RC01	ILA	DC	1	
	CT01	ROADM	AC		3
	EN00	ILA	DC	1	
	PA04	ILA	DC	1	
	PA01	ROADM	AC		3
	PA06	ILA	DC	1	
	PA05	ILA	DC	1	
	ME04	ILA	DC	1	
	ME03	ILA	DC	1	
	ME00	ROADM	AC		2
	RC00	ROADM	AC		2
	RC03	ILA	DC	1	
	RC04	ILA	DC	1	
	CZ01	ILA	DC	1	
	CZ00	ROADM	AC		3
	KR00	ILA	DC	1	
	CS03	ILA	DC	1	
	MT03	ILA	DC	1	
	TA00	ROADM	DC		3
	TA02	ILA	DC	1	
	LE00	ROADM	AC		2
	BR00	ROADM	AC		2
	BR01	ILA	DC	1	
	BA01	ROADM	AC		3
BT00	ILA	DC	1		
FG02	ILA	DC	1		
FG01	ROADM	DC		2	
BT01	ILA	DC	1		
FG03	ILA	DC	1		
AV01	ILA	DC	1		
NA07	ILA	DC	1		

Tabella 38 – Lotto 2 Chassis MTC6/9 utilizzati

		Tipo Nodo	Alimentazione	G30	G42
Lotto 2	BA01	ROADM	AC	4	3
	NA01	ROADM	AC	3	3
	CT01	ROADM	AC		2
	PA01	ROADM	AC	1	2
	BO01	ROADM	AC	2	1
	RM02	ROADM	AC	2	1
	NA02	ROADM	AC	3	2
	NA06	ROADM	AC	2	
	SA00	ROADM	AC		2
	AV00	ROADM	AC	2	
	BN00	ROADM	AC	2	
	CE00	ROADM	AC	2	
	ME00	ROADM	AC	2	
	LE00	ROADM	AC	2	
	BR00	ROADM	AC	2	
	TA01	ROADM	AC	2	
	FG00	ROADM	AC	2	
	PZ00	ROADM	AC	2	
	RC00	ROADM	AC	2	
	CZ00	ROADM	AC	2	
	CS00	ROADM	AC	2	
	AQ04	ROADM	AC	2	
	AQ05	ROADM	AC	2	
	TE00	ROADM	DC	2	
	AB-BA01 #1	ROADM	AC	2	1
	AB-BA01 #2	ROADM	AC	2	1
	DC-BA01	ROADM	AC	2	
	DC-NA02	ROADM	AC	2	
	CH00	ROADM	AC	2	
	PE00	ROADM	DC	2	
	CS01	ROADM	DC	2	
	TA00	ROADM	DC	2	
FG01	ROADM	DC	2		

Tabella 39 – Lotto 2 Chassis GX utilizzati

4.7 CONSUMI DI POTENZA E SPAZI

La seguente tabella riassume il consumo totale a 25°C e 40°C e l'occupazione in RU di tutti i nodi del line system oggetto di gara.

LINE SYSTEM						
	Node	Node Type	AC/DC Power Entry	Typical Power 25C (W)	Maximum Power over Life at 40C (W)	Space (RU)
LOTTO 2	RM02	H1 ROADM	AC	212	276	5
	RM09	OLA	DC	196	214.3	8
	LT01	OLA	DC	179	196.8	8
	LT02	OLA	DC	238	255.6	8
	NA01	H1 ROADM	AC	651	776.7	12
	NA02	H3 ROADM	AC	654	845.5	15
	CE00	H3 ROADM	AC	449	582	10
	BN00	H3 ROADM	AC	467	599.5	10
	AV00	H3 ROADM	AC	449	582	10
	SA00	H3 ROADM	AC	467	599.5	10
	SA01	H3 ROADM	DC	308	435.5	8
	SA02	OLA	DC	179	196.8	8
	PZ03	OLA	DC	196	214.3	8
	CS02	OLA	DC	179	196.8	8
	CS01	H3 ROADM	DC	574	771.2	16
	CZ02	OLA	DC	179	196.8	8
	RC02	OLA	DC	196	214.3	8
	RC01	OLA	DC	220	238.1	8
	CT01	H1 ROADM	AC	771	968.2	17
	EN00	OLA	DC	196	214.3	8
	PA04	OLA	DC	220	238.1	8
	PA01	H1 ROADM	AC	771	968.2	17
	PA06	OLA	DC	179	196.8	8
	PA05	OLA	DC	196	214.3	8
	ME04	OLA	DC	179	196.8	8
	ME03	OLA	DC	196	214.3	8
	ME00	H3 ROADM	AC	449	582	11
	RC00	H3 ROADM	AC	467	599.5	11
	RC03	OLA	DC	179	196.8	8
	RC04	OLA	DC	196	214.3	8
	CZ01	OLA	DC	179	196.8	8
	CZ00	H3 ROADM	AC	763	960.2	16
	KR00	OLA	DC	196	214.3	8
	CS03	OLA	DC	179	196.8	8
MT03	OLA	DC	196	214.3	8	
TA00	H3 ROADM	DC	490	686.5	16	
TA02	OLA	DC	179	196.8	8	
LE00	H3 ROADM	AC	467	599.5	11	
BR00	H3 ROADM	AC	449	582	11	

