GRUPPO TELECOM ITALIA

Corso di Tecnologie di Infrastrutture di Reti

Modena, 06/05/2019

Architettura, tecnologie e servizi della rete TIM

Massimo Giuliani, PMP

Sales Business – Presales & Delivery Management Nord-Est



Avvertenza

I dati contenuti in questa presentazione relativi alla consistenza delle infrastrutture di rete, trend di sviluppo ecc., sono riportati unicamente a supporto dell'esposizione. Sono stati ricavati da fonti recenti pubblicamente accessibili, ma non se ne garantisce l'aggiornamento allo stato attuale.

Quanto espresso non necessariamente riflette la posizione ufficiale di TIM S.p.A. in relazione ai temi trattati.

Obiettivi 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)
- Illustrare quali servizi si possono erogare e, inversamente, come i servizi influenzino la progettazione di rete

… e limiti

- L’esposizione non pretende di essere esaustiva né sull’architettura, né sui servizi
- L’impostazione è essenzialmente sistemistica: ci poniamo dal punto di vista dell’utilizzatore di queste infrastrutture, che deve fare una scelta informata tra le tecnologie e servizi disponibili allo scopo di realizzare una rete per una specifica applicazione

Agenda

- Cenni su 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
  - **Collegamenti radio (“wireless”)**
    - Mobile wireless
    - Fixed wireless
- Reti di accesso di nuova generazione (*Next Generation Access Networks, NGANs*)

Concetti introduttivi

Architettura di una rete di telecomunicazioni

L'architettura di una rete dipende principalmente da

- Numero di nodi terminali da collegare
- Distanze in gioco
- Tipologia dei servizi da erogare e requisiti di comunicazione specifici
  - Matrici di traffico (*relazioni di traffico tra sedi*)
  - Requisiti di performance (*banda, latenza, qualità del servizio, ecc.*)
  - Requisiti di affidabilità (*disponibilità minima, MTBF, ecc.)*
- Trend ***prevedibili*** di crescita (dei nodi, dei servizi, ecc.)
- Ambito privato o pubblico
- Infrastrutture disponibili sul territorio (rame, fibra,...)
- Costi di investimento/di esercizio
- ...

Classificazione delle reti

In funzione dei soggetti utilizzatori, le reti si suddividono in

- Rete privata: adibita alla comunicazione tra sedi/host di una singola organizzazione, che ne cura la gestione
- Rete pubblica: realizzata e gestita da un Operatore Autorizzato, per erogare servizi di comunicazione a molteplici Clienti e/o Organizzazioni (detta anche *rete multicliente*)

In funzione dell'estensione spaziale,

- Rete geografica o WAN, Wide-Area Network (10^1 – 10^3 km)
- Rete metropolitana o MAN, Metropolitan Area Network (10^1 km)
- Rete locale o LAN, Local Area Network (10^0 – 10^1 km)

In funzione delle risorse utilizzate

- Fisica: costruita con nodi e connessioni dedicati
- Virtuale: costruita con un sottoinsieme di risorse di una rete fisica

Relazione tra estensione, ambito e risorse

	Rete Privata	Rete Pubblica
LAN	Fisica o Virtuale	--
MAN	Virtuale	Fisica
WAN	Virtuale	Fisica

- ATTENZIONE: La relazione illustrata è da intendersi come ***tipica*** e non ***normativa*** (= si possono citare controesempi).
- In generale, solo gli Operatori Autorizzati possono realizzare infrastrutture fisiche di telecomunicazioni che attraversano suolo pubblico (strade, ecc.).
- Tutti gli altri soggetti hanno piena libertà di azione solo in un comprensorio privato (nel rispetto delle norme vigenti: impiantistica, radiocomunicazioni, ecc.)

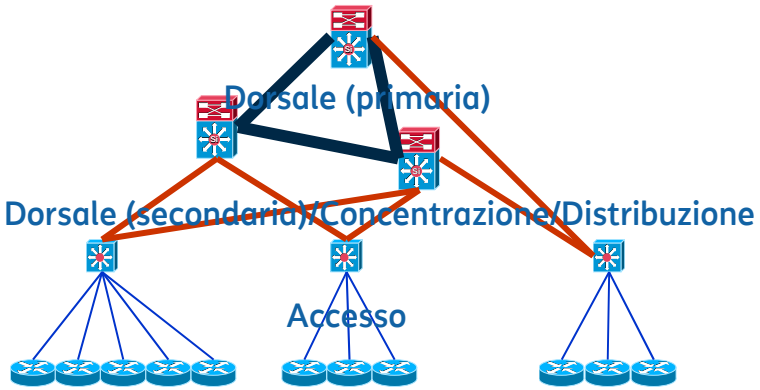
La prospettiva dell'operatore e quella del cliente

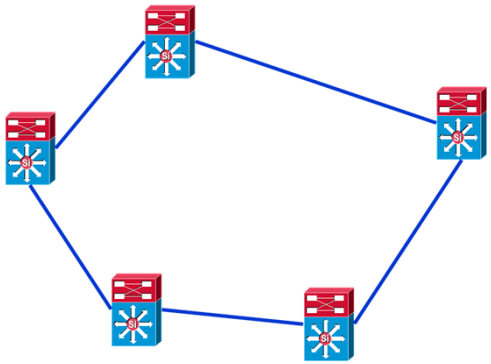
- Per *l'operatore*, il progetto della rete ha come obiettivo la più efficiente copertura del territorio per l'erogazione di servizi differenziati, minimizzando i costi di investimento e di esercizio
  - Maggiore flessibilità sulle tecnologie
  - Maggiore incertezza sulle sedi da collegare
- Per il *Cliente*, 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 multicliente/multiservizio, che devono permettere di mappare su di esse le molteplici reti e servizi dei suoi clienti

Architetture tipiche di rete

- **Gerarchica**, utilizzata soprattutto quando è necessario collegare un grande numero di sedi, a causa dell'«effetto N(N-1)/2»
  - La rete viene suddivisa in
    - Dorsale primaria (*backbone*)
    - Aggregazione
    - Accesso
- **Paritetica/Non gerarchica**, per reti di piccole dimensioni (in termini di numero di nodi)





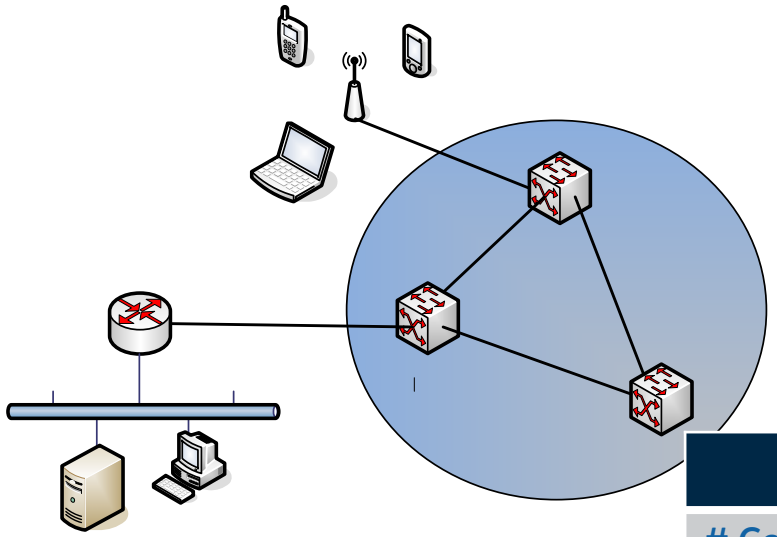
Attenzione a non confondere architettura fisica e logica della rete: le due possono essere molto diverse!

Es: cablaggio strutturato (gerarchico) vs LAN (non gerarchica)

Rete di accesso *vs* dorsale (nelle architetture gerarchiche)

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 operatore di di telecomunicazioni o le sedi principali di una grande azienda multisede



	Rete di accesso	Rete di dorsale
# Collegamenti	Molto numerosi	Limitati
Velocità	Funzione della sede da servire	Elevata
Distanze	Brevi	Lunghe
Riconfigurazioni	Frequenti	Limitate

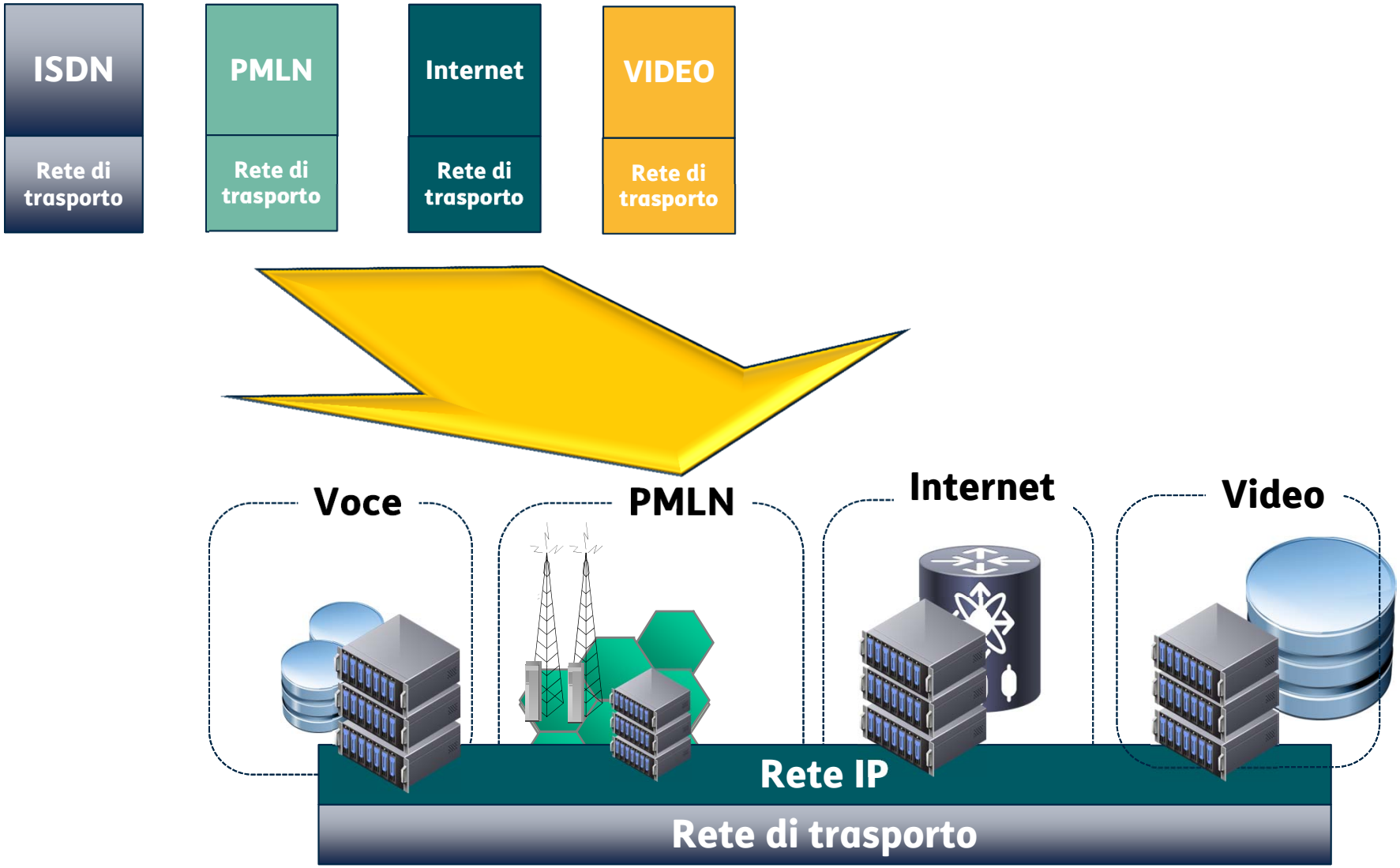
Rete di trasporto vs rete di servizio

Soprattutto nelle reti degli operatori si distingue tra

- Rete di trasporto
  - realizza i canali di comunicazione utilizzati dagli elementi di rete di livello superiore.
  - È una infrastruttura trasparente rispetto ai protocolli e servizi di livello superiore e «virtualizza» il livello fisico sottostante
  - permette di costruire sopra la maglia di dorsali (ottiche) una o molteplici topologie logiche a supporto delle «reti di servizio» ovvero delle reti dei clienti finali o di altri operatori.
- Rete di servizio
  - È una (tra molte) infrastruttura dedicata all'erogazione di un particolare servizio di tlc (es. rete radiomobile, rete telefonica, rete IP)
  - Utilizza i servizi di connettività della rete di trasporto

Il trend odierno è di ridurre sempre più le reti di servizio, trasformandole in «servizi» esposti su una comune infrastruttura (IP)

Dai servizi come silos alla virtualizzazione dei servizi



La rete di accesso

Perché sono così interessanti le reti di accesso?

- L'architettura delle reti di backbone e i requisiti che devono soddisfare sono abbastanza consolidati
- 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***

Caratteristiche della rete di accesso

- E’ la componente di maggior valore economico di una rete di telecomunicazioni
- In TIM, 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

