

# Reti di accesso ottiche di nuova generazione (NGAN)

## Introduzione alle architetture e alle strategie di evoluzione

**Stefano Bregni**

Politecnico di Milano  
Dip. di Elettronica e Informazione  
P.za Leonardo da Vinci 32, 20133 Milano  
E-mail: [bregni@elet.polimi.it](mailto:bregni@elet.polimi.it)

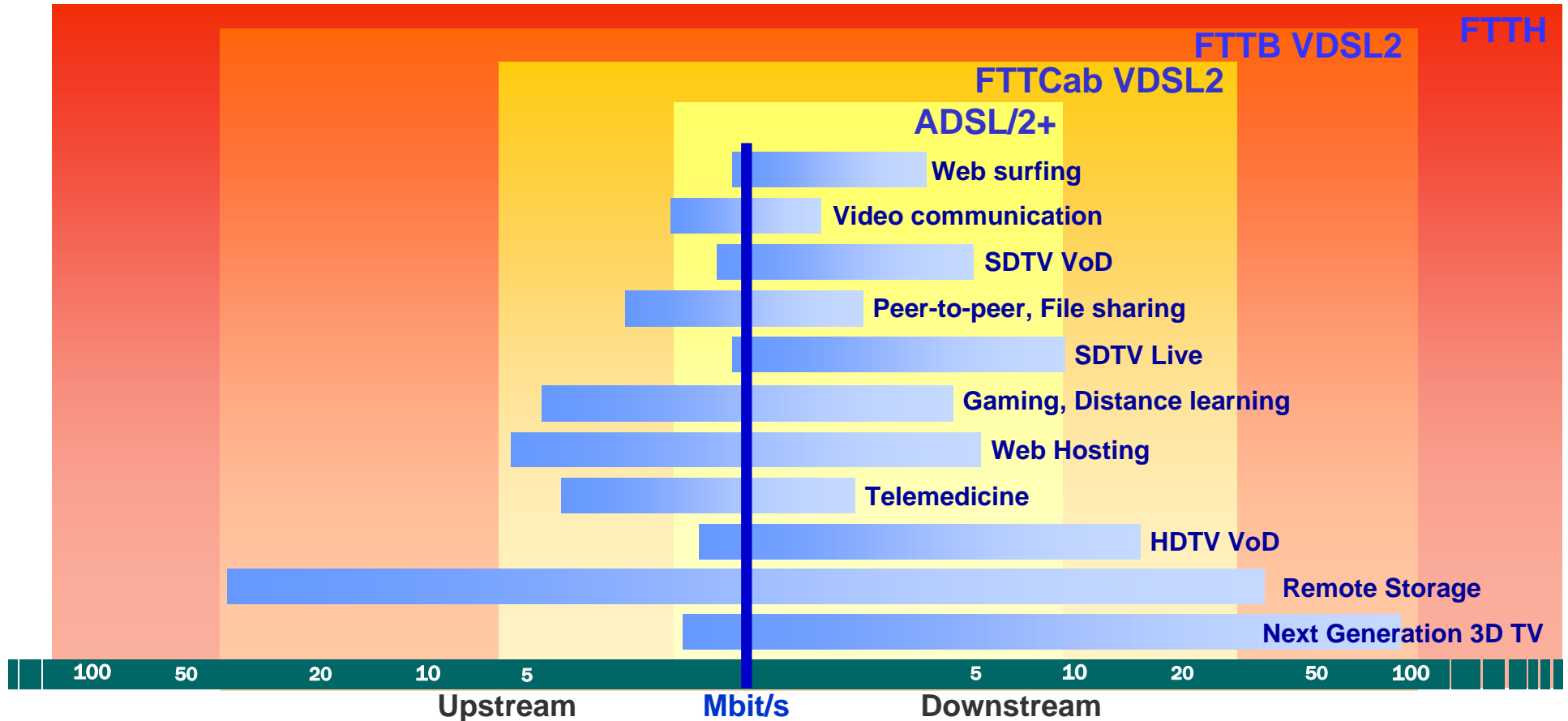


# Sommario

---

- **Attuale rete di accesso in Italia**
- Architetture di distribuzione della rete in fibra ottica
- Sistemi di accesso in fibra ottica per la NGAN
- Sintesi e confronto tra architetture di accesso
- Strategie di evoluzione verso la NGAN

