

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014

Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

| Massimo Giuliani | Telecom Italia S.p.A. |

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

Ringraziamenti

- ▶ *Un particolare ringraziamento all'Ing. Sandro Pileri (HRS-SUF) per il materiale che ha gentilmente messo a disposizione*

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

Obiettivo dell'intervento

- ▶ **Panoramica sullo stato dell'arte delle tecnologie utilizzate in rete di accesso**
- ▶ **Presentare i trend di sviluppo, con particolare riferimento alla rete di Telecom Italia (NGN2/NGAN)**

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

CONCETTI INTRODUTTIVI

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

Agenda

- ▶ **Architettura e criteri di progetto di una rete di telecomunicazioni**
- ▶ **Tassonomia delle reti di accesso**
 - ▶ **Collegamenti su cavo (“wired”)**
 - ▶ **Le tecnologie xDSL**
 - ▶ **Le soluzioni su fibra ottica**
 - ▶ **Next Generation Access Networks (NGANs)**
 - ▶ **Collegamenti radio (“wireless”)**
 - ▶ **Mobile wireless**
 - ▶ **Fixed wireless**

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

Architettura di una rete di telecomunicazioni

- ▶ L'architettura di una rete dipende da
 - ▶ Numero di nodi terminali da collegare
 - ▶ Distanze in gioco
 - ▶ Tipologia dei servizi da erogare e requisiti di comunicazione specifici
 - ▶ Matrici di traffico
 - ▶ Requisiti di performance
 - ▶ Requisiti di affidabilità
 - ▶ Trend *prevedibili* di crescita (dei nodi, dei servizi, ecc.)
 - ▶ Infrastrutture disponibili sul territorio (rame, fibra,...)

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

La prospettiva dell'operatore e quella del cliente

- ▶ Per *l'operatore*, il progetto della rete ha come obiettivo la più efficiente copertura del territorio per l'erogazione di servizi differenziati, minimizzando i costi di investimento e di esercizio
 - ▶ Maggiore flessibilità sulle tecnologie
 - ▶ Maggiore incertezza sulle sedi da collegare
- ▶ Per il **Cliente** (Organizzazione multisede), il progetto della rete è vincolato alle tecnologie effettivamente disponibili sul territorio, ma riguarda un solo insieme di sedi.

L'operatore costruisce infrastrutture di rete «multiclient» che permettono di mappare su di esse le molteplici reti dei suoi clienti

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

Architetture tipiche di rete

- ▶ **Gerarchica**, utilizzata soprattutto quando è necessario collegare un grande numero di sedi.

La rete viene suddivisa in

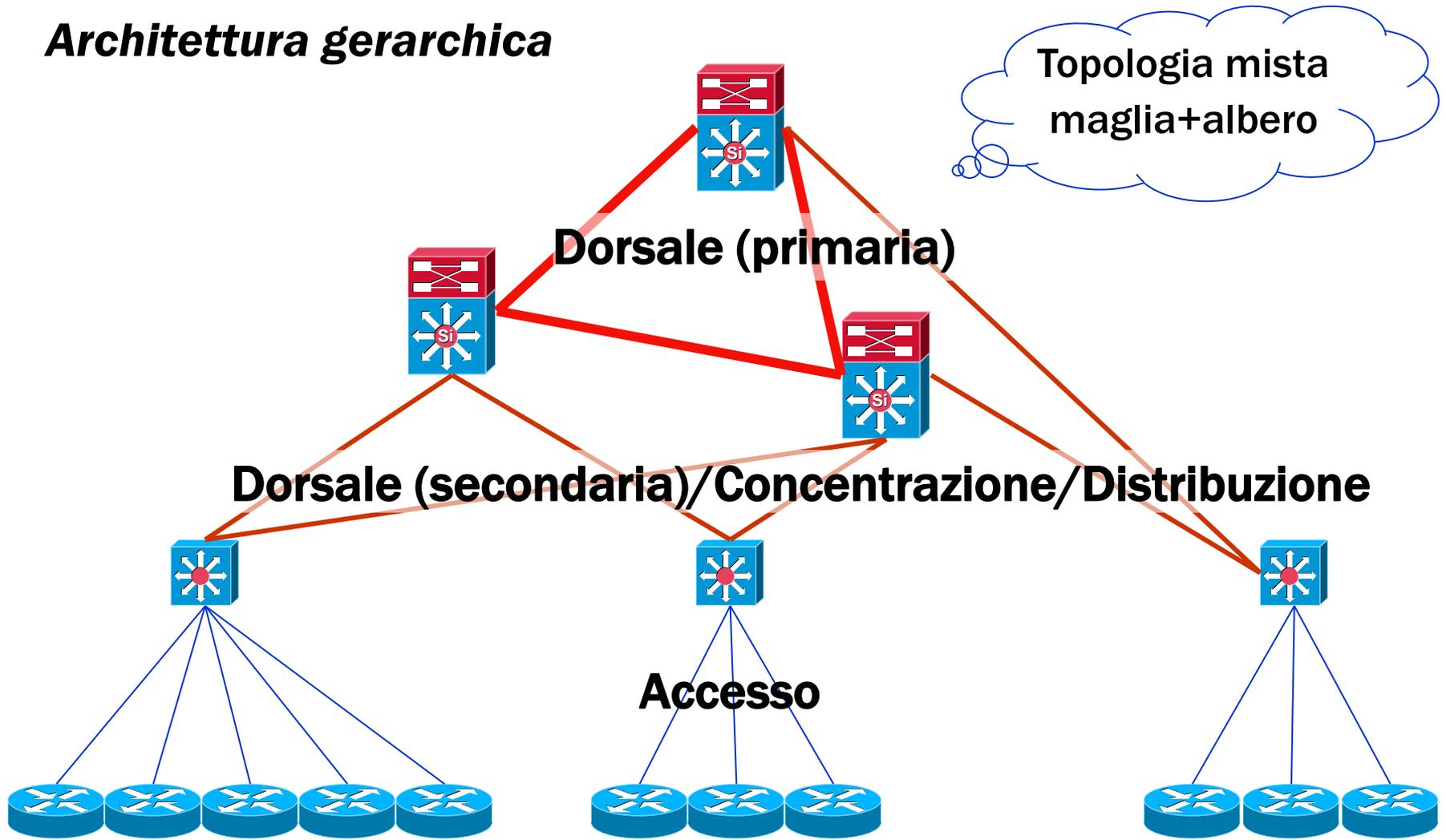
- ▶ Dorsale primaria (*backbone*)
 - ▶ Aggregazione
 - ▶ Accesso
- ▶ **Paritetica/Non gerarchica**, per reti di piccole dimensioni (in termini di numero di nodi)

Attenzione a non confondere architettura fisica e logica della rete: le due possono essere molto diverse!

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

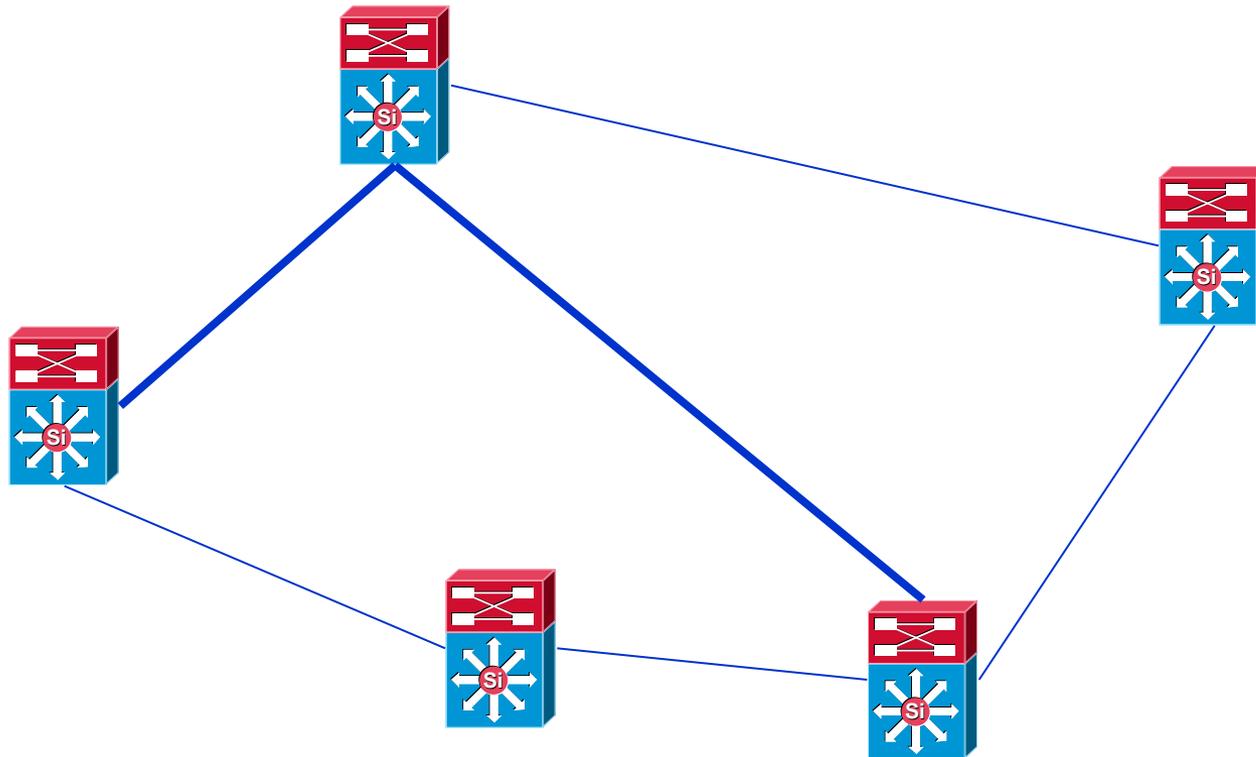
Architettura gerarchica



Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

Architettura non gerarchica



Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

LA RETE DI ACCESSO

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

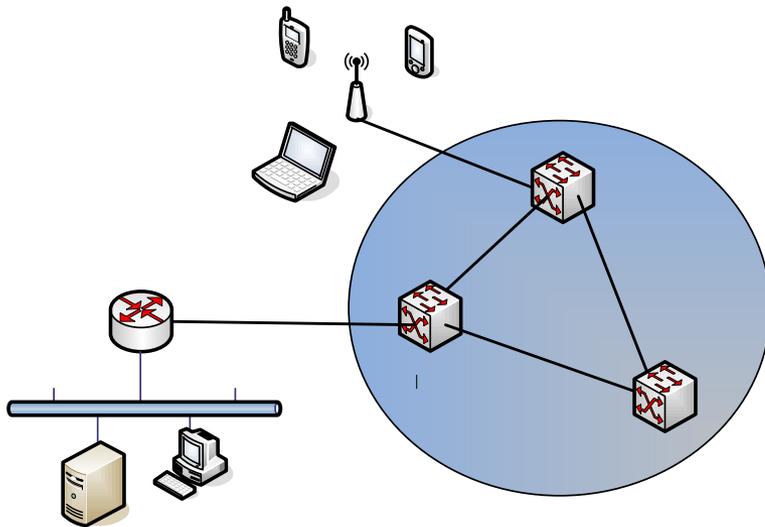
Perché sono così interessanti le reti di accesso?

- ▶ L'architettura delle reti di backbone e i requisiti che devono soddisfare sono abbastanza consolidati
- ▶ Stesso discorso vale per le tecnologie: dominio incontrastato della fibra ottica
- ▶ La rete di accesso è quella che «tocca» l'utilizzatore finale e che determina in modo rilevante le caratteristiche del servizio erogato
- ▶ Vi sono molteplici tecnologie disponibili per realizzare «l'ultimo miglio», aventi ciascuna differenti prestazioni e **aree di copertura**

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

Focus sulla rete di accesso



▶ La rete di accesso è la parte di una rete di telecomunicazioni (apparati & collegamenti) che raggiunge gli utilizzatori finali.

▶ Si distingue dalla rete di dorsale (o *backbone*), che interconnette le sedi (PoP) di un fornitore di servizi di telecomunicazioni o le sedi principali di una grande azienda multisede

▶ Rete di accesso:

- ▶ Molti collegamenti (anche milioni)
- ▶ Bassa velocità (~ Mbit/s)
- ▶ Brevi distanze (< 50 km)
- ▶ Frequenti riconfigurazioni

▶ Rete di dorsale

- ▶ Pochi collegamenti
- ▶ Alta Velocità (~ Gbit/s)
- ▶ Lunghe distanze (> 100 km)
- ▶ Limitate riconfigurazioni

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

Caratteristiche della rete di accesso

- ▶ E' la componente di maggior valore economico di una rete di telecomunicazioni
- ▶ In Telecom Italia, la rete di accesso impegna la maggior parte dei tecnici e rappresenta oltre il 30% delle spese
- ▶ ...la maggior parte dei guasti riguarda la rete di accesso

E inoltre

- ▶ ***Le caratteristiche della rete di accesso determinano (vincolano) i contenuti che possono essere trasmessi tra gli elementi terminali della rete***

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

Reti di accesso pubbliche

- ▶ Nel seguito di questo intervento considereremo solo le reti di accesso, che permettono il collegamento tra le sedi del Cliente e i punti di presenza (PoP) dell'Operatore.
- ▶ Salvo eccezioni, solo gli Operatori di telecomunicazioni possono realizzare reti che si estendono al di fuori di un comprensorio privato e offrire servizi ad una molteplicità di Clienti.

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

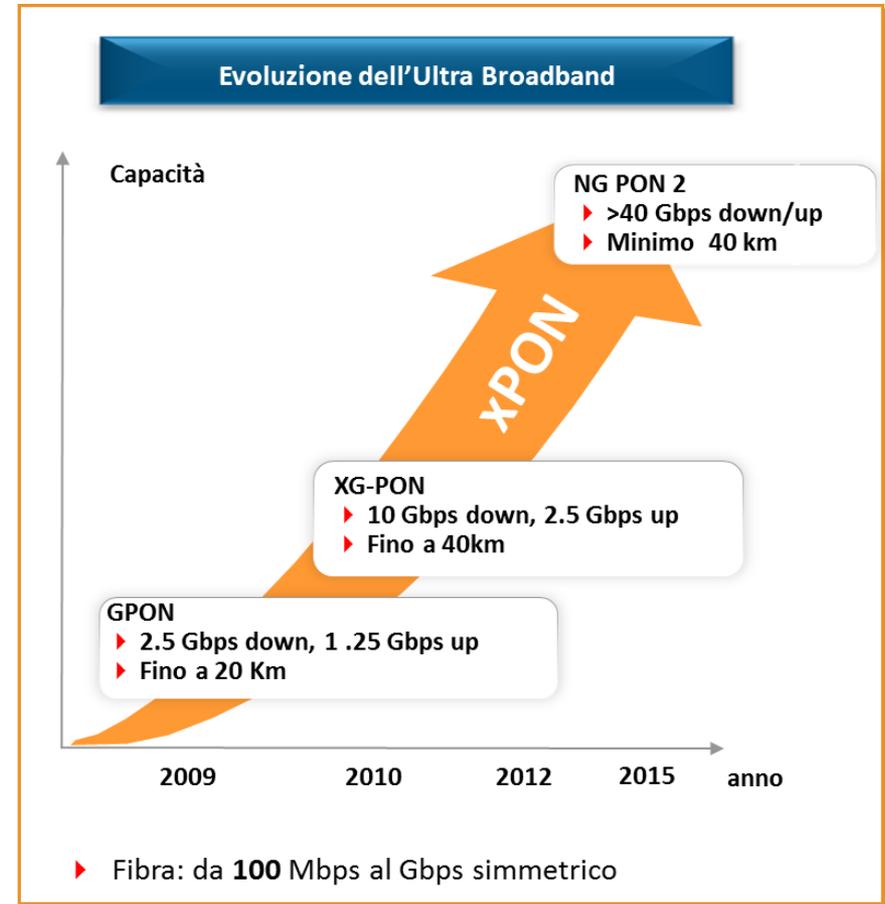
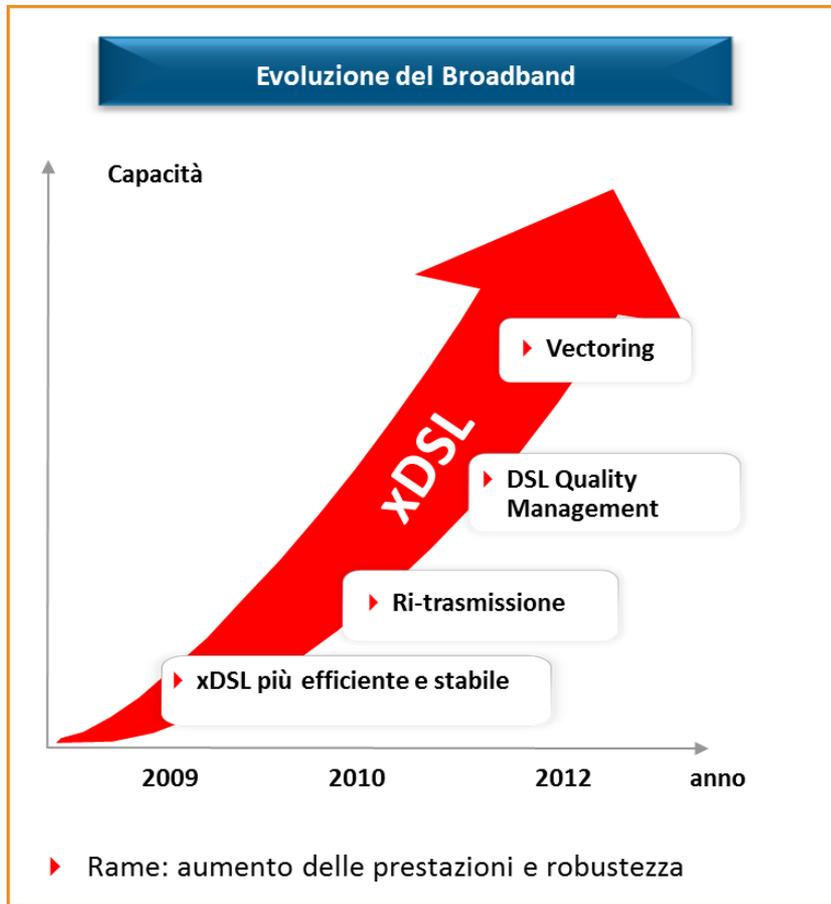
Principali tecnologie impiegate nella rete d'accesso

- ▶ Sistemi in rame
 - ▶ «legacy»: trasmissione analogica o numerica in banda stretta
 - ▶ xDSL
 - ▶ (Onde convogliate)
- ▶ Sistemi in fibra ottica
 - ▶ Sistemi SDH
 - ▶ Sistemi DWDM
 - ▶ Metro Ethernet
 - ▶ PON/GPON
- ▶ Sistemi radio (*wireless*)
 - ▶ Ponti radio SDH
 - ▶ Fixed wireless (WiFi, WiMAX)
 - ▶ Mobile wireless (GPRS, EDGE, UMTS, HSDPA, LTE)