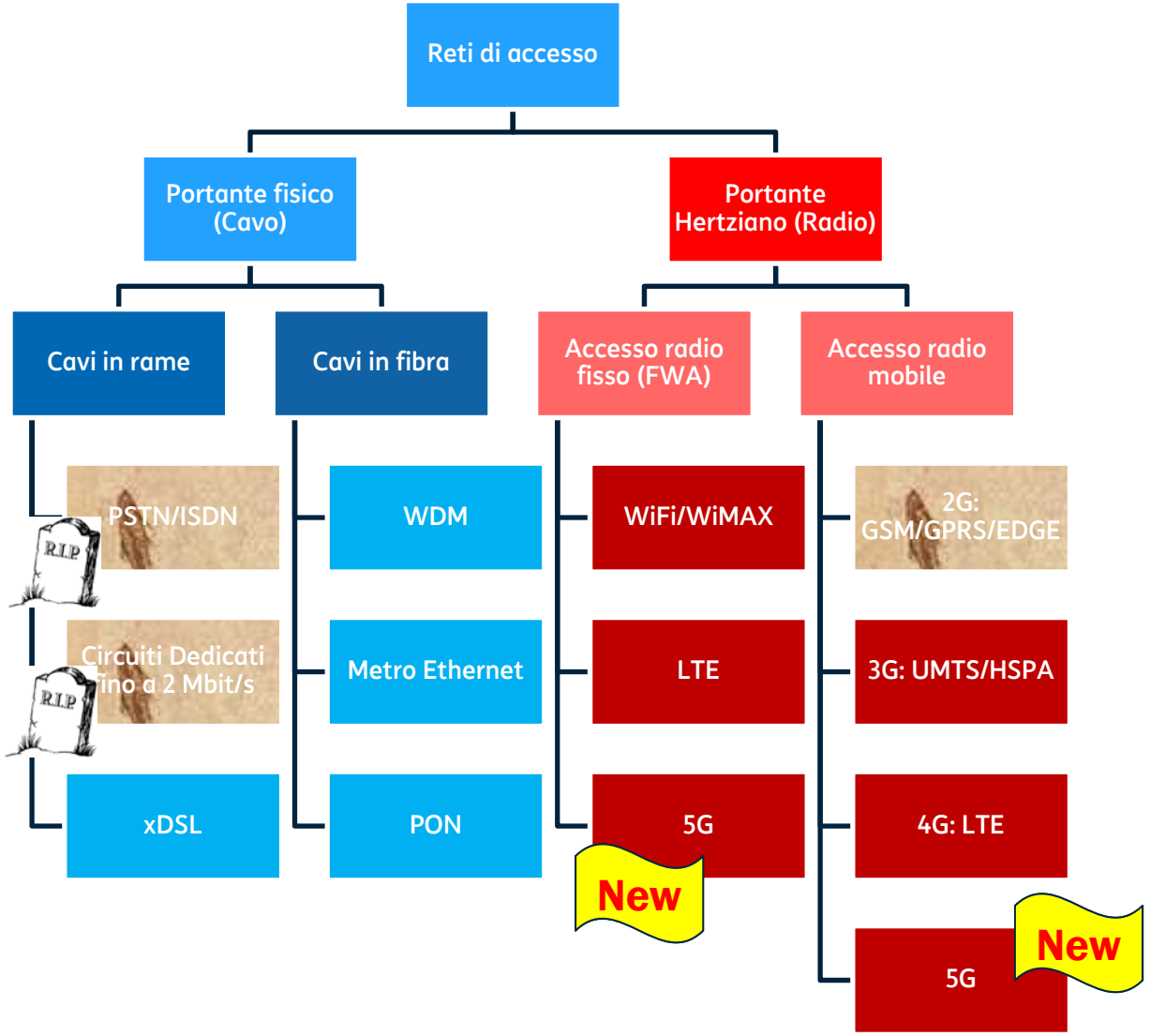
E inoltre

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

Reti di accesso pubbliche

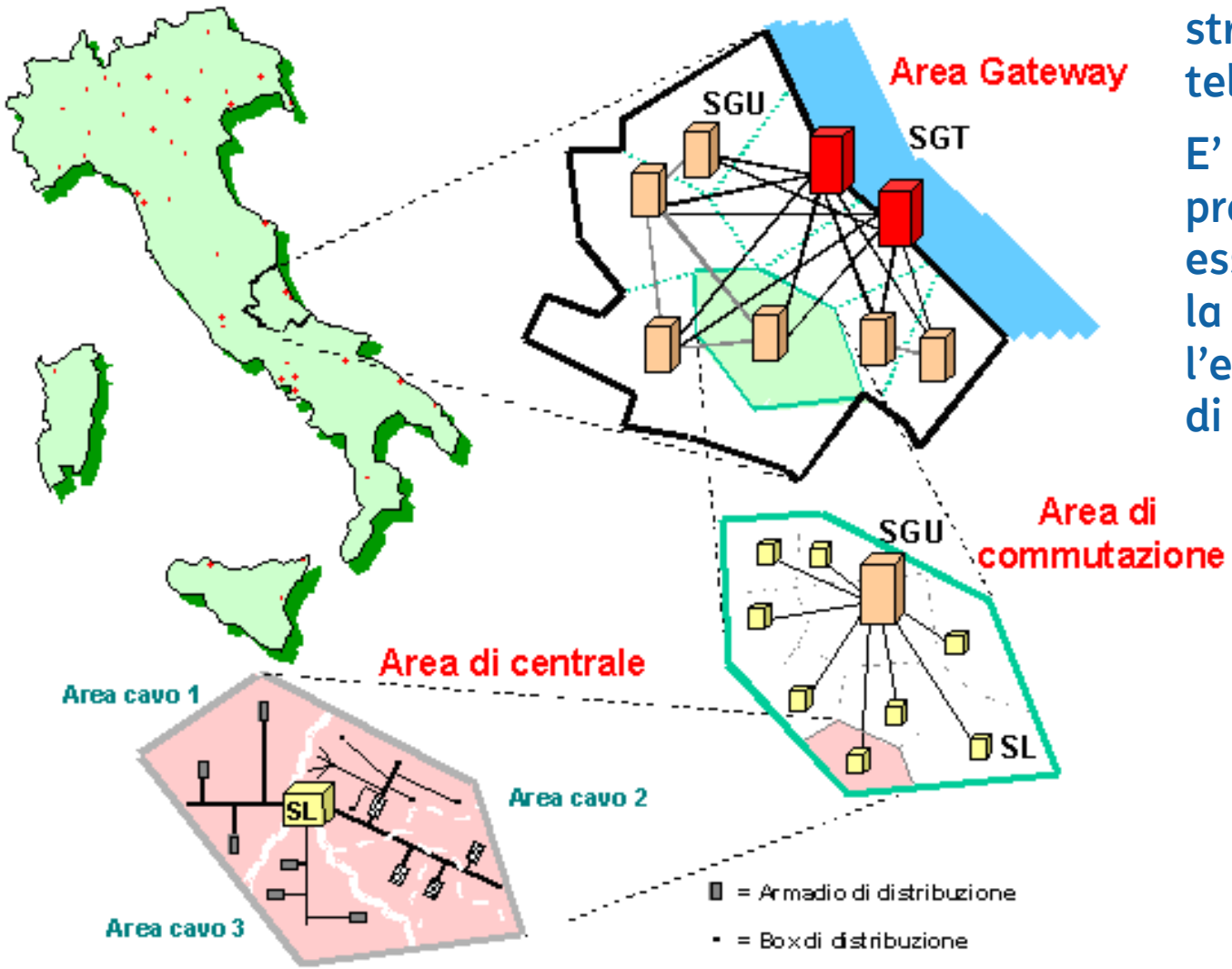
- Nel seguito di questo intervento considereremo solo le ***reti di accesso pubbliche***, che permettono il collegamento tra le sedi del Cliente e i punti di presenza (PoP) dell'Operatore.
- Salvo eccezioni, solo gli Operatori di telecomunicazioni possono realizzare reti che si estendono al di fuori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

Principali tecnologie impiegate nella rete d'accesso



Rete di accesso in rame

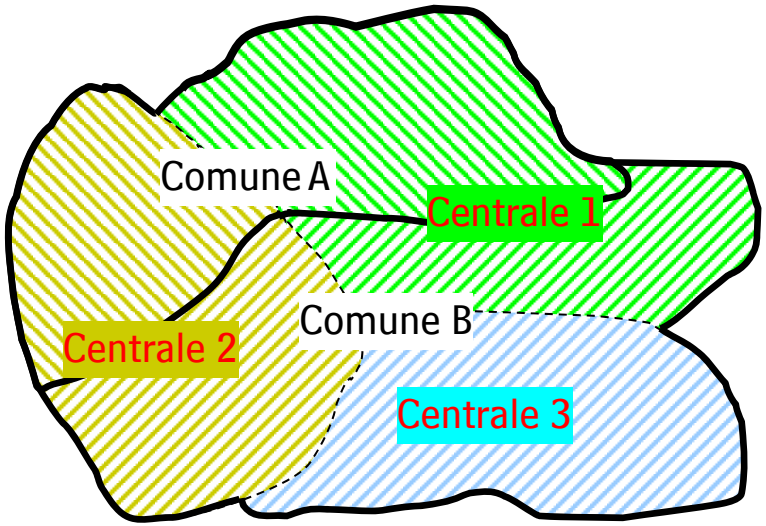
Architettura della rete di accesso: la rete fissa



La figura mostra la struttura della rete telefonica tradizionale

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

Relazione tra rete telefonica e partizione amministrativa del territorio

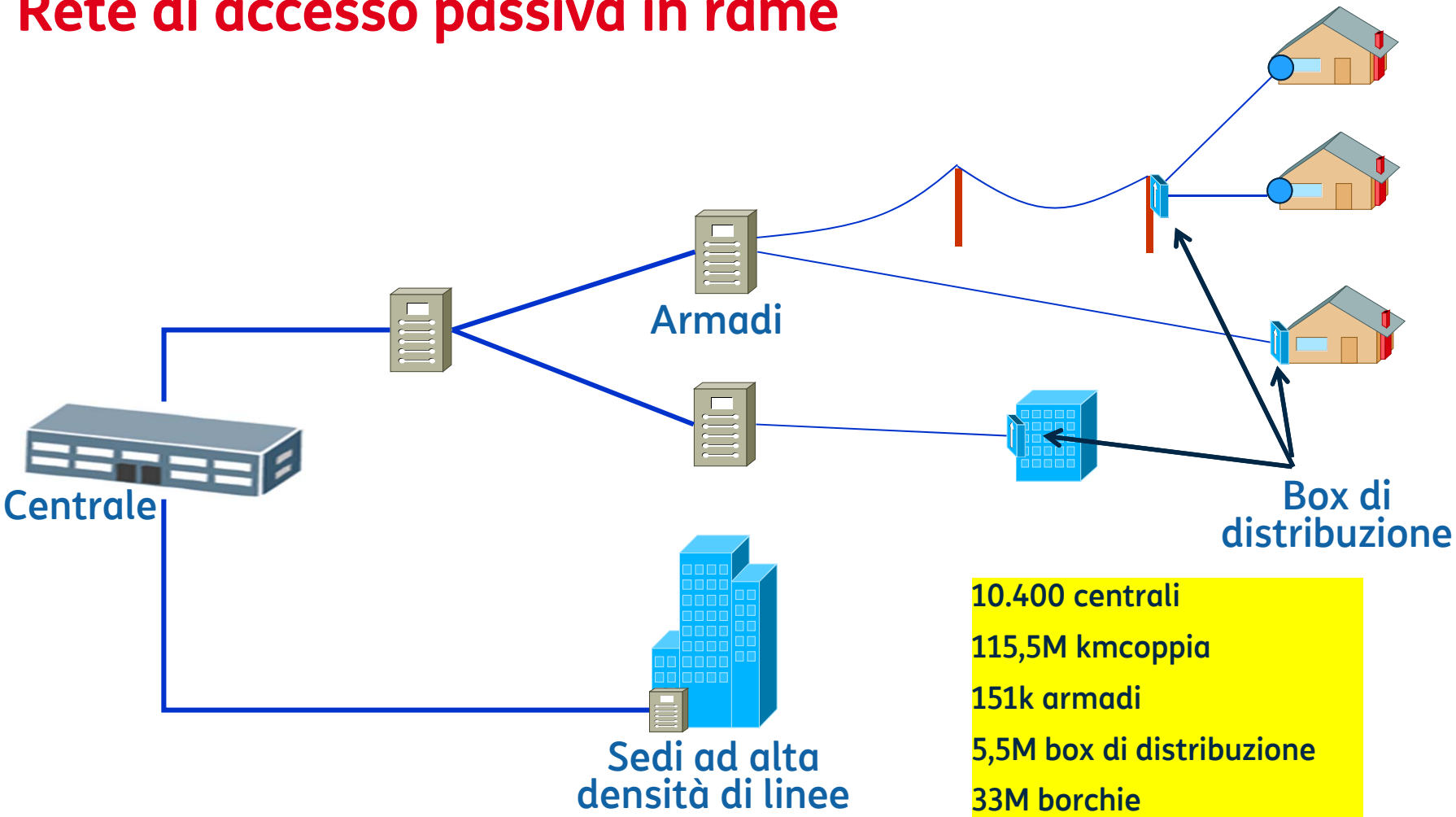


- Un elevato numero di Comuni presenta dimensioni piccole o piccolissime
- In questi casi, spesso una centrale telefonica distribuisce i suoi accessi su due o più Comuni; pertanto non esiste una corrispondenza univoca tra centrali e Comuni
- La disponibilità dei servizi dipende dalla centrale da cui sono erogati

In generale, quindi

- ***Una AdC non copre il territorio di un intero comune***
- ***Una AdC non è contenuta all'interno del territorio di un solo comune***

Rete di accesso passiva in rame



10.400 centrali

115,5M kmcoppia

151k armadi

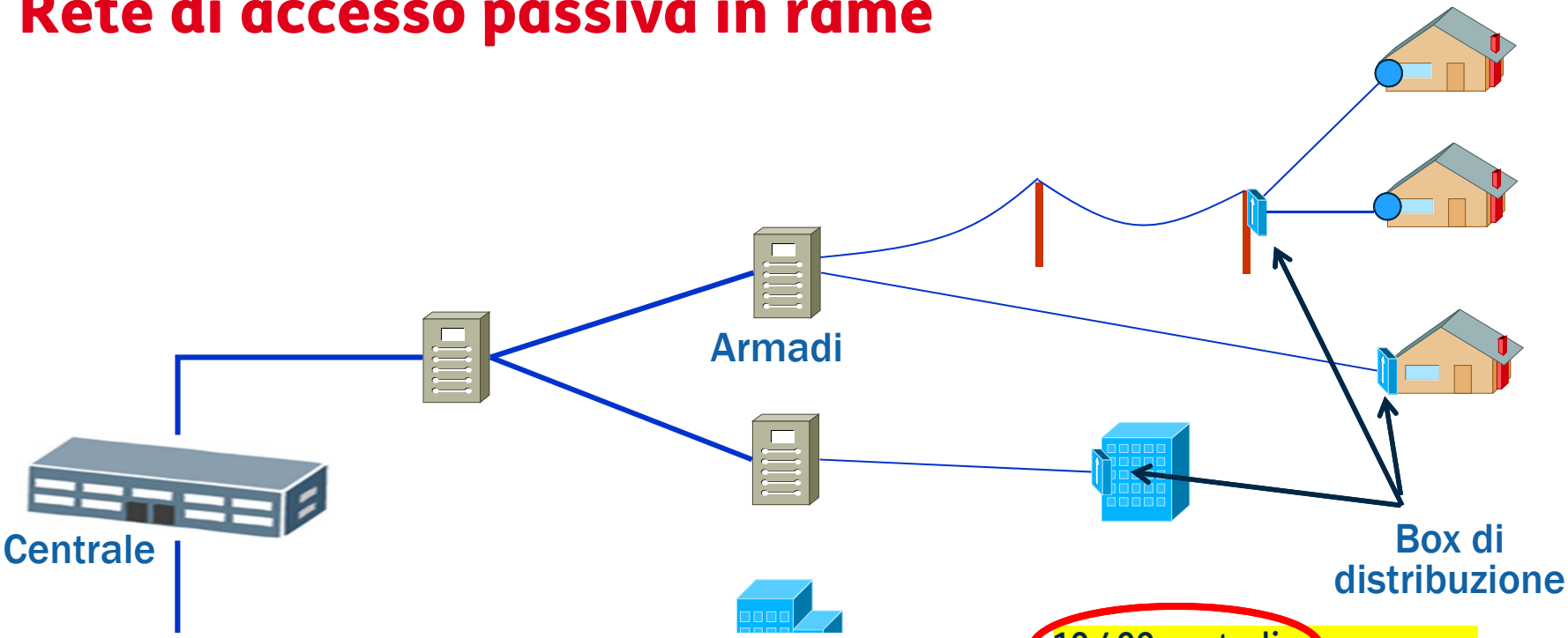
5,5M box di distribuzione

33M borchie

Rete primaria

Rete secondaria

Rete di accesso passiva in rame



Telecom Italia avvia procedura per smantellamento 6 mila centrali

Verso migrazione da rame a servizi su fibra

Fonte: La Stampa 23/05/2017

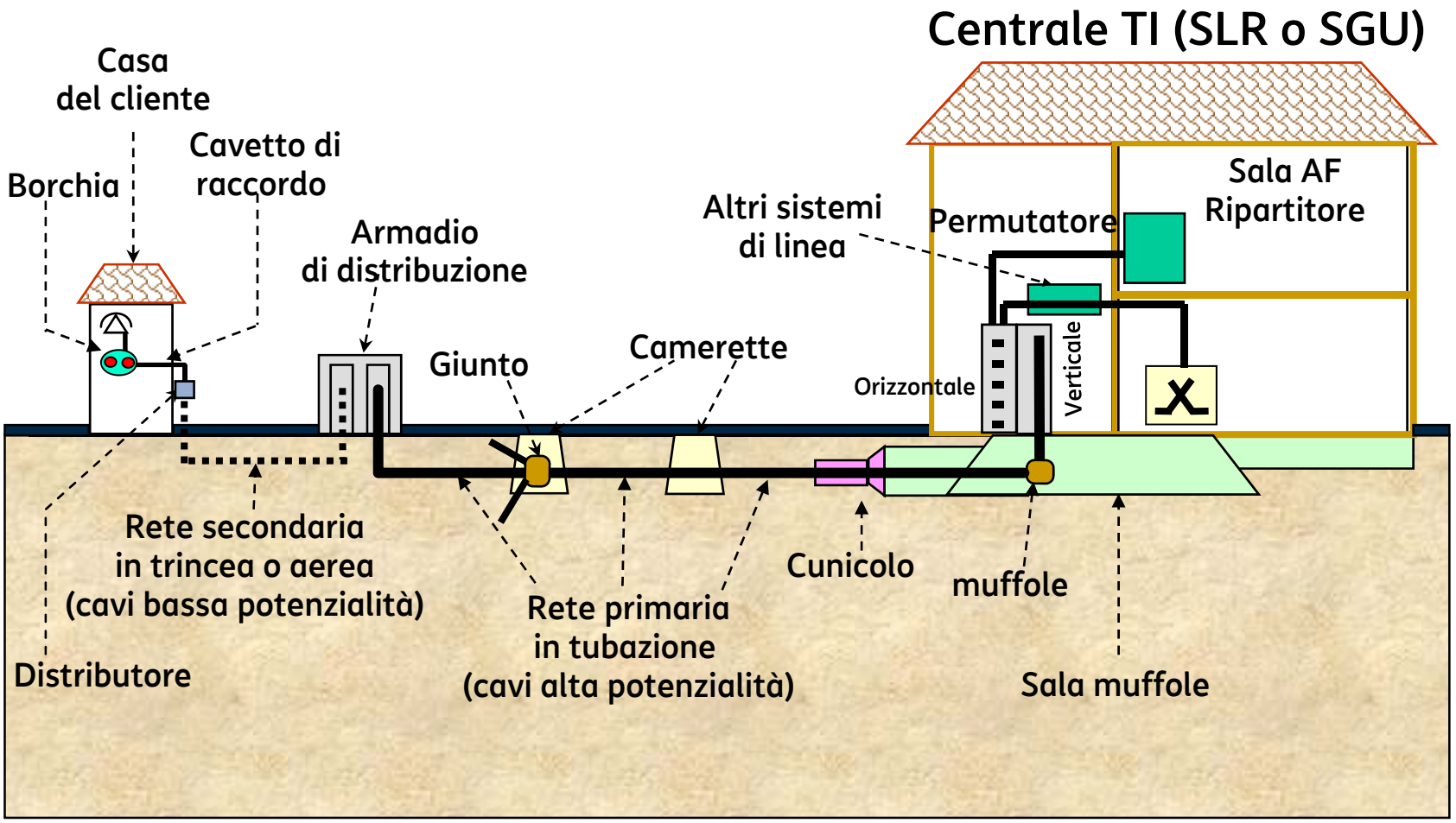
densità di linee

10.400 centrali
115,5M kmcoppia
151k armadi
5,5M box di distribuzione
33M borchie

Rete primaria

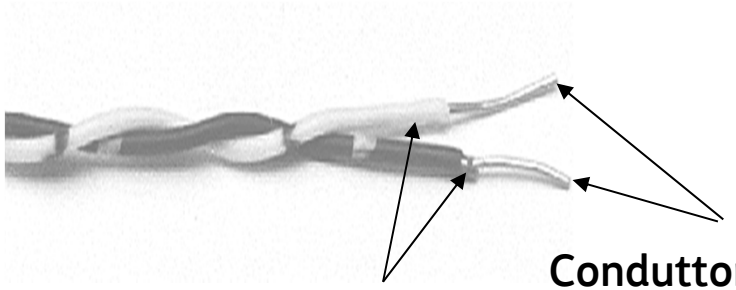
Rete secondaria

Componenti della rete in rame



La tecnologia dei cavi in rame

L'unità costituente il cavo è la coppia simmetrica, il cosiddetto «doppino»