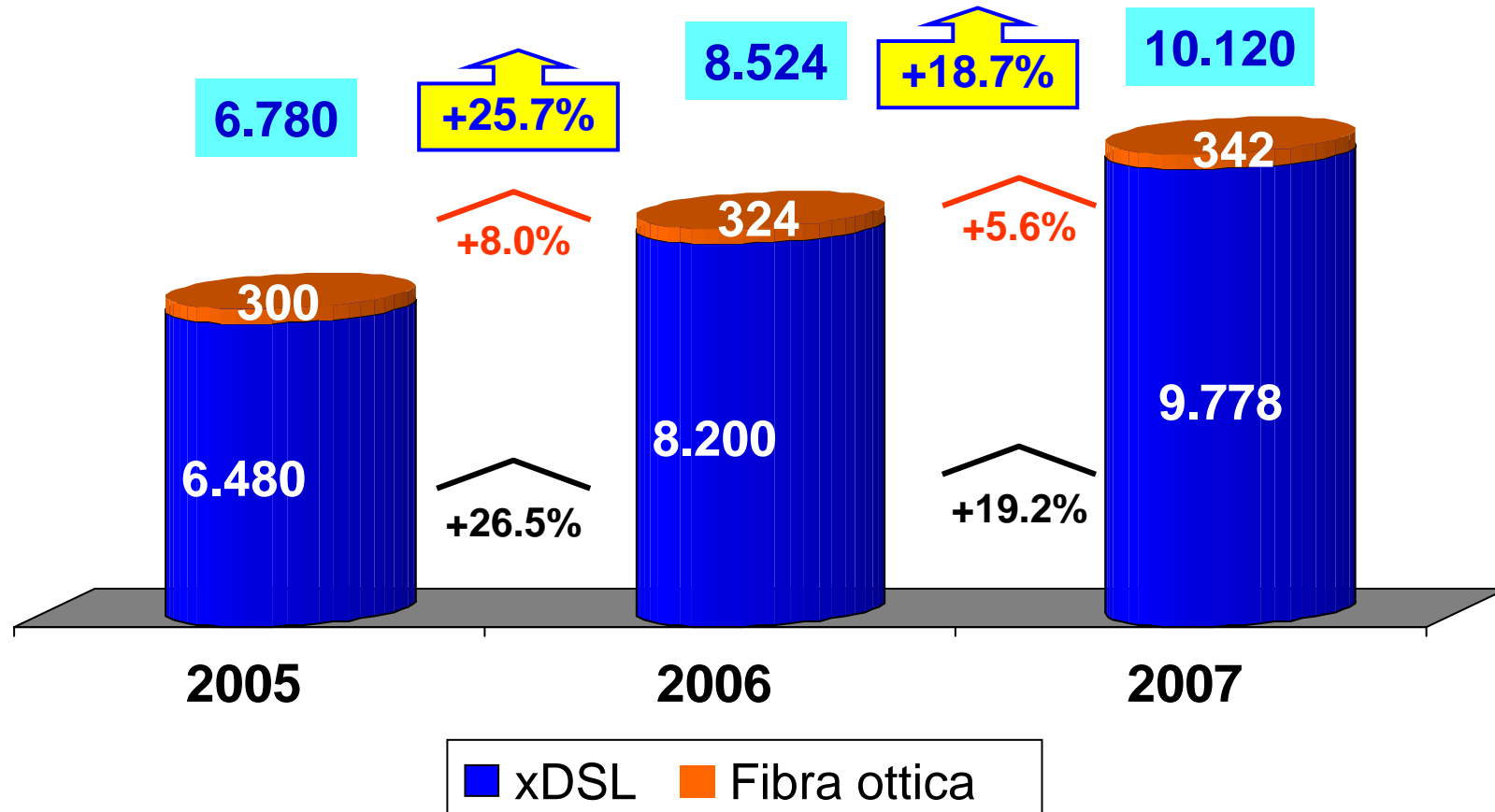
# Requisiti di banda



Sorgente: S. Nocentini, Telecom Italia

# Accessi a larga banda in Italia

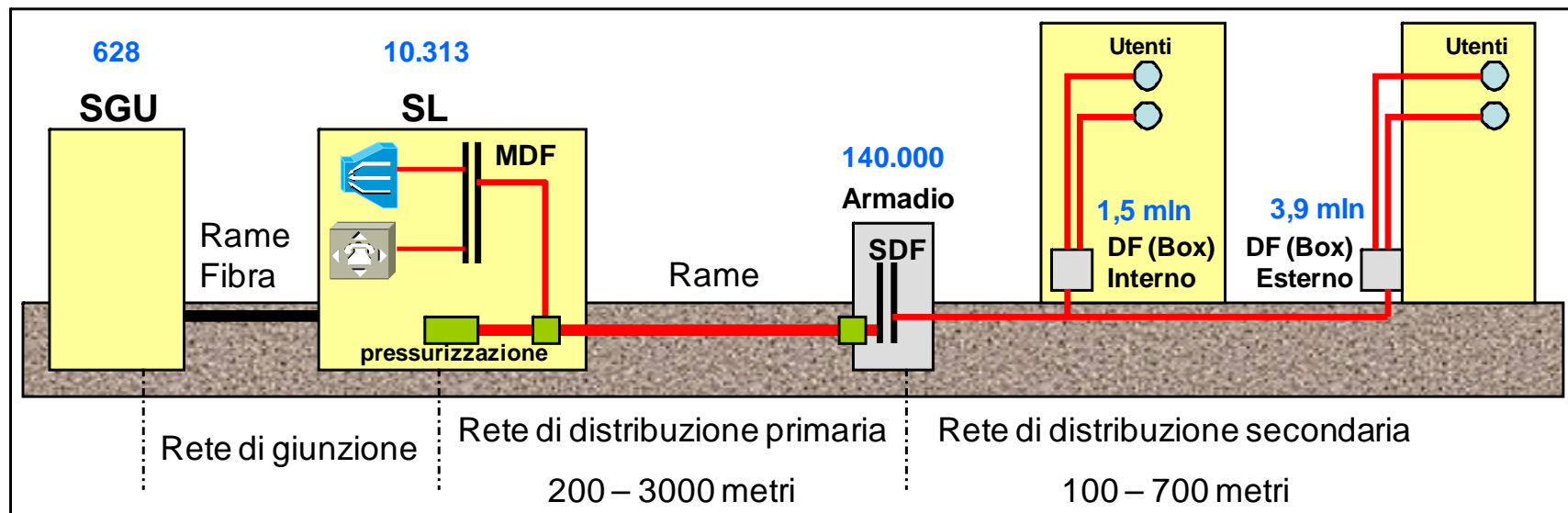
- Valori in migliaia di accessi - Variazioni %



Sorgente: Assinform / NetConsulting, da De Bortoli, Griffa (Telecom Italia)

# Attuale rete di accesso in rame in Italia

- *Rete primaria*: connette i permutatori in centrale (MDF) ai permutatori (SDF) negli armadi stradali (*cabinet*)
- *Rete secondaria*: connette i SDF ai box di distribuzione agli edifici (*chiostrina*)
- 530.000 km di cavo per un totale di 110.000.000 km di doppini



Sorgente: Telecom Italia (2008)

# Distribuzione della lunghezza dei doppini

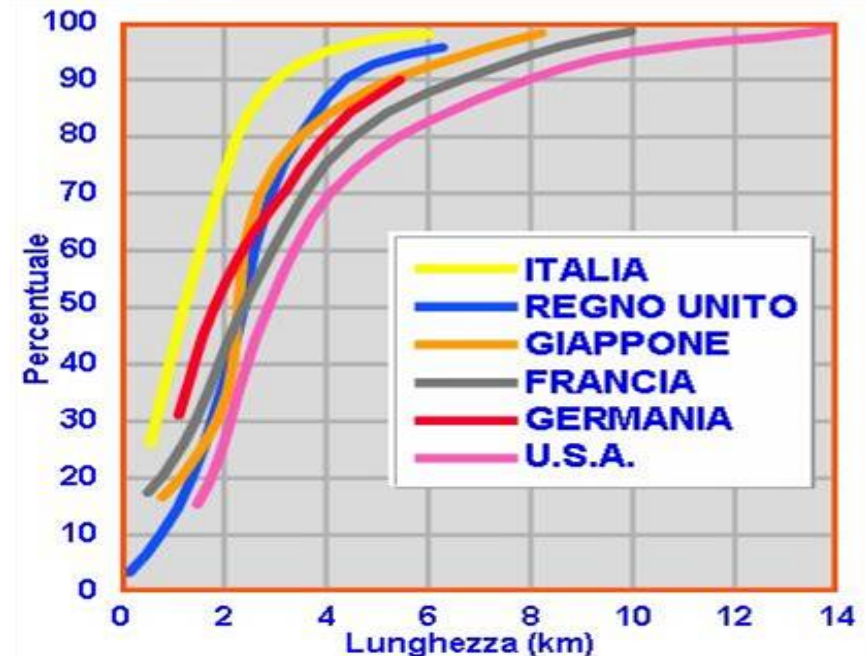
- La *distribuzione cumulativa della lunghezza del collegamento di utente in rame* è diversa nei vari paesi
- La rete italiana è mediamente più corta di quella degli altri paesi



- In Italia sono possibili più soluzioni tecnologiche per la trasmissione sui doppini di accesso

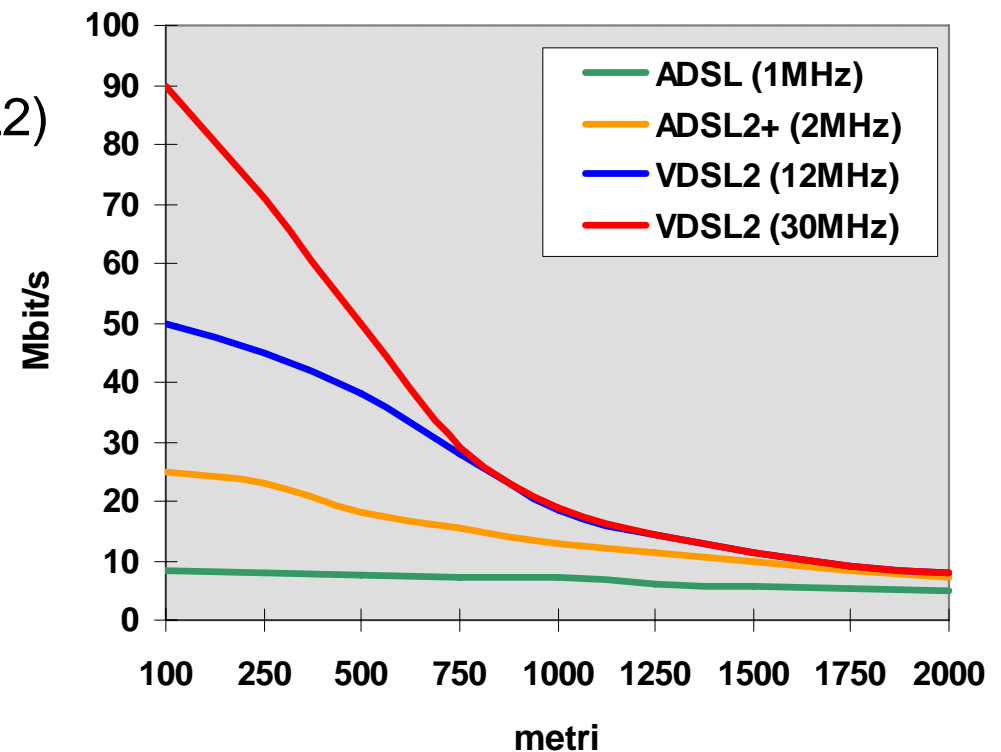


- Si possono raggiungere maggiori capacità di trasmissione



# Tecnologie di trasmissione su doppino

- Tecnologie *Digital Subscriber Line* (xDSL)
  - ◆ *Asymmetrical* (ADSL / ADSL2 / ADSL2+)
  - ◆ *High-speed* (HDSL / SHDSL)
  - ◆ *Rate Adaptive* (RADSL)
  - ◆ *Very high-speed* (VDSL/VDSL2)
- Le prestazioni dipendono da
  - ◆ qualità dei doppini (difficile da garantire nella rete esistente)
  - ◆ distanza tra la centrale e la sede dell'utente