	BR01	OLA	DC	196	214.3	8
	BA01	H1 ROADM	AC	786	978	16
	BT00	OLA	DC	196	214.3	8
	FG02	OLA	DC	179	196.8	8
	FG01	H3 ROADM	DC	341	473.5	11
	BT01	OLA	DC	179	196.8	8
	FG03	OLA	DC	196	214.3	8
	AV01	OLA	DC	179	196.8	8
	NA07	OLA	DC	196	214.3	8

Tabella 40 – Lotto 2: Assorbimento/Spazi nodi line system a 25°C e 40°C

DCI/TRANSPONDERS						
	Node	Node Type	AC/DC Power Entry	Typical Power 25C (W)	Maximum Power over Life at 40C (W)	Space (RU)
LOTTO 2	BA01	H1 ROADM	AC	4114.2	5745.5	13
	NA01	H1 ROADM	AC	3820.6	5402.5	12
	CT01	H1 ROADM	AC	1262	1982.5	6
	PA01	H1 ROADM	AC	1652	2461	7
	BO01	H1 ROADM	AC	1148	1661.5	5
	RM02	H1 ROADM	AC	1130	1619.5	5
	NA02	H3 ROADM	AC	2242.8	3176.5	9
	NA06	H4 ROADM	AC	578.2	741	2
	SA00	H3 ROADM	AC	1247	1967	6
	AV00	H3 ROADM	AC	468	591	2
	BN00	H3 ROADM	AC	468	591	2
	CE00	H3 ROADM	AC	468	591	2
	ME00	H3 ROADM	AC	497	645	2
	LE00	H3 ROADM	AC	503	652	2
	BR00	H3 ROADM	AC	503	652	2
	TA01	H4 ROADM	AC	584.2	748	2
	FG00	H4 ROADM	AC	578.2	741	2
	PZ00	ROADM	AC	468	591	2
	RC00	H3 ROADM	AC	526	699	2
	CZ00	H3 ROADM	AC	497	645	2
	CS00	H4 ROADM	AC	607.2	795	2
	AQ04	ROADM	AC	497	645	2
	AQ05	ROADM	AC	497	645	2
	TE00	ROADM	DC	468	591	2
	LAB-BA01 #1	H4 ROADM	AC	955.2	1456	5
	LAB-BA01 #2	H4 ROADM	AC	955.2	1456	5
	DC-BA01	H4 ROADM	AC	583.2	725	2
	DC-NA02	H4 ROADM	AC	583.2	725	2

	CH00	H4 ROADM	AC	549.2	687	2
	PE00	H4 ROADM	DC	549.2	687	2
	CS01	H3 ROADM	DC	301.2	436	2
	TA00	H3 ROADM	DC	301.2	436	2
	FG01	H3 ROADM	DC	301.2	436	2

Tabella 41 – Lotto 2 Assorbimento/Spazi nodi DCI/Transponders a 25°C e 40°C

I dettagli dei consumi dei nodi con il valore per ciascun elemento incluso nella fornitura sono riportati nel documento “Power and Space Lotto 2” allegato alle risposte.

Il foglio “Allestimento_Siti_Lotto 2” dell’allegato C riporta i dati complessivi per sito.

4.8 ANALISI SPETTRO

L’instradamento dei nuovi circuiti richiesti nella matrice traffico GARR richiede un utilizzo medio dello spettro dei link intorno al 10% dello spettro totale nella banda C estesa (aggiuntivo al traffico legacy se già presente).

4.9 MIGRAZIONE DI RETE

La soluzione proposta basata su Infinera Flex ILS e GX precedentemente descritta consente al GARR di acquisire gli elementi di trasporto ottico necessari a estendere la rete GARR-T in modo unitario su scala nazionale secondo il modello di rete ottica parzialmente disaggregata.

