

Reti di accesso ottiche di nuova generazione (NGAN)

Introduzione alle architetture e strategie

Stefano Bregni

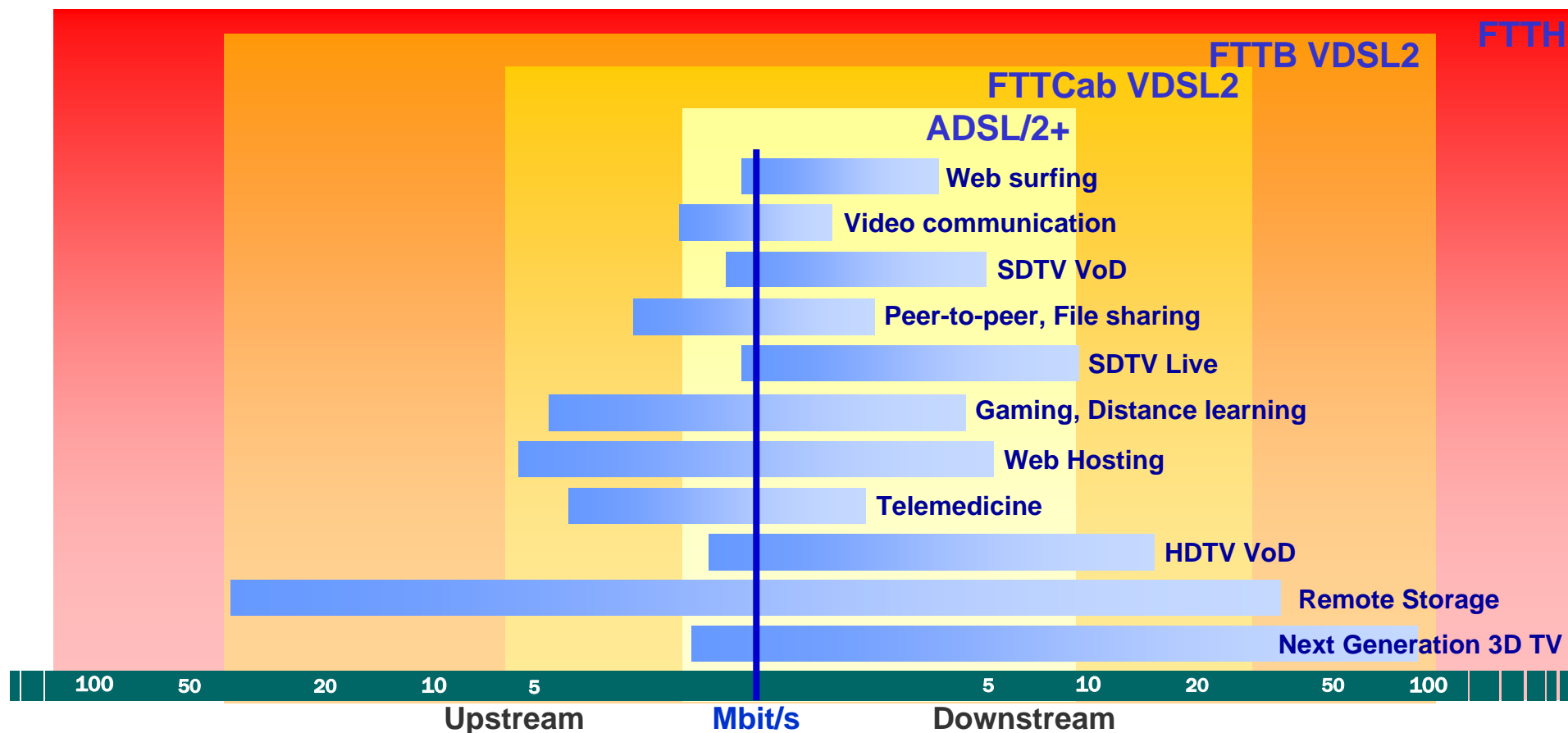
Politecnico di Milano
Dip. di Elettronica e Informazione
P.za Leonardo da Vinci 32, 20133 Milano
E-mail: *bregni@elet.polimi.it*