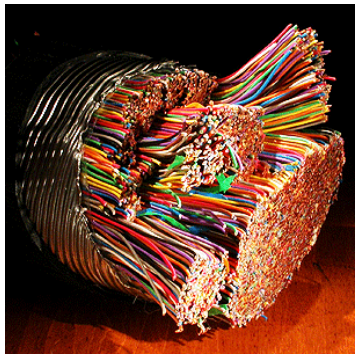
Isolamento in plastica

Conduttori in rame
Ø 0,4 - 0,6 - 0,9 mm





Esempi di cavi
a coppie simmetriche



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

TIM

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

Servizi tradizionali

- **Telefonia analogica (POTS) e numerica (ISDN)**
- CDA, Circuiti Dedicati Analogici (in banda fonica 0 – 4 kHz)
- CDN, Circuiti Dedicati Numerici (1,2 – 2.048 kbit/s)

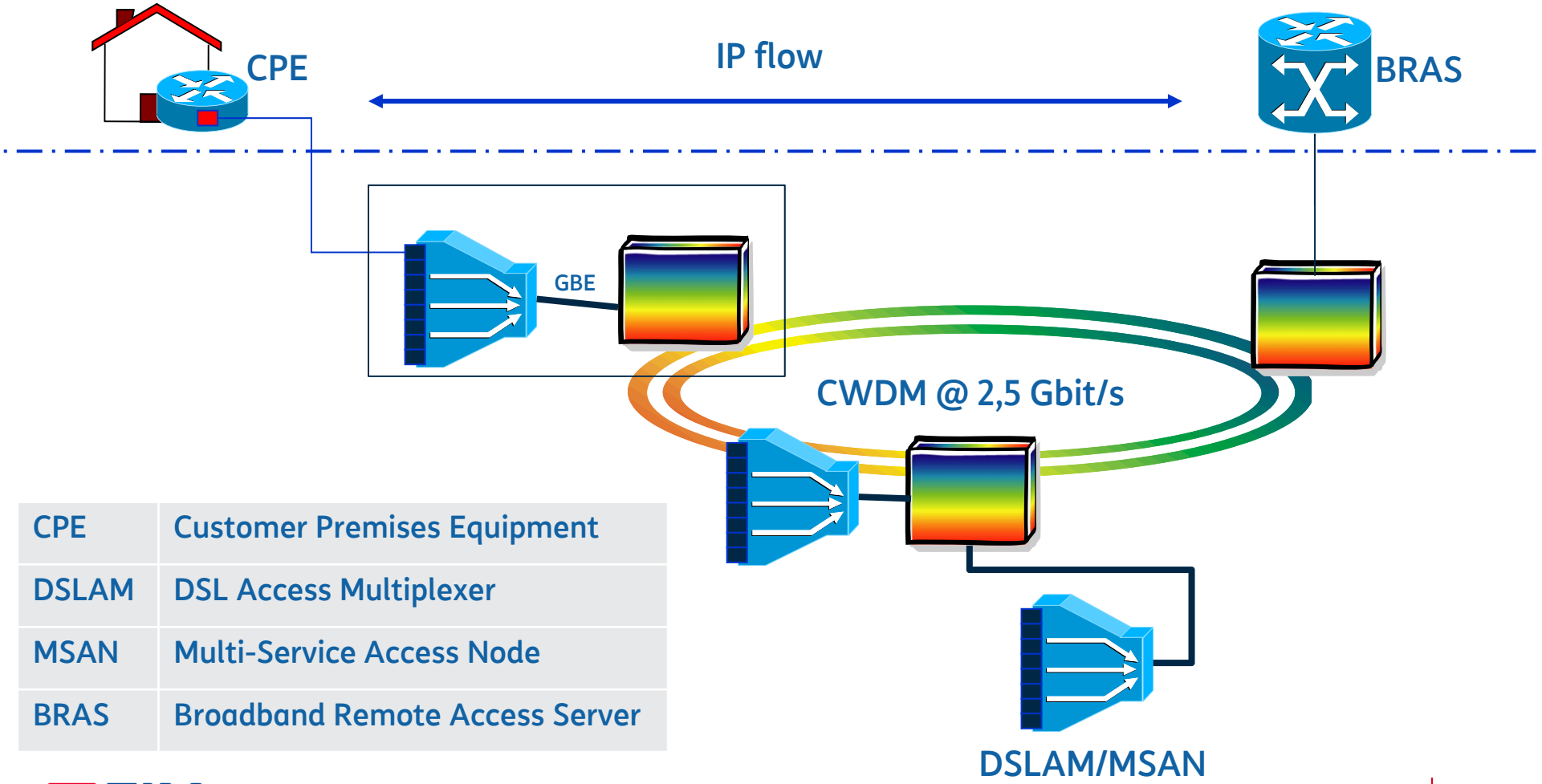
Servizi con accesso DSL (*Digital Subscriber Loop*)

- **ADSL/ADSL2+ (A = Asymmetric)**
- SHDSL (SH = Symmetric High-speed)
- **VDSL2/EVDSL (V = Very High Bitrate)**

Le tecnologie DSL

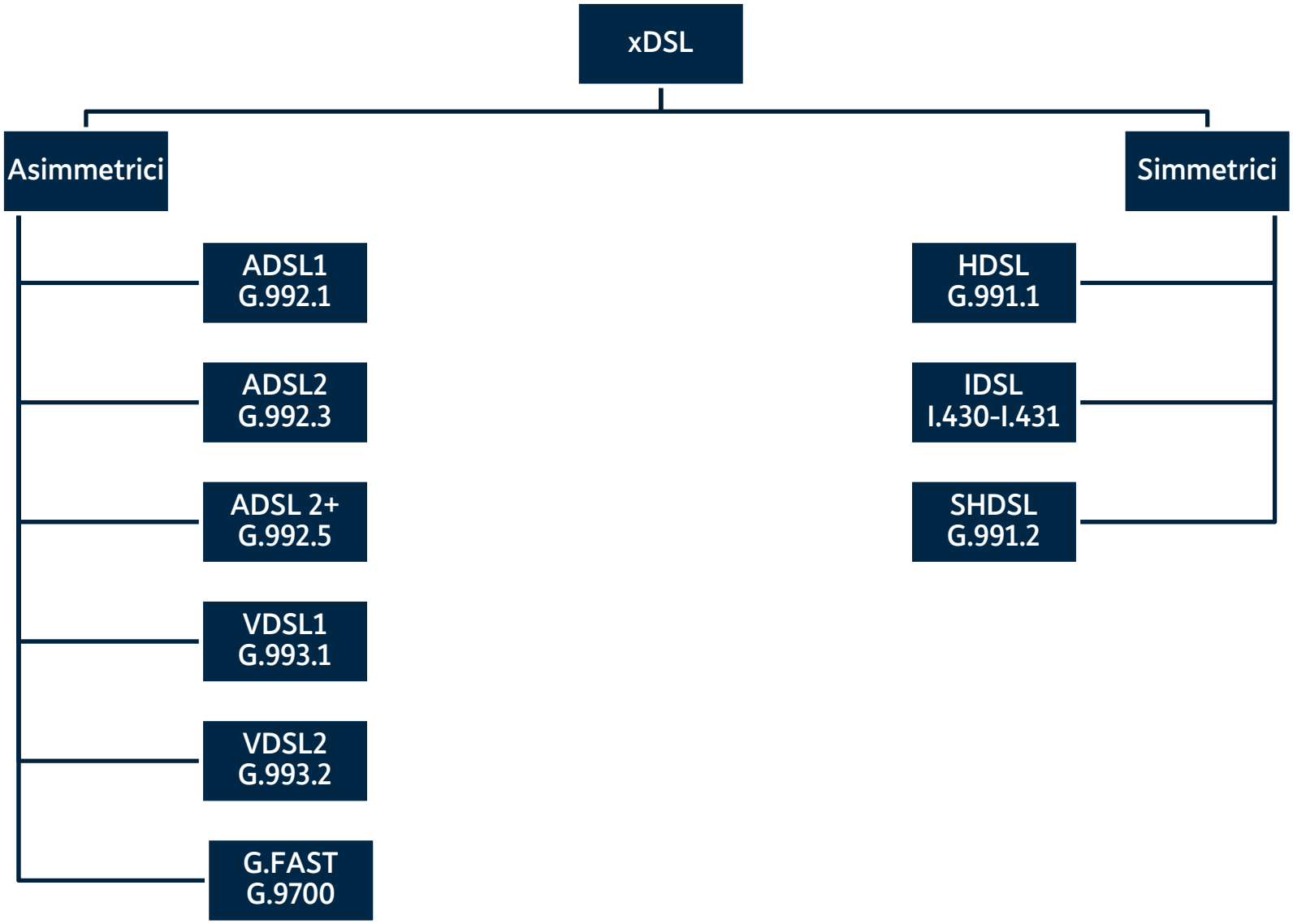
- Operano su 1 o più coppie in rame
- Utilizzano una banda molto maggiore della banda fonica (~MHz)
  - In configurazione “over-voice” per garantire la coesistenza con il servizio telefonico (es. ADSL)
  - In alternativa al servizio telefonico per servizi solo dati (es. HDSL)
- Permettono di raggiungere bit-rate dell’ordine delle decine o centinaia 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*)

Architettura di rete xDSL

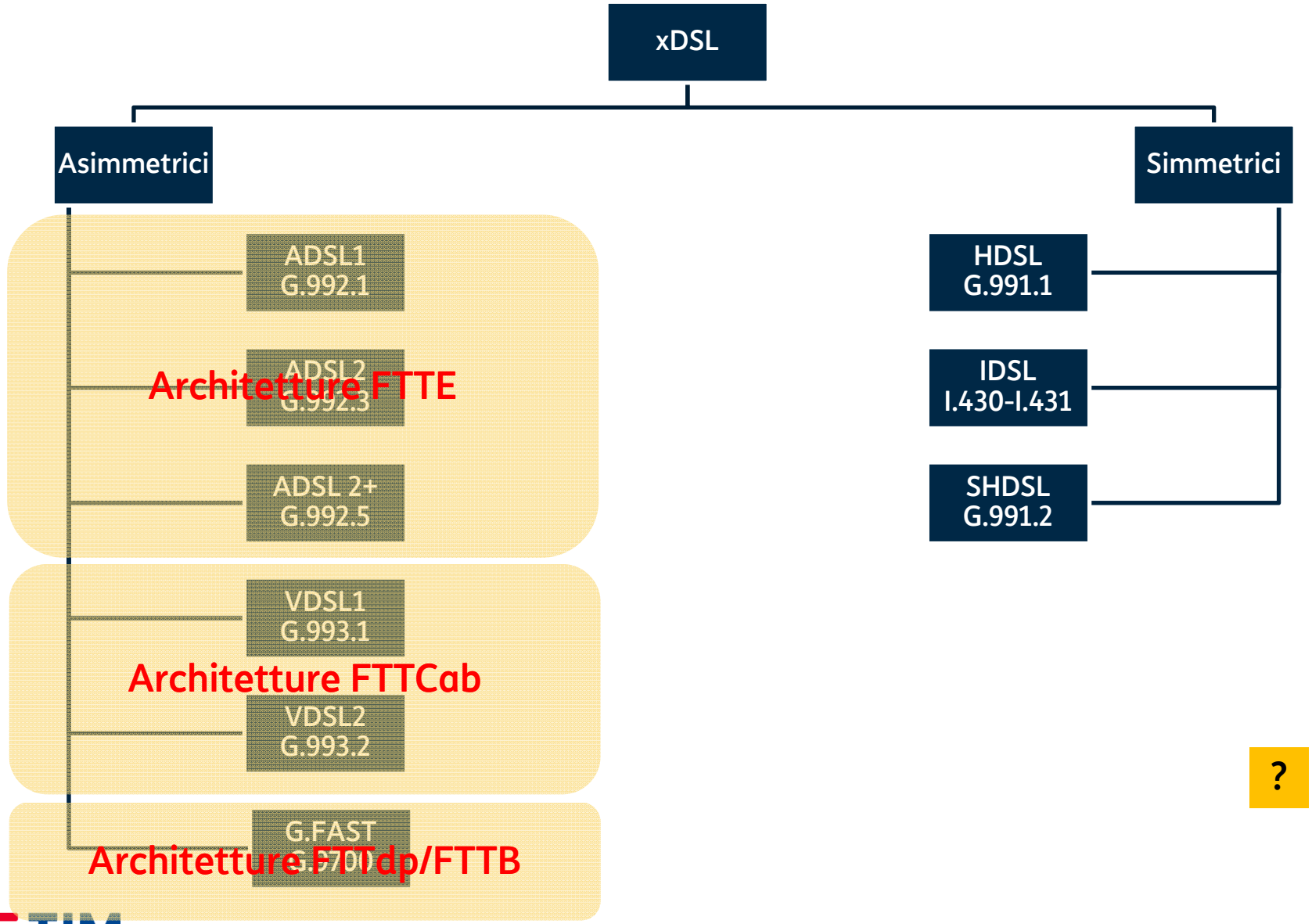


CPE	Customer Premises Equipment
DSLAM	DSL Access Multiplexer
MSAN	Multi-Service Access Node
BRAS	Broadband Remote Access Server

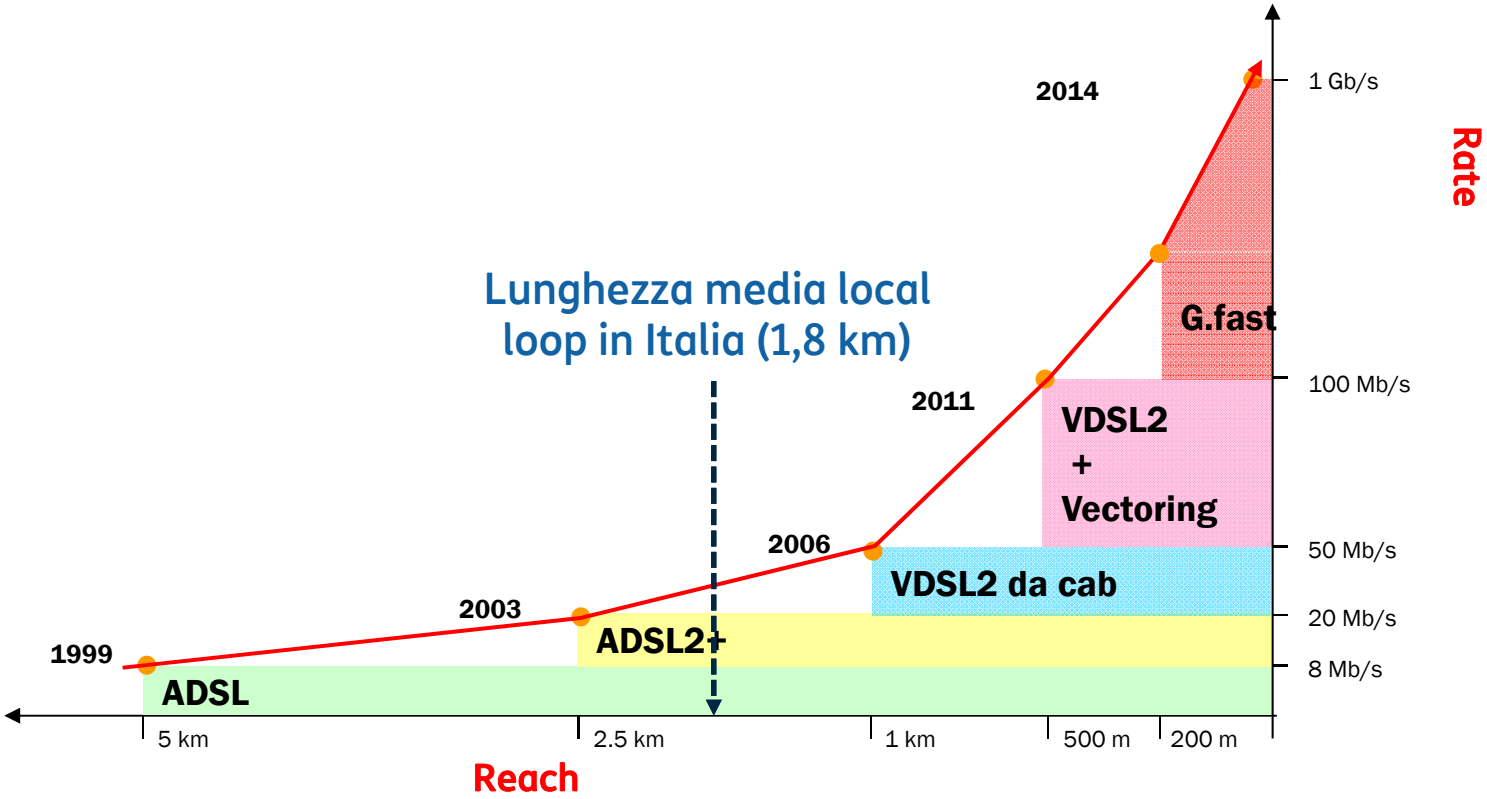
La famiglia dei sistemi xDSL



La famiglia dei sistemi xDSL



Tecnologie xDSL: prestazioni e distanze



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

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

VDSL2 (ITU-T G.993.2)

- Il **VDSL2 (2006)** costituisce l'evoluzione naturale del VDSL di prima generazione (G.993.1, 2001), 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 possa 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.