La soluzione garantisce una piattaforma fotonica di linea flessibile, in grado di gestire nel medio e lungo periodo l’infrastruttura in fibra ottica e supportare sistemi di trasmissione di generazione attuale e futura senza dover richiedere modifiche sostanziali. Inoltre, il sistema di linea proposto consente di collegare tutti i nodi della rete nazionale del GARR senza il vincolo della rigenerazione 3R, a meno delle performance dei transponder utilizzati, e la possibilità di collegare segnali alieni senza vincoli sull’accesso o sulla disponibilità dello spettro. L’operatività della rete sarà inoltre garantita dal sistema di gestione unico TNMS già presente nella rete GARR-T. La realizzazione di questa architettura di rete richiede la migrazione dei link fotonici esistenti della rete GARR-X Progress dalla tecnologia Infinera ILS2 a quella Flex ILS. Si riporta di seguito una descrizione di alto livello della procedura di murazione dal sistema ILS2 a quello Flex ILS. I dettagli delle finestre di manutenzione ed attività necessarie per completare la migrazione sono riportati nel Piano di Realizzazione.

La procedura di upgrade di rete per il passaggio dall’attuale sistema di linea ILS2 al nuovo sistema di linea FlexILS, prevede i seguenti passaggi:

1. Installazione di un nuovo nodo ROADM FlexILS (FRM20X) nel sito Add/Drop oggi equipaggiato con ILS2 (BMM2C). Il nuovo network element è fin dall’inizio gestito dal TNMS di GARR-T tramite DCN e fa quindi parte del dominio GMPLS GARR-T.
2. Migrazione di tutte le fibre di linea su tutte le direzioni dal vecchio nodo ILS2 al nuovo nodo FlexILS. Le fibre di linea sulle varie direzioni sono migrate in sequenza in modo da non isolare mai completamente il nodo e limitare le interruzioni sui servizi di produzione della piattaforma DTN-X. Si noti che l’interworking tra un nodo ROADM FlexILS equipaggiato con FRM20X e un nodo Add/Drop ILS2 equipaggiato con BMM-2C è garantito, così come l’interworking tra ILA e ROADM di diverse generazioni.
3. Migrazione dei circuiti legacy DTN-X, configurando gli AOLx-500 in Open Wave Mode e inserendo i canali in linea tramite il modulo FlexILS FMP-C.

Gli stessi tre passaggi vanno poi ripetuti all'altro punto di terminazione del link da migrare da ILS2 a FlexILS. Si noti che fino ad ora non è richiesto nessun intervento fisico nei siti ILA intermedi, ma sarà necessario un upgrade di release software.

4. Creazione nuovi circuiti sui transponder DCI GX oggetto di fornitura. I due punti di terminazione del link sono stati migrati a FlexILS e fanno parte del dominio GARR-T, gestiti dallo stesso TNMS del resto della rete GARR-T, e quindi è possibile creare i circuiti nuovi.

Gli stessi passaggi devono essere ripetuti ROADM dopo ROADM, lasciando in tecnologia ILS2 sono gli amplificatori di linea intermedi.

Una volta migrati tutti i siti ROADM, è possibile procedere con la migrazione dei siti ILA. Poiché l'interworking tra ILA/ROADM FlexILS e ILA/BMM2C ILS2 è sempre garantito, è possibile procedere con l'upgrade di un nodo ILA alla volta. Tuttavia, per ridurre i costi e il numero di interventi sulla rete, si propone quanto segue:

- Link fino a 3 ILA in un'unica finestra di manutenzione
- Link con 4 ILA in due finestre di manutenzione

Una volta migrati tutti i siti ILA, la migrazione da ILS2 a FlexILS sarà completata.

Inoltre, la rete migrata sarà parte della rete GARR-T, appartenente allo stesso dominio GMPLS e gestita dallo stesso sistema di gestione TNMS che fornisce tutte le funzionalità estese (FCAPS) per la gestione degli allarmi, la configurazione, la contabilità, le prestazioni, la sicurezza, la configurazione, il monitoraggio e il troubleshooting. Il TNMS offre inoltre interfacce API per l'esposizione dei dati di rete verso controller o tool esterni.