Sorgente: Telecom Italia (grafico indicativo non rappresentativo della situazione della rete)

# Velocità teoriche di trasmissione xDSL

- ADSL (ITU-T G.992.1): 6.144 Mbit/s down, 640 kbit/s up ( $B=1.1$  MHz)
- ADSL2 (ITU-T G.992.3): 8 Mbit/s down, 800 kbit/s up
- ADSL2+ (ITU-T G.992.5): 16 Mbit/s down, 800 kbit/s up ( $B=2.2$  MHz)
- VDSL (ITU-T G.993.1): 52 Mbit/s da dividere down+up
  - ◆ (es. 26+26 Mbit/s)
- VDSL2 (ITU-T G.993.2) : 100 Mbit/s da dividere down+up
  - ◆ (es. 50+50 Mbit/s) ( $B=30$  MHz)



- **Banda Ultra-Larga (>30 Mbit/s)**



# Altre infrastrutture di accesso in Italia

---

- Reti di accesso ottiche
  - ◆ Telecom Italia
  - ◆ Fastweb
  - ◆ altre reti di accesso ottiche realizzate da Comuni, Province e Regioni
- Altre infrastrutture utilizzabili per telecomunicazioni
  - ◆ aziende di servizi pubblici (*utilities*) come illuminazione, gas, energia elettrica, fognie, teleriscaldamento, ecc.

# Sommario

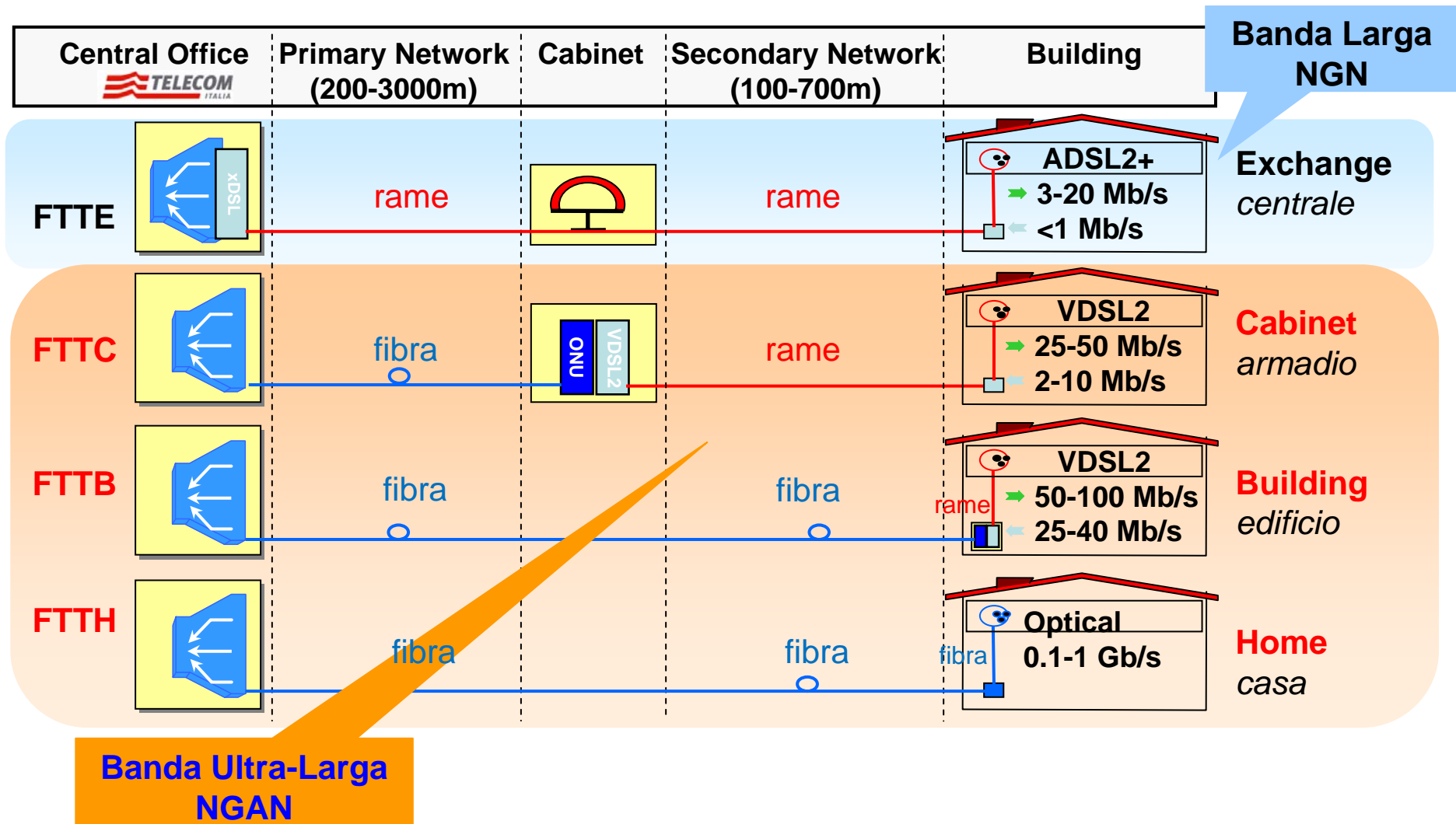
---

- Attuale rete di accesso in Italia
- **Architetture di distribuzione della rete in fibra ottica**
- Sistemi di accesso in fibra ottica per la NGAN
- Sintesi e confronto tra architetture di accesso
- Strategie di evoluzione verso la NGAN

# Architetture di distribuzione della rete in fibra ottica

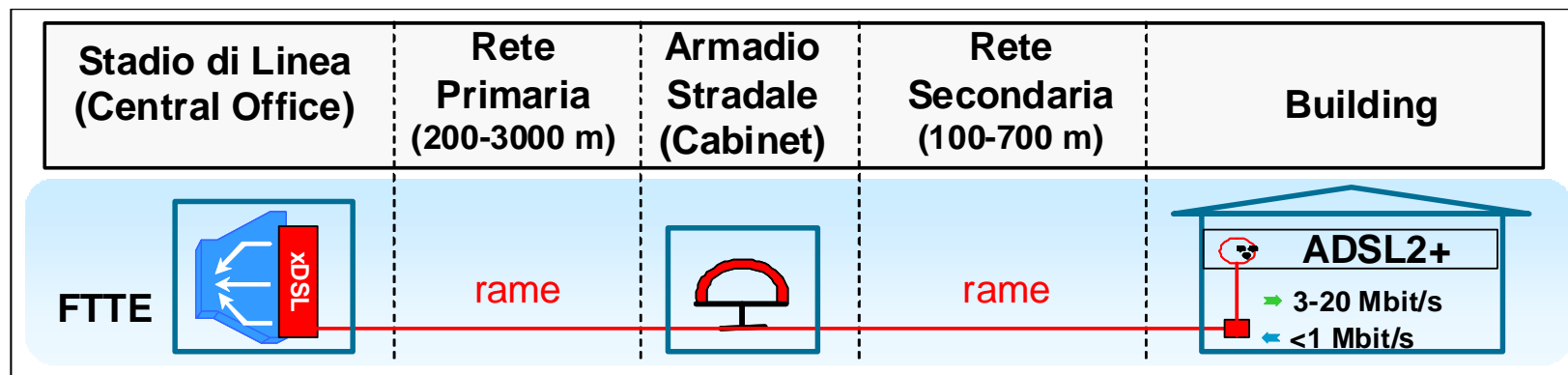
- Si distinguono per la *profondità di penetrazione dei segmenti in fibra ottica* verso la sede del cliente
  - *Fiber to the Exchange* (FTTE)
  - *Fiber to the Cabinet* (FTTC)
  - *Fiber to the Building* (FTTB)
  - *Fiber to the Home* (FTTH)
- Sono state citate molte altre varianti
  - FTTCurb, FTTCNode, FTTCPremises, FTTCOffice, FTTCDormitory, FTTCFarm, ecc.