Nuove tecnologie e metodi per migliorare la rete in rame

Bonding = tecnica per utilizzare linee multiple DSL (ADSL, SHSDSL, 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.

Approfondimento sul *vectoring (solo VDSL2)*

- Presupposti:
  - (1) conoscere cosa viene trasmesso sulle altre linee e
  - (2) essere in grado di stimare il *crosstalk* di tipo FEXT prodotto da tali linee sulla linea in esame
- Principio di funzionamento: pre-condizionare il segnale da trasmettere sulla singola linea in modo che il crosstalk aggiunto dalle altre linee produca al ricevitore il segnale desiderato (come se non ci fosse stato crosstalk).
- Richiede notevoli capacità di calcolo con conseguente maggiore complessità lato DSLAM.
- Le CPE differiscono leggermente dai modem tradizionali (ma sono di analoga complessità) in quanto devono cooperare con il DSLAM per poter stimare il crosstalk fra le linee.

Profili tecnici VDSL2/EVDSL disponibili sulla rete TIM

Profilo	Brand Commerciale		Tipologia	Velocità Nette			
				Down [kbps]		Up [kbps]	
				Min	Max	Min	Max
V1	30 Mbps	3 Mbps	Rate Adaptive	15.000	30.000	1.000	3.000
V2	30 Mbps	3 Mbps	Rate Adaptive	1.000	30.000	300	3.000
V3	50 Mbps	10 Mbps	Rate Adaptive	1.000	50.000	300	10.000
V4	50 Mbps	10 Mbps	Rate Adaptive	15.000	50.000	6.000	10.000
V5	100 Mbps	20 Mbps	Rate Adaptive	1.000	100.000	300	20.000
V6	100 Mbps	20 Mbps	Rate Adaptive	15.000	100.000	6.000	20.000
V7[6]	200 Mbps	20 Mbps	Rate Adaptive	1.000	200.000	300	20.000
V8[6]	200 Mbps	20 Mbps	Rate Adaptive	15.000	200.000	6.000	20.000

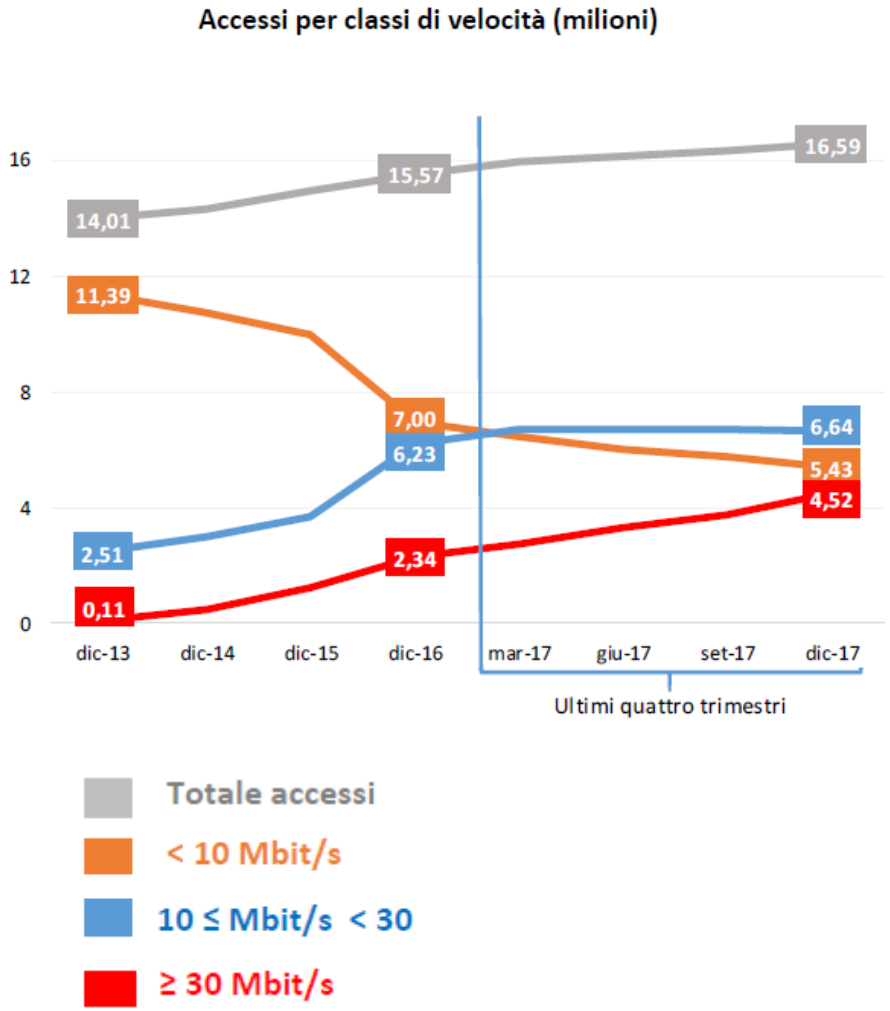
EVDSL
(prof. 35b G.993.2 Amd. 1)

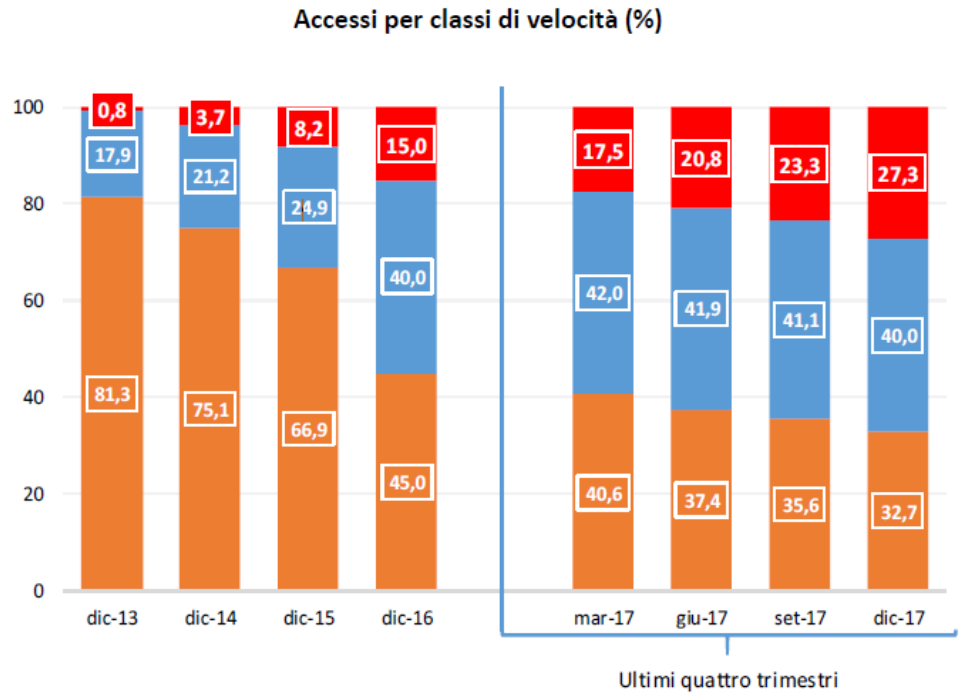
G.Fast (ITU-T G.9700 e G.9701)

E’ la più recente evoluzione della famiglia xDSL, progettata per raggiungere velocità superiori a 100 Mbit/s su lunghezze della coppia entro i 250 m:

Parameter	VDSL	G.FAST
Frequency Range	Up to 30MHz (30a)	2-106MHz, 2-212MHz (future)
Max Rate	Up to 250Mbps (30a) and 150Mbps (17a) for short loops, real-world is 30-80Mbps	1Gbps over short loops, exceeding 500 Mbps over real 100m lines
Modulation	OFDM	OFDM
Number of carriers	4K	2K (for 106MHz profile)
Multiplexing scheme	FDD	TDD, synchronized among the different copper pairs
Symbol time	~250 µsec (17MHz profile)	~20 µsec
Vectoring	Via G.993.5	Supported, with adaptations needed for higher frequency
Tx power	Varies by profile, 14.5dBm	4dBm
FEC	RS + Trellis code	RS + Trellis code

Le tendenze del mercato



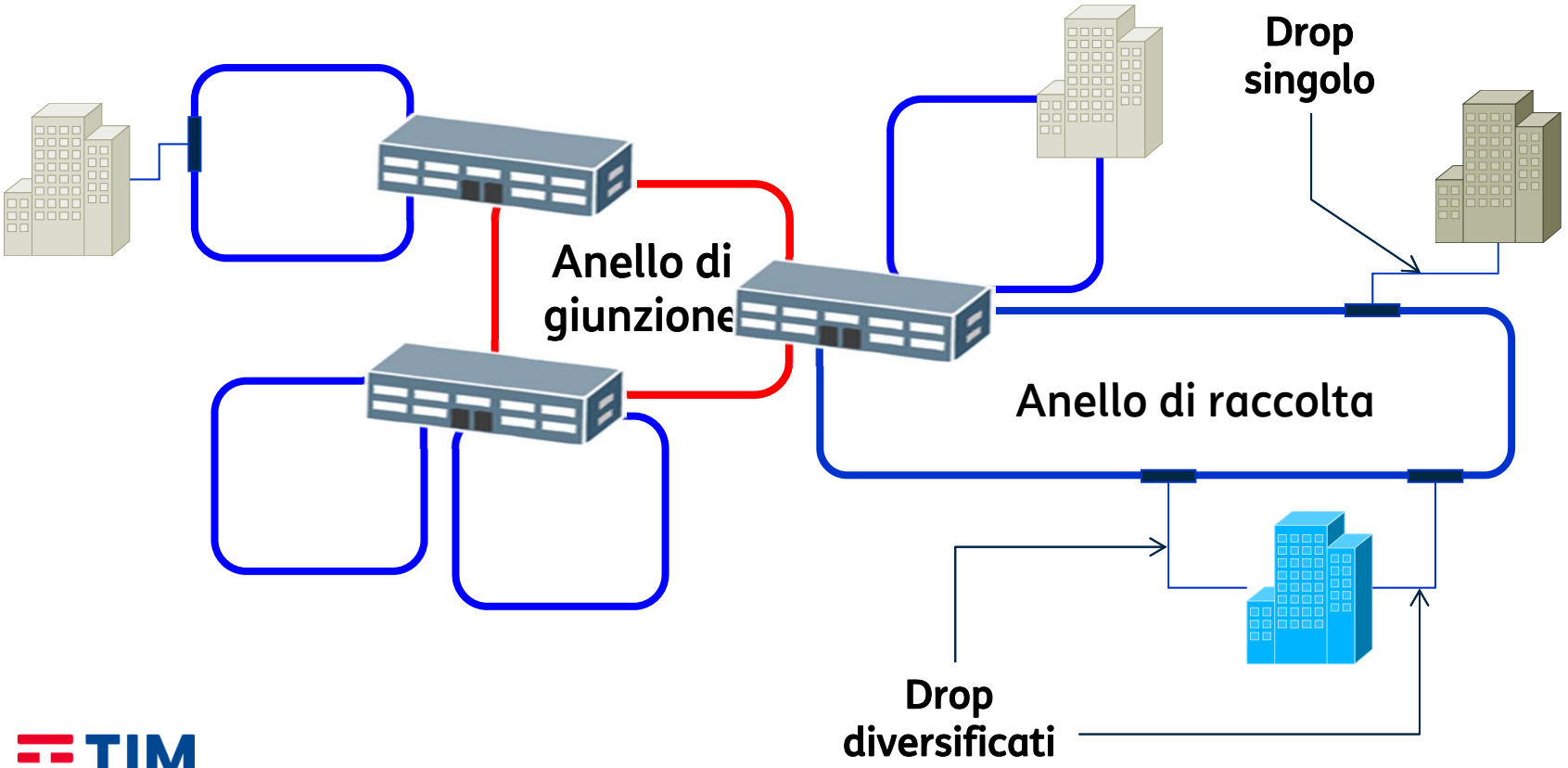


Fonte: AGCOM, Osservatorio sulle Comunicazioni n.1/2018

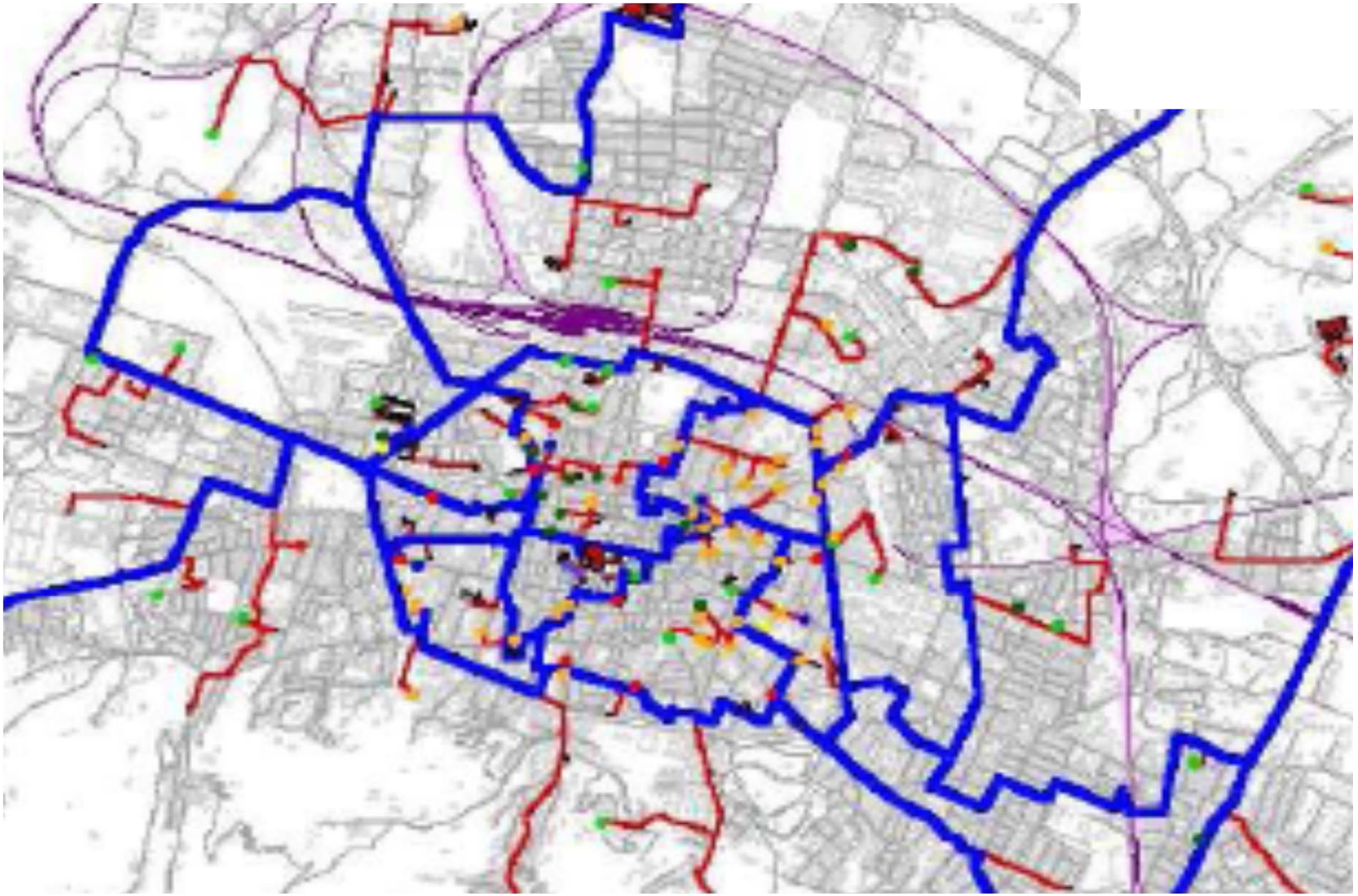
Rete di accesso in fibra

Rete di accesso tradizionale in fibra ottica

- L'architettura tradizionale delle reti di accesso in fibra deriva dall'utilizzo primario che se ne è fatto per molto tempo: interconnettere le centrali e collegare le sedi principali di aziende e/o altre grande organizzazioni.
- Queste sono architetture e tecnologie tipiche della Rete di Trasporto



Esempio: MAN di Bologna (porzione)



Accesso su cavi in fibra

A partire dagli anni ’90, collegamenti in fibra ottica sono stati realizzati per applicazioni ad alta capacità, rivolte ad Aziende e Enti Pubblici.