Sommario

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

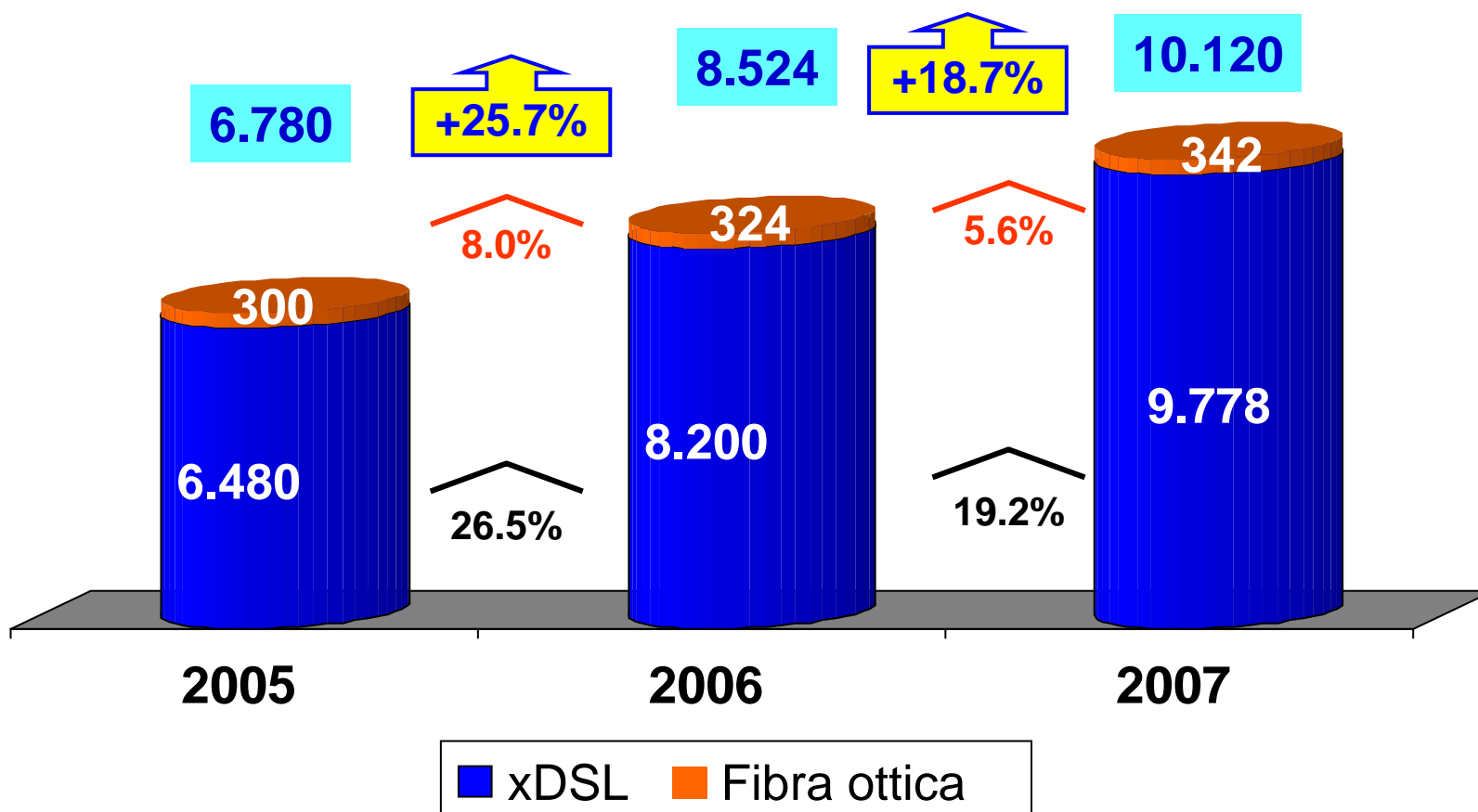
Requisiti di banda



Sorgente: S. Nocentini, Telecom Italia

Accessi a larga banda in Italia

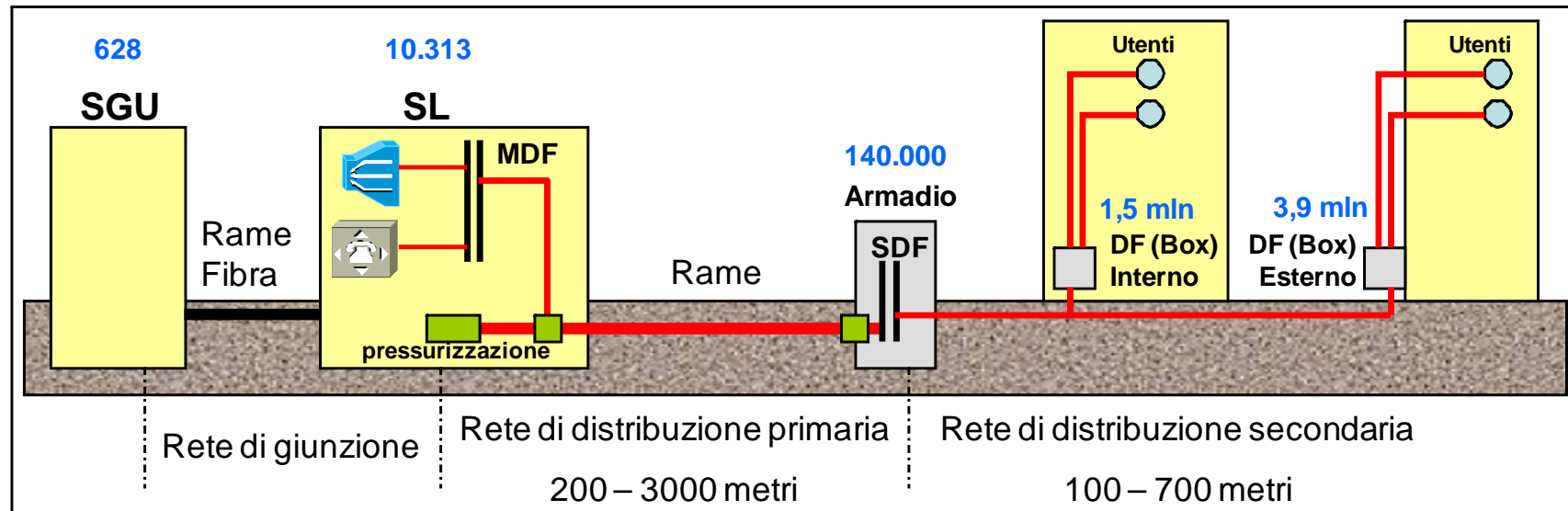
- Valori in migliaia di accessi - Variazioni %



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

Attuale rete di accesso in rame in Italia