# Architetture di distribuzione FTTx



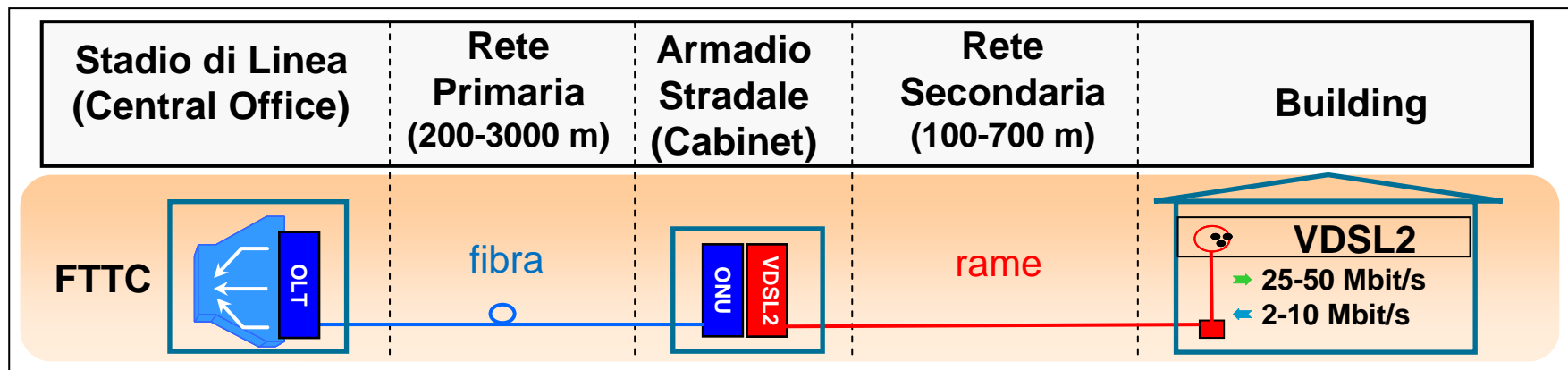
# Fiber to the Exchange (FTTE)

- Esempio: il collegamento in fibra degli SL alle SGU della rete di TI
  - ◆ non tutti gli SL
  - ◆ principale fattore abilitante della rete a larga banda di prima generazione
- Riutilizzo completo della rete di accesso in rame con ADSL/ADSL2/ADSL2+
  - ◆ ADSL2+: teoricamente fino a 24 Mbit/s down e 3.5 Mbit/s up
  - ◆ le prestazioni reali dipendono molto dalla distanza dell'utente dallo SL e dalla qualità dei doppini
- Schemi standard di *unbundling* sulla sezione in rame



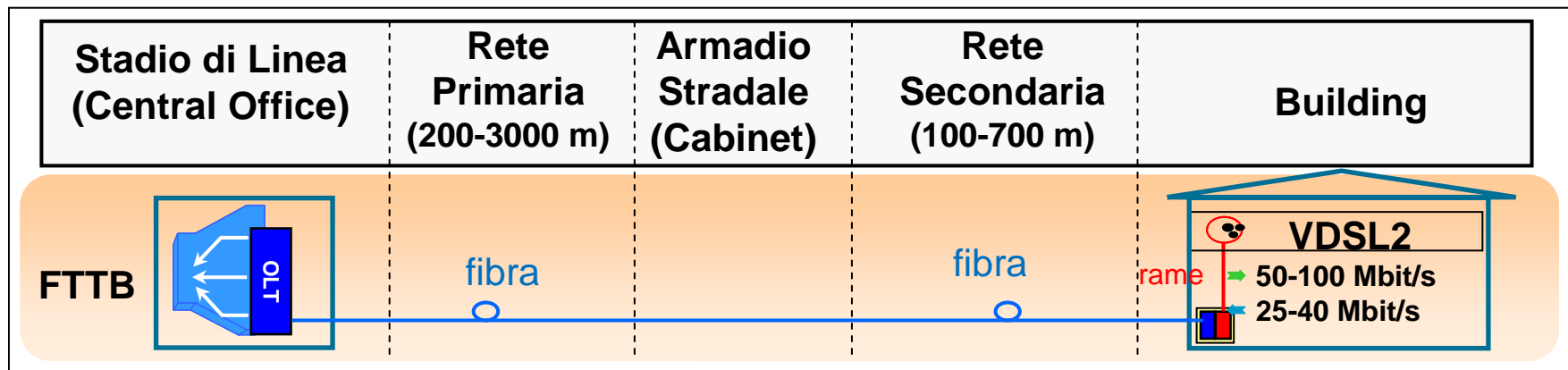
# Fiber to the Cabinet (FTTC)

- Componenti attivi situati nell'armadio stradale (*cabinet*) per la conversione E/O ed O/E
- Sezione in rame:
  - VDSL: teoricamente fino a 52 Mbit/s down+up
  - VDSL2: teoricamente fino a 100 Mbit/s down+up
- Poco spazio disponibile all'interno dei cabinet
  - per gli operatori alternativi si deve ricorrere ad armadi multipli o a collocazione in cabinet più grandi (alimentazione e ventilazione)



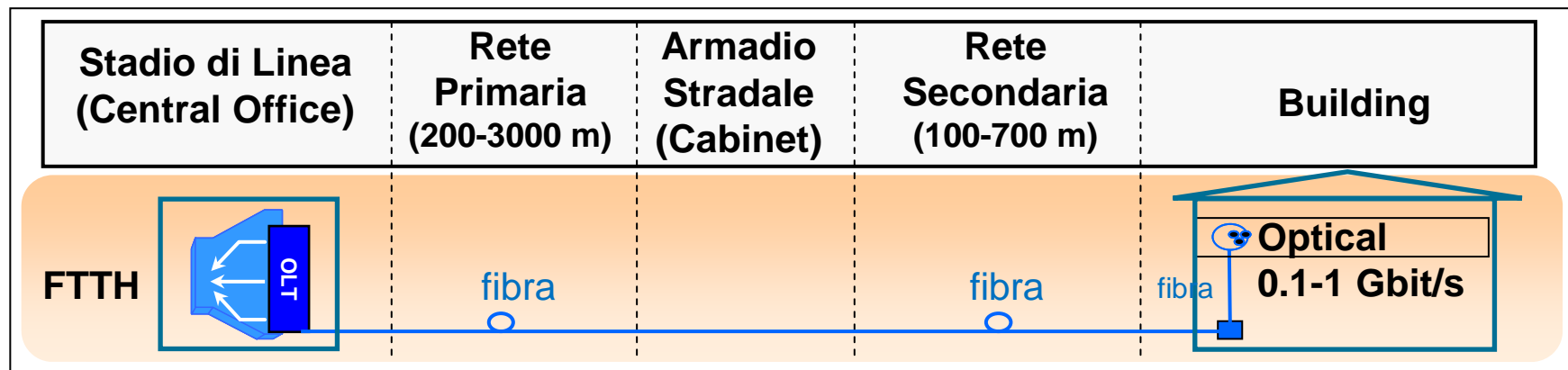
# Fiber to the Building (FTTB)

- Connessione diretta in fibra tra SL ed edificio utente senza *cabinet*
- Sezione in rame molto breve (<100 m)
  - si raggiungono le migliori prestazioni di VDSL2
  - fino a 100 Mbit/s down+up
- Se si utilizzano spazi chiusi dentro gli edifici, maggiore spazio per gli operatori alternativi



# Fiber to the Home (FTTH)

- La fibra è portata fino all'abitazione dell'utente
- Permette la maggiore disponibilità di banda all'utente finale e la maggiore espandibilità futura
- Alti costi di investimento
- Tutti i collegamenti in edificio (orizzontali e verticali) sono in fibra ottica
- A seconda della tecnologia ottica utilizzata, è possibile offrire connessioni simmetriche che vanno da 100 Mbit/s a 1 Gbit/s