Soluzioni derivate inizialmente 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)

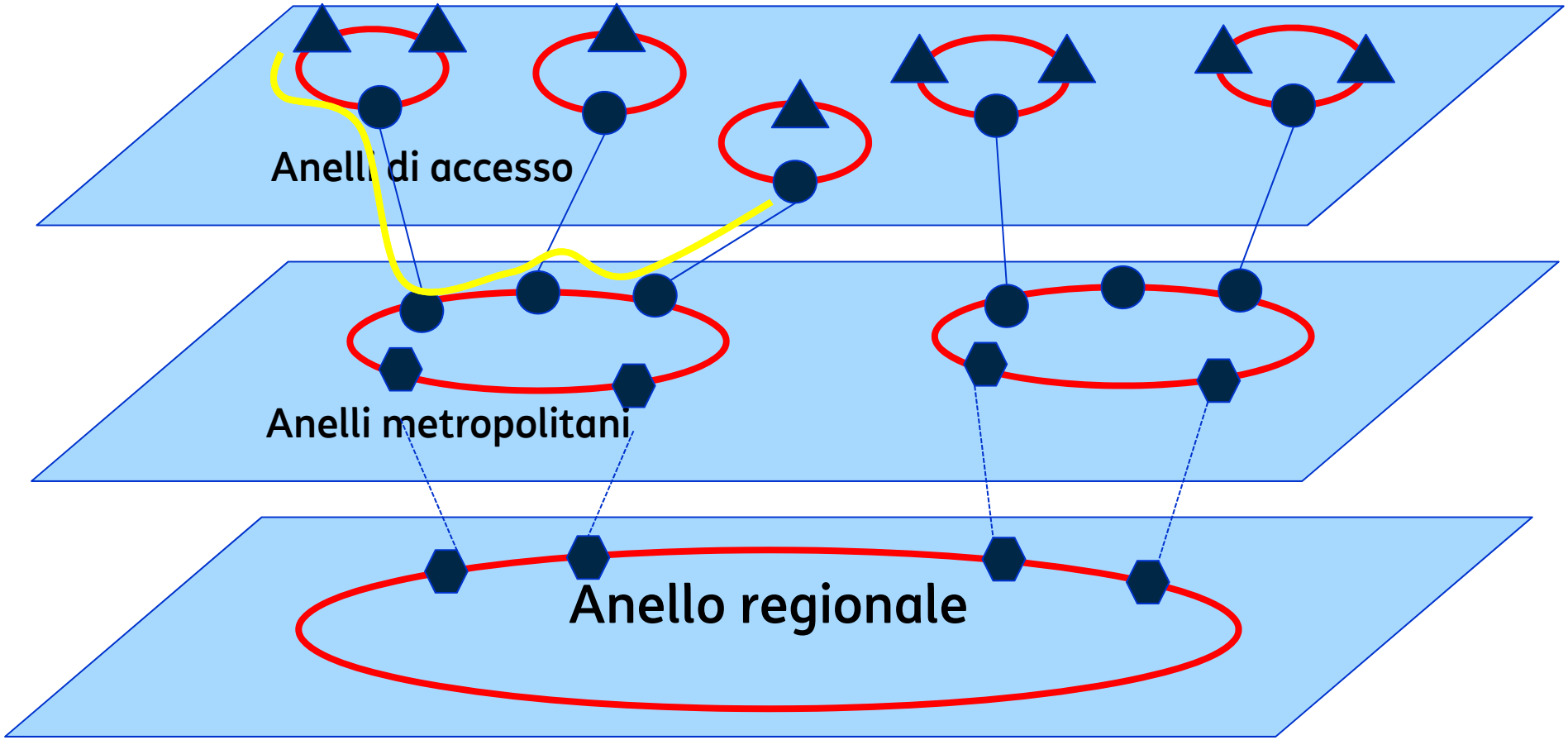
Soluzioni progettate specificamente per la clientela affari (dal 2000)

- **MAN Gigabit Ethernet:** accessi con velocità da 10 Mbit/s a 1 Gbit/s

Con l’avvento delle NGN, sono state sviluppate architetture specifiche per portare collegamenti ottici alla clientela residenziale (FTTx)

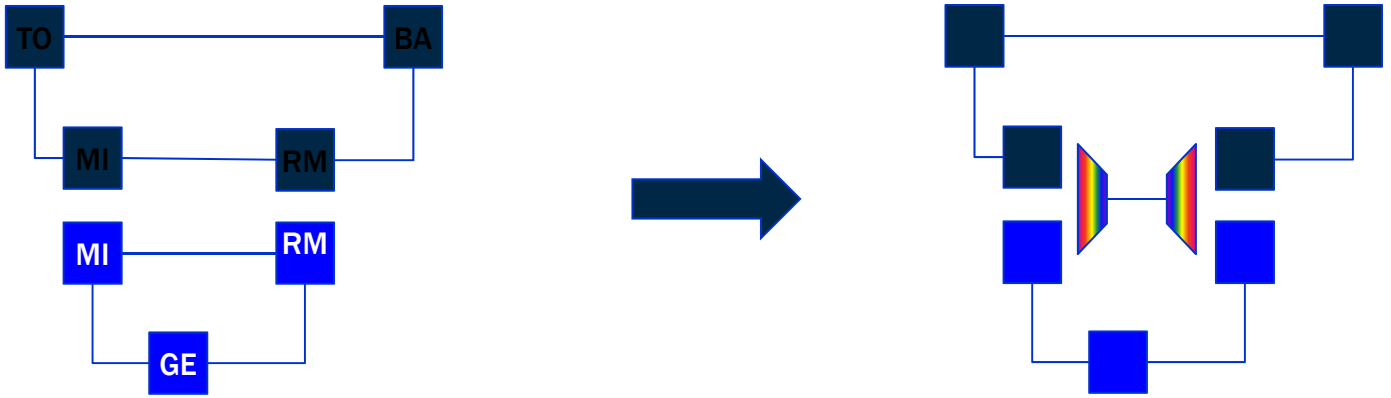
Oggi: 11M km fibra in rete di accesso

Architettura gerarchica ad anelli



Sistemi WDM

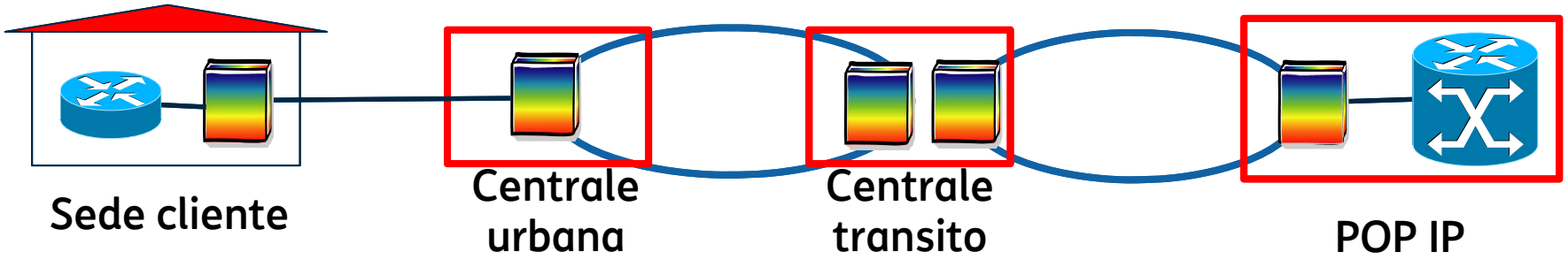
- I sistemi WDM (Wavelength Division Multiplexing) sono stati introdotti agli inizi degli anni 2000, per moltiplicare la capacità trasmissiva delle dorsali in fibra ottica, con topologie semplici di tipo punto-punto



- Il progresso delle tecnologie ottiche (ROADM) permette ora di realizzare architetture ad anello e/o magliate, con prestazioni evolute di reinstradamento dei singoli canali ottici in caso di guasto o di riconfigurazione della rete

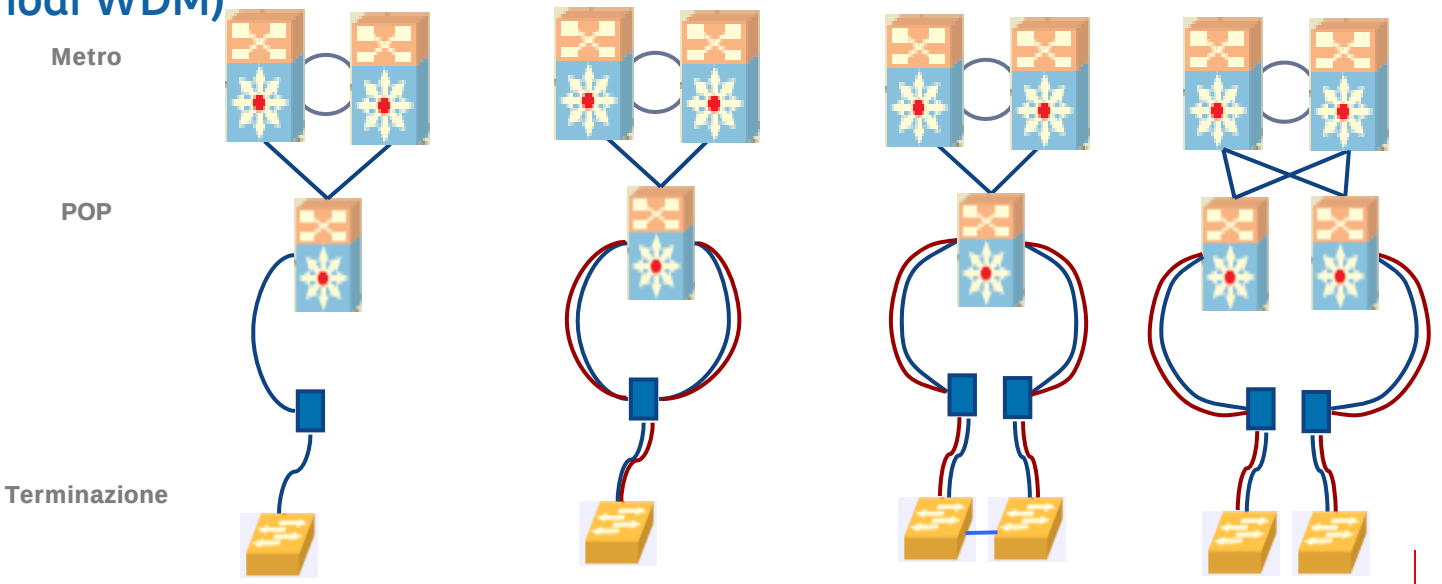
Collegamenti WDM

- TIM mette a disposizione le proprie infrastrutture di trasporto WDM per i clienti con esigenze di collegamenti ad elevata velocità ed affidabilità, trasparenti rispetto ai protocolli di livello superiore
- Il vincolo è la diffusione: i nodi WDM sono tipicamente collocati nei capoluoghi di provincia; bisogna quindi prevedere raccordi *ad hoc* in fibra dalla sede da collegare fino a queste centrali.



Collegamenti GBE

- Sfruttando la rete di aggregazione OPM, sono disponibili collegamenti in fibra con terminazione di tipo Gigabit Ethernet (GBE) e molteplici configurazioni di accesso, in funzione del livello di affidabilità richiesto.
- La banda disponibile può essere scelta nell'intervallo 10 Mbit/s – 1 Gbit/s
- Questi collegamenti permettono di realizzare differenti tipologie di rete:
  - VPN di livello 2 (in ambito metropolitano, che può essere esteso in ambito interurbano)
  - Accesso a VPN IP/MPLS
  - Accesso Internet
- La copertura del servizio è estesa a oltre 7.000 centrali (in confronto a circa 1.400 centrali con nodi WDM)



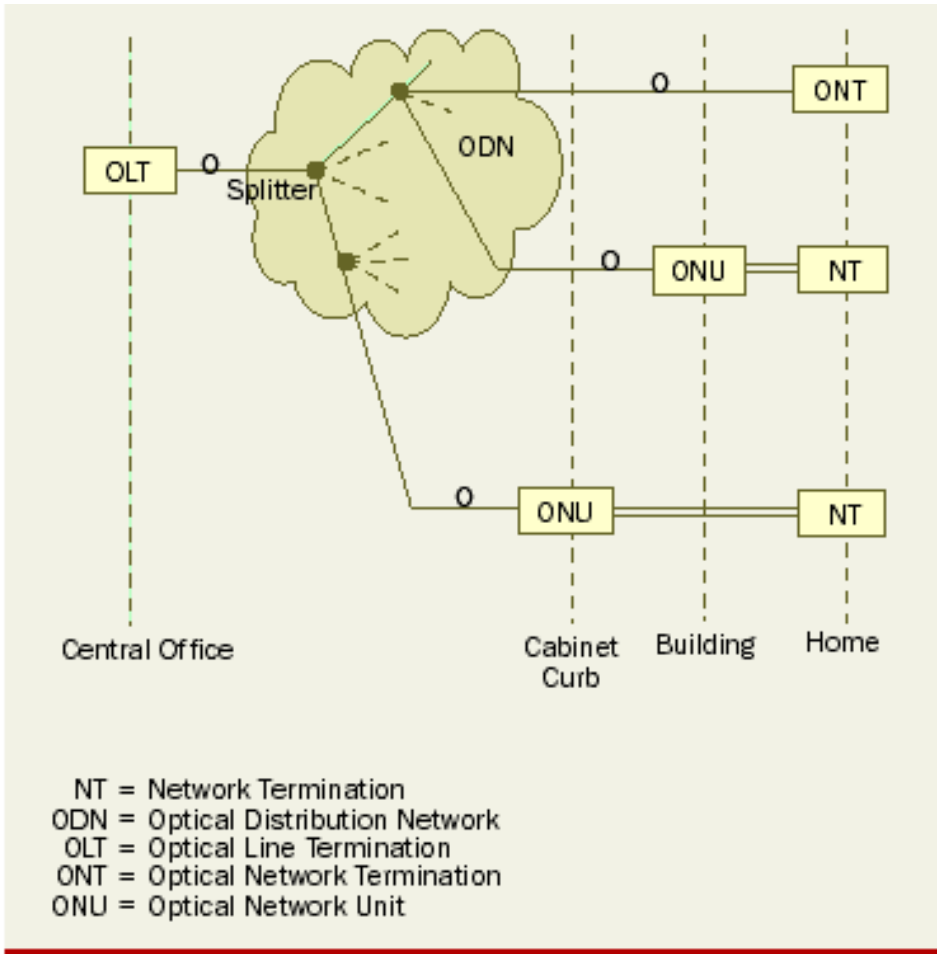
Dark Fiber o Fibre Spente

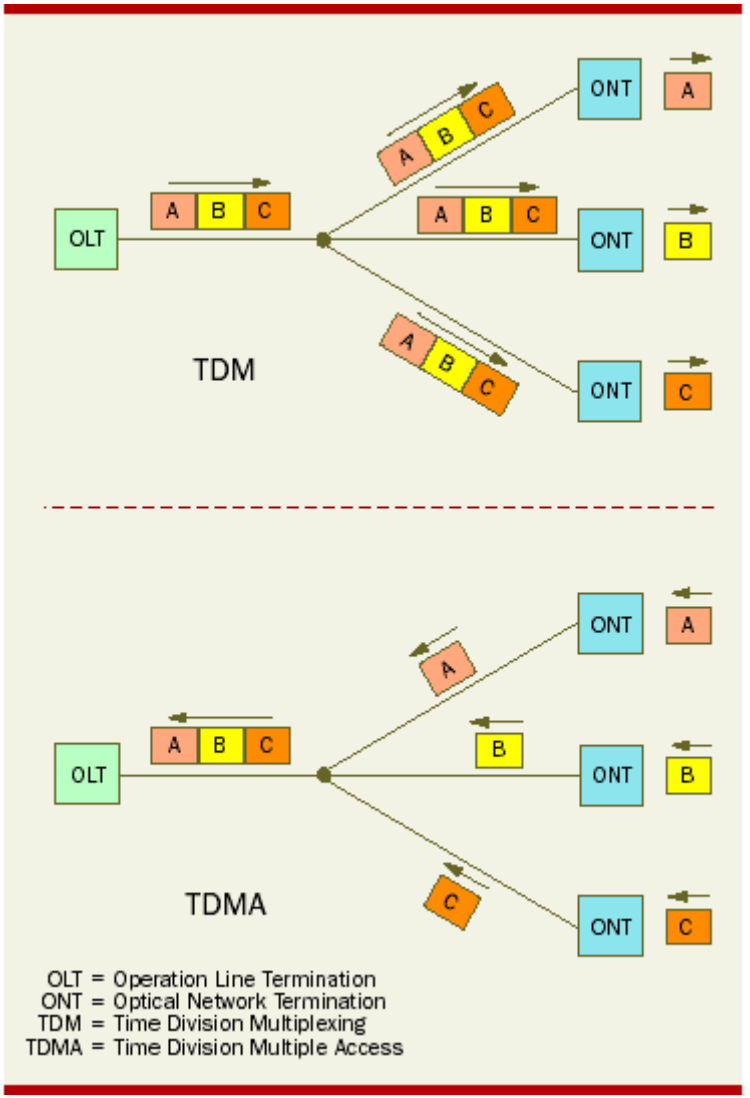
- Gli Operatori possono anche realizzare un collegamento diretto (punto-punto senza apparati attivi intermedi) tra due sedi Cliente.
- E’ necessario uno studio di fattibilità preliminare per verificare la disponibilità di fibre in rete di accesso e di giunzione (= tra Centrali/POP).
- E’ compito degli apparati in sede Cliente agli estremi del collegamento «illuminare» la fibra, ossia generare il segnale ottico da far propagare sulla fibra.