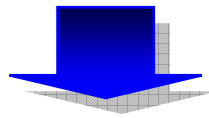
- *Rete primaria*: connette i permutatori in centrale (MDF) ai permutatori (SDF) negli armadi stradali (*cabinet*)
- *Rete secondaria*: connette i SDF ai box di distribuzione agli edifici (*chiostrina*)
- 530.000 km di cavo per un totale di 110.000.000 km di doppini



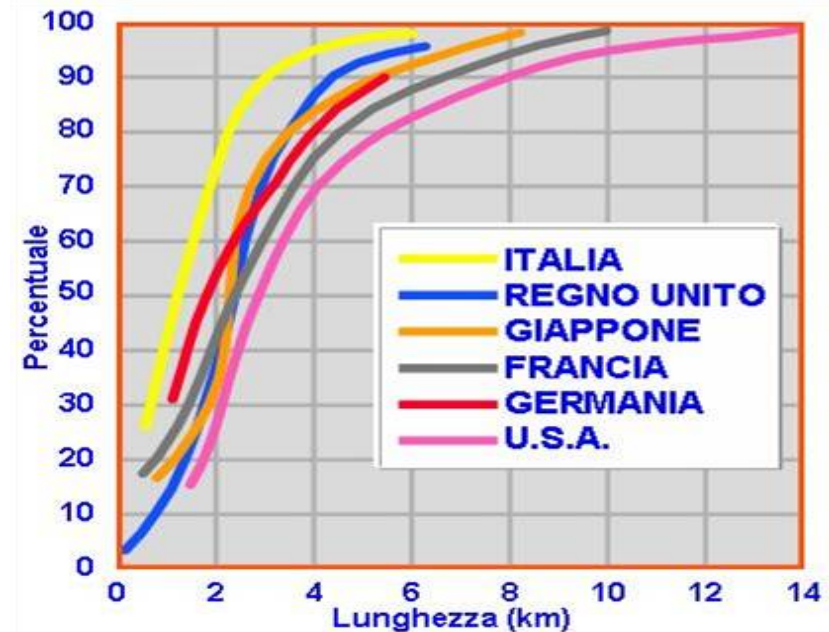
Telecom Italia (2008)