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

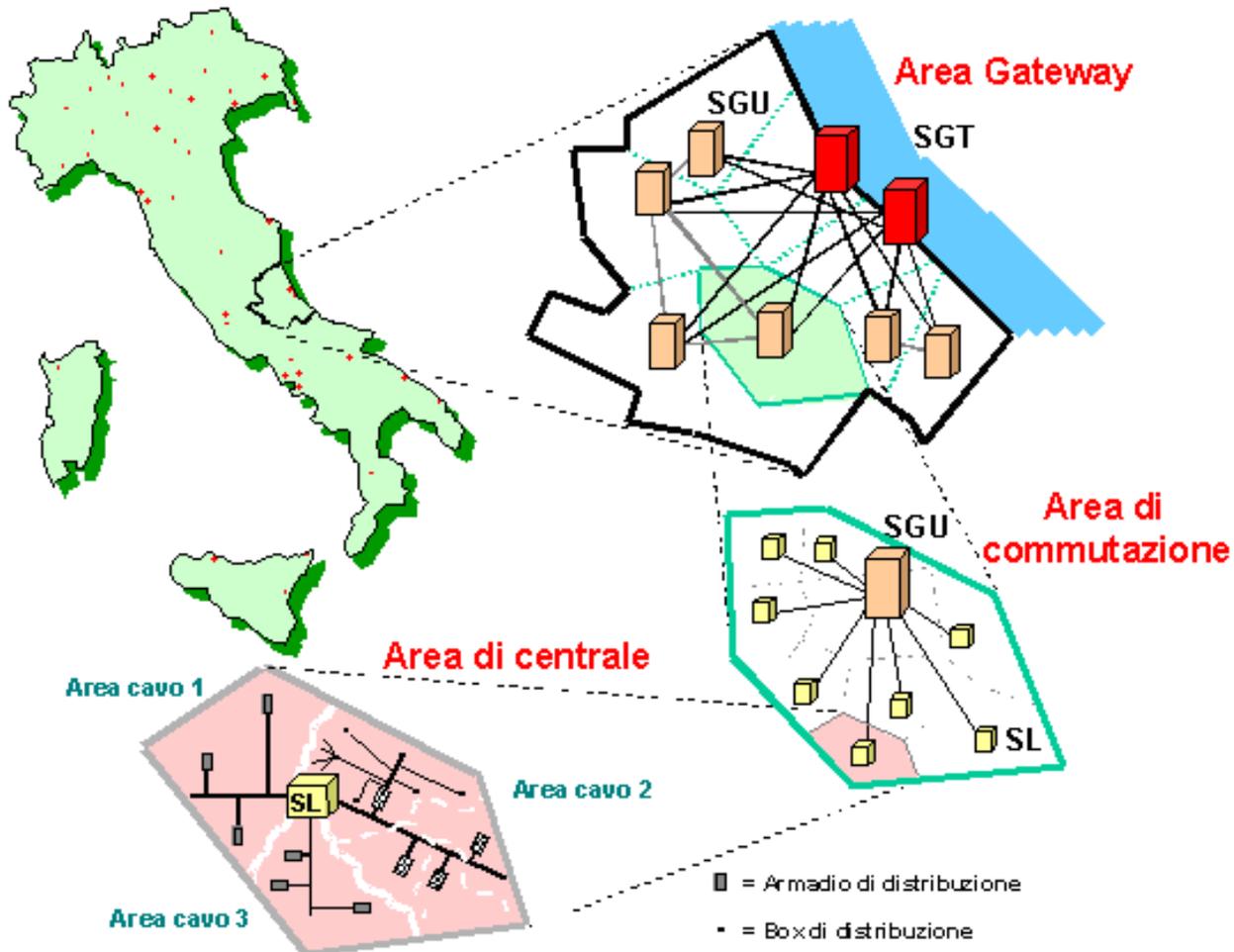
Le reti fisse in rame e in fibra coesisteranno per molto tempo...



Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

Architettura della rete di accesso in esercizio: la rete fissa



La figura mostra la struttura della rete telefonica tradizionale

E' importante tenerla presente perché su di essa si pianifica la struttura e l'evoluzione della rete di accesso

Lo sviluppo della rete di accesso

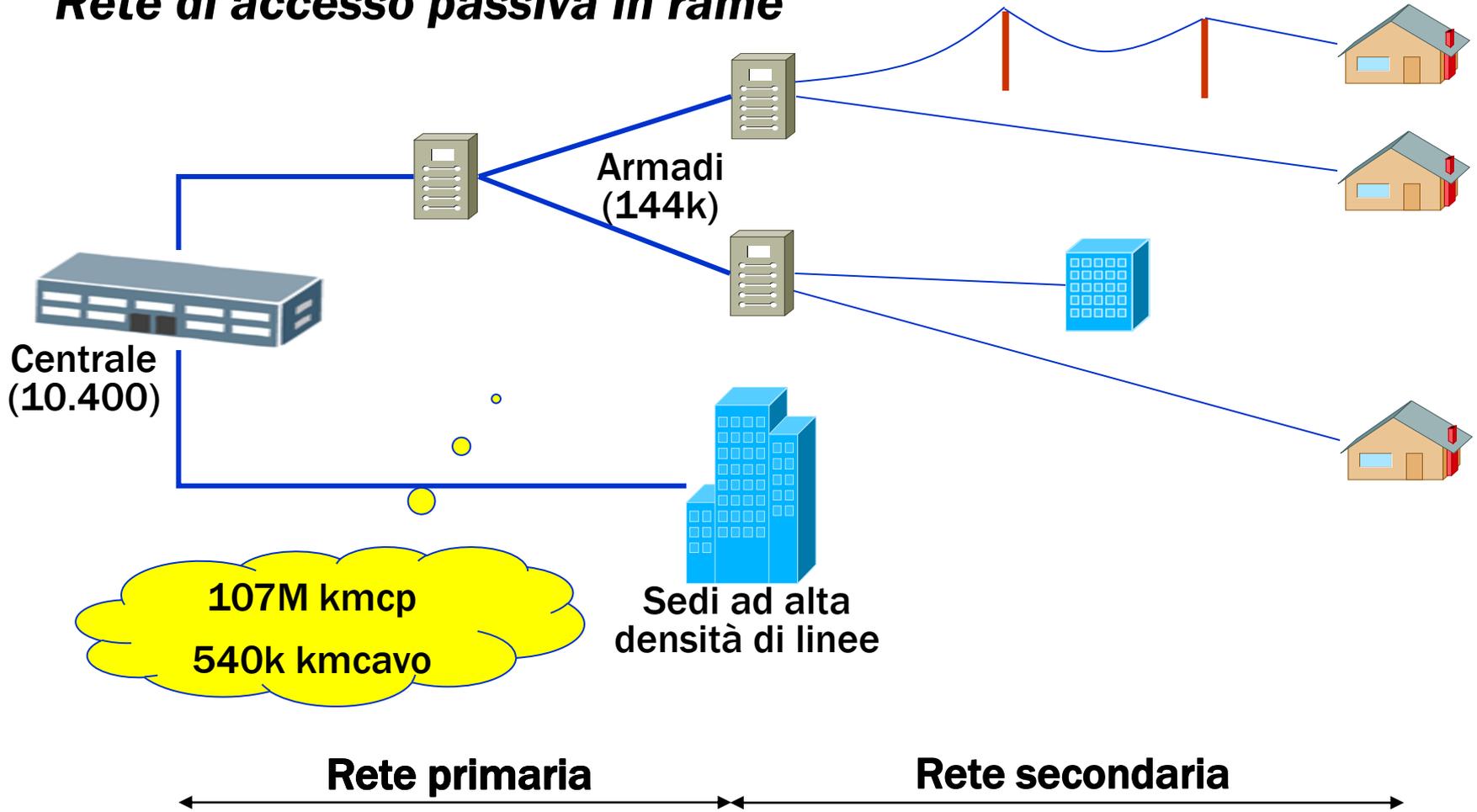
Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

RETE DI ACCESSO IN RAME

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

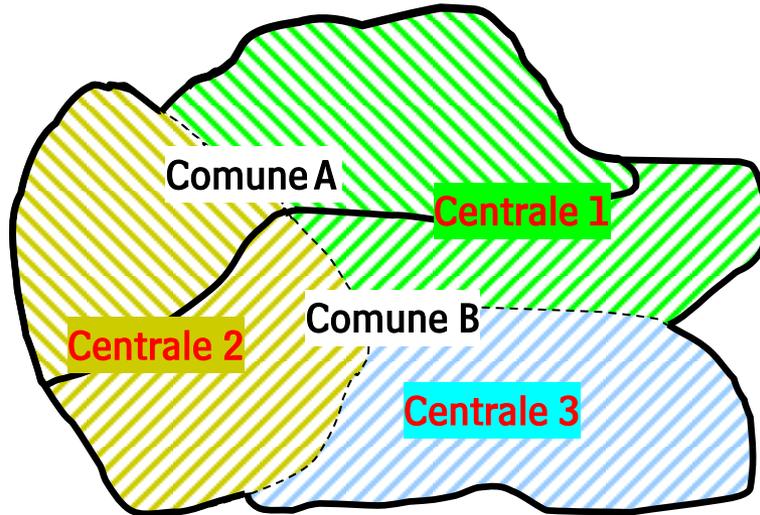
Rete di accesso passiva in rame



Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

Copertura per Centrale vs. per Comune



- ▶ Una centrale telefonica distribuisce spesso i suoi accessi su due o più Comuni; pertanto non esiste una corrispondenza univoca tra centrali e Comuni
- ▶ Un elevato numero di Comuni presenta dimensioni piccole o piccolissime

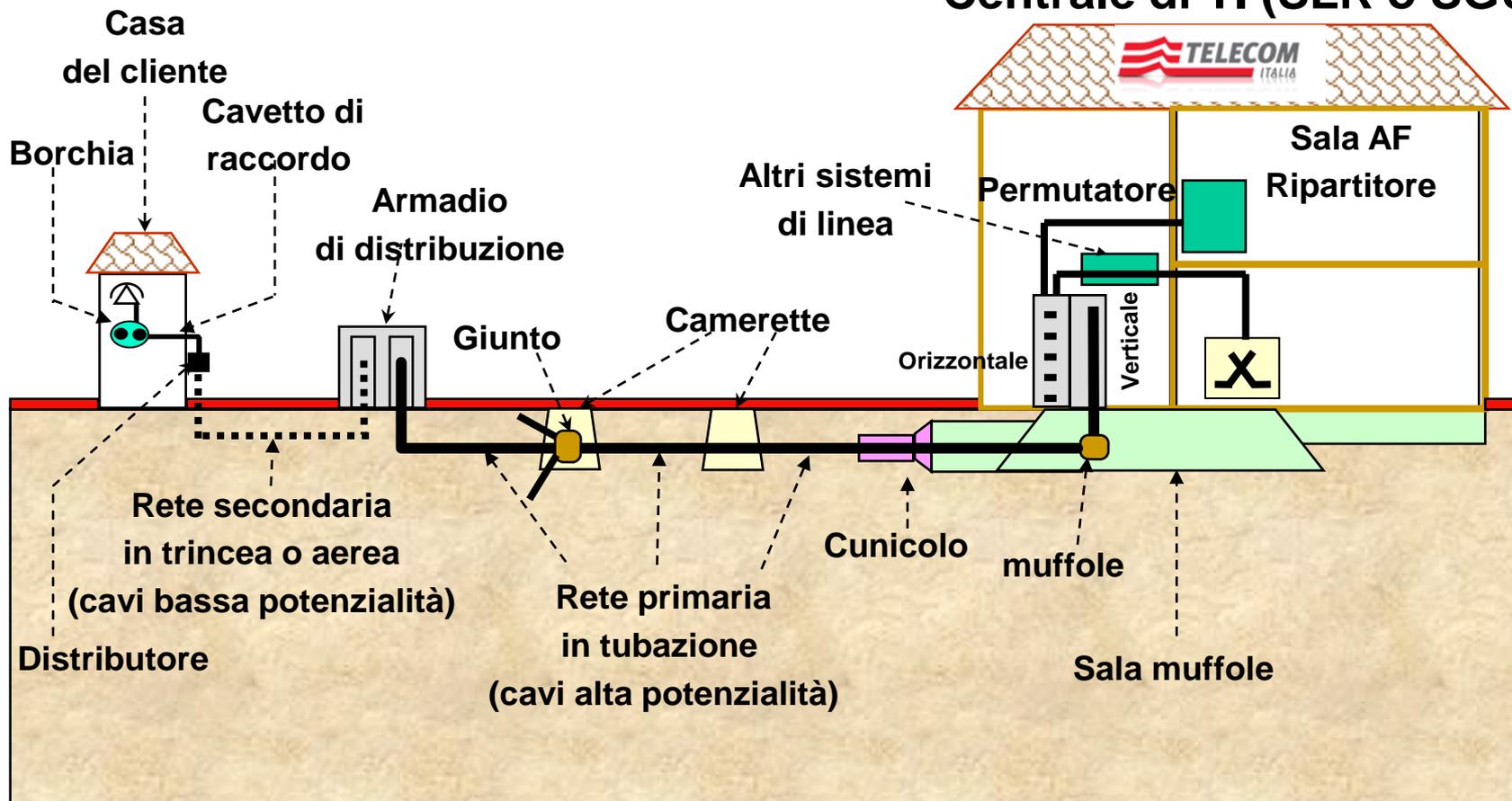
Pur in presenza di alto livello di copertura xDSL, il numero dei Comuni con copertura non elevata risulta essere ancora relativamente consistente

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

Componenti della rete in rame

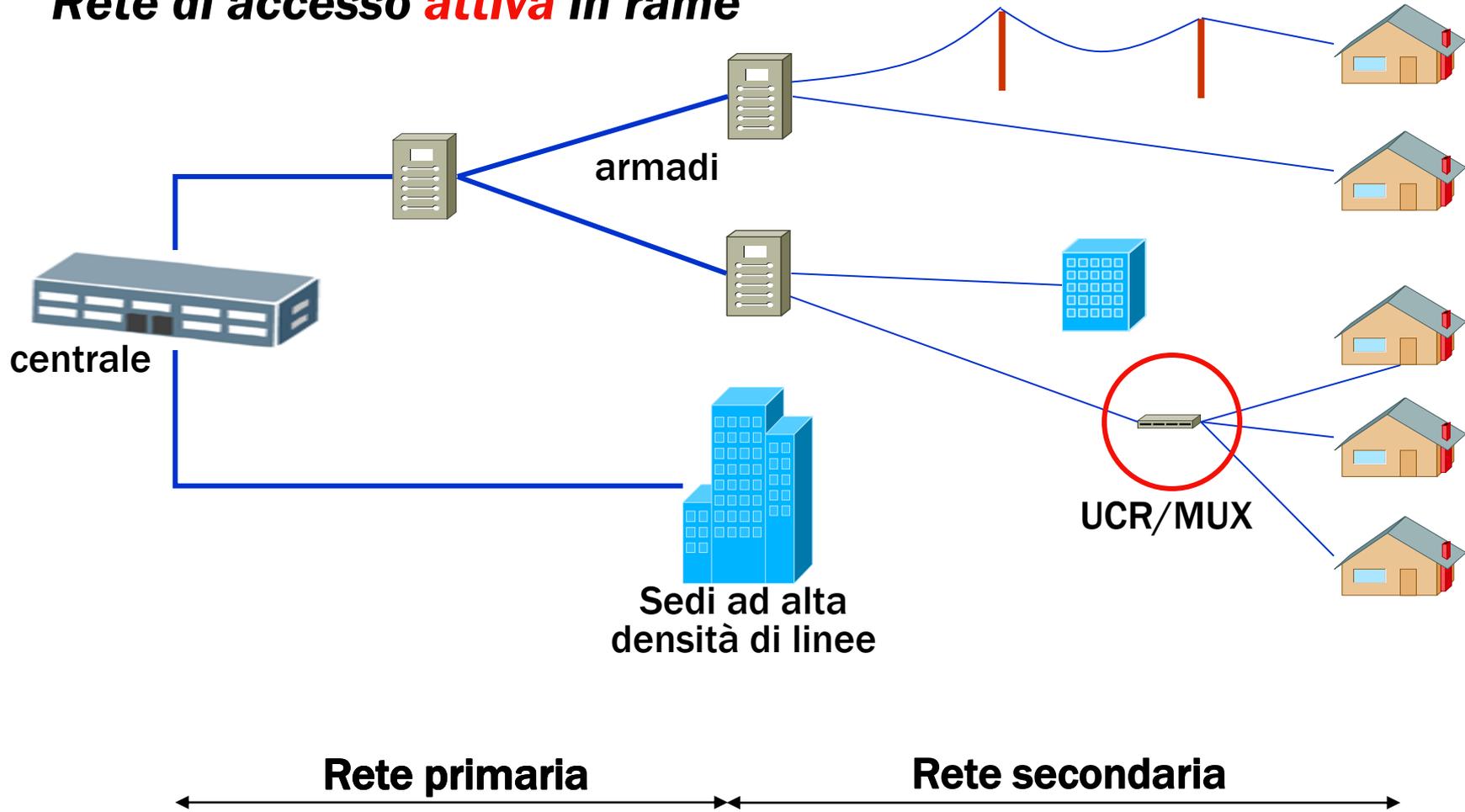
•Centrale di TI (SLR o SGU)



Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

Rete di accesso *attiva* in rame



Lo sviluppo della rete di accesso

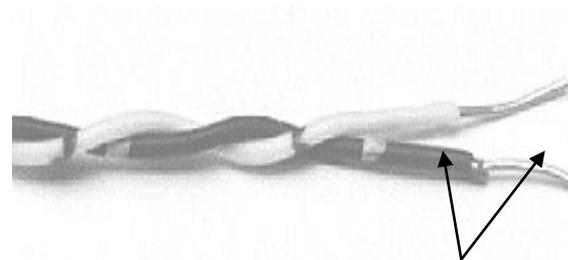
Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

Esempi di cavi a coppie simmetriche



Esempi di cavi
a coppie simmetriche

L'unità costituente il cavo è il
"doppino"



Isolamento in plastica

Conduttori in rame

Ø 0,4 - 0,6 - 0,9 mm

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

Caratteristiche dei cavi in rame utilizzati nella rete

Tipo di posa	Diametro dei conduttori (mm)	Potenzialità del cavo (n. coppie)
nei manufatti o tubi predisposti	0,4	10, 20, 30, 50, 100, 200, 400, 600, 800, 1200, 1600, 2400
	0,6	10, 20, 30, 50, 100, 200, 400, 600, 800, 1200
in trincea	0,4	20, 30, 50, 100, 200, 400, 600, 800, 1200, 1600, 2400
aerea	0,6	10, 20, 30, 50, 100, 200

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

A che cosa serve la rete d'accesso in rame?