# Sommario

---

- Attuale rete di accesso in Italia
- Architetture di distribuzione della rete in fibra ottica
- **Sistemi di accesso in fibra ottica per la NGAN**
- Sintesi e confronto tra architetture di accesso
- Strategie di evoluzione verso la NGAN

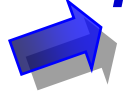
# Elementi della rete in fibra ottica FTTx

---

- *Optical Line Termination (OLT)*
  - ◆ elemento nello SL che si interfaccia con la rete di accesso è collegato con le ONU/ONT
- *Optical Network Unit (ONU)*
  - ◆ elemento ottico dislocato nelle vicinanze dell'utente
    - FTTC: ONU nell'armadio stradale (*cabinet*)
    - FTTB: ONU alla base o in prossimità del palazzo
  - ◆ più ONU sono connesse ad un solo OLT
  - ◆ si interfaccia con la ONT dell'utente
- *Optical Network Termination (ONT)*
  - ◆ interfaccia di rete ottica presso l'utente
  - ◆ FTTH: collegata direttamente all'OLT
- *Optical Distribution Frame (ODF)*
  - ◆ permutatore ottico che sostituisce il permutatore (MDF)

# Tecniche di accesso per la rete in fibra ottica

## Point-to-Point (P2P)



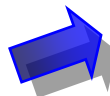
- ◆ tratte di fibra con topologia a stella con trasmissione punto-punto Ethernet
- ◆ mezzo e banda *dedicati*

## Active Remote

- ◆ un nodo attivo remoto (*switch*) permette la diramazione attiva Ethernet
- ◆ la banda tra nodo e SL è *condivisa*

## Passive Optical Network (PON)

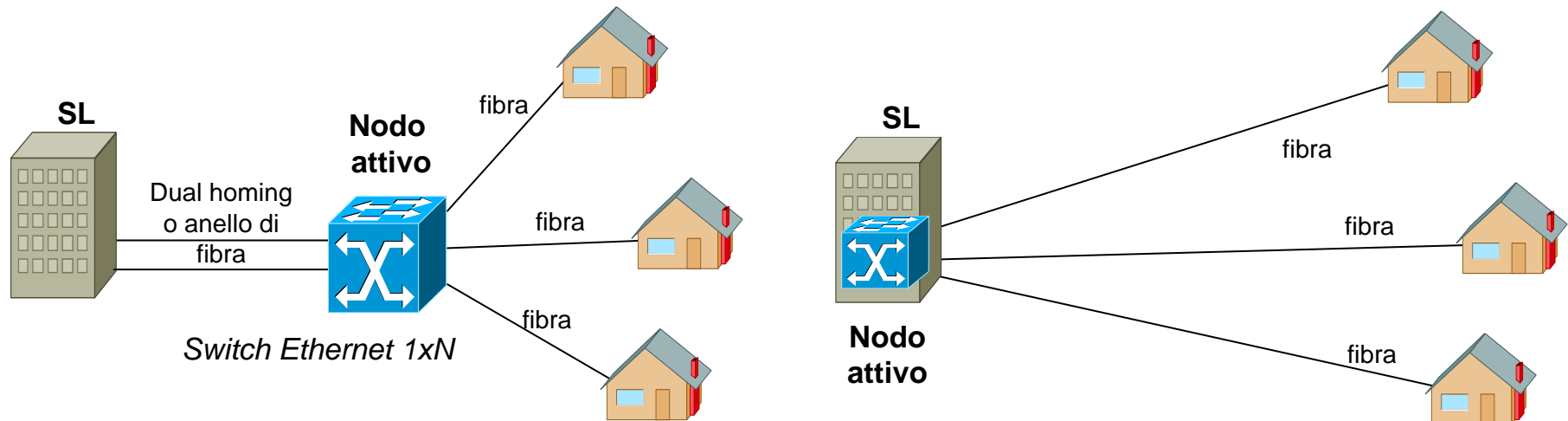
- ◆ diramazione passiva delle fibre (*splitting*) con topologia ad albero
- ◆ il mezzo ottico è *condiviso*
- ◆ EPON (Ethernet): accesso multiplo Ethernet (standard IEEE)



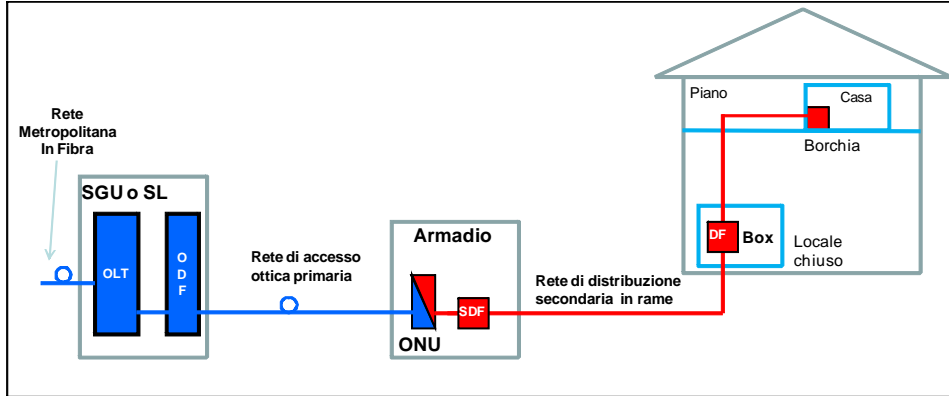
- ◆ **GPON (Gigabit-capable PON):** accesso multiplo TDMA (standard ITU)

# Point-to-Point (P2P)

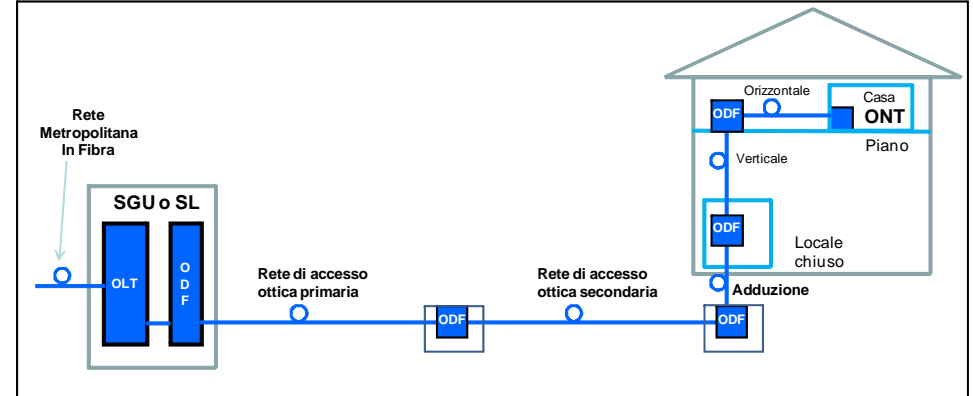
- Fibre dedicate per ogni cliente con topologia a stella
- Trasmissione punto-punto Ethernet (10-100-1000 Mb/s)
- Tecnologia usata da Fastweb (Italia) e NTT (Giappone)
- Vantaggi e svantaggi
  - si presta a incrementi di banda per singolo utente (*future-proof*)
  - lunga distanza
  - costi superiori e necessità di attestare migliaia di fibre in centrale