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 più corta di quella degli altri paesi

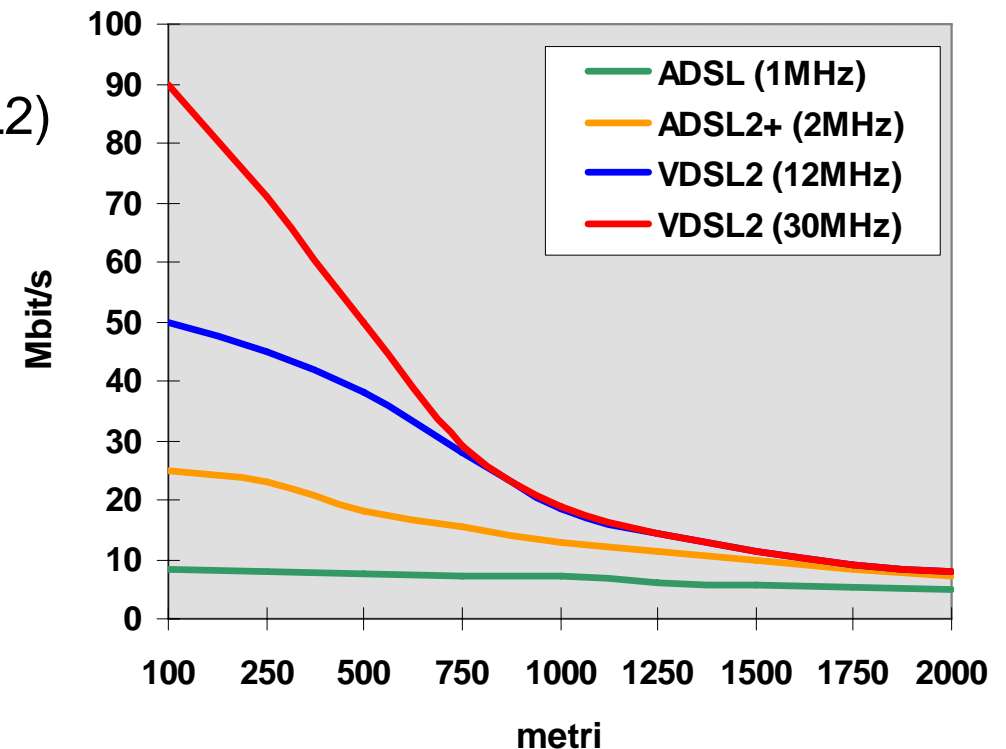


- In Italia è possibile scegliere tra più soluzioni tecnologiche per la trasmissione sui doppini di accesso



Tecnologie di trasmissione su doppino

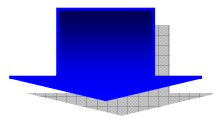
- Tecnologie *Digital Subscriber Line* (xDSL)
 - ◆ *Asymmetrical* (ADSL / ADSL2 / ADSL2+)
 - ◆ *High-speed* (HDSL / SHDSL)
 - ◆ *Rate Adaptive* (RADSL)
 - ◆ *Very high-speed* (VDSL/VDSL2)
- Le prestazioni dipendono da
 - ◆ qualità dei doppini (difficile da garantire nella rete esistente)
 - ◆ distanza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