- ▶ Servizi tradizionali (*legacy*)
 - ▶ Telefonia (analogica e digitale)
 - ▶ Circuiti dedicati in banda fonica 0 – 4 kHz (CDA, Circuiti Dedicati Analogici)
 - ▶ CDN, Circuiti Dedicati Numerici (1,2 – 8.192 kbit/s)
- ▶ Servizi con accessi DSL (*Digital Subscriber Loop*)
 - ▶ ADSL/ADSL2+ (A = Asymmetric)
 - ▶ HDSL (H = High-speed)
 - ▶ SHDSL (SH = Symmetric High-speed)
 - ▶ VDSL/VDSL2 (V = Very High Bitrate)

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

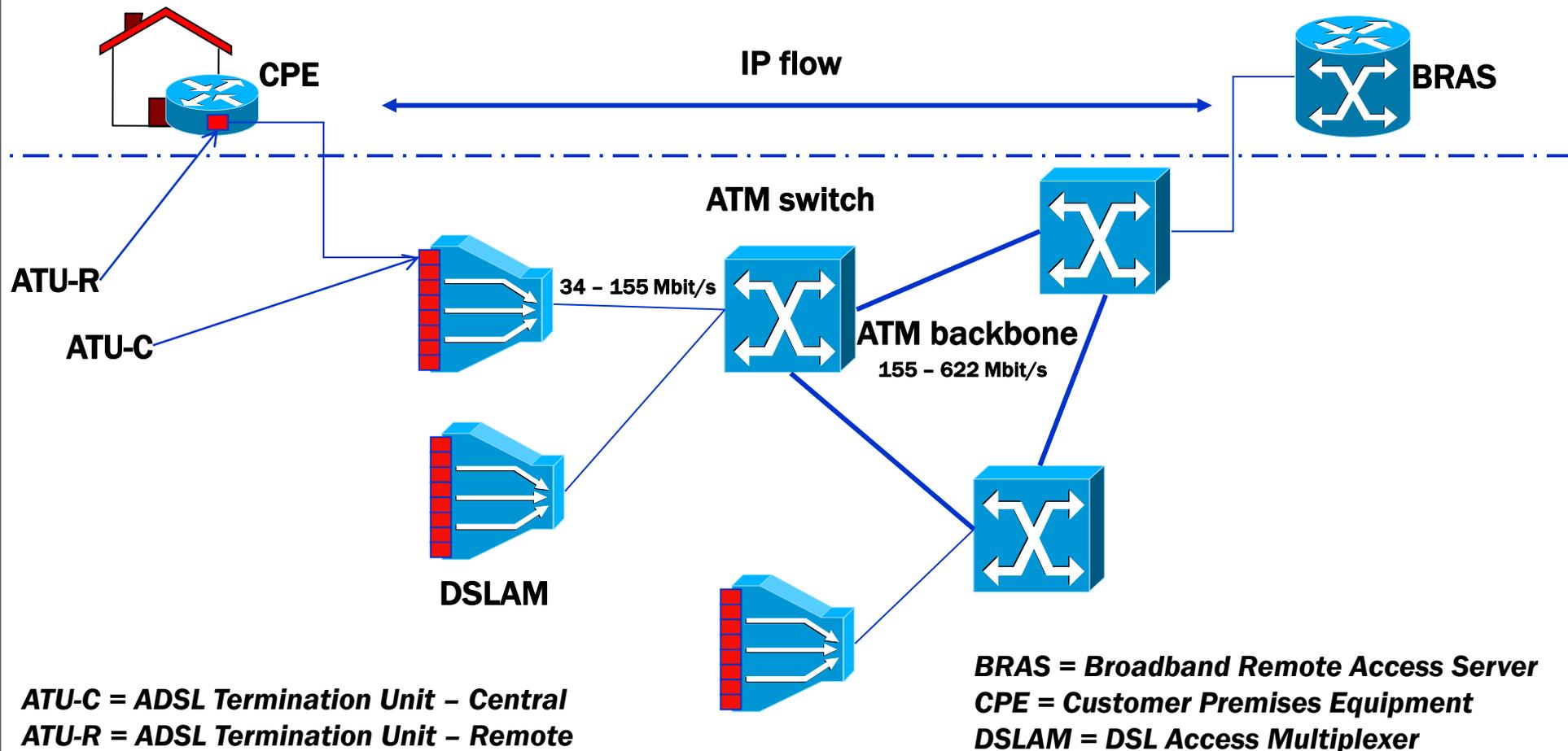
Le tecnologie DSL

- ▶ Operano su 1 o più coppie in rame
- ▶ Utilizzano una banda molto maggiore della banda fonica (~MHz)
 - ▶ In configurazione “over-voice” per garantire la coesistenza con il servizio telefonico (es. ADSL)
 - ▶ In alternativa al servizio telefonico per servizi solo dati (es. HDSL)
- ▶ Permettono di raggiungere bit-rate dell’ordine delle decine di Mbit/s
- ▶ Si basano su schemi complessi di modulazione, resi possibili su scala industriale dall’utilizzo di DSP a basso costo
- ▶ Richiedono continuità galvanica e hanno prestazioni fortemente dipendenti dalla lunghezza della coppia e dalla presenza di segnali interferenti
- ▶ Concepite per realizzare il collegamento tra la sede cliente e il nodo dell’operatore (no end-to-end)

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

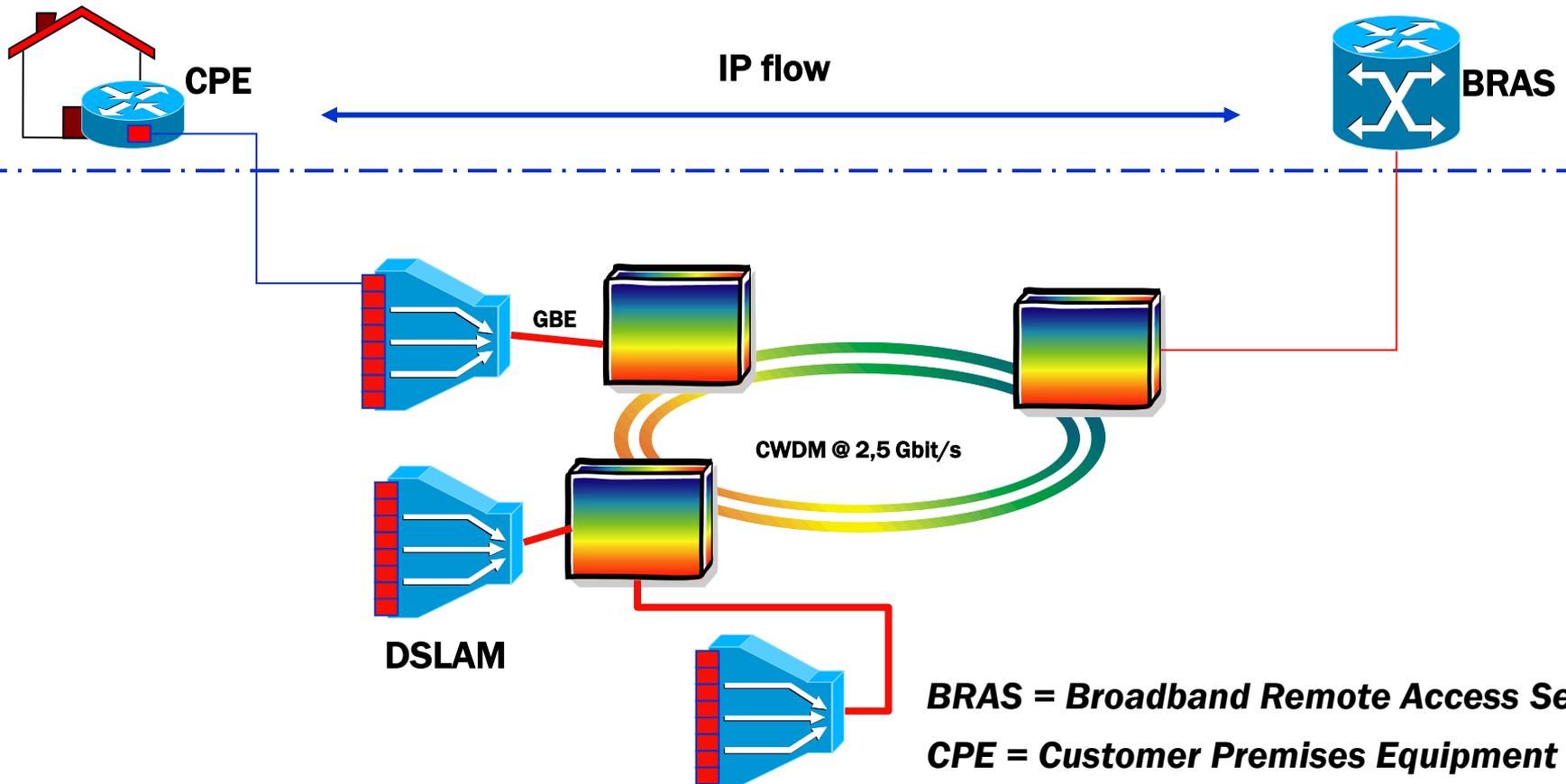
Architettura di rete xDSL: ieri



Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

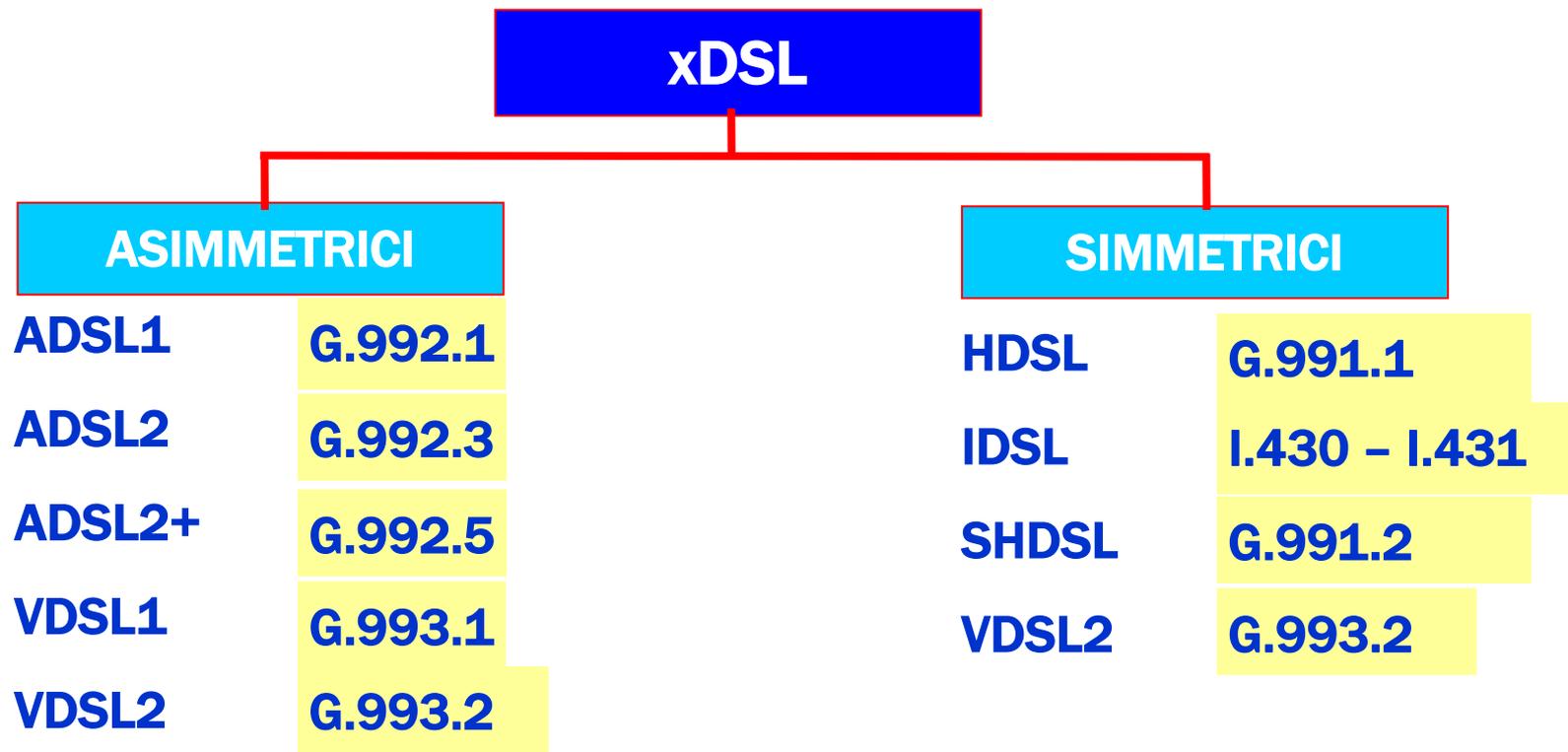
Architettura di rete xDSL: oggi



Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

La famiglia dei sistemi xDSL



Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

La famiglia dei sistemi xDSL (1/2)

❑ IDSL (ISDN Digital Subscriber Line)

- ▶ Capacità trasmissiva di 160 kbit/s simmetrici su 1 cp
- ▶ Portata fino a circa 4 km
- ▶ Codifica di linea 2B1Q (e 4B3T) a cancellazione d'eco

❑ HDSL (High-bit-rate DSL)

- ▶ Capacità trasmissiva di 2 Mbit/s equamente suddivisa su due 2 coppie
- ▶ Portata di circa 2.5 km
- ▶ Codifica di linea 2B1Q a cancellazione d'eco
- ▶ Possibilità di rigeneratori

❑ SHDSL (Single Pair High-bit-rate DSL)

- ▶ Capacità trasmissiva multirate fino a 2.3 Mbit/s su 1 cp (TC-PAM 16) o fino a 5,696 Mbit/s su 1cp (TC-PAM 32)
- ▶ Portata variabile in base alla velocità (es. 3km a 1024kbps, 1,8km a 2304kbps, 650m a 5696kbps)
- ▶ Codifica di linea 16-PAM o 32-PAM con codice a traliccio (TC) e cancellazione d'eco
- ▶ Possibilità di rigeneratori

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

La famiglia dei sistemi xDSL (2/2)

❑ ADSL (Asymmetric DSL)

- ▶ Capacità trasmissiva fino a 8 Mbit/s downstream e fino a 1 Mbit/s upstream su una coppia
- ▶ Compatibile con il segnale analogico in banda 4 kHz (POTS) sulla stessa coppia
- ▶ Codifica di linea DMT – Duplexing FDD
- ▶ No rigeneratori

❑ ADSL2/2+ (Asymmetric DSL seconda generazione)

- ▶ Capacità trasmissiva fino a 24 Mbit/s downstream e 1 Mbit/s upstream su una coppia
- ▶ Compatibile con il segnale analogico in banda 4 kHz (POTS) sulla stessa coppia
- ▶ Codifica di linea DMT – Duplexing FDD
- ▶ No rigeneratori

❑ VDSL2 (Very high-bit-rate DSL 1/2)

- ▶ Capacità trasmissiva fino a 100 Mbit/s downstream e 10 Mbit/s upstream su una coppia
- ▶ Compatibile con il segnale analogico in banda 4 kHz (POTS) sulla stessa coppia
- ▶ Codifica di linea DMT – Duplexing FDD
- ▶ No rigeneratori

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

VDSL2 (standard ITU-T G.993.2)

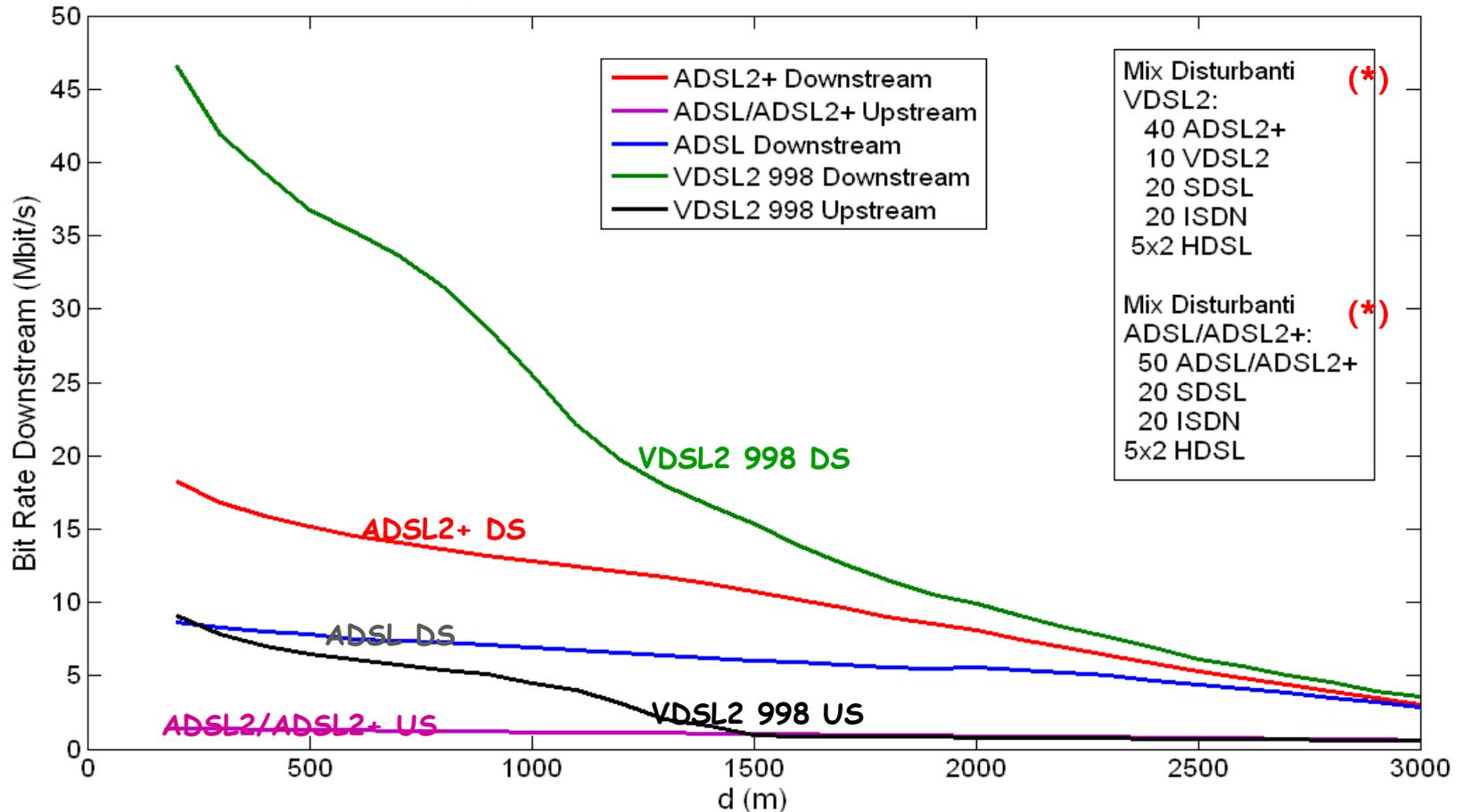
- ❑ Il VDSL2 (ITU-T G.993.2) costituisce l'evoluzione naturale del VDSL di prima generazione, e rispetto a questo ultimo introduce diverse migliorie, tra cui si segnalano:
 - ▶ Trasporto nativo di frame Ethernet in maniera efficiente (standard EFM 802.3ah).
 - ▶ Possibilità di gestione della PSD (Power Spectral Density) così che un Operatore può definire una propria PSD inferiore rispetto a quella massima ammessa dallo standard al fine di rispettare specifiche regole di Spectrum Management.
 - ▶ Gestione “dinamica” della PSD in funzione della lunghezza del collegamento. La potenza sottesa dalla maschera ITU-T è > della potenza aggregata permessa dal profilo VDSL2.
 - ▶ Disponibilità di meccanismi di power back-off (PBO) in grado di permettere la coesistenza nello stesso cavo di sistemi VDSL2 da cabinet con gli altri sistemi xDSL dispiegati da centrale.
 - ▶ *bonding* di più doppini VDSL2 tramite tecniche ATM o Ethernet.