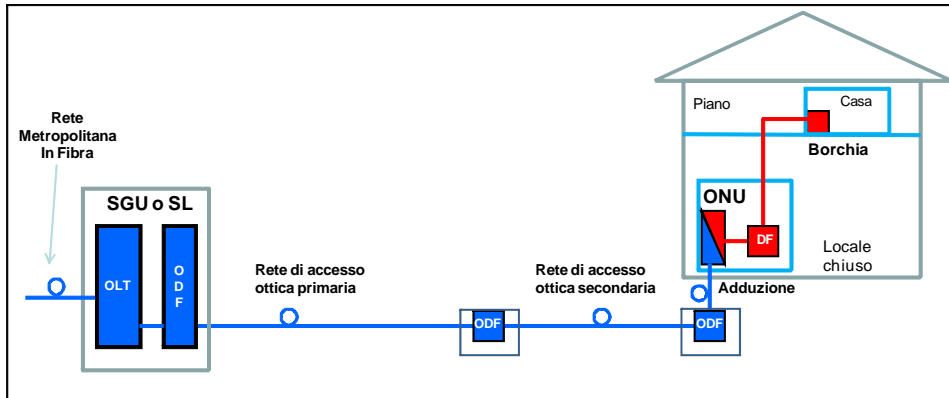
# Schemi di rete P2P



FTTC P2P



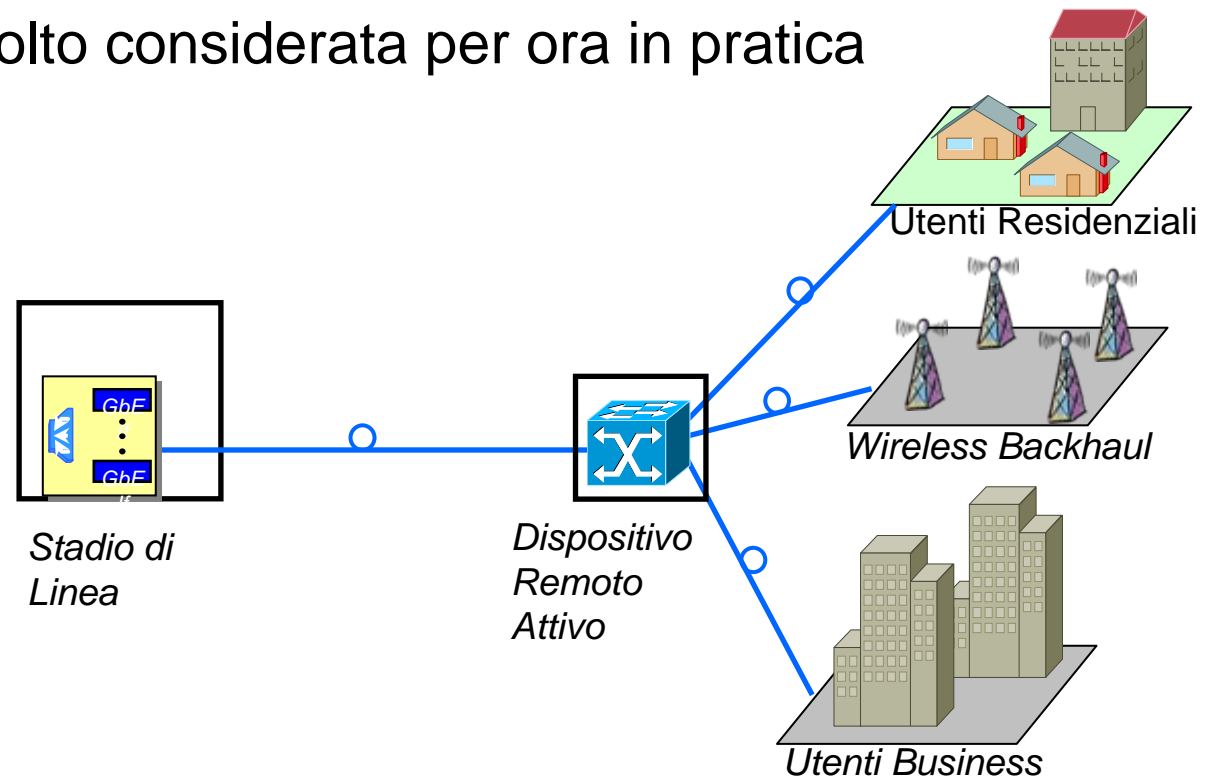
FTTH P2P



FTTB P2P

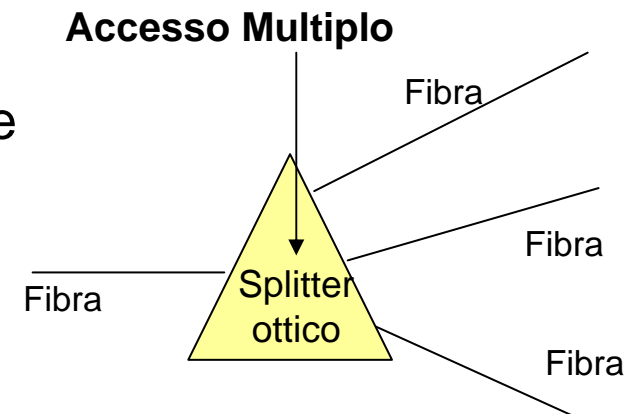
# Active Remote

- Un nodo attivo remoto (*switch GbE*) permette la diramazione attiva
- Collegamenti in fibra tra *switch* e utenti (ONU/ONT): dedicati
- Collegamenti in fibra tra SL e *switch*: condivisi
- Architettura non molto considerata per ora in pratica

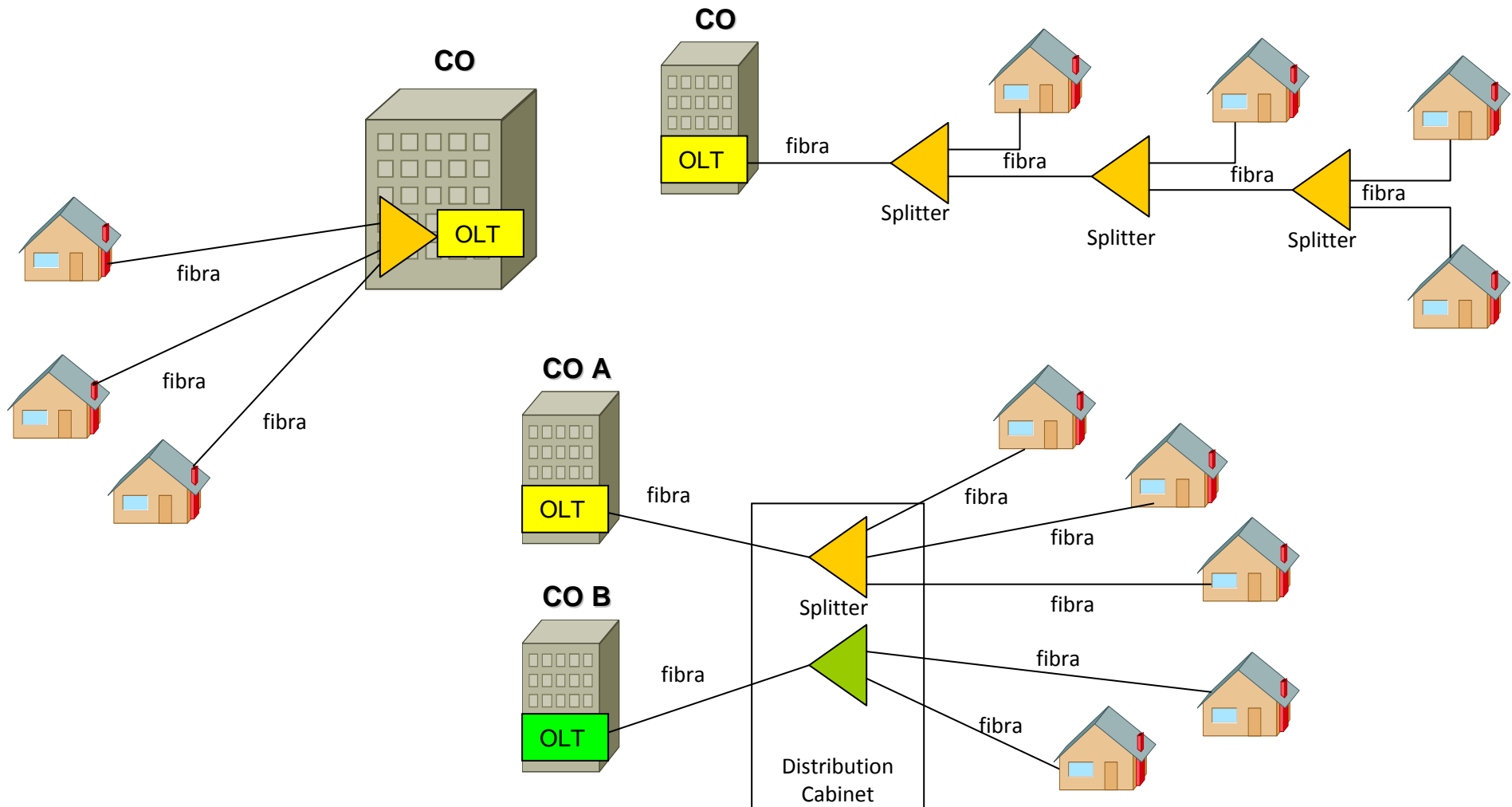


# Passive Optical Network (PON)

- Una sola fibra per collegare più utenti
  - ◆ *splitter* ottici **passivi** (1:16 - 1:32) che riducono i margini del *power budget*
  - ◆ mezzo ottico condiviso
    - *downstream*: broadcast
    - *upstream*: protocolli di accesso multiplo TDMA (GPON) o Ethernet (EPON)
- Vantaggi e svantaggi
  - ◆ minori costi di investimento di P2P
  - ◆ non ci sono apparati attivi remoti (minori costi di esercizio)
  - ◆ banda allocata dinamicamente
  - ◆ fino a 60 km con rapporto di divisione 1:64
  - ◆ incrementi di banda per tutti gli utenti insieme
  - ◆ problemi di *power budget*
  - ◆ *unbundling* difficile