Architetture ottiche innovative: le PON

- Le **Reti Ottiche Passive** (Passive Optical Network, PON) sono state proposte già ***a inizio anni '90*** per portare la fibra in rete di accesso
- Le PON sono un'architettura più scalabile rispetto a topologie ad anello, nella prospettiva di collegare un numero di clienti paragonabile alla PSTN.
- Una PON ha una topologia ad albero, con uno o due punti di diramazione.
- Utilizza una sola fibra per tx+rx anziché una coppia
- È un mezzo di trasmissione condiviso tra N utilizzatori → richiede tecniche di accesso multiplo
- Evoluzioni delle PON: GPON (*attuale*), XGPON

Architettura di riferimento di una PON





Gigabit-capable PON (GPON) – riepilogo caratteristiche

Line Rate	2.488 Gbit/s
Line Rate upstream	1.244 Gbit/s
Protocollo L2	GEM
Lunghezza pacchetti	Variabile
Efficienza	93%
Banda utile downstream	2300 Mbit/s
Fattore di splitting	1:64, 1:128
Lunghezza max.	20 km
FEC	RS (255,239)
Cifratura	AES
Protezione	Sub-50 ms
Terza λ per video	Si

GEM: GPON Encapsulation Method

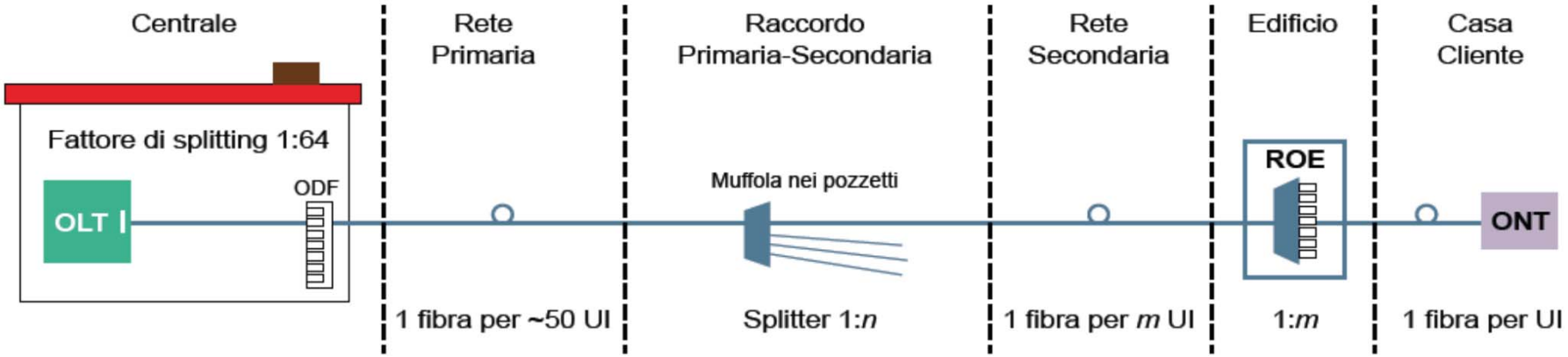
Dettagli sulle GPON

- Standard di riferimento: ITU-T G.984.1/2/3/4, 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
- 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 *(utilizzo più efficiente delle fibre)*
  - 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
- 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 (10 GB PON), NG-PON2

Architettura GPON nella rete TIM



Due stadi di splitting (Muffola + Edificio) dove n x m = 64

ODF = Optical Distribution Frame (Permutatore ottico)

ROE = Ripartitore Ottico di Edificio

Reti di accesso mobili

Accesso radio (wireless)

Punto-punto → ponti radio (SDH, WiMAX, *ad-hoc)*

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

NB:

2G = GSM/GPRS/EDGE

3G = UMTS/HSPA

4G = LTE

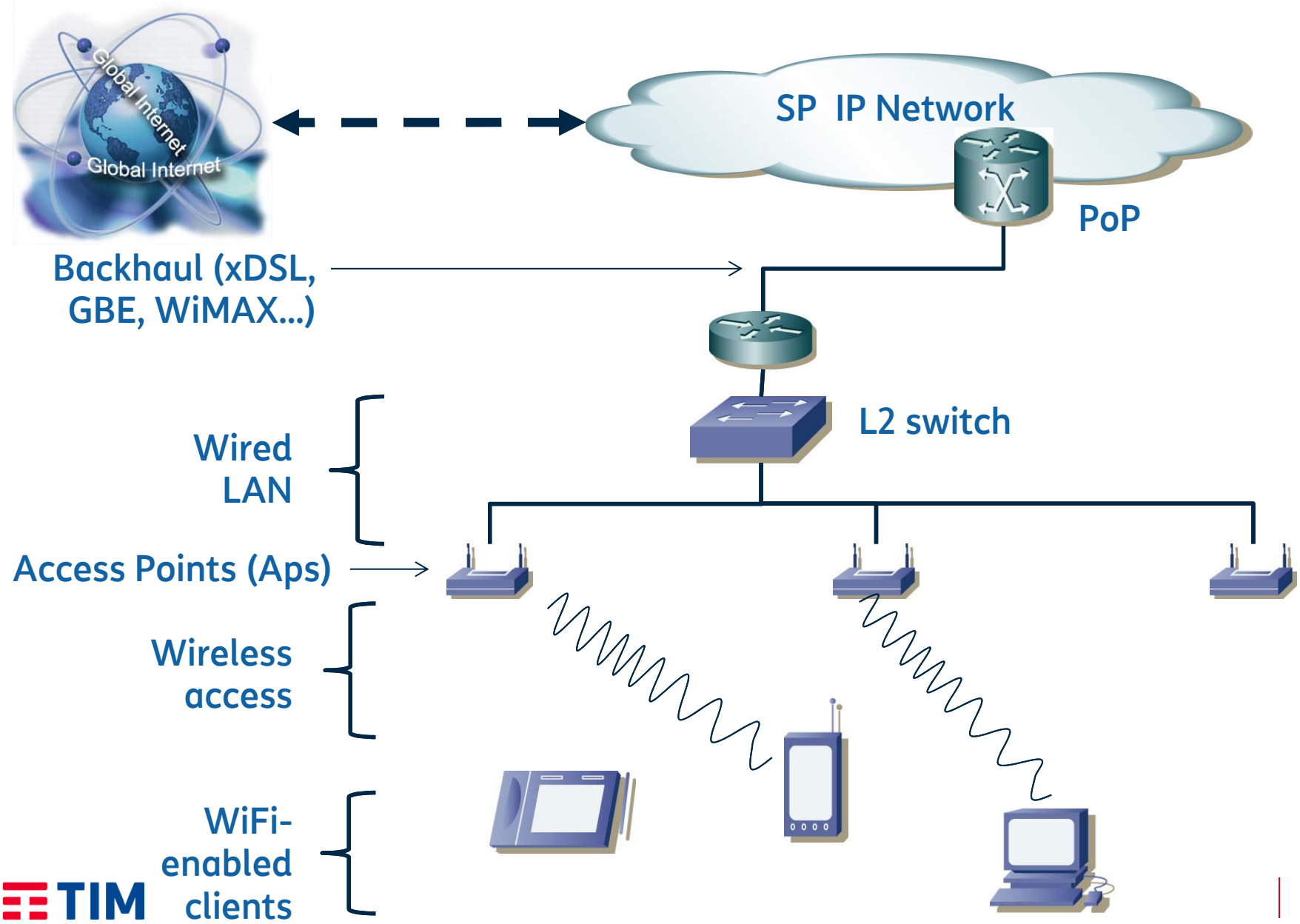
Wi-Fi in rete di accesso pubblica

Wi-Fi (standard: IEEE 802.11) è un complesso di standard per la realizzazione di Radio LAN (Wireless LAN o 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*)

Architettura di servizio di uno Hot-Spot



WiMAX (IEEE 802.16)

- E’ una tecnologia radio utilizzata soprattutto da operatori /service provider
  1. come alternativa all’xDSL per fornire connettività Internet a larga banda con bitrate teoriche dell’ordine di 30 Mbit/s
  2. Per realizzare collegamenti punto-punto (ponti radio) di corto-medio raggio, tipicamente entro 50 km
- Ha avuto una certa diffusione in vari paesi esteri e In Italia è utilizzata prevalentemente da operatori locali per fornire connettività Internet in assenza o limitata copertura ADSL
- Incertezza sul suo futuro a causa della competizione con LTE

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

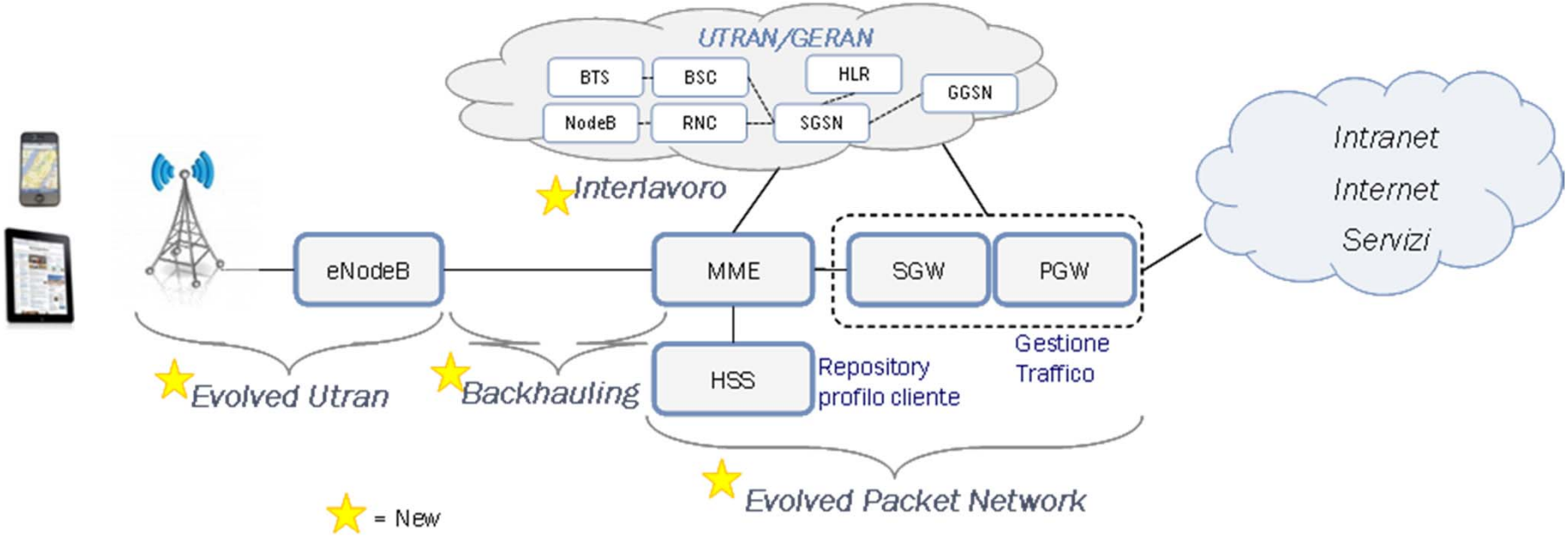
UMTS (Rel. 4) velocità massima teorica: 2 Mbit/s ridotta a 384 kbit/s per non soffocare la cella

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)

Focus su LTE

Architettura semplificata rispetto a UMTS:

- La rete di accesso è costituita da un unico elemento, evolved Node B (eNB)
- Dati e voce sono trasportati su IP; per questo la core network è una struttura unificata senza alcuna distinzione tra dominio a pacchetto e dominio a circuito

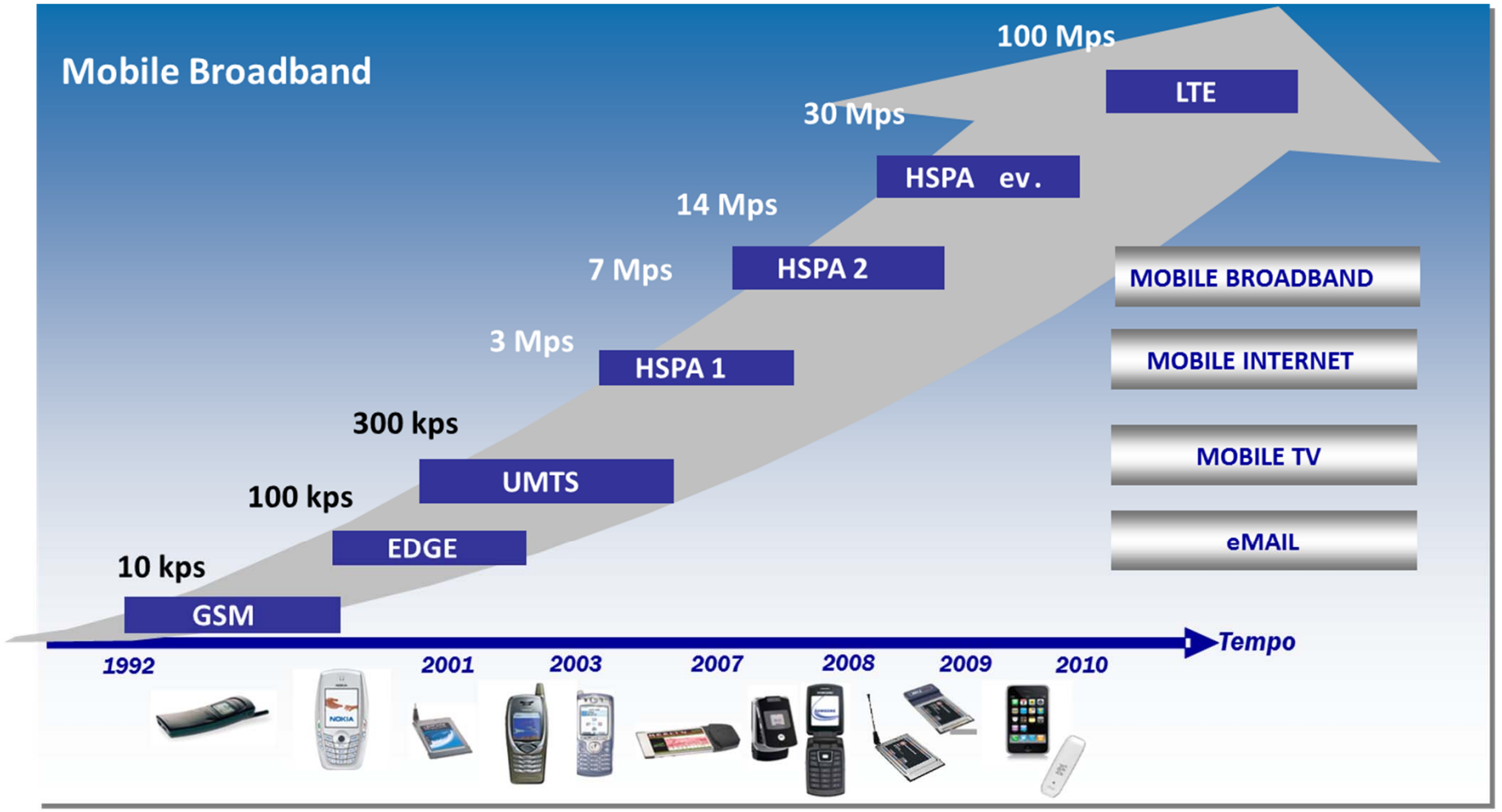


Prestazioni e copertura LTE

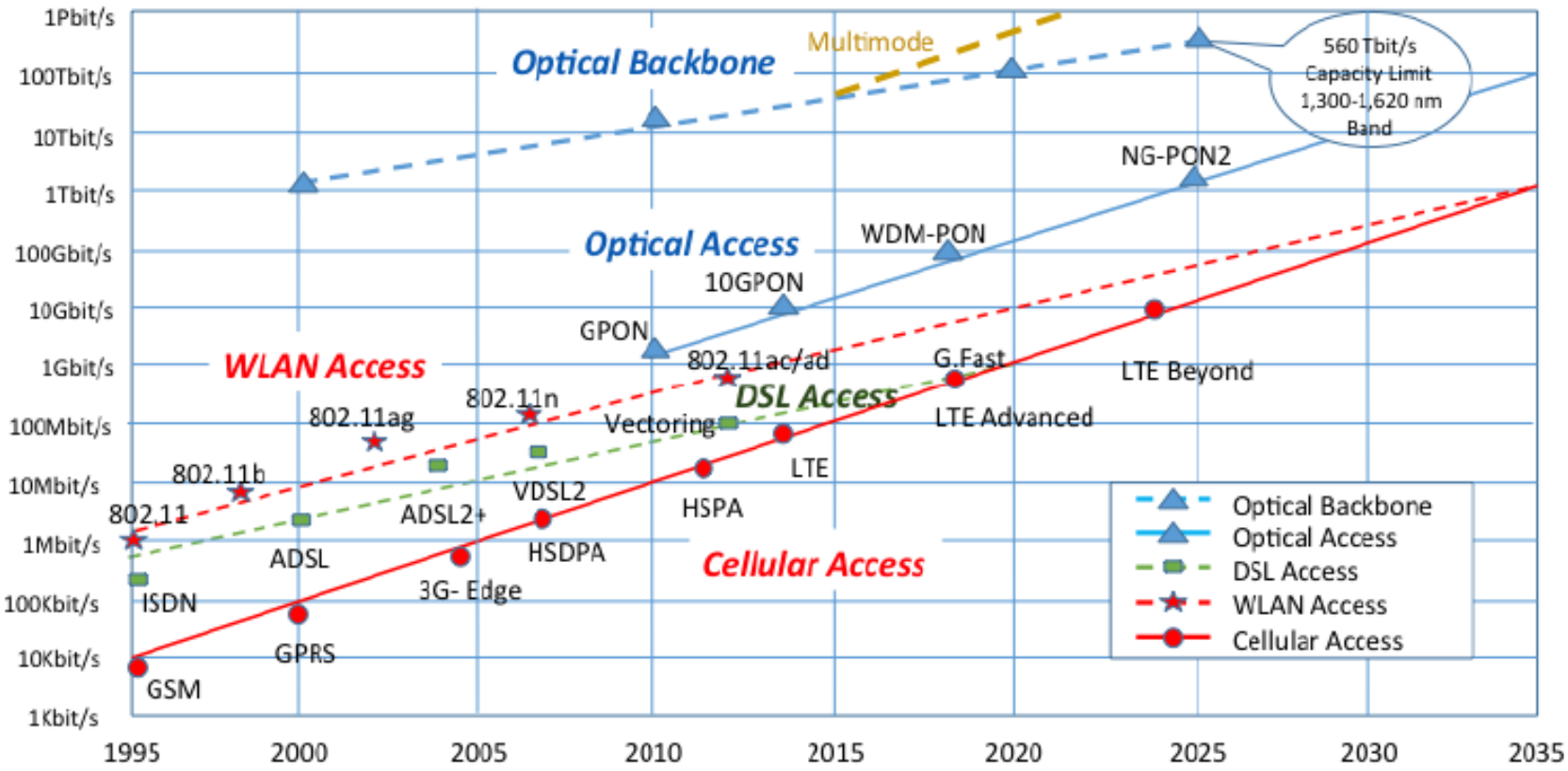
- Velocità teorica di picco del servizio LTE è 110 Mbps in download e 24 Mbps in upload.
- La velocità sale a 225 Mbit/s con la prestazione di ***Carrier Aggregation***, che consente di aggregare frequenze di diverse porzioni di spettro (LTE PLUS).
- Copertura del servizio al 31/12/2019: >98% della popolazione
- Il servizio LTE PLUS è disponibile oggi in circa 200 comuni.