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

Confronto prestazioni ADSL/ADSL2+/VDSL2

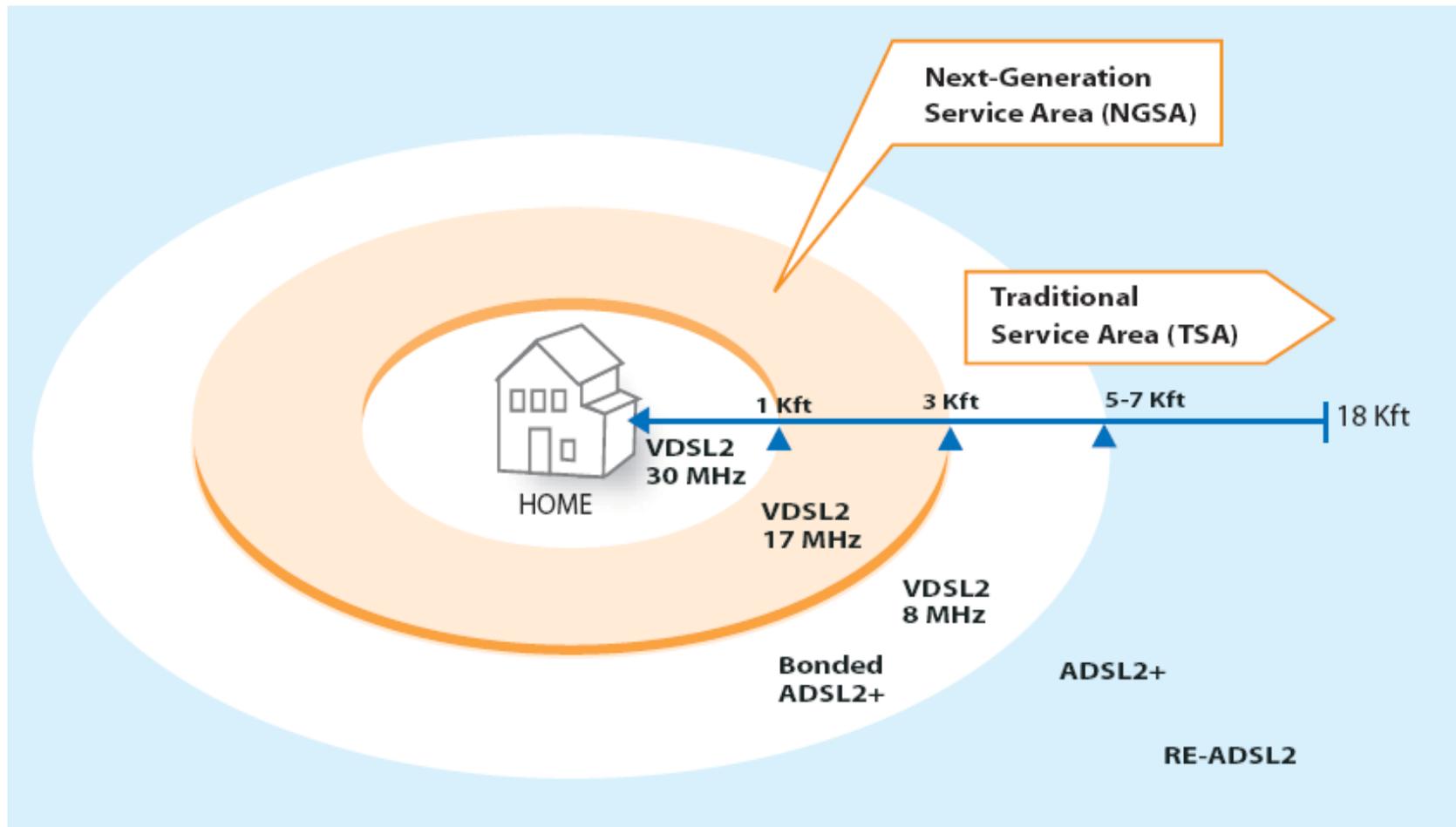
Prestazioni ADSL, ADSL2+ e VDSL2 998 su cavo CT1240 0.4mm con rumore



Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

VDSL2 e ADSL2+: distanze di convenienza



Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

L'evoluzione dei sistemi xDSL

tipo di tecnica	beneficio apportato	tecnologia dove è applicabile	dove occorre intervenire	stato dello standard
RITRASMISSIONE	aumenta la stabilità	ADSL2/2+/VDSL2	DSLAM/CPE	G.998.4
BONDING	aumenta il bit rate	ADSL2/2+/VDSL2 (nota 1)	DSLAM/CPE	G.998.1 (ATM bonding) e G.998.2 (Ethernet Bonding)
SEAMLESS RATE ADAPTATION (SRA)	aumenta la stabilità	ADSL2/2+/VDSL2	DSLAM/CPE	G.992.3/5 e G.993.2
DSL Quality Management (DQM)	controllo pro-attivo ed efficiente della qualità e stabilità	ADSL2/2+/VDSL2	DSLAM/sistema di gestione	
VECTORING	aumenta il bit rate	VDSL2	soprattutto sul DSLAM, meno sul CPE	G.993.5

nota 1: 2-4 coppie in bonding per accessi ADSL2+; fino a 8 coppie per accessi VDSL2

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

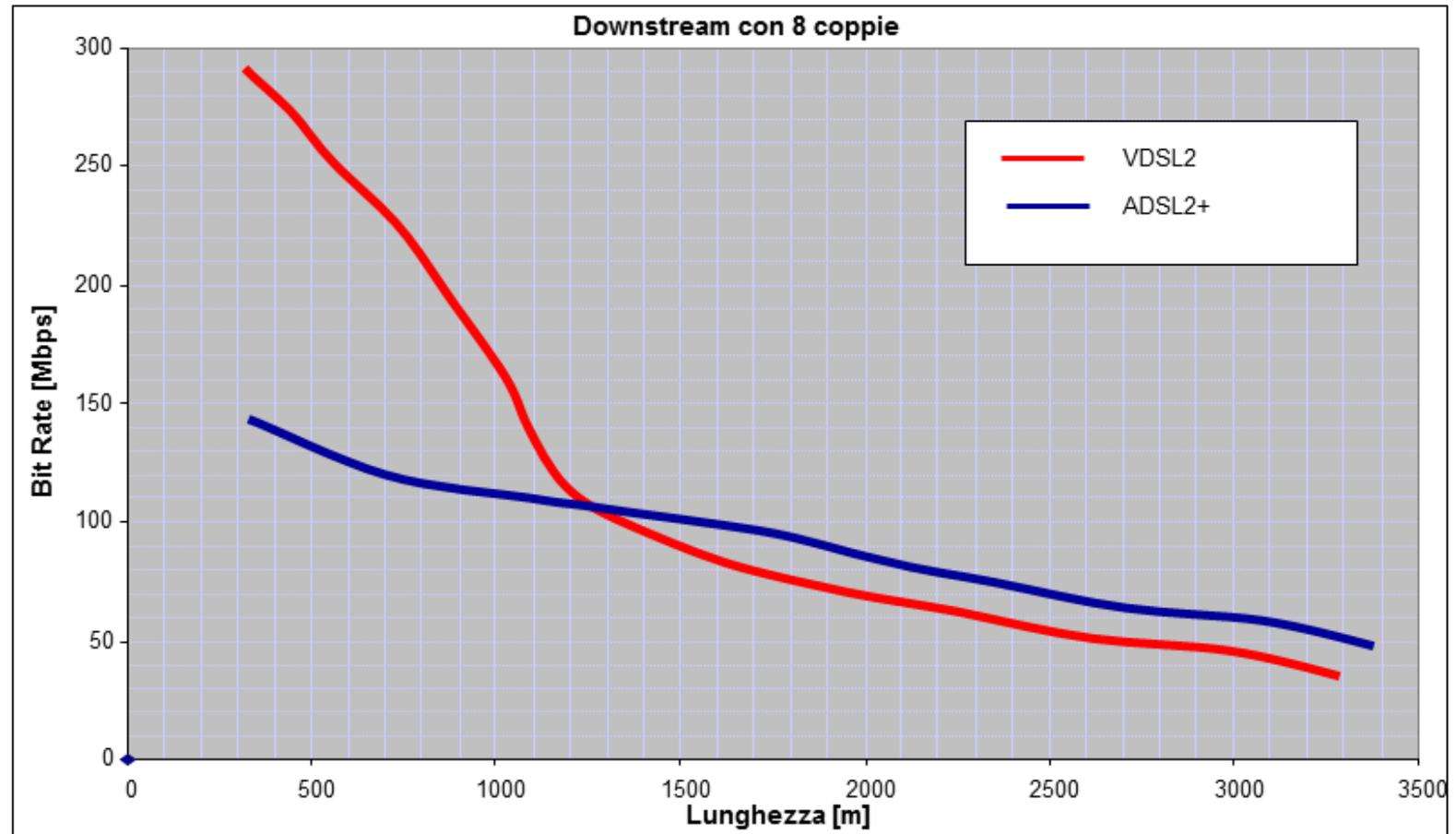
Nuove tecnologie per la rete in rame

- ▶ **Bonding** = tecnica per utilizzare linee multiple DSL (ADSL, SHDSL, VDSL...) al fine di trasportare un singolo stream di celle ATM (G.998.1) o trame Ethernet (G.998.2).
- ▶ **Seamless Rate Adaptation (SRA)** = consente di adattare la velocità di linea in caso di variazioni, sia positive che negative, del rumore al ricevitore (ad es. rumore di diafonia generato dalle altre linee nel cavo), portando il sistema ad una condizione di ottimalità.
- ▶ **DSL Quality Management (DQM)** = capacità di controllare in modo pro-attivo ed efficiente la qualità e stabilità delle linee DSL
- ▶ **Ritrasmissione** = Il protocollo di ritrasmissione, implementato dai chipset a livello fisico, interviene ritrasmettendo solo i dati che al ricevitore risultano corrotti, senza proteggere a priori tutti i dati.
- ▶ **Vectoring** = metodo di trasmissione che utilizza il coordinamento dei segnali sulle linee a livello fisico, allo scopo di ridurre (in teoria 'eliminare') i livelli di diafonia e incrementare le prestazioni del sistema.

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

Misure di performance del bonding



Lo sviluppo della rete di accesso

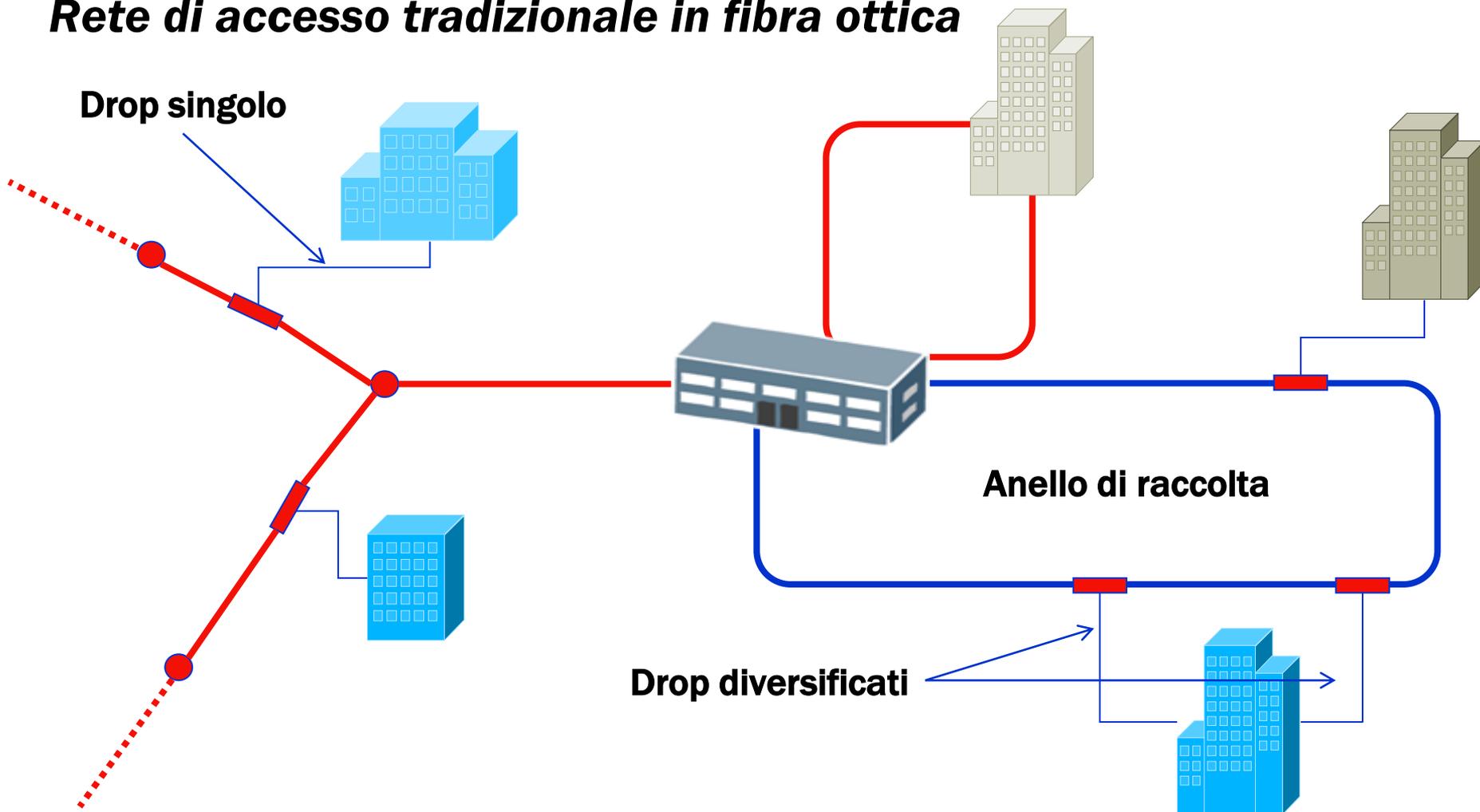
Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

RETE DI ACCESSO IN FIBRA

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

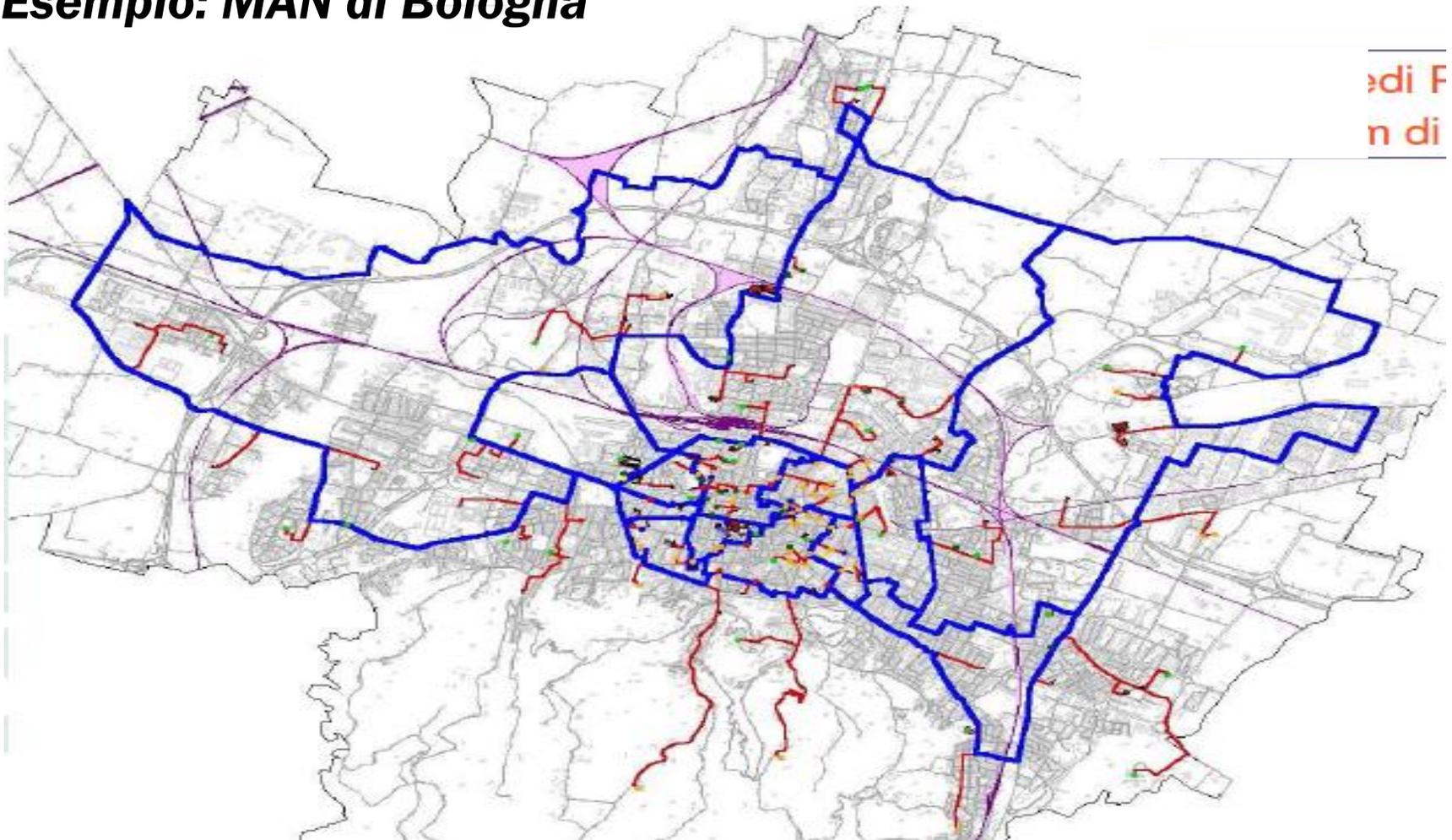
Rete di accesso tradizionale in fibra ottica



Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

Esempio: MAN di Bologna



Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

Accesso su cavi in fibra

- ▶ Gli accessi in fibra ottica sono attualmente indirizzati per applicazioni ad alta capacità, rivolte ad Aziende e Enti Pubblici.
- ▶ Soluzioni derivate dalle reti di trasporto di Telecom Italia
 - ▶ **SDH**: canali punto-punto trasparenti a bitrate prefissata (34, 155, 622, 2.488 Mbit/s)
 - ▶ **DWDM**: servizi di trasporto con bitrate fino a 10 Gbit/s (in fase di test 40 Gbit/s)
- ▶ Soluzioni progettate specificamente per la clientela affari
 - ▶ **MAN Gigabit Ethernet**: accessi con velocità da 10 Mbit/s a 1 Gbit/s