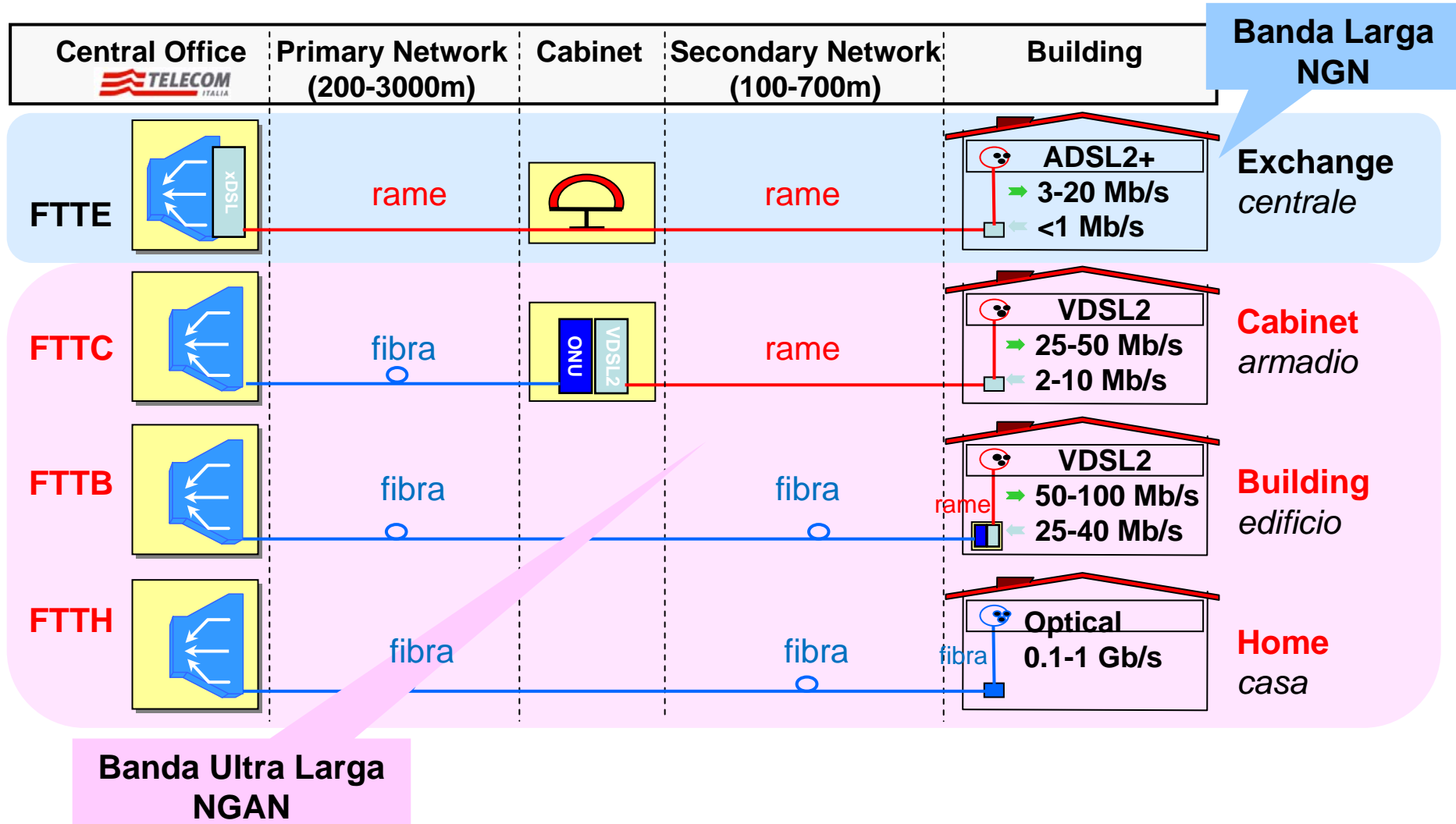
Sommario

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

Architetture di distribuzione della rete in fibra

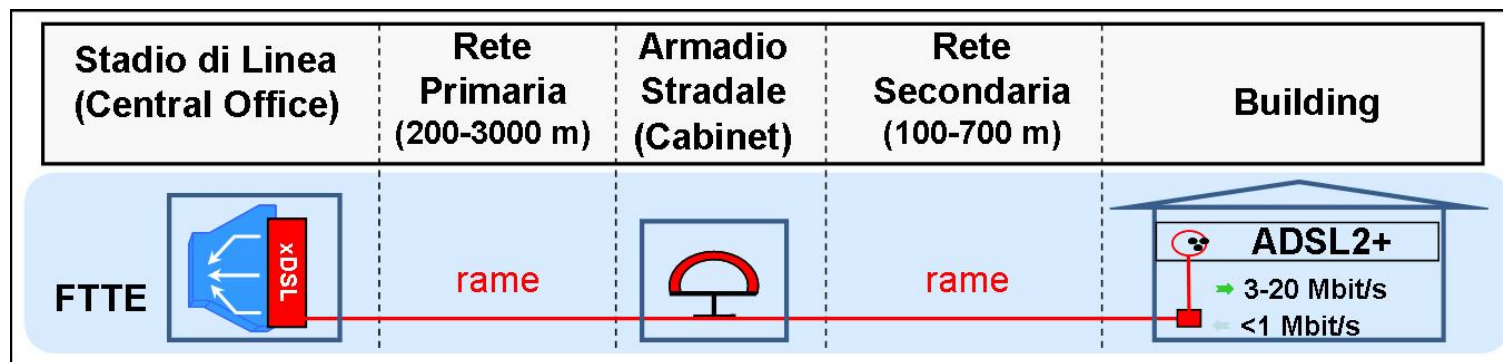
- Si distinguono per la *profondità di penetrazione dei segmenti in fibra ottica* verso la sede del cliente
 - ◆ *Fiber to the Exchange* (FTTE)