Da dicembre Tim ha lanciato la Carrier Aggregation a tre portanti, LTE 3CA. La velocità di connessione è triplicata e raggiunge i 300 Mbps in download.


Mobile Broadband
100 Mps
LTE
30 Mps
HSPA ev.
14 Mps
HSPA 2
7 Mps
3 Mps
HSPA 1
300 kps
UMTS
100 kps
EDGE
10 kps
GSM
MOBILE BROADBAND
MOBILE INTERNET
MOBILE TV
eMAIL
Tempo
1992
2001
2003
2007
2008
2009
2010

Le prospettive tecnologiche a confronto



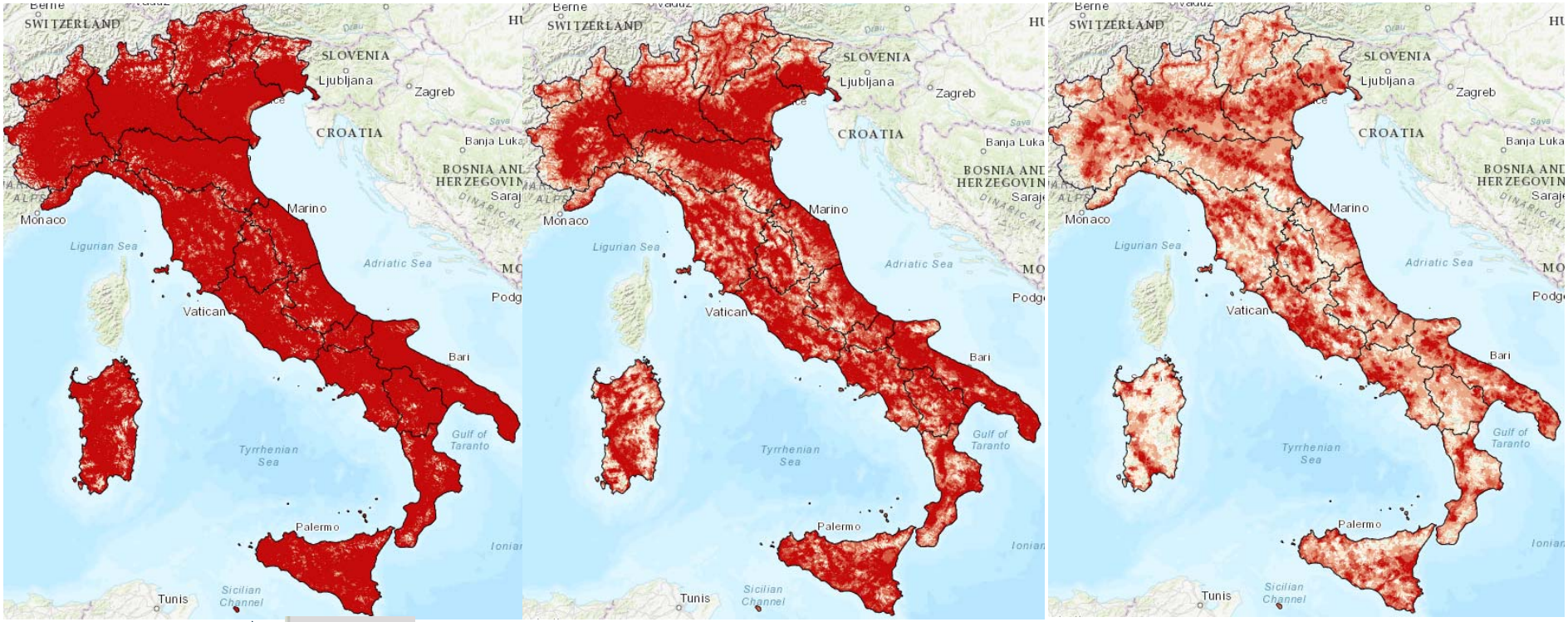
Fonte: M. Dècina, 2014, elaborazioni su dati dei Bell Labs, G. Fettweis, and others, 2013

È bene che la rete GSM non sparisca tanto presto…

Rete 2G

Rete 3G

Rete 4G



Fonte: www.agcom.it/broadbandmap

e il 5G?



Fonte: www.agcom.it/broadbandmap

5G: scenari d'uso

Broadband access in dense areas

PERVASIVE VIDEO



Broadband access everywhere

50+ MBPS EVERYWHERE



Higher user mobility

HIGH SPEED TRAIN



Massive Internet of Things

SENSOR NETWORKS



Extreme real-time communications

TACTILE INTERNET



Lifeline communications

NATURAL DISASTER



Ultra-reliable communications

E-HEALTH SERVICES



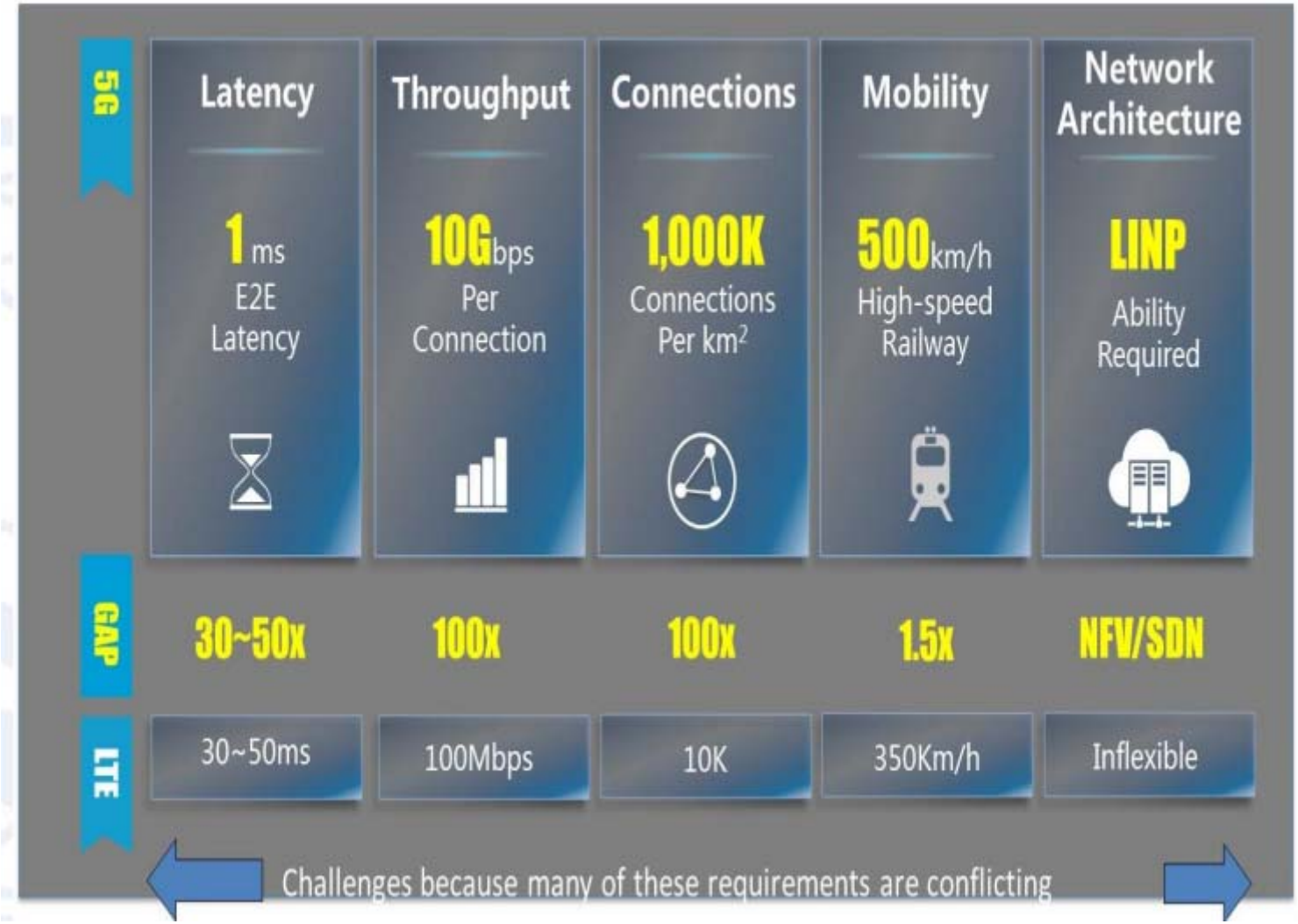
Broadcast-like services

BROADCAST SERVICES



Fonte: *NGMN 5G White Paper*

5G e LTE a confronto



NGAN – Next Generation Access Network

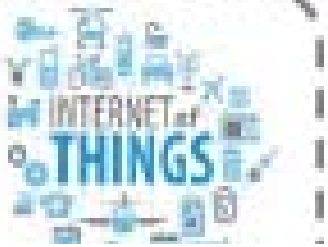


Lo scenario

Molteplicità di dispositivi



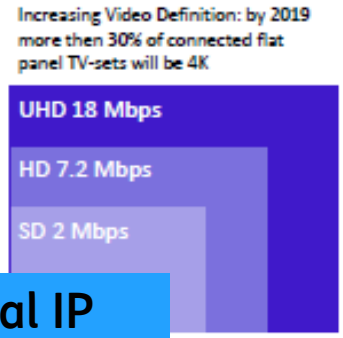


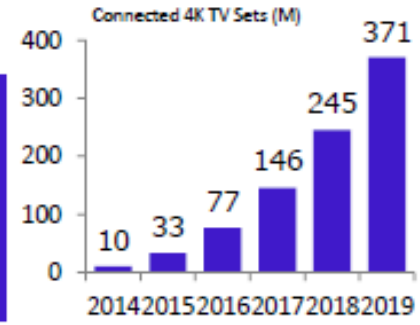


Two-thirds of all IP traffic will originate with non-PC devices by 2019

Video (Europa oltre il 40% del traffico nel 2013)







Mobilità

"Global mobile data traffic was 4 percent of total IP traffic in 2014, and will be 14 percent of total IP traffic by 2019"

Fonte: Cisco

Next Generation Network (NGN)

Le reti di nuova generazione o NGN si caratterizzano per:

- Convergenza dei servizi voce/video/dati su protocollo IP
- Utilizzo esclusivo di soluzioni a banda larga (broadband) o ultra-larga (ultra-wide band) in accesso
- Molteplicità di device connessi, di cui una quota rilevante è data dai terminali mobili
- Architetture «piatte», riduzione della stratificazione di rete
- Forte scalabilità di banda
- Meccanismi sofisticati per il trattamento ed il monitoraggio della QoE

NGN = NG Transport Network + ***NG Access Network***

NGAN: motivazioni

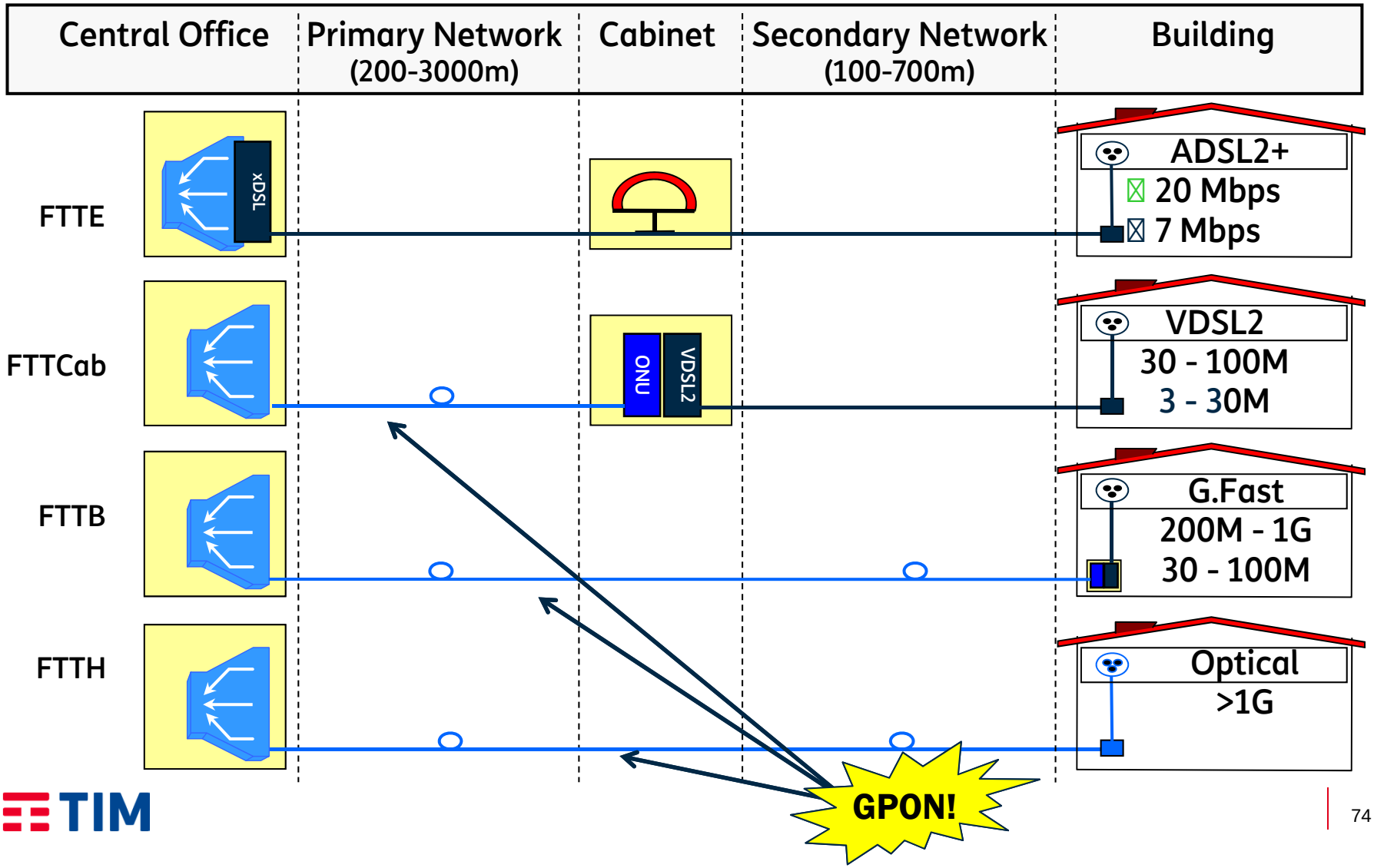
- Sviluppo servizi
  - **Mass Market fisso**: servizi multimediali (Triple Play), abilitati dalla larga diffusione di profili ultra broadband, con velocità di picco downstream a 50/100 Mbit/s
  - **Aziende/Pubblica Amministrazione**: distribuzione applicazioni informatiche
  - **Mobile**: evoluzione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