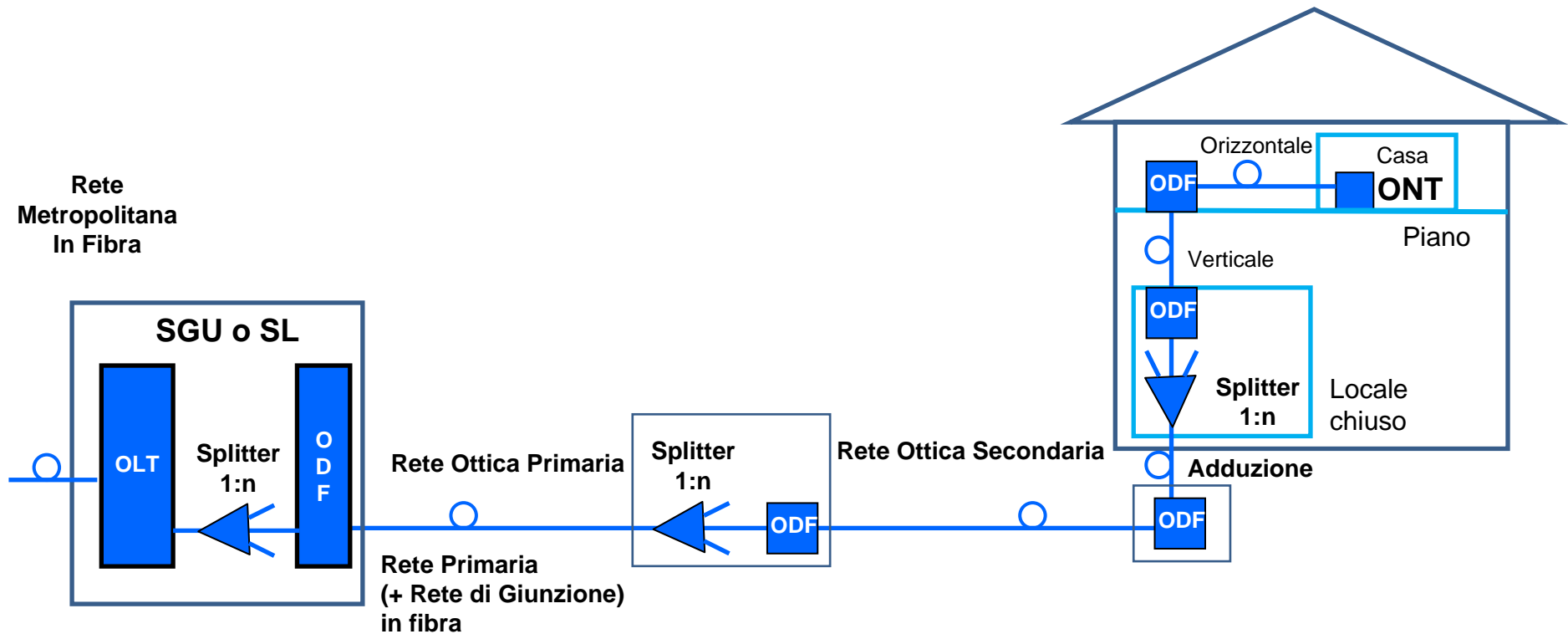


# Architetture PON: luoghi di *splitting*





# Esempio: architettura FTTH PON









# Sommario

---

- Attuale rete di accesso in Italia
- Architetture di distribuzione della rete in fibra ottica
- Sistemi di accesso in fibra ottica per la NGAN
- **Sintesi e confronto tra architetture di accesso**
- Strategie di evoluzione verso la NGAN

# Sintesi delle architetture NGAN

- GPON è utilizzata molto più comunemente di EPON
- Sei possibili configurazioni FTTC/B/H con GPON/P2P
  - FTTC e FTTB sono utilizzate con VDSL2
- La configurazione FTTC/GPON è utilizzata raramente

Architetture di distribuzione	Tecnologie di accesso	
	GPON	P2P
FTTC		
FTTB		
FTTH		

# Confronto tra GPON e P2P

- FTTH/P2P costa 10%-15% più di FTTH/GPON (stime WIK, A.Mason)
  - ◆ stima probabilmente ottimistica per P2P
- GPON offre un canale broadcast a costo marginale (su una terza  $\lambda$ )
- Infrastrutture

## GPON vs. point-to-point in detail

- ◆ GPON:
  - 1 fibra per utente  
(2  $\lambda$  per TX/RX)
- ◆ P2P:
  - 1 o 2 fibre per utente
- ◆ GPON riduce il numero di fibre fino a 1/64 (1/32×1/2)

	point-to-point	GPON	on balance
<b>duct occupancy</b> for 20,000 customers	28 cables of 25 mm diameter, with 720 optical fibers each	3 cables of 13.5 mm diameter, with 144 optical fibers each	duct occupancy divided by 32 with GPON
<b>central office requirements</b> for 16,000 customers	32,000 fibers, 24 fiber racks and 24 HW racks, covering 180 m2 and requiring 67K Watts	508 fibers, 1 fiber rack and 2 HW racks, covering 11.25 m2 and requiring 4.8K Watts	64 less fibers to manage, floor space divided by 16 and power usage divided by 14 with GPON
<b>bandwidth per subscriber</b>	no foreseeable limit	no foreseeable limit	same
<b>potential for wholesale</b>	both active and passive offers are possible	both active and passive offers are possible	same

Sorgente: studio Alcatel per France Telecom (2007)

source : Alcatel

# Sommario

---

- Attuale rete di accesso in Italia
- Architetture di distribuzione della rete in fibra ottica
- Sistemi di accesso in fibra ottica per la NGAN
- Sintesi e confronto tra architetture di accesso
- **Strategie di evoluzione verso la NGAN**

# Strategie di evoluzione verso la NGAN

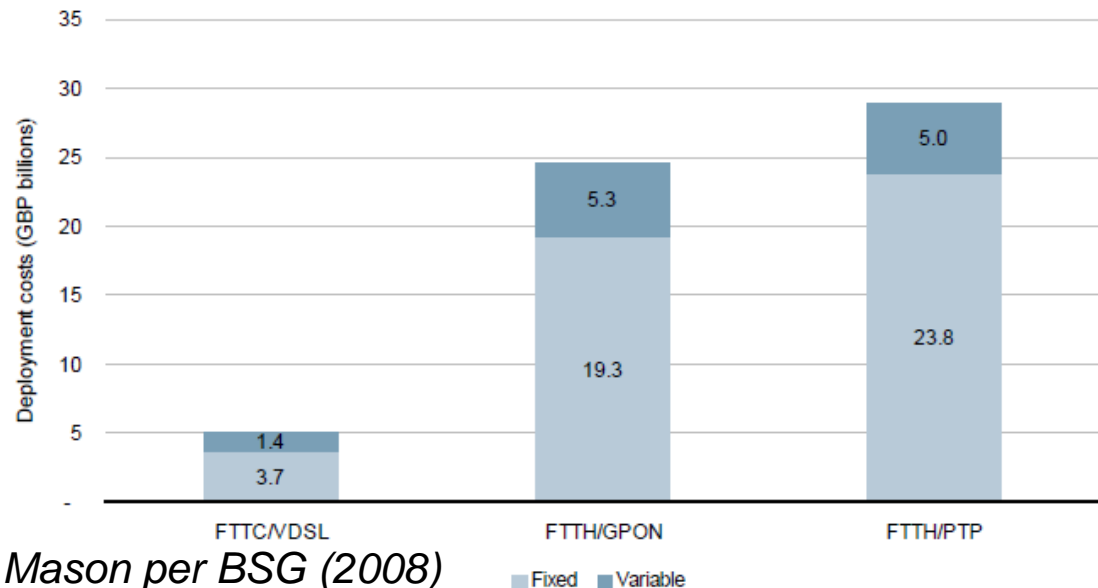
- Vari aspetti da considerare
  - ◆ dimensione e tempi degli investimenti necessari e dei ritorni economici
  - ◆ costi diversi per raggiungere varie coperture geografiche
  - ◆ concorrenza e cooperazione tra operatori (condivisione infrastrutture)