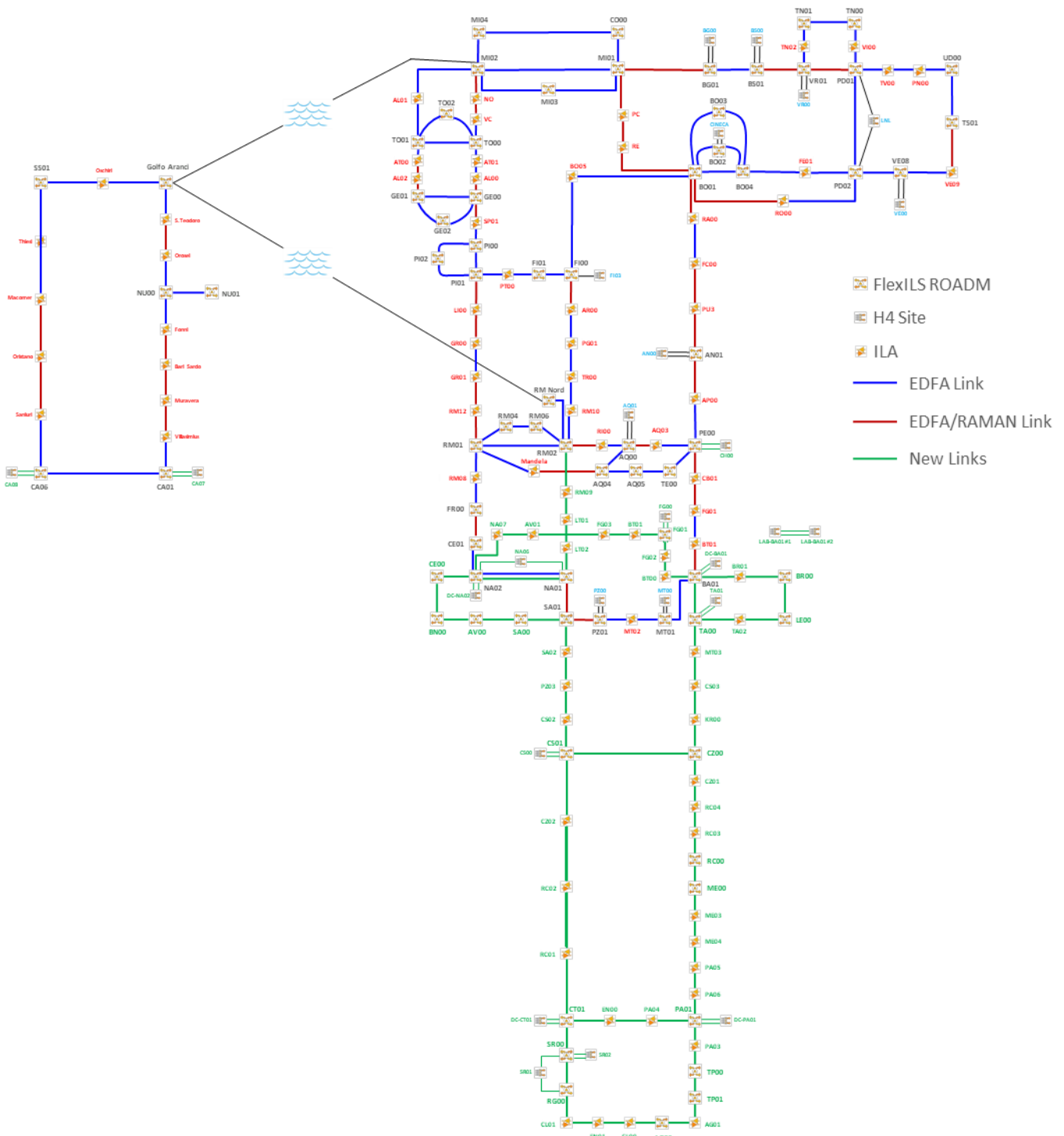


Figura 95 - Nuova rete GARR-T

Infine, quando GARR lo riterrà opportuno, sarà possibile spegnere gli apparati DTN-X in maniera indolore e senza alcun impatto sul resto della rete e eventualmente rimuovere i moduli FMP-C.

4.10 MIGRAZIONE ANELLO CAMPANO

Come rappresentato nello schema di figura 1 del capitolato, l'attuale anello campano in produzione sulla rete GARR-X Progress è costituito dalla sequenza dei seguenti span:

NA01-NA02-CE00-BN00-AV00-SA00-NA06-NA01, oltre all'ulteriore link NA06-NA02. Tali nodi, come indicato, sono attualmente equipaggiati con la piattaforma ATN ed è richiesto il passaggio alla nuova soluzione (FlexILS e GX), in continuità di servizio.

Poiché attualmente tutti i servizi dell'Anello Campano sono configurati in modalità protetta è possibile utilizzare una strategia di migrazione per rami dell'anello in quanto i servizi saranno garantiti dal ramo non coinvolto nella migrazione. Si prega di fare riferimento al Piano di realizzazione per maggiori dettagli.