 - ◆ *Fiber to the Cabinet* (FTTC)
 - ◆ *Fiber to the Building* (FTTB)
 - ◆ *Fiber to the Home* (FTTH)
- Sono state citate molte altre varianti
 - ◆ FTTCurb, FTTCnode, FTTPremises, FTTOffice, FTTDormitory, FTTFarm, ecc.

Architetture di distribuzione FTTx



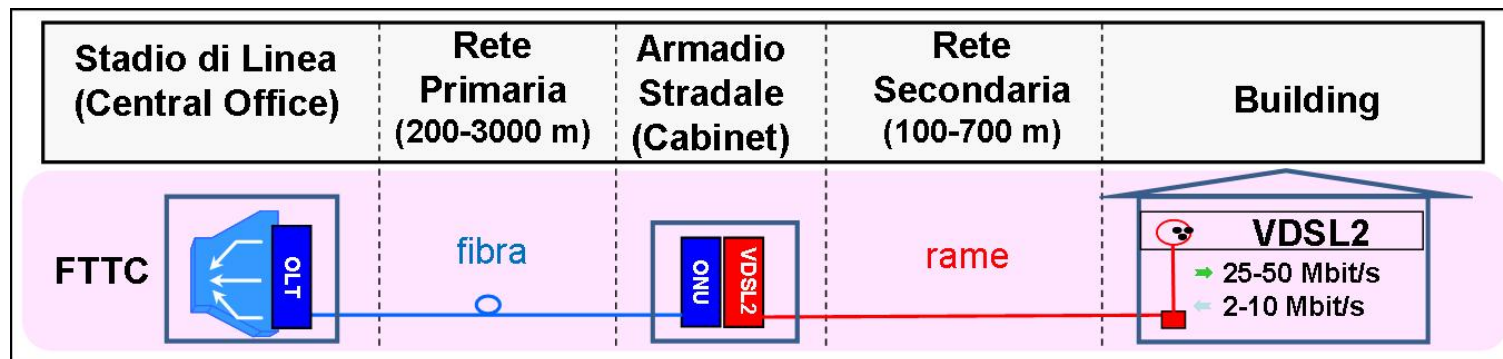
Fiber to the Exchange (FTTE)