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

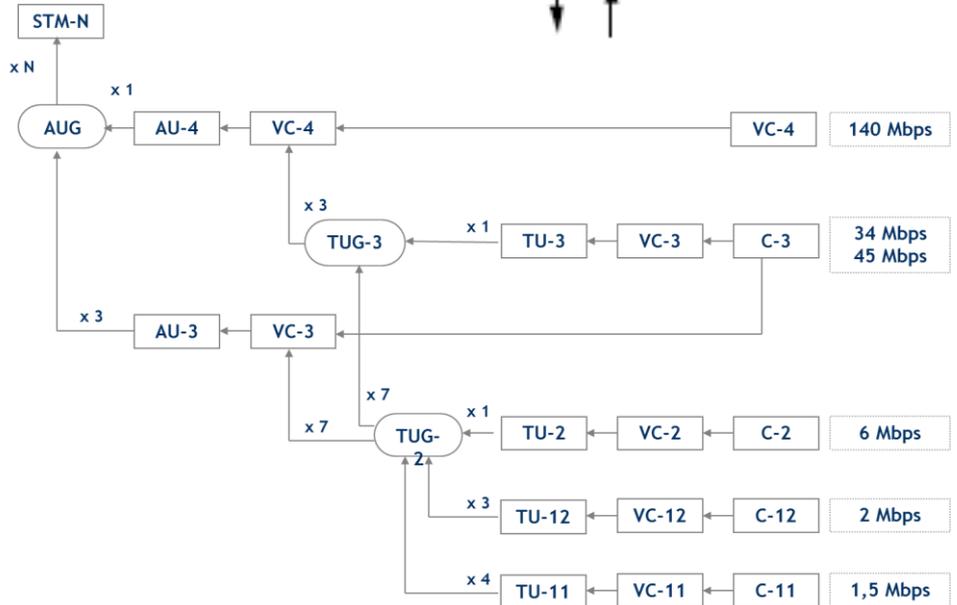
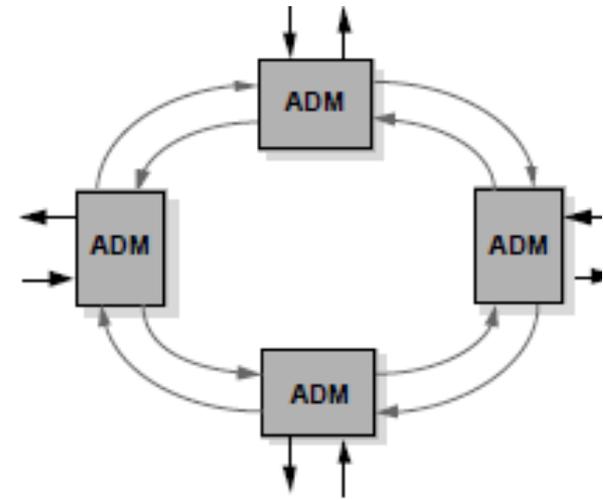
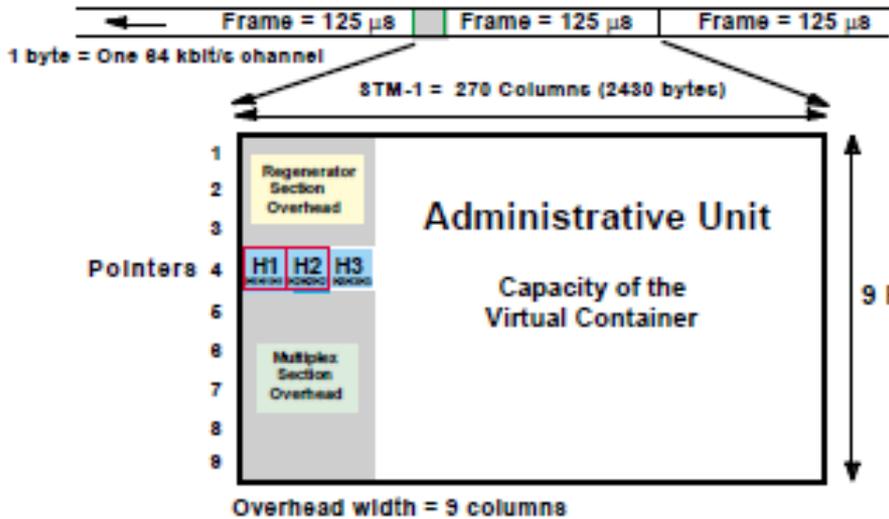
Sistemi SDH

- ▶ **SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*)** è una tecnologia di trasporto di tipo TDM standardizzata da ITU-T e introdotta all'inizio degli anni '90 nella rete di Telecom Italia
- ▶ Permette di realizzare in modo efficiente e flessibile collegamenti punto-punto a bitrate prefissata da 2 a 2488 Mbit/s
- ▶ Caratteristiche importanti:
 - ▶ Presuppone l'utilizzo di connessioni fisiche in fibra ottica
 - ▶ Topologie di rete basate su anelli
 - ▶ Sofisticati meccanismi di protezione dei collegamenti con elevata velocità di commutazione (~50 ms)
 - ▶ Possibilità di aggregare, inserire ed estrarre singoli canali trasmissivi nei nodi di rete
- ▶ Capillarmente diffusa nelle reti di trasporto degli operatori, è in corso di dismissione, sostituita da tecnologie Ethernet (10G, 40G, 100G)

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

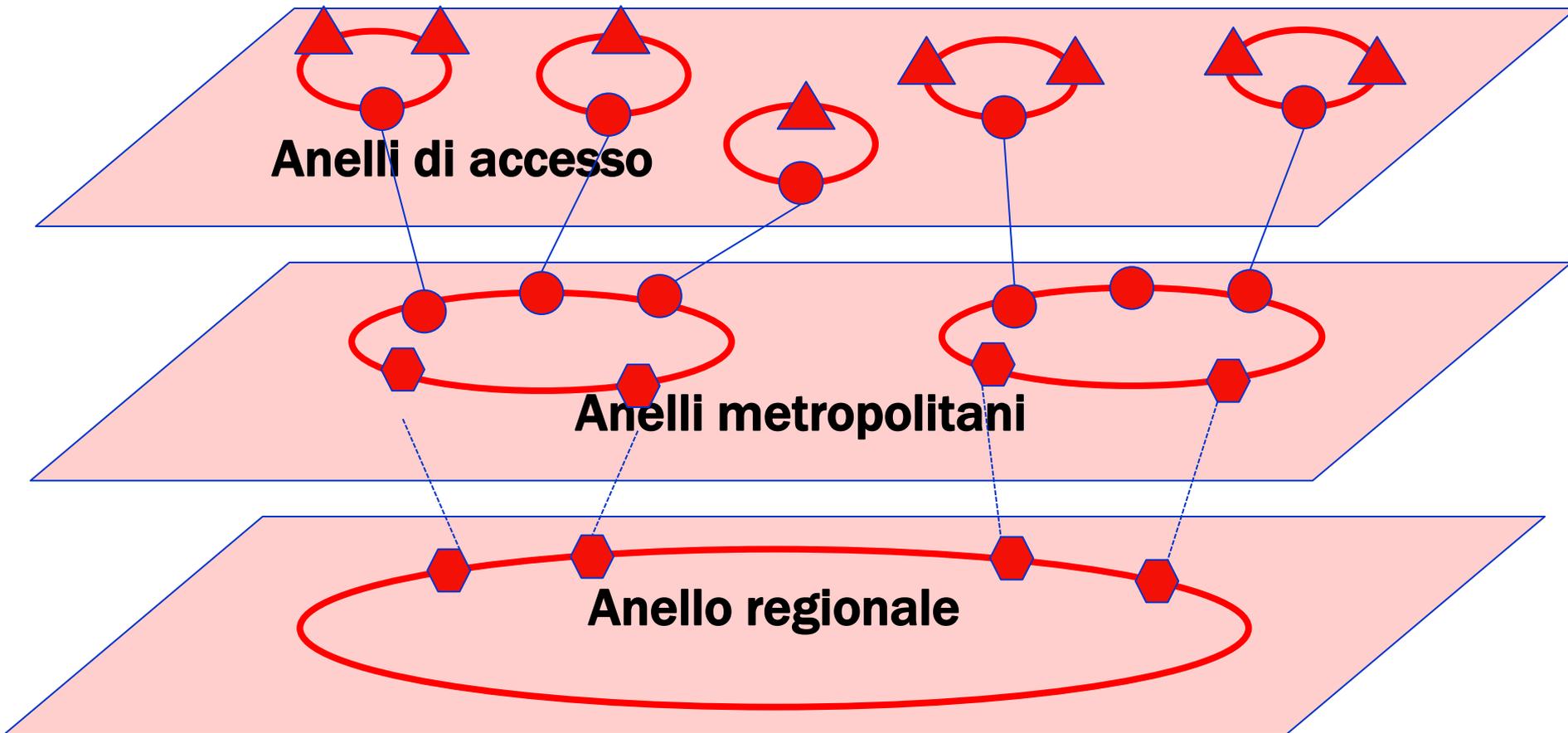
Architettura e multiplazione SDH



Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

Architettura gerarchica ad anelli

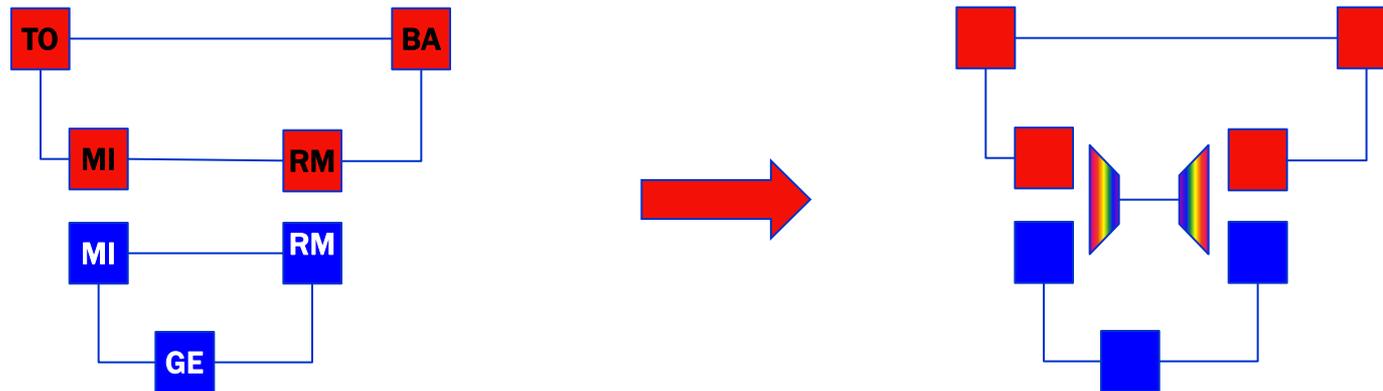


Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

Sistemi WDM

- ▶ I sistemi WDM (Wavelength Division Multiplexing) sono stati introdotti agli inizi degli anni 2000, per moltiplicare la capacità trasmissiva delle dorsali in fibra ottica, con topologie di tipo punto-punto

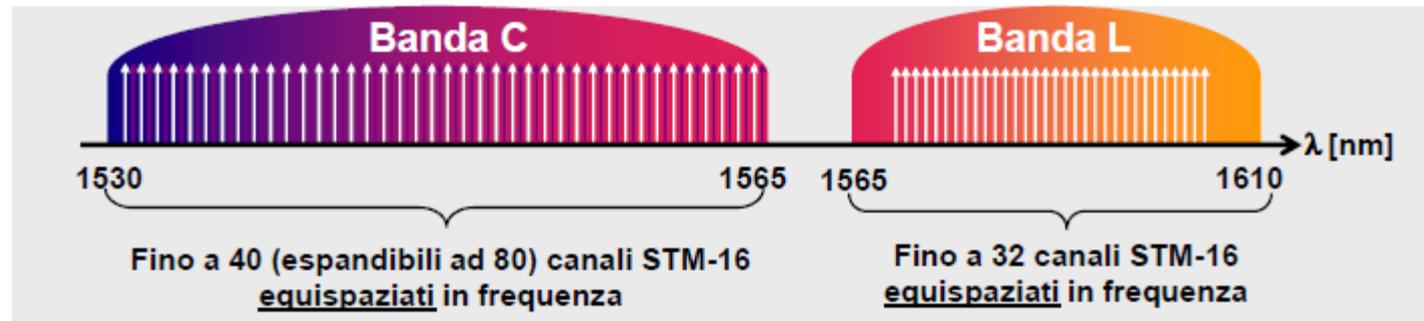
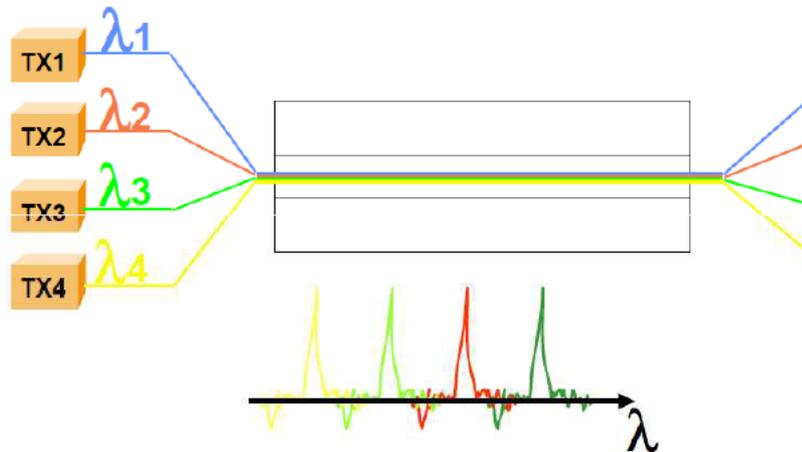


- ▶ Il progresso delle tecnologie ottiche permette ora di realizzare architetture complesse, con prestazioni evolute di reinstradamento dei singoli canali ottici in caso di guasto o di riconfigurazione della rete

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

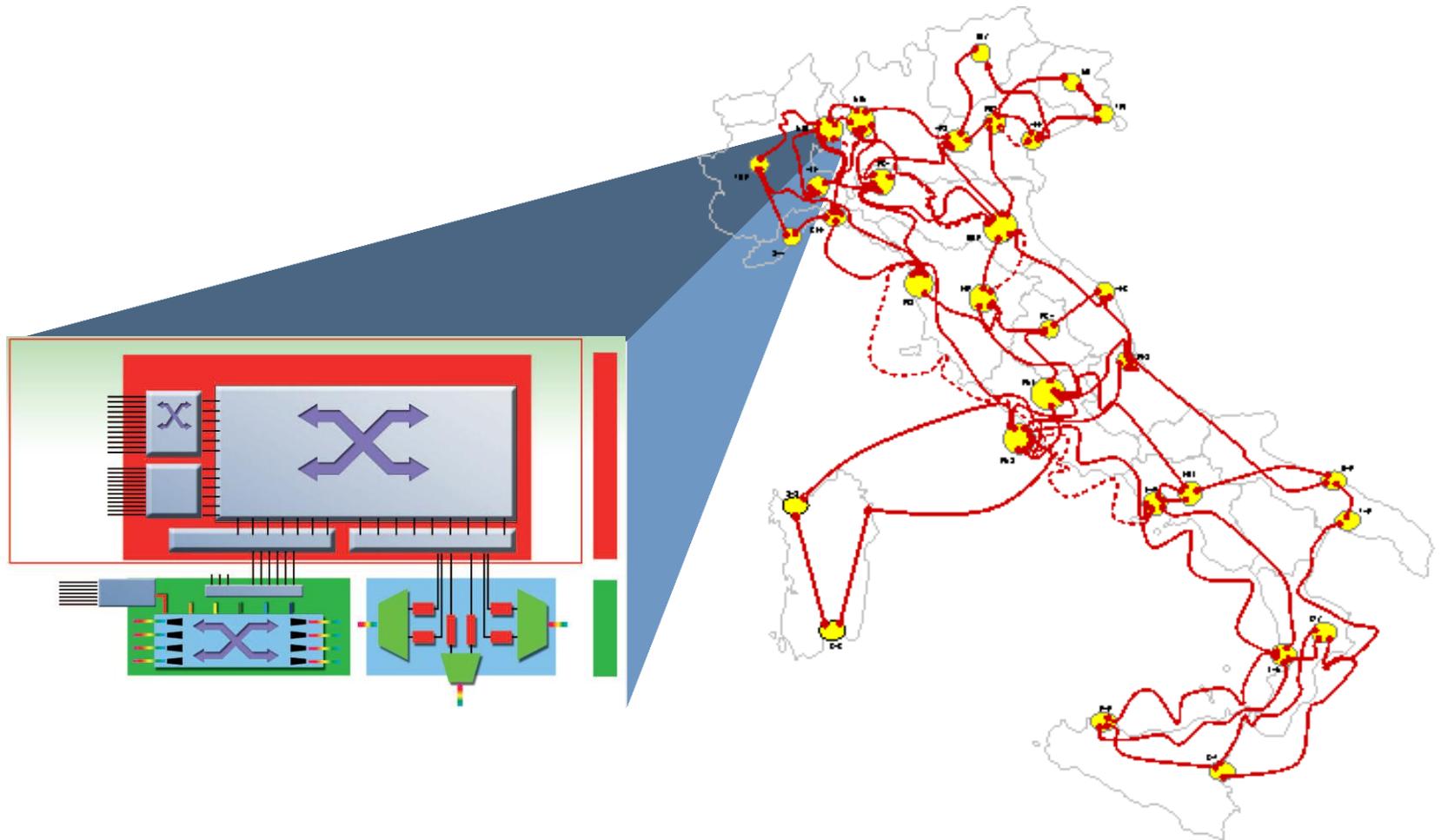
Principio base della moltiplicazione di lunghezze d'onda



Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

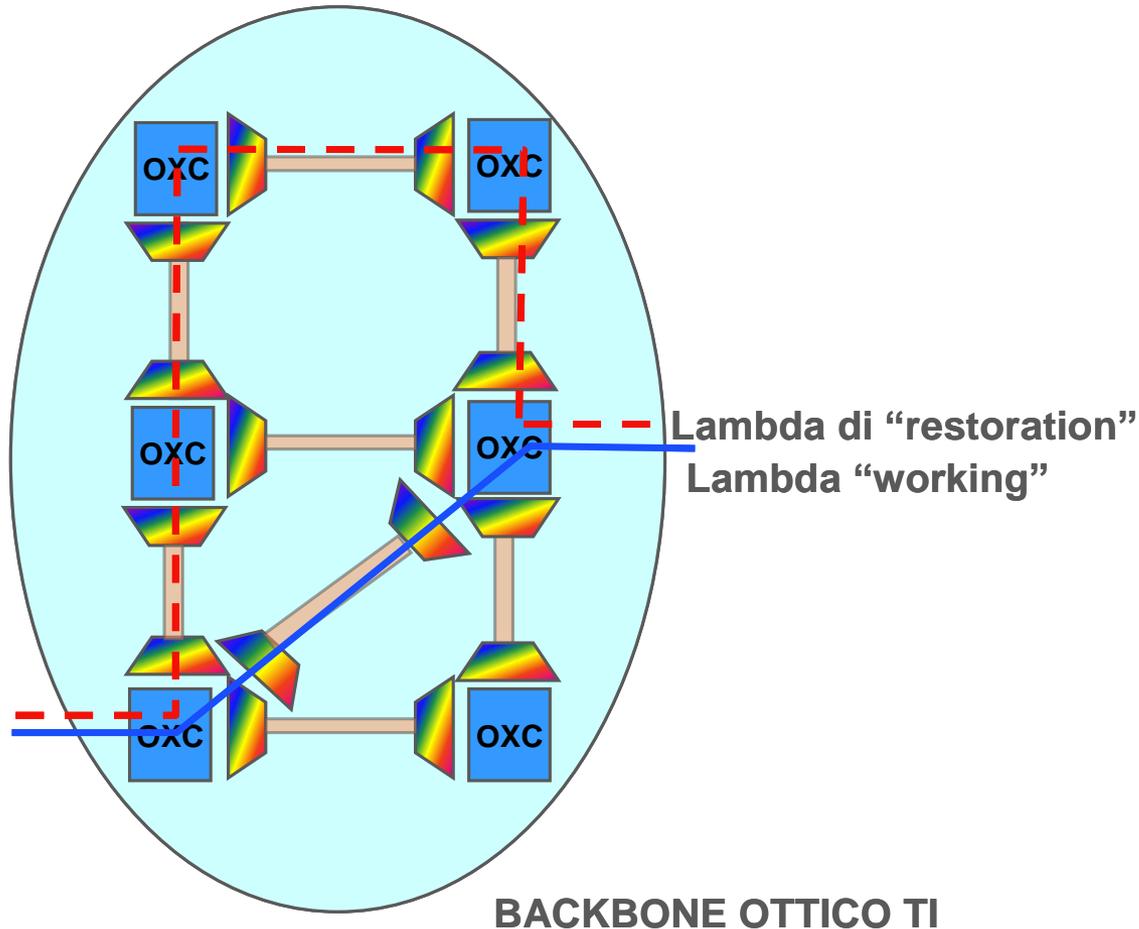
La rete DWDM di Telecom Italia



Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

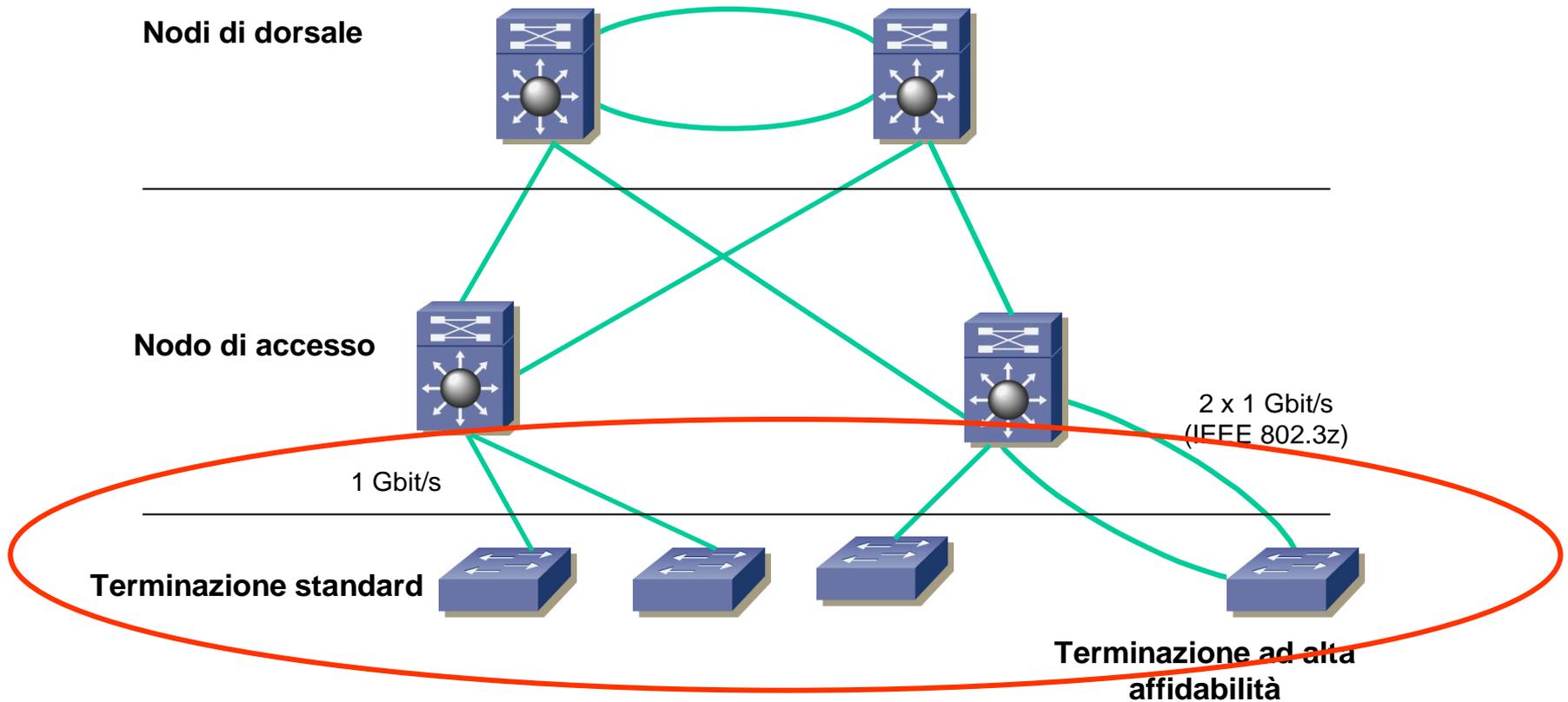
Costruzione di un circuito sulla rete ottica di TI



Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

MAN Gigabit Ethernet



Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

RETI DI ACCESSO MOBILI

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

Accesso radio (wireless)

- ▶ **Punto-punto → ponti radio**
- ▶ **Fixed/Nomadic Wireless → WiFi, WiMAX**
 - ▶ Il terminale si connette alla rete (in presenza di copertura radio) quando è “fermo”; viceversa, quando il terminale è in movimento il collegamento non è assicurato.
- ▶ **Mobile Wireless → GSM/GPRS/EDGE/UMTS/HSPA/LTE**
 - ▶ Il terminale deve connettersi a larga banda alla rete anche in condizione di mobilità veicolare

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

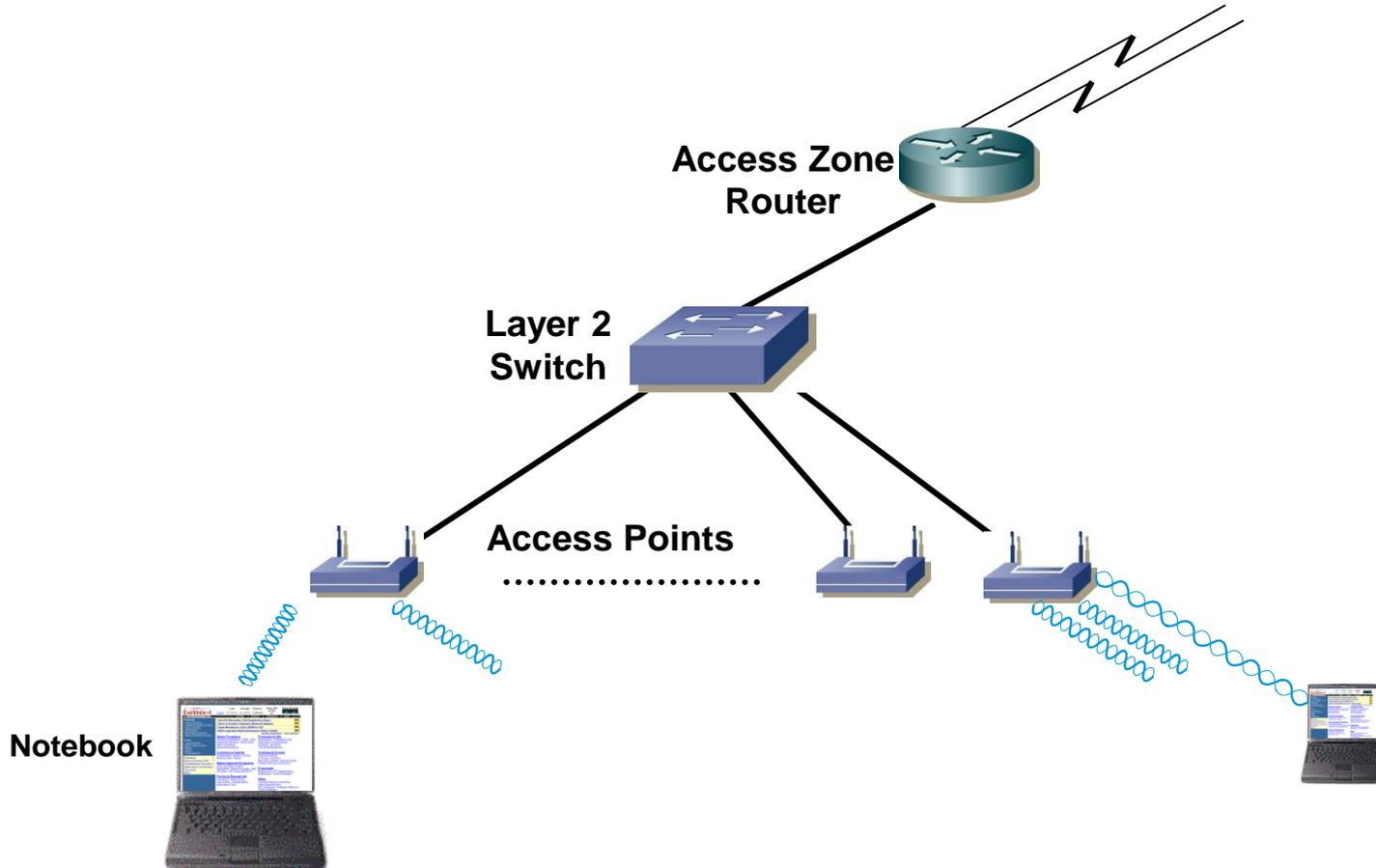
Wi-Fi in rete di accesso pubblica

- ▶ Wi-Fi (standard: IEEE 802.11) è un complesso di standard per la realizzazione di Radio LAN (WLAN)
- ▶ Hot-Spot: sito dotato di copertura radio Wi-Fi mediante il quale terminali compatibili possono collegarsi a
 - ▶ Internet
 - ▶ **Servizi VoIP**
 - ▶ VPN aziendali
 - ▶ Eventuali servizi a valore aggiunto non disponibili su Internet (*walled garden*)

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

Architettura di servizio di uno Hot-Spot



Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

Mobile Wireless: tecnologie e servizi

▶ Su rete GSM:

- ▶ **GPRS** (General Packet Radio Service): servizio di trasmissione a commutazione di pacchetto. Non è propriamente una tecnologia ad alta velocità (velocità massima teorica: 53,6 kbit/s downlink e 13,4 kbit/s uplink)
- ▶ **EDGE** (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) è una evoluzione del GPRS relativo esclusivamente alla tratta radio dove, grazie ad una tecnica di modulazione del segnale più sofisticata (8-PSK invece di GMSK), l'EDGE consente, in media, di triplicare la velocità di trasmissione rispetto al GPRS

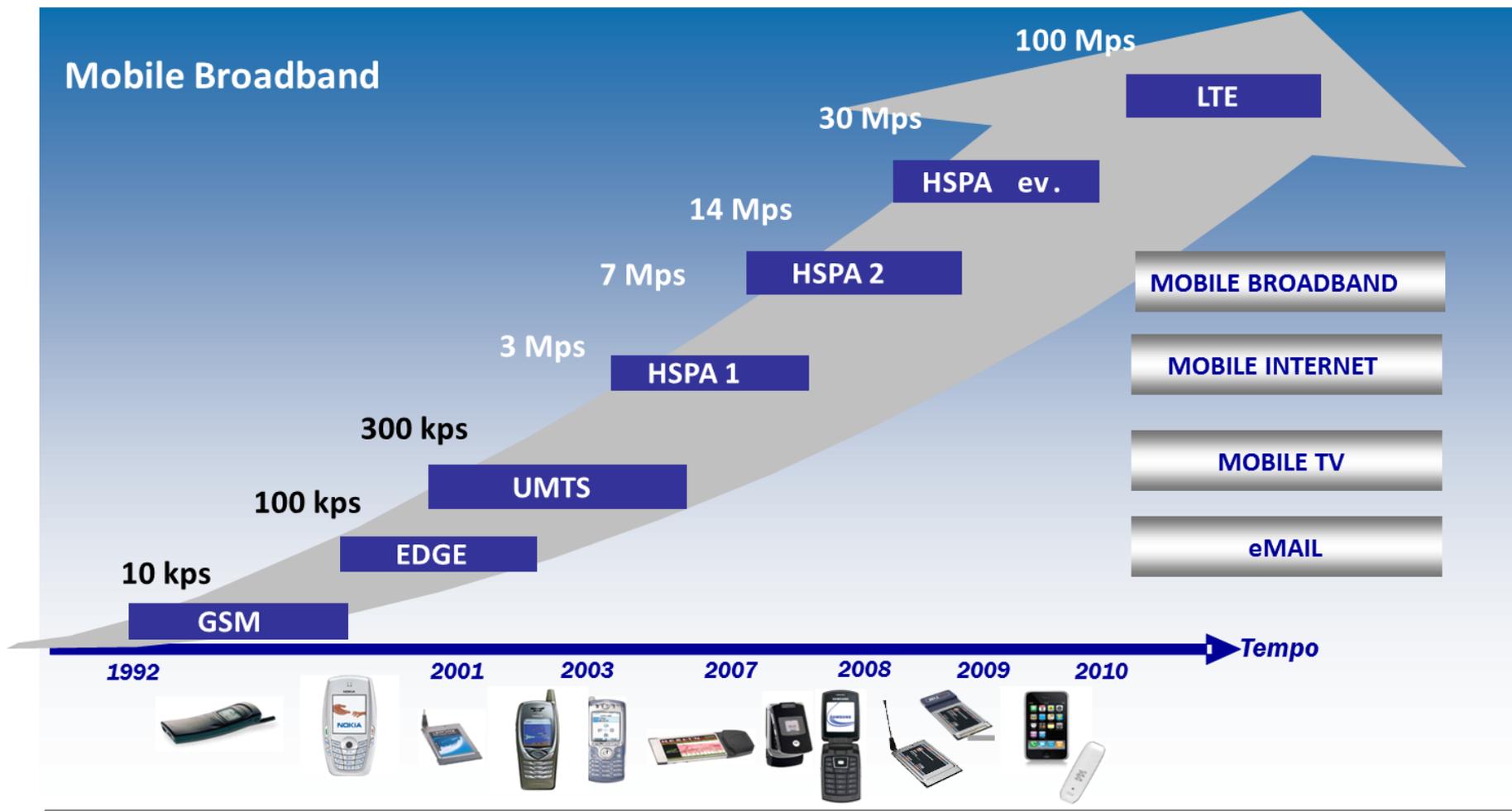
▶ Su rete UMTS

- ▶ **UMTS** (Rel. 4) velocità massima teorica: 2 Mbit/s ridotta a 384 kbit/s per non soffocare la cella
- ▶ **HSPA** (High Speed Packet Access) è una evoluzione di UMTS (Rel. 5) per il miglioramento delle prestazioni in downlink fino a 14 Mbit/s (teorici: previsti in rete Telecom 3,6 Mbit/s)

▶ LTE in corso di diffusione

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria



Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

Mobile wireless: tecnologie complementari



- ▶ Il servizio fonia è garantito essenzialmente dal sistema GSM
- ▶ I servizi dati sono forniti mediante sistemi HSPA/UMTS/EDGE/GPRS e, in aree mirate sarà sttivata la copertura LTE/HSPA+

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

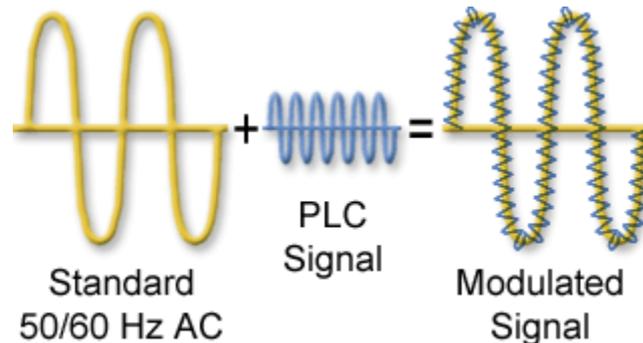
ONDE CONVOGLIATE

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

Trasmissione su onde convogliate

- ▶ E' un canale di comunicazione che sfrutta le linee elettriche, sommando alla tensione alternata a bassa frequenza (50 Hz) un segnale ad alta frequenza (con banda passante compresa tra 2 e 30 MHz), ottenuto modulando una portante a 100 kHz con l'informazione da trasmettere
- ▶ Questa tecnologia è nota anche con la sigla PLC *Power Line Communications*



- ▶ Poiché questo canale di trasmissione è ricco di interferenze e disturbi, si utilizza la modulazione OFDM (Orthogonal Frequency Division Modulation) che risulta particolarmente indicata per “ambienti ostili”
- ▶ Applicazione più nota: telelettura contatori ENEL (28M unità installate)

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

Attività di standardizzazione in ambito PLC

▶ USA

- ▶ HomePlug Power Alliance → 14 Mbit/s teorici (5/6 effettivi)
- ▶ HomePlugAV → 100 Mbit/s teorici