4.11 NODI H4-SATELLITE

La soluzione proposta per i nodi satellite H4 prevede l'utilizzo presso il sito satellite e presso l'altro sito di terminazione del link dei seguenti componenti. Infatti la piattaforma G30 consente di montare elementi di sistema di linea per realizzare un collegamento punto-punto come segue:

1. uno chassis G30
2. una scheda OCC2
3. un amplificatore ottico booster OFP2
4. un pre-amplificatore ottico OFP2
5. un modulo OFP2 CAD8E (splitter/combiner 1:8 con porta di espansione)
6. bretelle, cavi breakout e materiale accessorio necessario all'interconnessione

Nella tabella è mostrato il dettaglio dei part-number:

GQK-G30FRUAC	G30 FRCU CHASSIS FANS AND AC PSUS
GLS-G30OCC2Z-00	G30 OCC2
ZXS-O2CAD8EZ-00	OFP2 CAD8E Colorless Add Drop Expandable
81.71T-O2PAOHIR-R6	OFP2 PREAMP OSC HIGH CHANNEL COUNT IR
ZXS-O2BAXZZZ-00	OFP2 BOOSTER AMP HIGH CH EXTENDED GAIN

Tabella 42 – Part-number utilizzati nei link H4-Satellite

In figura è mostrato un esempio generico di link H4.

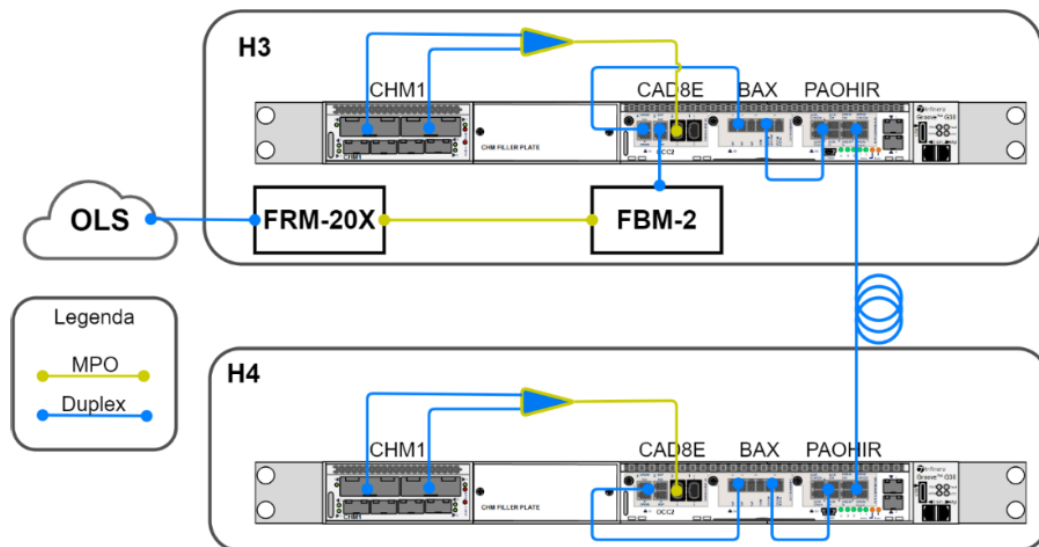


Figura 96 – Interconnessione di un sito H4-Satellite

Tutti i siti terminali dei collegamenti H4 sono equipaggiati con:

- Premaplifier PAOHIR
- Booster BAX

In tabella sono mostrati i valori di guadagno supportati da questi amplificatori.

Board Name	Min Gain (dB)	Max Gain (B)
PAHOIR	0	18
BAX	10	22

Tabella 43 – Valori di guadagno supportati da PAOHIR e BAX

E' possibile configurare il link control di un link equipaggiato con questi amplificatori nei seguenti modi:

- Manual Control Mode: i parametri di ciascun amplificatore sono configurati manualmente;
- Automatic Control Mode: tool di equalizzazione automatica si assicurano che i pre-amplificatori aggiustino il guadagno in maniera automatica.

4.12 LabBA01

La configurazione del Lab_BA01 è riportata nella seguente figura:

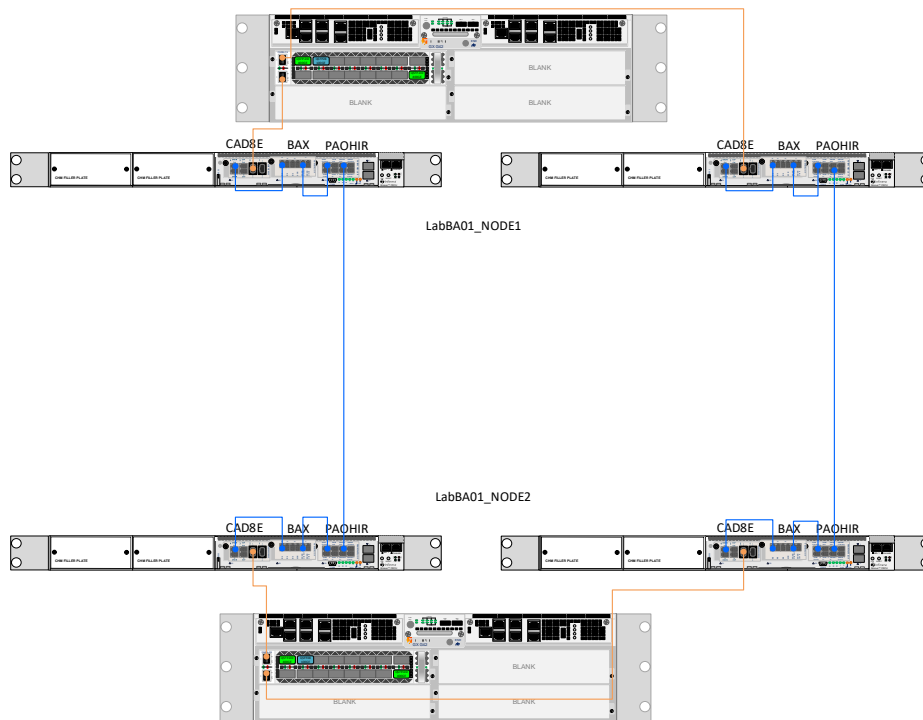


Figura 97 – Configurazione Lab_BA01

Il traffico è realizzato mediante canali ottici del CHM6 (800G/s) sui quali viene trasmesso il traffico client 1x400GE + 1x 100GE su ciascuno dei due link ottici. Trattandosi di una configurazione H4, il collegamento ottico è realizzato mediante il sistema di linea del G30 equipaggiato con i moduli CAD8 *mux/deux) ed amplificatori (PAOHIR e BAX). Maggiori dettagli sono riportati nel documento “Diagrammi a Blocchi Nodi Lotto 2” allegato al documento delle risposte.

5. CONCLUSIONI AL PROGETTO TECNICO

In riferimento ai 10 punti del criterio di valutazione EP1 del capitolato tecnico, si riporta di seguito una sintesi dell'offerta tecnica di TIM al fine di agevolare il lettore nella valutazione della chiarezza e della completezza della presente proposta.

1. Conformità con l'architettura e il disegno di rete presentato nel Capitolo 3

La soluzione di rete basata sul Flex Open Line System di Infinera consente di realizzare una rete ottica flessibile, completamente coerente secondo il modello parzialmente disaggregato scelto per la rete GARR-T. La soluzione di rete include:

- a. Un sistema di linea Flex "Open Line System" descritto nei Capitoli 1, 2 e 3 del presente progetto tecnico in linea con quanto richiesto nel paragrafo 3.1 del capitolato tecnico, che consentirà di:
 - o Adeguare in-service il sistema di linea GARR-X Progress dalla piattaforma Infinera ILS2 a Infinera FlexILS;
 - o Migrare a caldo il sistema di linea dell'anello campano dalla piattaforma Infinera ATN a Infinera FlexILS;
 - o Migrare a caldo i collegamenti dei nodi di NA06, FG01, TA01, CS00, SR01, SR02 su collegamenti basati sulla soluzione H4-Satellite realizzata con la piattaforma GX;
 - o Attivare i nuovi link verso i Datacenter della rete GARR-T.
- b. L'adeguamento in-service del sistema di linea da Infinera ILS2 a Infinera FlexILS consentendo di garantire l'attivazione della nuova matrice di traffico richiesta nel capitolato e il pieno supporto della capacità e dei servizi attualmente in produzione nella rete GARR-X.
- c. La conformità allo schema di rete della Figura 12 del capitolato, ai dati delle tratte in fibra riportati nelle tabelle dell' "Allegato_A_2302_Informazioni Siti e Tratte" ed al dimensionamento richiesto con la matrice di traffico del par. 3.5 del capitolato.
- d. L'implementazione di tutti i circuiti client richiesti sulla nuova rete GARR-T rispettando i due criteri di diversificazione indicati nel par. 3.6.
- e. il pieno supporto di lunghezze d'onda aliene e spectrum sharing in conformità a quanto descritto al paragrafo 3.7 del capitolato.
- f. L'allestimento, consolidamento e bonifica dei siti con la rimozione e smaltimento degli apparati dismessi e la realizzazione dei cablaggi per l'alimentazione elettrica, secondo quanto richiesto nel par. 3.8 del capitolato.