- Strategie di sviluppo della rete
  - ◆ procedere direttamente a FTTH o in più passi (FTTC→FTTB→FTTH)?
  - ◆ sostituzione totale (*total replacement*) o coesistenza temporanea tra le infrastrutture (*overlay*)?
  - ◆ quale copertura geografica raggiungere? quale percentuale di popolazione? (problema del *digital divide*)
- Strategie di evoluzione dei servizi
  - ◆ emulazione o sostituzione con servizi alternativi

# Migrazione verso l'obiettivo FTTH

- Un'architettura obiettivo interamente in fibra FTTH costa **da 3 a 5 volte** una soluzione intermedia FTTC
- FTTH P2P costa **almeno 10%-15%** più di FTTH GPON (A. Mason)
  - probabilmente molto di più!
- I costi delle opere civili e del cablaggio di edificio sono le principali barriere alla replicazione delle infrastrutture FTTB/FTTH da parte di operatori alternativi
- *Rimedi di accesso e prodotti all'ingrosso* per abbassare i livelli critici di ingresso al mercato e favorire la concorrenza



Costi NGAN UK stimati da Analysys Mason per BSG (2008)

# Sostituzione totale o coesistenza tra le infrastrutture?

## • *Total replacement*

- ◆ sostituzione totale della rete di accesso
- ◆ gli utenti sono fatti migrare tutti insieme sulla nuova rete di accesso indipendentemente dai servizi che utilizzano
- ◆ necessario emulare i servizi tradizionali (es. VoIP)
- ◆ annulla i costi di esercizio della rete vecchia (difficile stimare il risparmio)
  - KPN (Olanda): *total replacement* della rete con FTTC nel 2009-10

## • *Overlay*

- ◆ sostituzione graduale e coesistenza delle infrastrutture
- ◆ la migrazione dei clienti avviene solo quando sottoscrivono i nuovi servizi a larga/larghissima banda
- ◆ investimenti gradualmente, ma nessun risparmio sui costi di esercizio

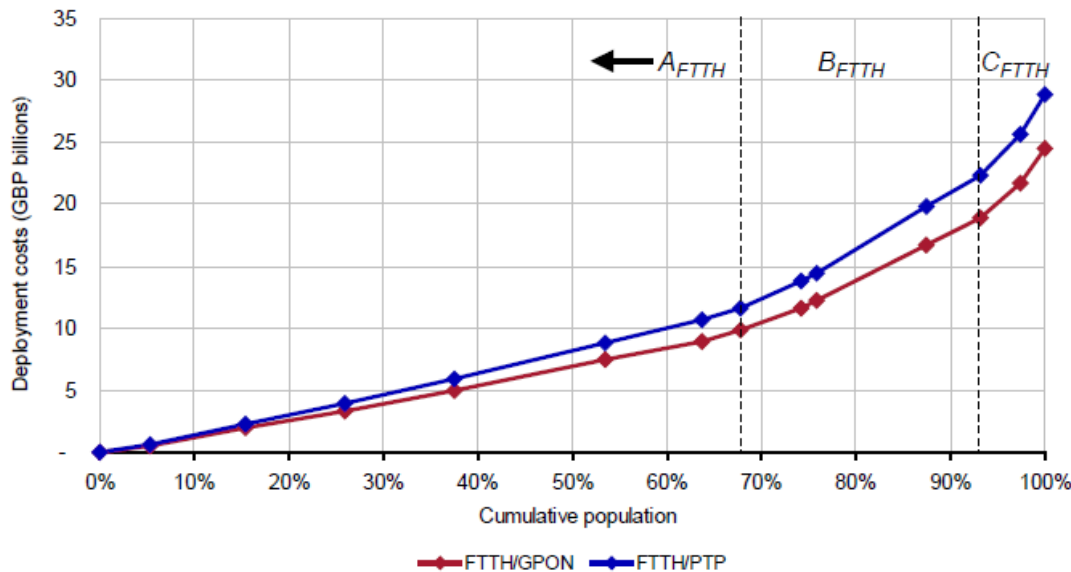
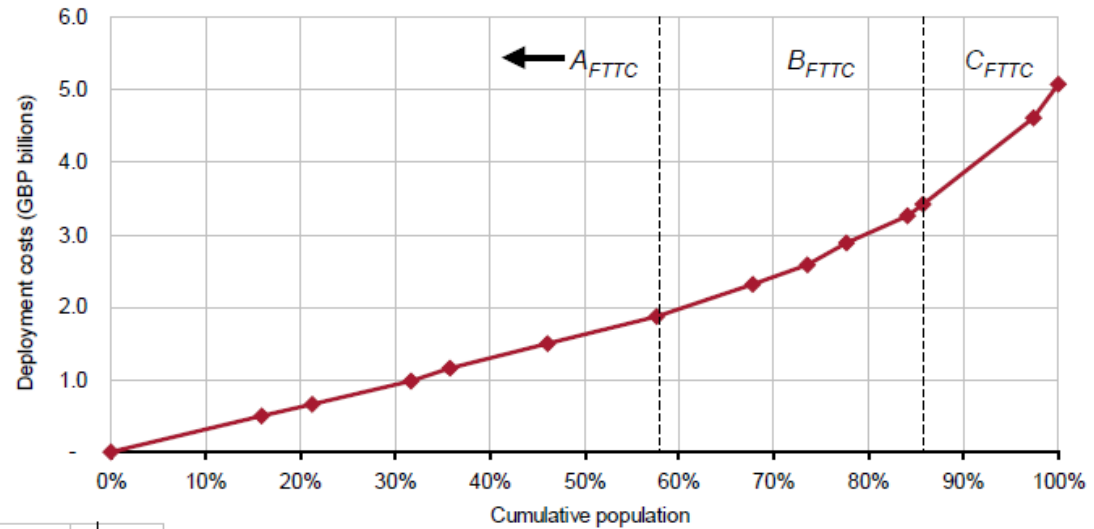
## • Anche soluzioni intermedie

- ◆ *overlay* iniziale e quindi *total replacement*



# Problema della copertura geografica

- il costo per linea
  - ◆ è costante fino al 60% di copertura della popolazione
  - ◆ si impenna per raggiungere le aree più disagiate



*Costi totali per l'installazione di FTTC/VDSL, FTTH/GPON, FTTH/P2P stimati da Analysys Mason per BSG (2008) rispetto alla copertura della popolazione UK*

# Digital divide: banda ultralarga per tutti?

- E' dubbio che per un privato sia economicamente conveniente coprire più di 2/3 della popolazione di un Paese come l'Italia
  - ◆ stessi obiettivi di copertura dell'originale piano NGN2 di Telecom Italia



- *Digital divide*: problema di copertura delle aree più svantaggiate
  - ◆ strategia sociale: privati affiancati da un intervento pubblico per raggiungere le aree estreme
  - ◆ la necessità di un aiuto pubblico è comunemente accettata
  - ◆ la discussione è aperta sulle modalità
  - ◆ Giappone: finanziamento pubblico per la copertura delle aree rurali (*Fiber To The Farm*)