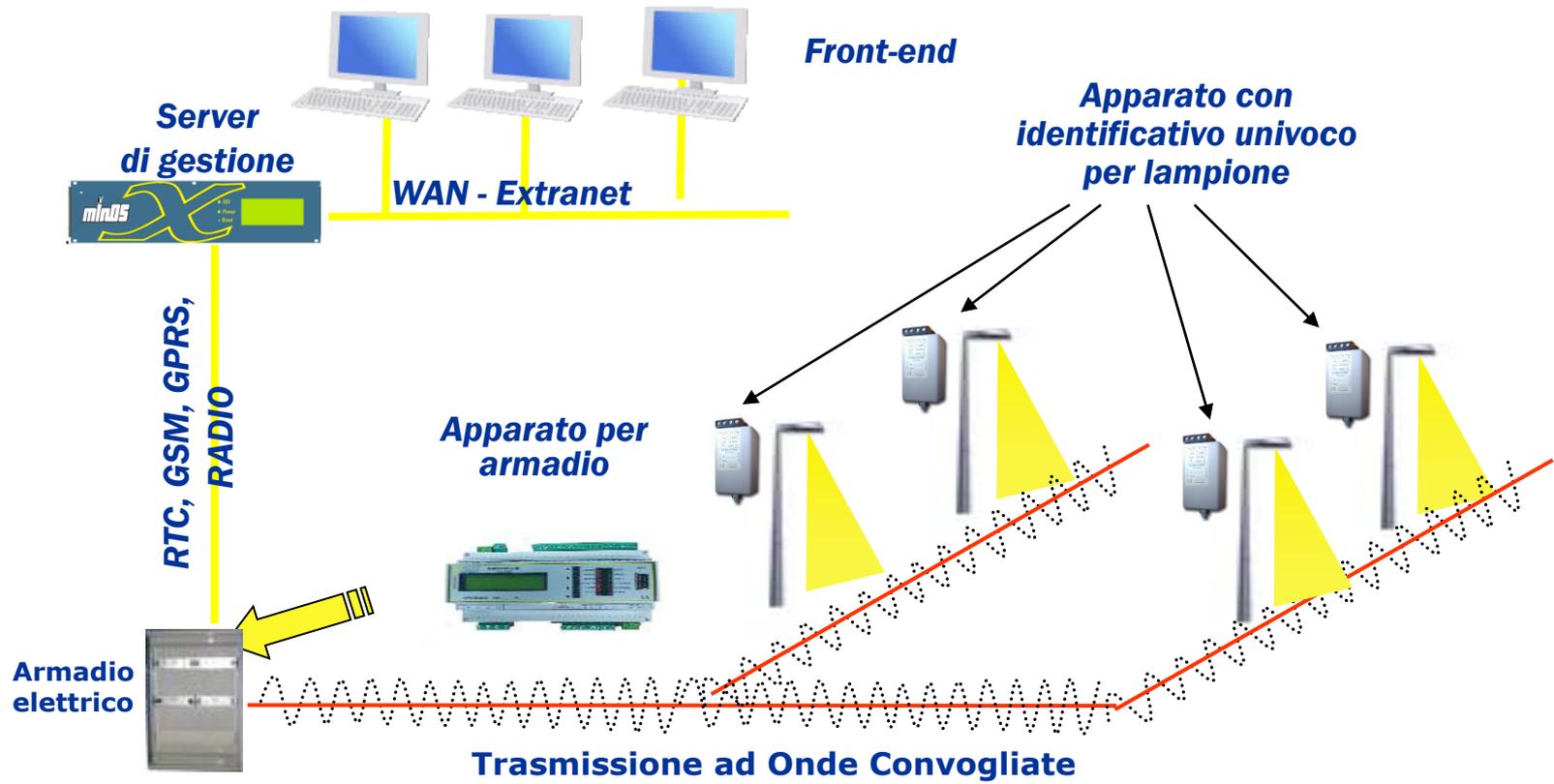
▶ Europa

- ▶ OPERA (Open PLC European Research Alliance) → 200 Mbit/s teorici

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

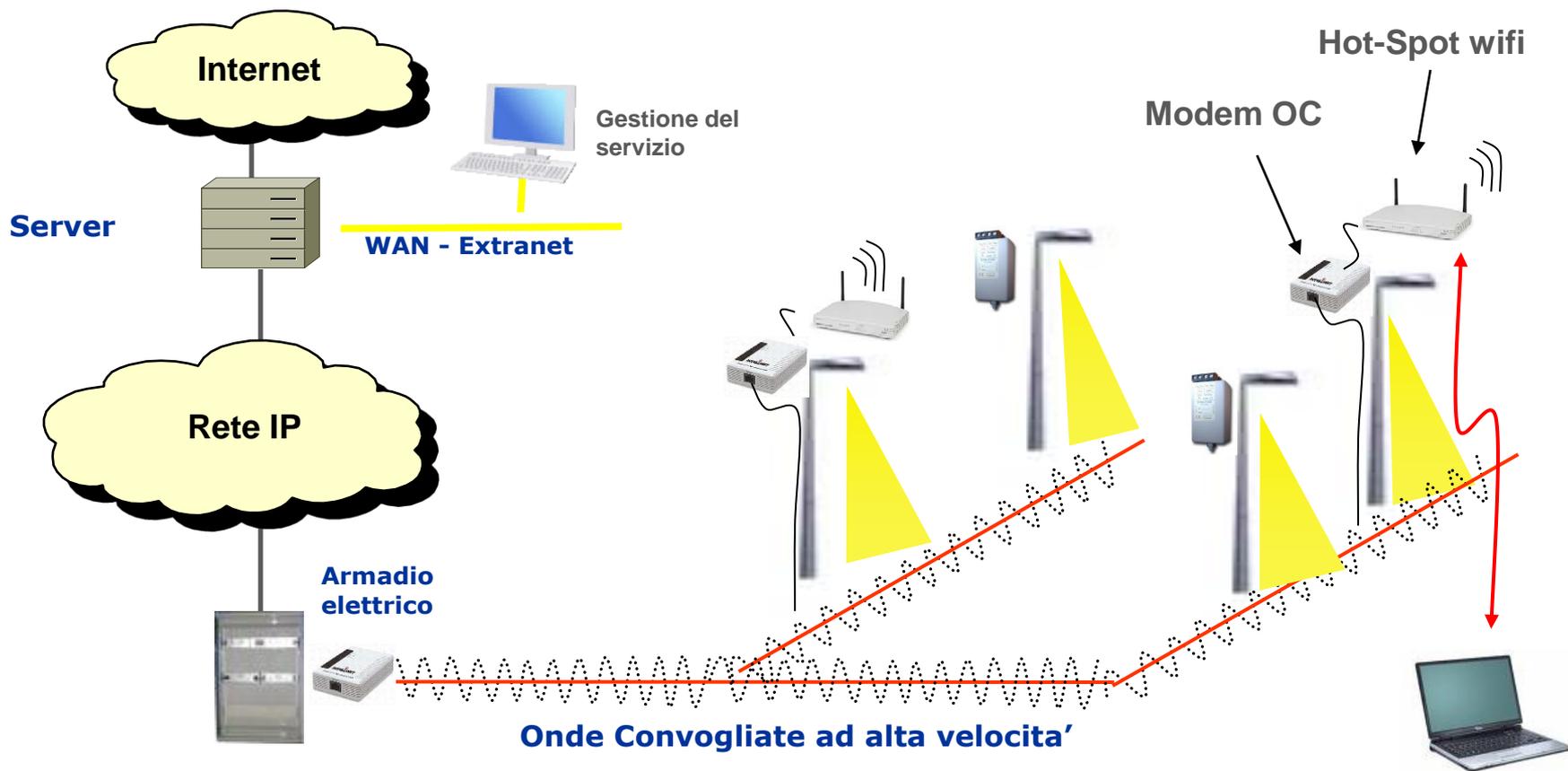
Esempio di applicazione di PLC: controllo illuminazione pubblica



Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

PLC per la realizzazione di hot-spot WiFi



Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria



NGAN – NEW GENERATION ACCESS NETWORK

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

La Next Generation Access Network (NGAN) di Telecom Italia

- ▶ T.I. , come tutti gli altri operatori di TLC nel mondo, ha deciso di evolvere verso una rete “All IP”, in grado di supportare i servizi attuali e soprattutto di fornire le capability per i servizi futuri. Questo percorso è iniziato nel 2000:
 - ▶ **Pan European Backbone (PEB)** per il traffico voce internazionale e il traffico dati: 2000÷2001;
 - ▶ **Optical Transport Network (OTN) & Optical Packet Backbone (OPB)**: 2000÷2004;
 - ▶ **BBN** per migrare tutta la fonia di transito su backbone IP (Class 4 replacement): 2001÷2004;
 - ▶ **Piattaforma di controllo SIP** per supportare i servizi VoIP (Alice Voce) e IP Centrex: 2003÷2005;
 - ▶ **Optical Packet Metro (OPM)**: 2004÷2006

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

NGAN: motivazioni

▶ Sviluppo servizi

- ▶ **Mass Market fisso:** servizi multimediali (Triple Play), abilitati dalla larga diffusione di profili ultra broadband, con velocità di picco downstream a 50/100 Mbit/s
- ▶ **Aziende/Pubblica Amministrazione:** distribuzione applicazioni informatiche
- ▶ **Mobile:** evoluzione verso il broadband mobile (>10 Mbit/s)

▶ Ottimizzazione delle infrastrutture

- ▶ Progressiva obsolescenza della rete di commutazione tradizionale, che richiede la sostituzione nel medio-lungo termine;
- ▶ Progressiva saturazione della rete di accesso in rame, al crescere della penetrazione dei servizi broadband;
- ▶ Minori costi operativi

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

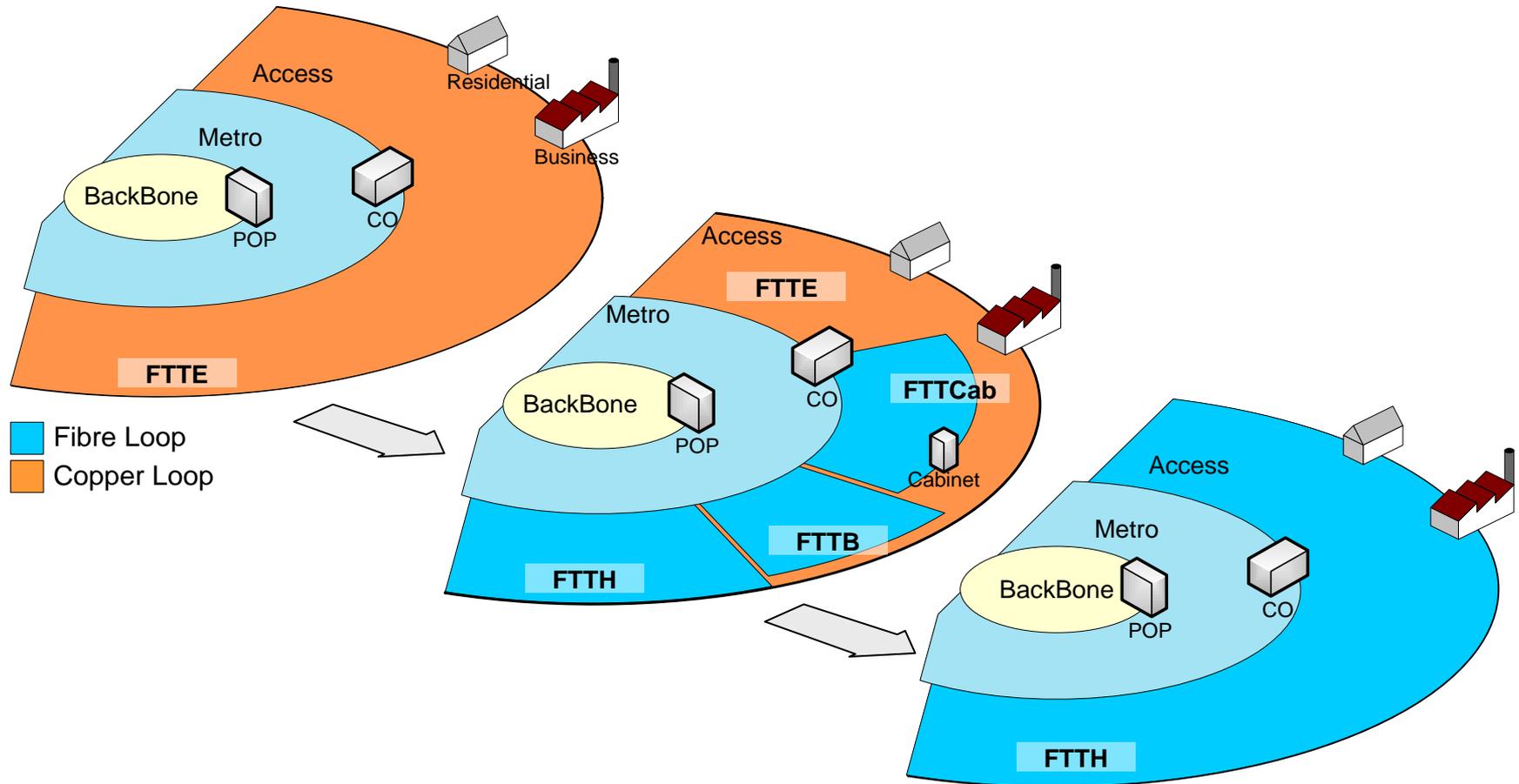
NGAN: scenari di diffusione

- ▶ Il percorso verso la NGN prevede in generale due metodologie di diffusione :
 - ▶ **Overlay**: affiancamento alle reti tradizionali di una nuova rete di accesso ultra-broadband per offrire servizi IP evoluti solo ai clienti che ne fanno richiesta
 - ▶ **Total replacement**: realizzazione di una nuova rete di accesso ultra-broadband sulla quale migrare la totalità dei clienti di una centrale (sia BB che NB) e sostituzione delle reti di accesso tradizionali (servizi tradizionali simulati/implementati su IP)

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

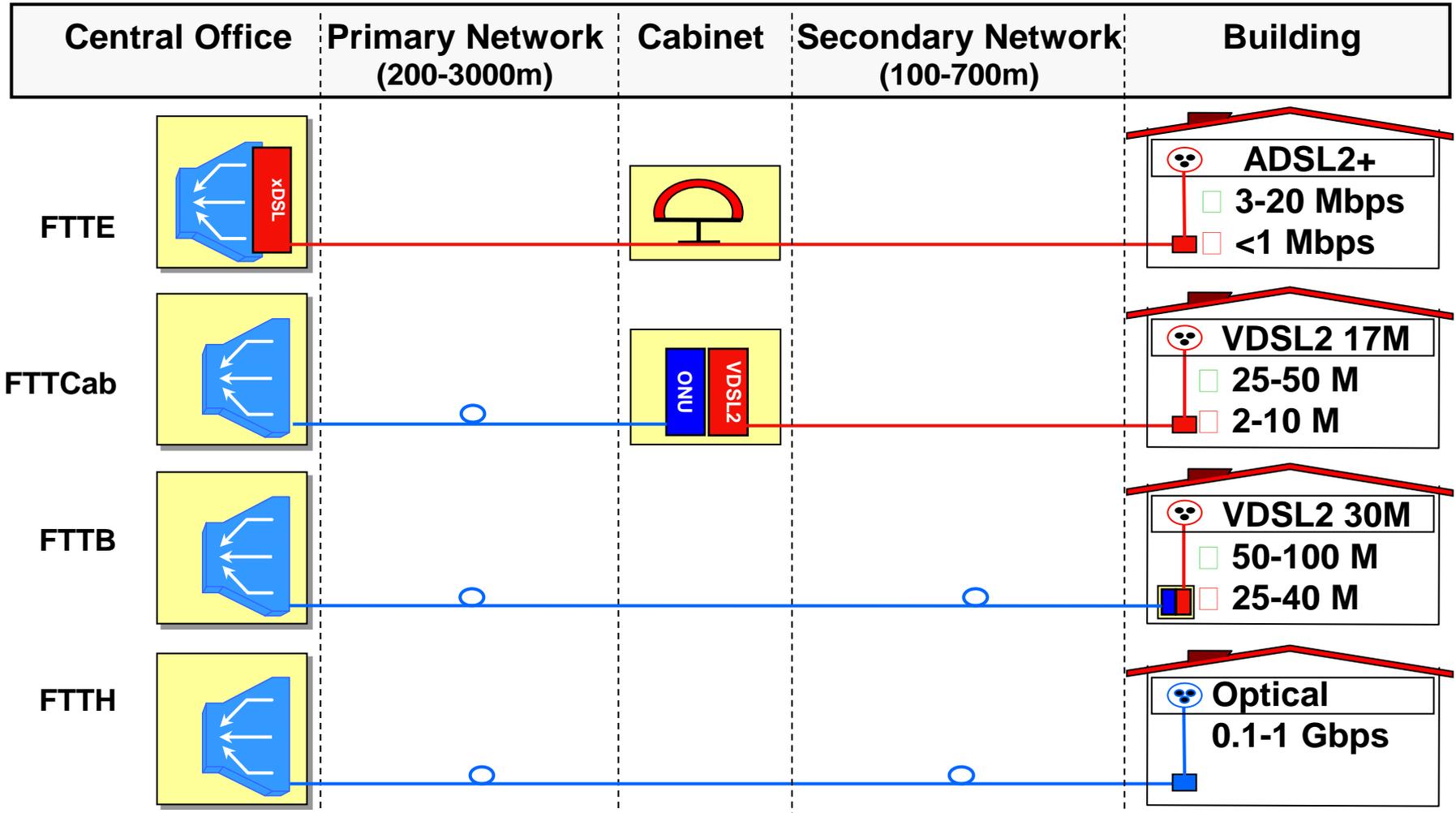
Le scelte tecnologiche e le prospettive di sviluppo della NGAN



Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

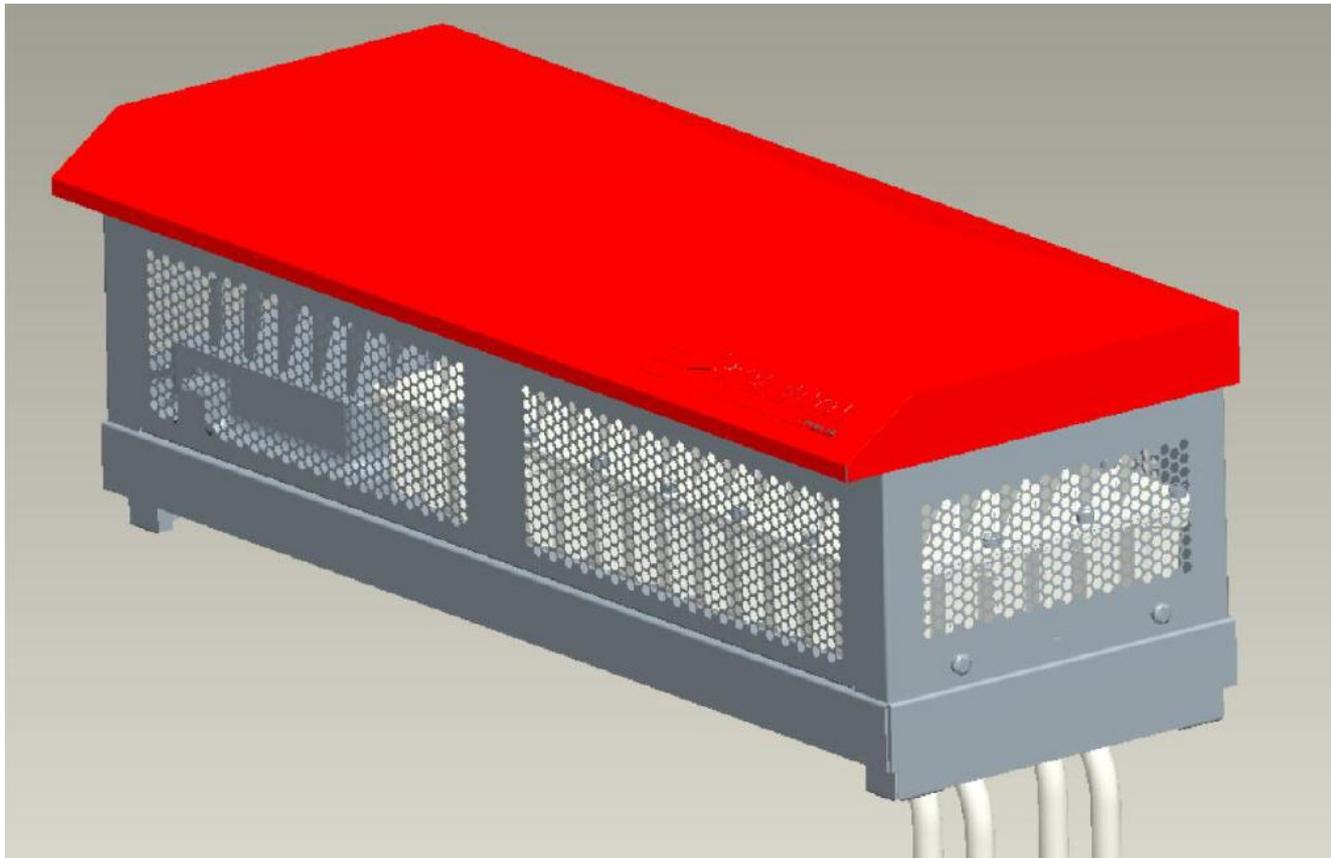
Le soluzioni architetturali per l'accesso NGN2



Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

Alloggiamento ONU + VDSL sull'armadio



Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria



Numero di unità immobiliari per Regione (espresse in migliaia) che si prevede saranno coperte dagli operatori entro il 2015. Tra parentesi la stima della relativa copertura del mercato potenziale in termini di unità immobiliari