La soluzione proposta si basa sulla fornitura dei seguenti elementi principali:

- La piattaforma FlexILS costituita dagli chassis fotonici MTC-6 nei nodi ROADM e MTC-9 nei nodi ILA;
- La piattaforma Groove GX G30, equipaggiata con Transponder di nuova generazione che supportano interfacce client fino a 400GE e lunghezze d'onda fino a 600Gb/s.
- La piattaforma Groove GX G42, equipaggiata con Transponder di nuova generazione che supportano interfacce client fino a 400GE e lunghezze d'onda fino a 800Gb/s per collegamenti su link terrestri e sottomarini.
- Interfacce API programmabili a livello di singolo apparato (Flex ILS e Groove), sistema di gestione e controller SDN (TNMS).
- Un unico sistema di gestione unico (TNMS) per il controllo e gestione dell'intera infrastruttura di rete GARR-T (attuale e nuova).

La soluzione Infinera realizza un unico piano fotonico nella griglia flessibile delle lunghezze d'onda ITU-T G.694.1 nella banda C-estesa 4.8THz con granularità 12.5GHz. Inoltre, consente di realizzare connessioni ottiche tra qualunque nodo di rete (a meno delle performance ottiche dei transponder) senza rigenerare anche tra i nodi i cui collegamenti attraversano link sottomarini, come illustrato nel capitolo 4 del presente progetto tecnico.

Infine, i Nodi ROADM sono progettati in conformità a quanto richiesto in tabella 3 par.3.2.1 e grazie all'architettura flessibile del sistema Flex ILS di Infinera sono in grado di supportare configurazioni C, CD e CDC nell'ambito dello stesso nodo così da consentire l'instradamento del traffico secondo le migliori esigenze del GARR.

2. Aderenza al modello organizzativo, operativo e al contesto GARR riportato in Capitolo 2;

Come illustrato nel documento Piano di Realizzazione, TIM ha previsto un modello organizzativo ben definito, caratterizzato da specifiche figure professionali in ambito Vendita, Progettazione, Project Management e tecnici operativi sul territorio, che garantiranno un presidio strutturato di tutte le attività realizzative e di esercizio della rete GARR-T. In tale contesto, un ruolo importante sarà svolto dalle figure tecniche Infinera che saranno costantemente a supporto dei tecnici GARR per fornire assistenza sia in fase di progettazione esecutiva che nelle fasi operative di delivery. Il modello organizzativo prevede inoltre interazioni ben definite fra tutte le figure professionali (TIM, GARR e Infinera) coinvolte nell'intera durata del contratto di fornitura (delivery e assurance) e su tutti gli ambiti amministrativi, tecnici e di assistenza.

3. Aderenza con il modello di rete unitario di GARR-T a livello nazionale

L'architettura di rete Infinera realizza il richiesto modello di rete parzialmente disaggregato, basandosi su:

- Open Line System = Flex ILS Open Line System equipaggiato con moduli Flex Grid ROADM, catene di add-drop "C", "CD", "CDC" flessibili, amplificatori ottimizzati coerenti, moduli OTDR integrati;
- Elementi di Rice/Trasmissione (DCI/Transponder) = Piattaforma GX disaggregata equipaggiata con transponder flessibili configurabili via software in bit rate, baud rate, modulazione frequenza.
- Interfacce Programmabili = API di apparato, sistema di gestione TNMS e Transcend Transport Controller.
- Elementi di Controllo, Gestione e Monitoraggio = unica piattaforma di gestione TNMS e SDN Controller, equipaggiata con tutti i tool per la gestione dell'infrastruttura e per il monitoraggio delle performance ottiche.

Alla fine della realizzazione tutto il nuovo backbone GARR-T sarà uniforme, garantendo la continuità ed un unico dominio fotonico con quanto già realizzato nel centro-nord d'Italia.

4. Aderenza agli elementi tecnici illustrati nel Capitolo 4;

La soluzione proposta, come documentato nel documento "Risposte domande numerate da Q1 a Q121" risponde positivamente a tutti i requisiti "Vincolanti" e a numerosi "Premianti" contenuti nel capitolo 4 del capitolato tecnico. All'interno del citato documento è riportata la descrizione dettagliata di come ogni singolo requisito e relativi quesiti sono soddisfatti dalla presente offerta.

5. Completezza nelle descrizioni degli elementi architetture e degli aspetti funzionali

I dettagli tecnici degli apparati e degli elementi architetture che costituiscono la presente soluzione sono riportati nei Capitoli 1, 2, 3 e 4 del presente documento. In particolare, oltre alle caratteristiche tecniche di tutti gli elementi che costituiscono la soluzione offerta, è stata fornita una descrizione di tutte le scelte progettuali, evidenziando come nei vari ambiti, la soluzione nel suo complesso sia migliorativa rispetto ai requisiti minimi.