NGAN: scenari di diffusione

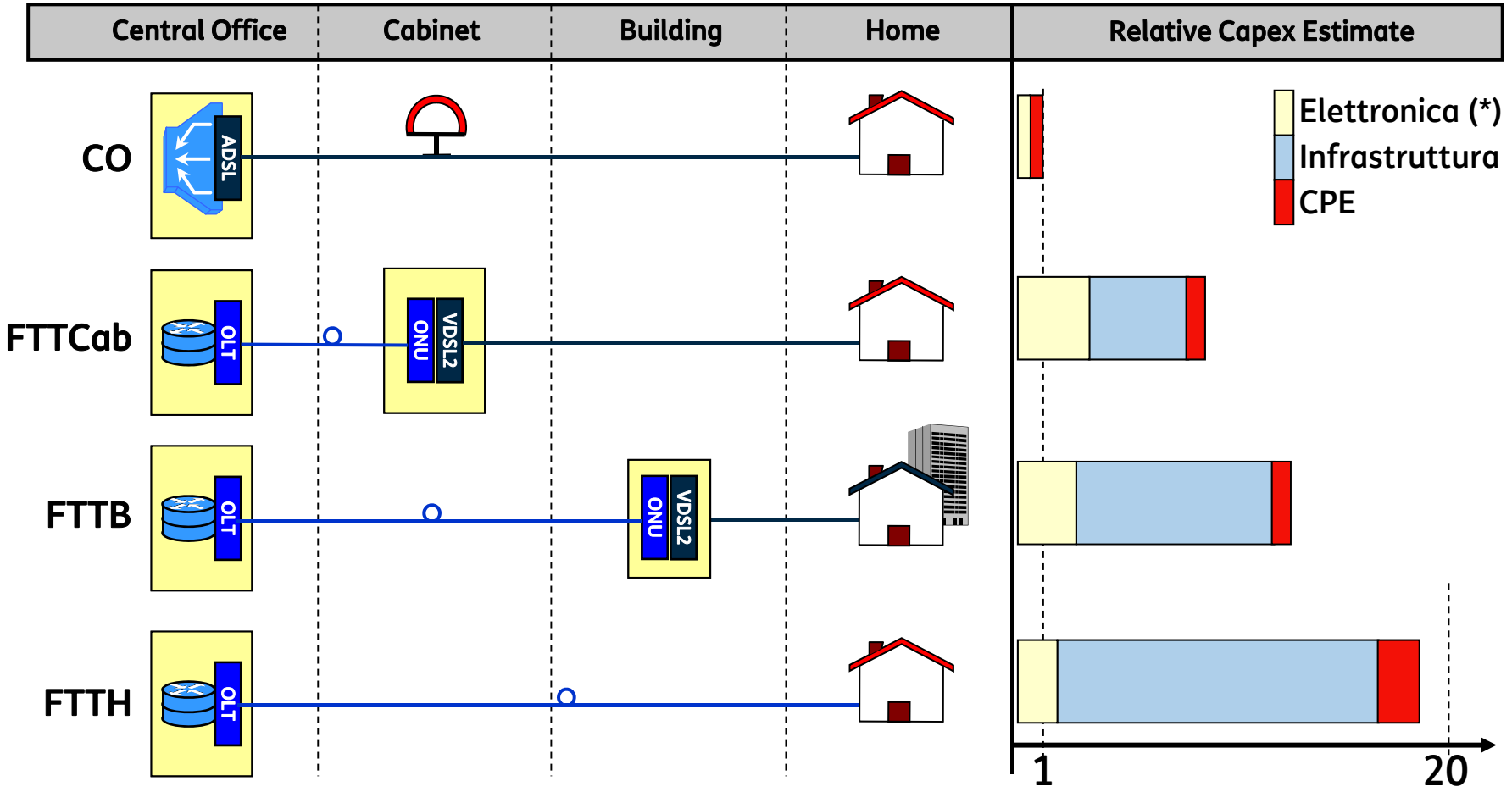
Il percorso verso la NGN prevede in generale due metodologie di diffusione:

- *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)

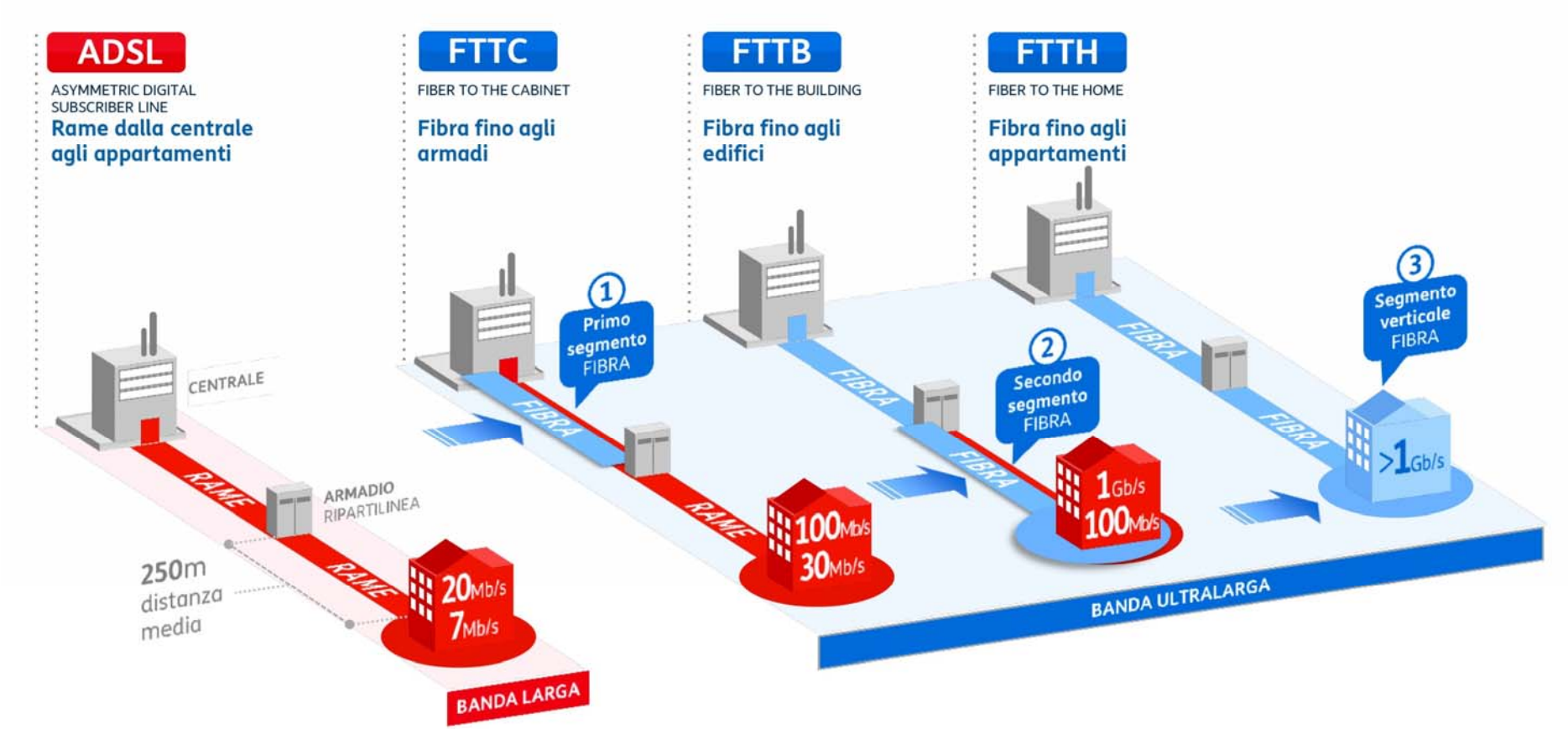
Le soluzioni architetturali per l'accesso NGN



Un confronto fra le componenti di investimento



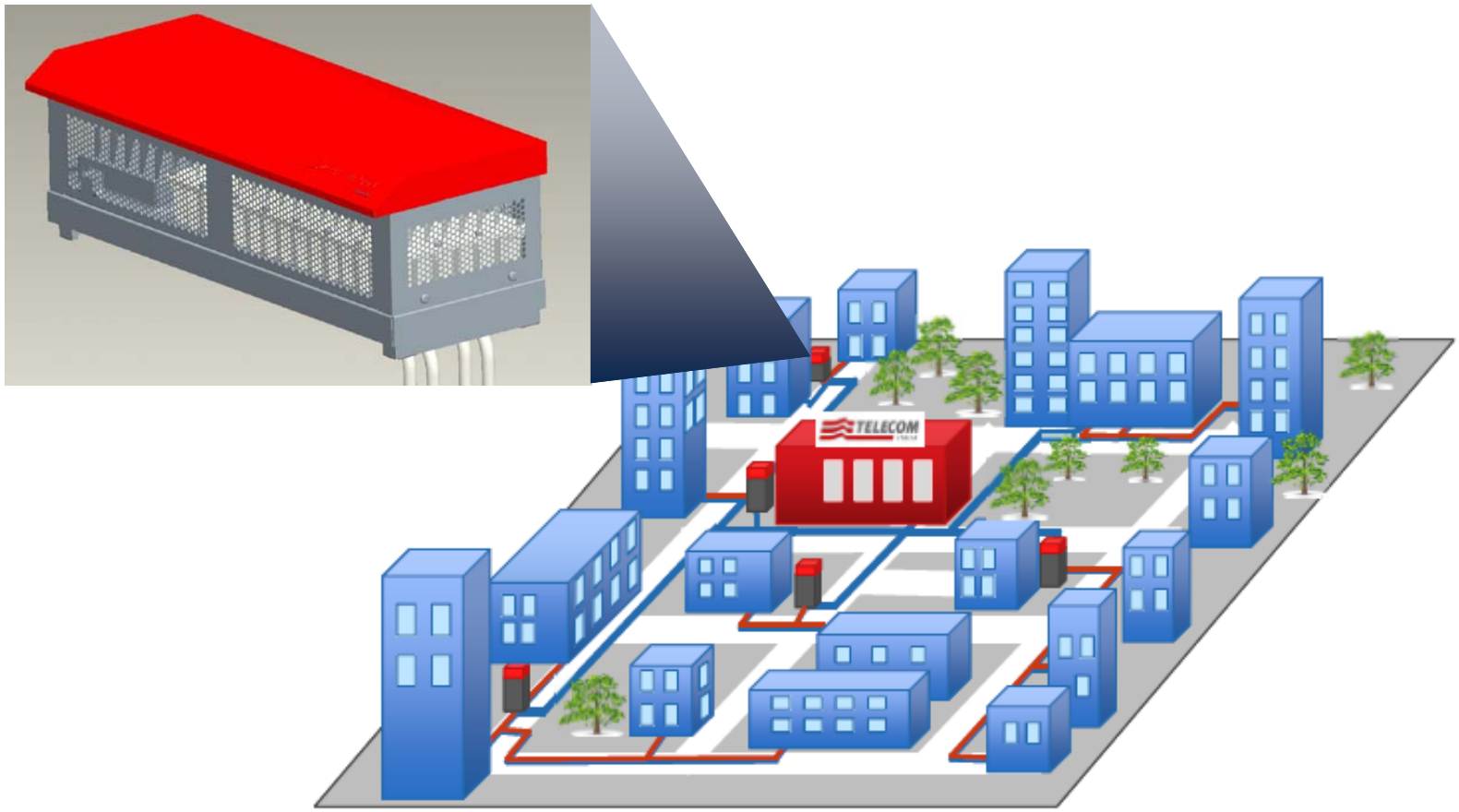
La strategia evolutiva TIM



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 doppini 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

Alloggiamento ONU + VDSL sull'armadio



Architettura NGAN per obblighi regolatori

- Solo TIM ha la rete in rame, ma l'architettura della NGAN è predisposta per consentire agli altri Operatori di rivendere anche questi servizi ai propri Clienti (come per ADSL/ADSL2+)
- Ogni anno TIM presenta ad AGCOM una «Offerta di Riferimento» che contiene le caratteristiche tecniche ed economiche dei servizi broadband (ADSL/SHDSL) e ultrabroadband (FTTCab/FTTH) disponibili per gli Operatori Autorizzati (*Other Authorized Operators*, OAO)

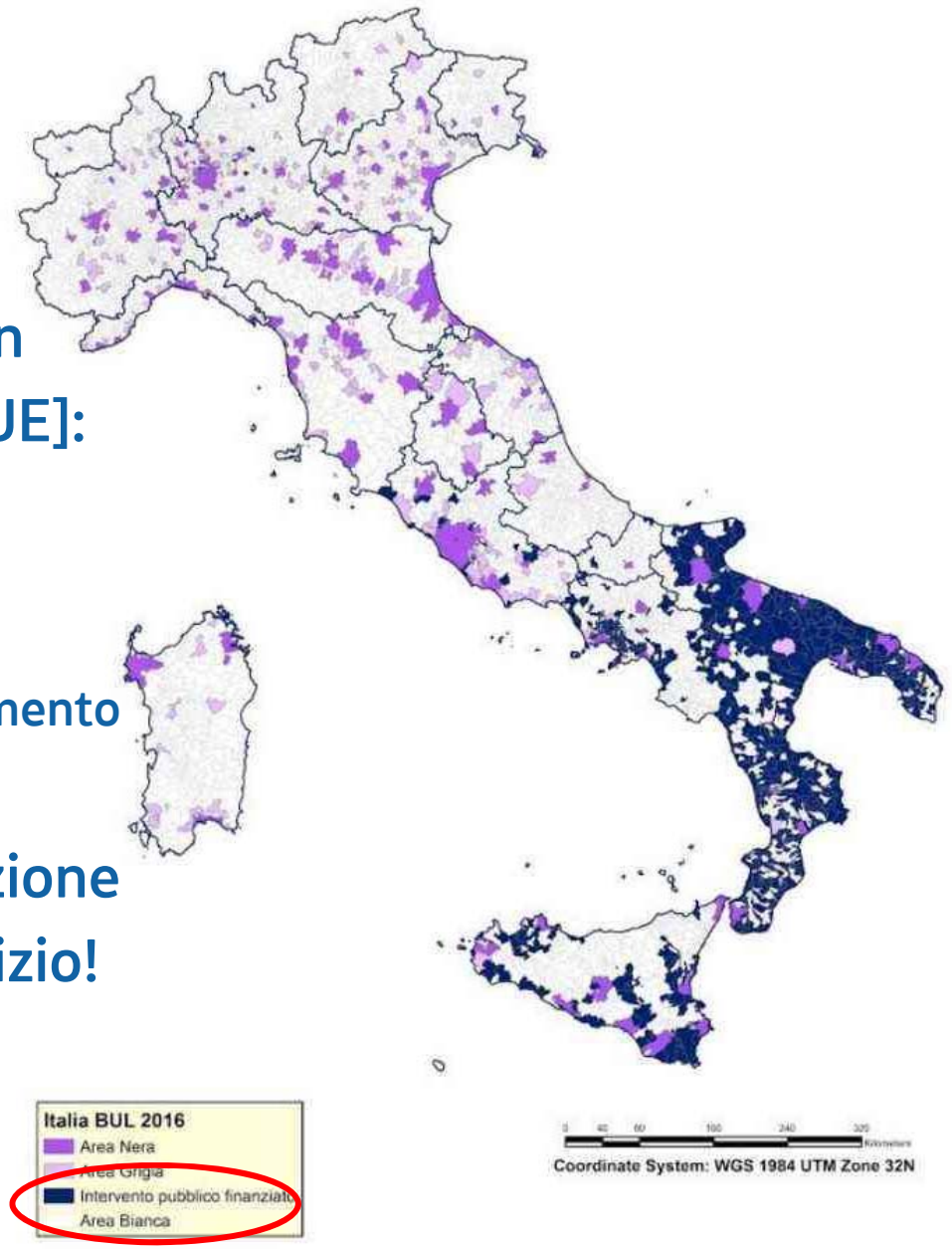
La situazione e i progetti in Italia (cenni)

La situazione italiana

Classificazione del territorio in funzione dei servizi di tlc [UE]:

- **Aree Nere:** 2+ operatori
- **Aree Grigie:** 1 operatore
- **Aree Bianche:** 0 operatori (fallimento mercato)

Attenzione: questa classificazione è legata allo specifico servizio!



Banda Larga vs Banda Ultralarga

- Convenzionalmente, per «**Banda Larga**» in ambito telecom, si intendono i collegamenti di accesso con bitrate superiore a 2 Mbit/s

  Negli anni '90 si distingueva tra narrow-band ISDN (64 kbit/s – 2 Mbit/s) e broadband ISDN/ATM (34 – 155 Mbit/s)

- Nel linguaggio comune, tecnologie xDSL = banda larga
- Semplificando, i servizi a banda larga possono essere realizzati su reti in rame (FTTE) con bitrate tipiche da 2 a 20 Mbit/s *downstream*
- Con **Banda Ultralarga** (BUL) si indicano collegamenti con bitrate ≥ 30 Mbit/s

  Strategia italiana per la banda ultralarga: target 100 Mbit/s, min. 30 Mbit/s

- BUL impone architetture FTTC/FTTH (ibride fibra+rame o solo fibra)

L'Agenda Digitale

Cluster	% pop.	# Comuni	Copertura attuale (*)	Target upgrade (2020)	Area UE (°)
A	15% (9,4M)	15	30 Mbit/s FTTC	Da 30 a 100 Mbit/s	Nere
B	45% (28,2M)	1.120	30 Mbit/s FTTC in 102 comuni	Da 2-30 a 100 Mbit/s	Nere+Grigie
C	25% (15,7M)	2.650	ADSL	Da 2 a 30/100 Mbit/s	Bianche
D	15% (9,4M)	4.300	ADSL (97%)	Da 2 a 30 Mbit/s	Bianche

(*) a luglio 2014
(°) rispetto a copertura 30 Mbit/s

- AGID ha suddiviso il territorio in 94.000 sotto-aree classificate in cluster A, B, C o D ai fini della definizione della strategia di (eventuale) intervento pubblico
- La situazione attuale della copertura broadband si può verificare in maniera analitica nel sito agcom: https://maps.agcom.it

I Piani di sviluppo di TIM

Col suo Piano Industriale 2016-2018 TIM si è assunta l'obiettivo di coprire con reti ultrabroadband l'84% delle abitazioni entro fine 2018, posando quasi 18 milioni di chilometri di fibra ottica.

I dati più aggiornati adesso si possono trovare qui (https://rete.gruppotim.it/it)

Grazie

massimo1.giuliani@telecomitalia.it