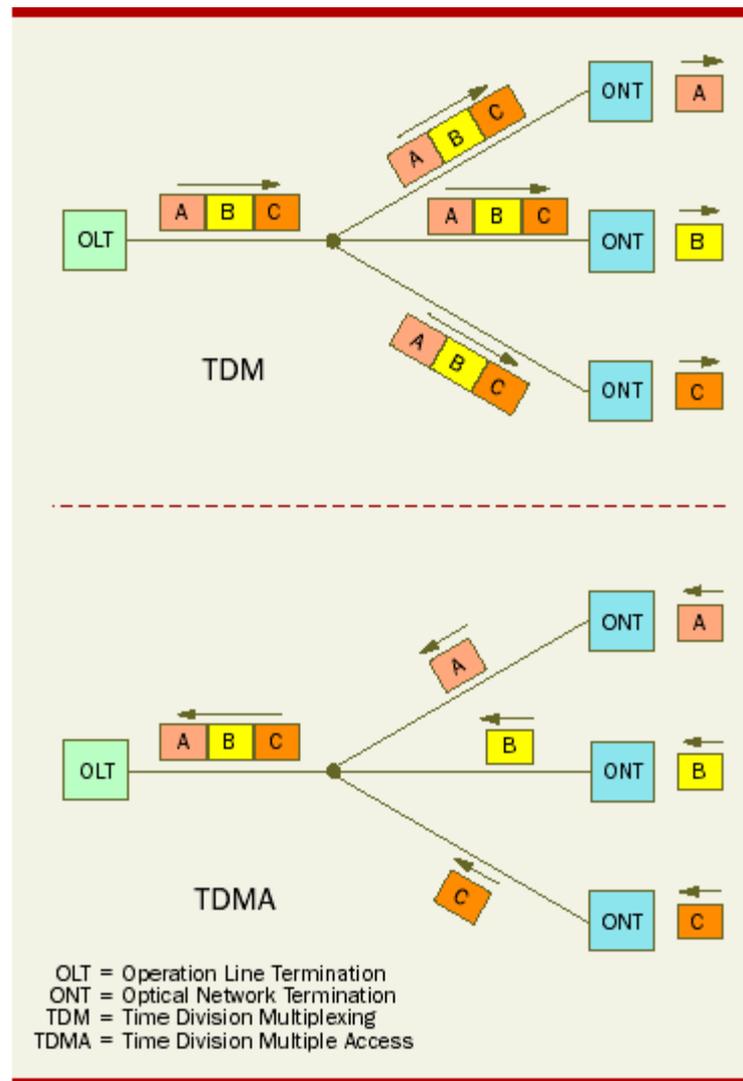
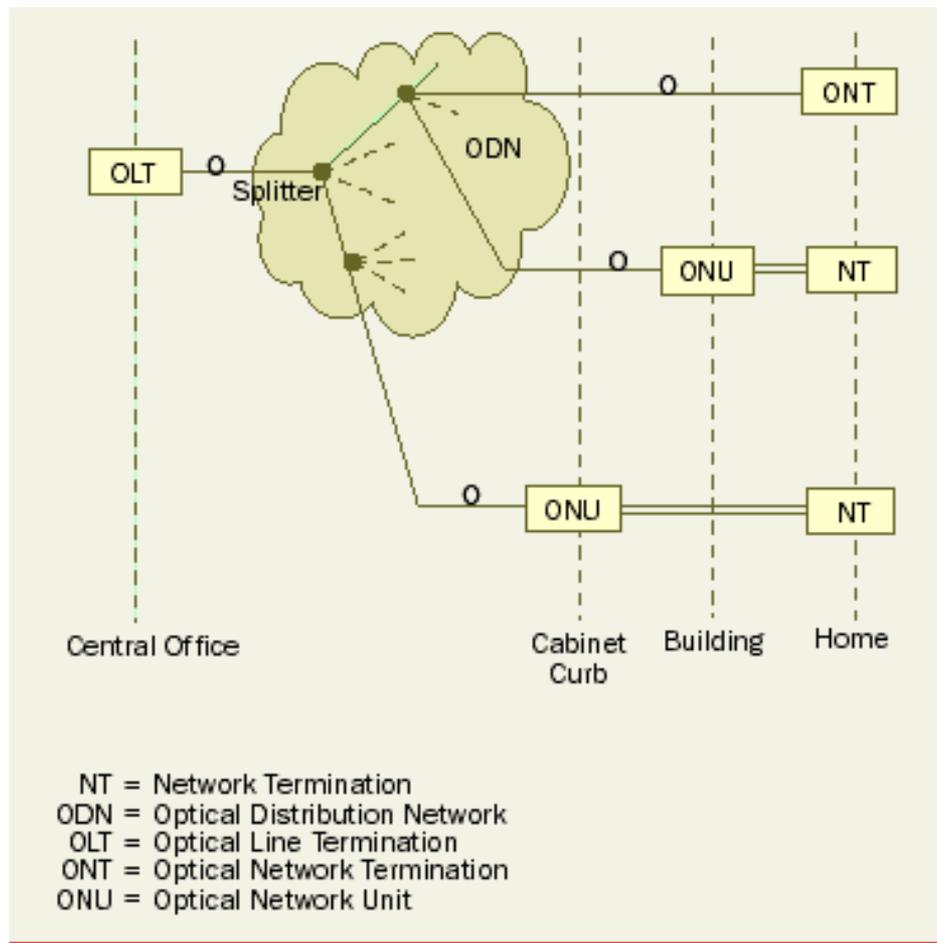
Fino al 2015:

- circa 8,6 milioni di UI coperte da NGAN degli operatori privati
- 17 milioni di cittadini
- 378 i comuni interessati dai piani degli operatori (50 in aree nere, gli altri in aree grigie)

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

PON e GPON



Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

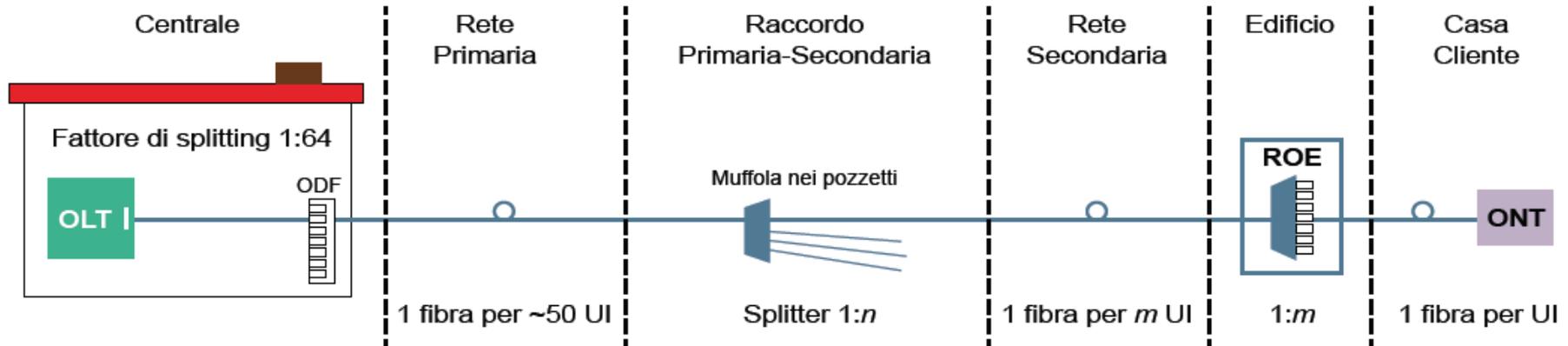
Dettagli sulle GPON

- ▶ Standard di riferimento: ITU-T G.984.x, prodotti dal SIG FSAN
- ▶ I componenti attivi della GPON sono la OLT e la ONU/ONT, mentre la ODN è interamente passiva (= è composta di fibra e di diramatori)
- ▶ Con le tecnologie attuali, una OLT può pilotare fino a 128 ONU/ONT (= *il fattore di splitting della GPON è 1:128*)
- ▶ Fattori di splitting più alti (=maggior numero di ONU/ONT) determinano
 - ▶ Banda condivisa tra un maggior numero di utenti
 - ▶ Minore distanza massima OLT - ONU/ONT perché si riduce il power budget per terminazione
- ▶ Una sola fibra per entrambi i versi di trasmissione
 - ▶ Upstream nella banda 1260-1360 nm - @ 1,244 Gbit/s
 - ▶ Downstream nella banda 1480-1500 nm @ 2,488 Gbit/s
- ▶ Evoluzione GPON e protezione degli investimenti
 - ▶ Aumento fattore di splitting
 - ▶ Aumento bitrate (XG-PON 10 Gbit/s PON, NG-PON2)

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

Architettura GPON per NGAN



- ▶ Due stadi di splitting (Muffola + Edificio) dove $n \times m = 64$
- ▶ ODF = Optical Distribution Frame (Permutatore ottico)
- ▶ ROE = Ripartitore Ottico di Edificio

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

Vantaggi delle GPON nella NGAN

- ▶ Utilizzo più efficiente delle fibre, con minore impatto in caso di scavi
- ▶ Minore consumo energetico: per una centrale di 20.000 clienti
 - ▶ GPON = 42 MWh
 - ▶ PtP = 350 MWh
- ▶ Percorso evolutivo già tracciato in sede di enti di standardizzazione:
 - ▶ XG-PON
 - ▶ NG-PON2
- ▶ Adozione da parte dei maggiori operatori (*elenco non esaustivo*)
 - ▶ **Europa:** Telefonica; France Telecom; Deutsche Telecom; BT/Open Reach; Portugal Telecom; Telenor;
 - ▶ **Resto del Mondo:** Verizon; AT&T; NTT; KDDI; Korea TELECOM; LG Powercom; China Telecom; M-NET; Etisalat; Lafayette Utilities System; Nigeria Telecom; Qatari Telecom; Telstra

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

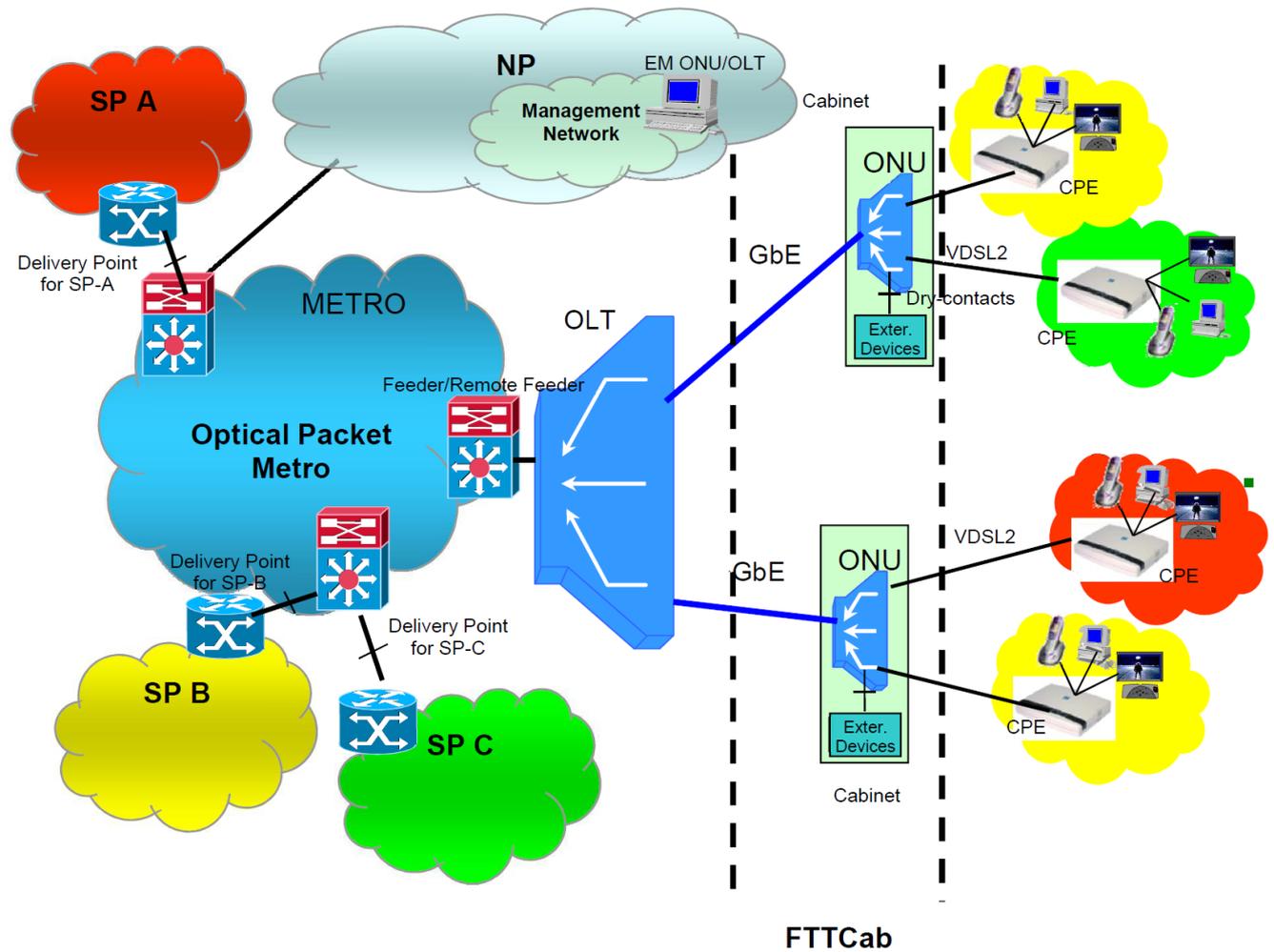
GPON negli scenari NGAN

Scenario	Descrizione	Pro	Contro
FTTH	La ODN è estesa all'edificio, con una distribuzione in fibra fino alle singole unità abitative, dove saranno collocate le ONT destinate a servire il singolo Cliente	Banda (e sua scalabilità) per il Cliente finale	Cablaggio in fibra sino alla sede Cliente
FTTB	Il secondo livello di splitting è esterno all'edificio, dove si trova una ONU (alimentata), dalla quale partono doppi in rame su cui si utilizza VDSL2 verso i singoli Clienti.	Riutilizzo cablaggio interno in rame	Minore banda per Cliente Ospitalità ONU
FTTC	La ODN è terminata sull'armadio ripartilinea. La ONU è telealimentata e da essa partono i circuiti in rame VDSL2	Riutilizzo cablaggio interno in rame Assenza servitù	Minore banda per Cliente Limitazione sulle distanze

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

Architettura odierna FTTCab

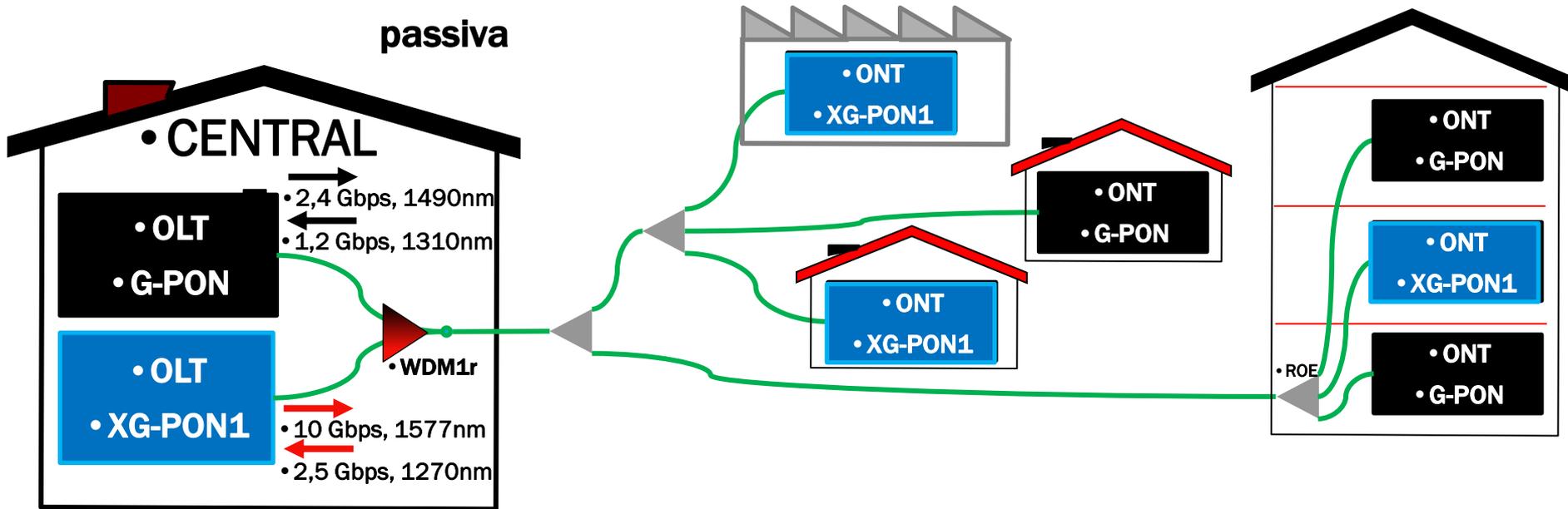


Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

XG-PON1: Evoluzione delle GPON verso 10 Gbps

- 10 Gbps Downstream + 2.5 Gbps Upstream
- Interoperabilità OLT-ONT ereditata dai sistemi GPON
- Coesistenza GPON e XG-PON1 sulla stessa infrastruttura ottica passiva

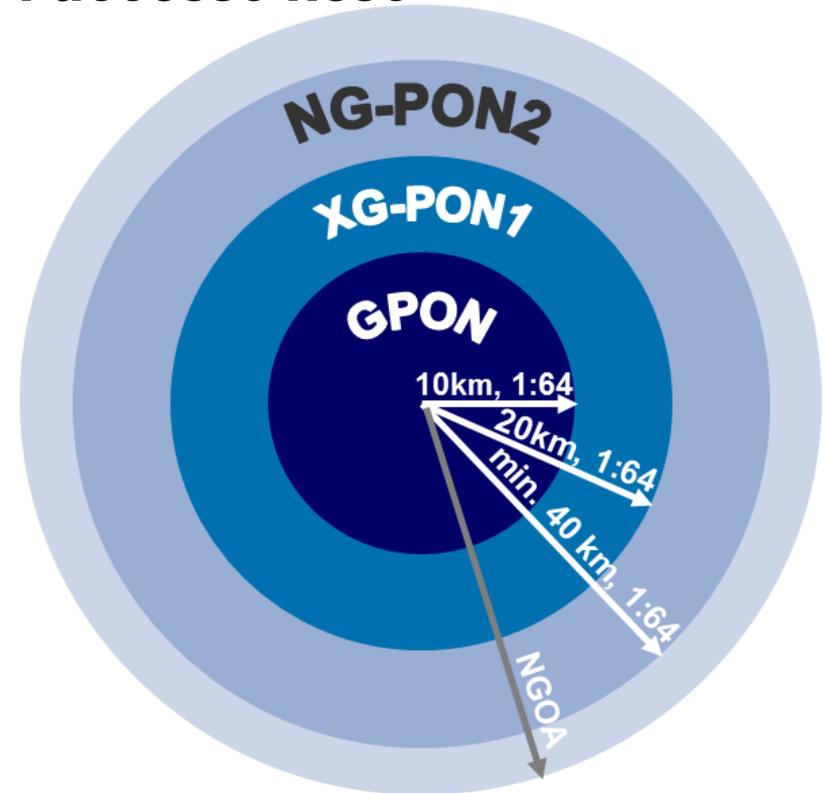
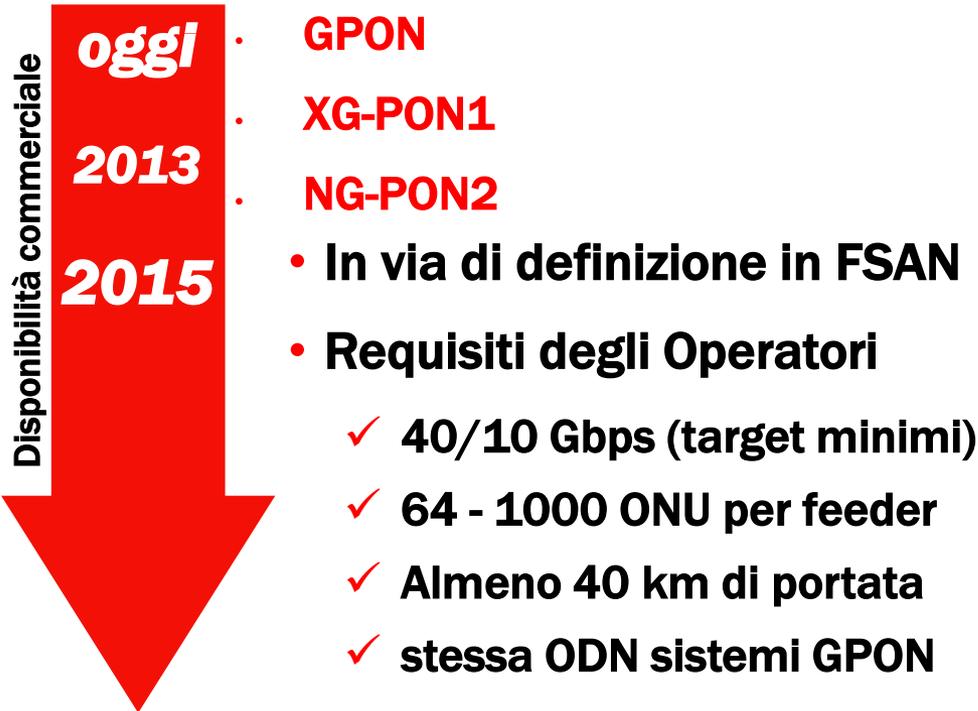


- Vendor più attivi: ALU, Huawei, ZTE, Broadlight e PMC-Sierra
- Disponibili i primi prodotti, **maturità** nel corso del **2013-2014**
- Primi Trial: Verizon, China Mobile, China Telecom, China Unicom, Etisalat

Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

Evoluzione delle tecnologie PON per l'accesso fisso



Lo sviluppo della rete di accesso

Modena, 14 maggio 2014 - Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria

Riferimenti

▶ massimo1.giuliani@telecomitalia.it