Inoltre, tutti i manuali e datasheet di prodotto sono inclusi nella risposta tecnica.

I dettagli degli aspetti funzionali, come ad esempio la configurabilità software dei transponders, la realizzazione dei nodi H1, H3 e H4, la flessibilità delle architetture C, CD e CDC sono descritte nei Capitoli 1, 2, 3 e 4 del presente documento. Dalle descrizioni si evidenzia come la flessibilità degli aspetti funzionali sia uno dei punti di forza della tecnologia Infinera.

6. Completezza nei dettagli implementativi e operativi

Come illustrato nel documento Piano di Realizzazione, TIM ha previsto un processo di delivery, articolato secondo le Milestone definite nel capitolato tecnico, in grado di assicurare il completamento della realizzazione della rete rispettando tutti i vincoli sulle tempistiche richieste dal GARR, migliorandole in qualche caso allo scopo di avere un margine temporale in caso di criticità non previste o eventi inattesi. Il Piano di Realizzazione previsto riporta tutti i dettagli implementativi, a partire dalle attività preliminari fino al collaudo e rilascio delle varie componenti di rete e al successivo consolidamento delle catene di amplificazione FlexILS e bonifica dei siti. Particolare attenzione è stata posta alle attività migrazione, necessarie per effettuare il passaggio dall'attuale rete di produzione GARR-X Progress alla nuova, con l'obiettivo di minimizzare gli impatti per l'utenza GARR.

7. Chiarezza nella presentazione delle potenzialità della soluzione in termini di performance, scalabilità e capacità supportata

Nel capitolo 4 del presente documento sono descritti i dettagli del link design. La rete è stata progettata per sfruttare al massimo le capacità dei sistemi forniti, fino a 800Gb/s con i nuovi transponder basati su ICE6, Probabilistic Constellation Shaping e carrier di Nyquist. La rete presenta inoltre notevoli potenzialità dal punto di vista delle performance, della scalabilità e della capacità supportata.

8. Chiarezza nella presentazione dei margini operativi previsti

La soluzione proposta è stata progettata utilizzando schede di amplificazione e moduli ROADM le cui specifiche di attenuazione permettono di supportare valori superiori a quelli richiesti da capitolato di gara, inclusi i 3dB di margine. Infatti, gli amplificatori EDFA supportano fino a 31dB e quelli Ibridi EDFA/Raman fino a 35dB a fronte di un'attenuazione media delle tratte, prima dei 3dB di margine, di 18.9 dB per quanto riguarda il Lotto 1 e 16.43 dB per quanto riguarda il Lotto 2. Inoltre, è stato verificato che le performance ottiche terrestri sono supportate senza dover effettuare alcun cambiamento all'HW proposto, anche aggiungendo un extra margine tra 0.5dB-1dB, oltre i 3dB minimi richiesti, su tutti gli span terrestri.

9. Evidenza della sostenibilità nel tempo della soluzione proposta

La progettazione del Link Engineering è stata realizzata per massimizzare l'efficienza spettrale riducendo il più possibile la spaziatura tra i canali e aumentando il bit rate delle lunghezze d'onda da utilizzare lungo i percorsi possibili. Il progetto prevede un margine per ciascuno span terrestre superiore a 3 dB, indicato come requisito minimo nel capitolato di

gara, che fornisce rassicurazioni sulla sostenibilità nel tempo della soluzione. Inoltre, grazie alla modularità e flessibilità nelle configurazioni dei moduli transponder (modifiche bit rate/bat rate/spaziatura senza vincoli software) forniti (interfacce di linea integrate per CHM2T e CHM6, interfacce di linea CFP2 aggiungibili su CHM1), la capacità fornita è superiore a quella necessaria, come descritto nel capitolo 4. La Banda extra disponibile garantisce scalabilità nella crescita della matrice di traffico e flessibilità in caso di necessità di reinstradamenti o modifiche alla matrice esistente.

Infinera garantirà inoltre il completo supporto degli apparati proposti per tutti i 10 anni previsti nel servizio di assistenza e manutenzione.

10. Esaustività dei riferimenti tecnici rispetto alla soluzione proposta e alla documentazione.

Nei quattro documenti contenuti nella presente offerta sono stati forniti tutti i dettagli tecnici richiesti, illustrando le caratteristiche dei prodotti e, laddove richiesto, descrivendo le varie scelte progettuali individuate. In aggiunta, quando necessario, sono stati anche riportati i riferimenti puntuali ai vari documenti dell'offerta tecnica e, per maggiori approfondimenti, ai manuali tecnici e ai datasheet di prodotto inclusi come allegati nella documentazione della risposta tecnica.