- 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



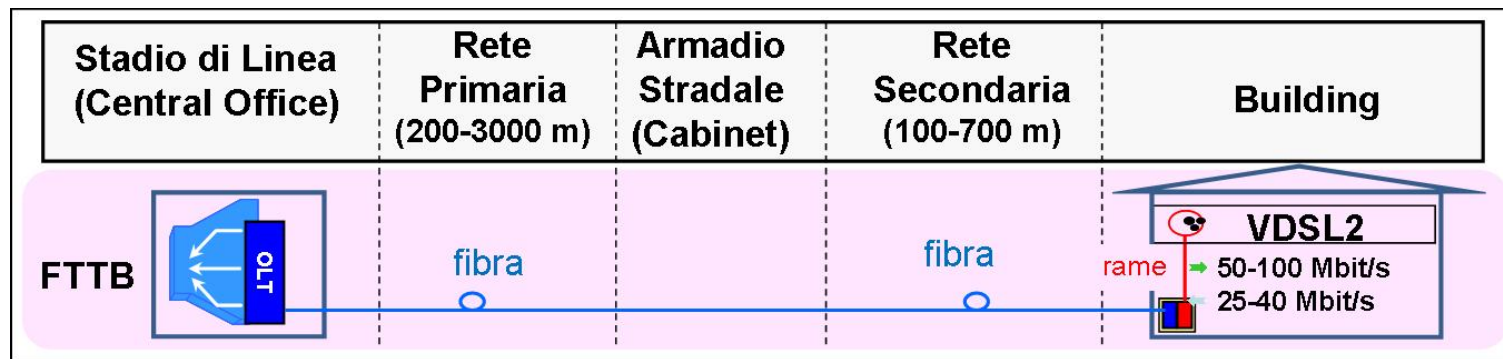
Fiber to the Cabinet (FTTC)

- 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)



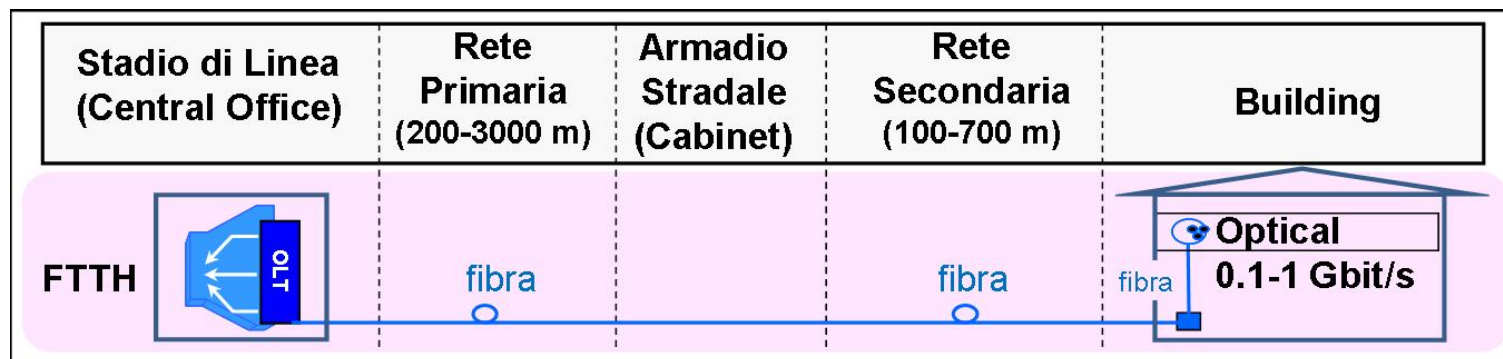
Fiber to the Building (FTTB)

- 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

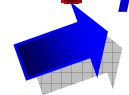
- Attuale rete di accesso in Italia
- Architetture di distribuzione della rete in fibra ottica
- **Tecniche di accesso per la rete in fibra ottica**
- Sintesi e confronto tra architetture di accesso
- Strategie di evoluzione verso la NGAN

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)



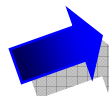
- ◆ tratte di fibra con topologia a stella con trasmissione punto-punto Ethernet
- ◆ mezzo e banda *dedicati*

Active Remote

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

Passive Optical Network (PON)

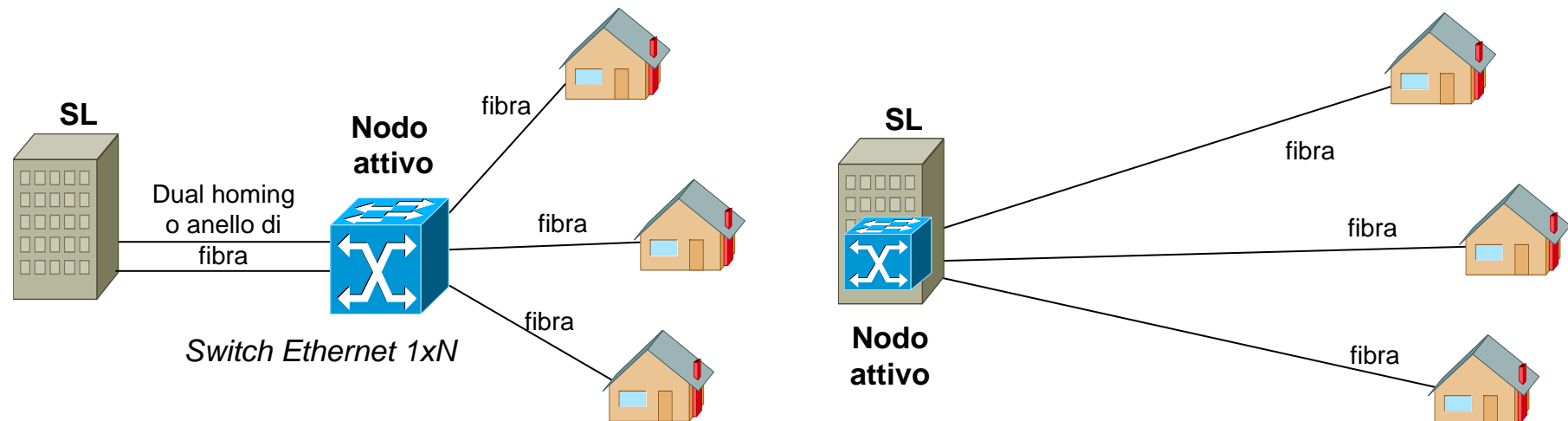
- ◆ diramazione passiva delle fibre (*splitting*) con topologia ad albero
- ◆ il mezzo ottico è *condiviso*
- ◆ EPON (Ethernet): accesso multiplo Ethernet (IEEE)



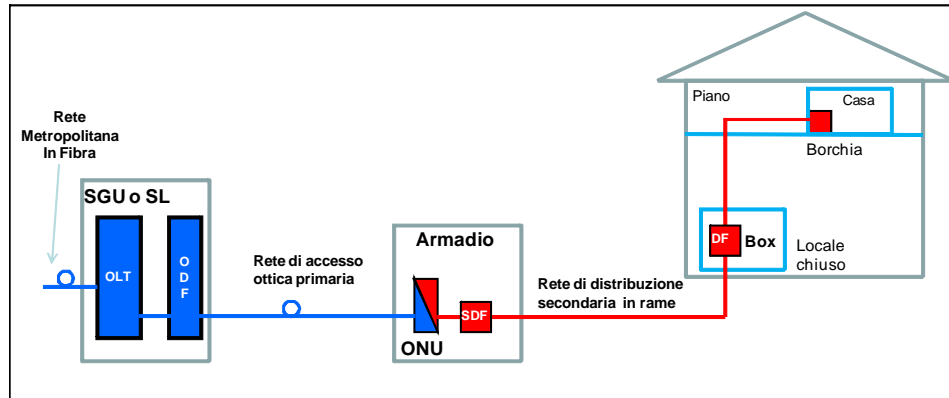
- ◆ **GPON (*Gigabit-capable PON*)**: accesso multiplo TDMA (ITU)

Point-to-Point (P2P)

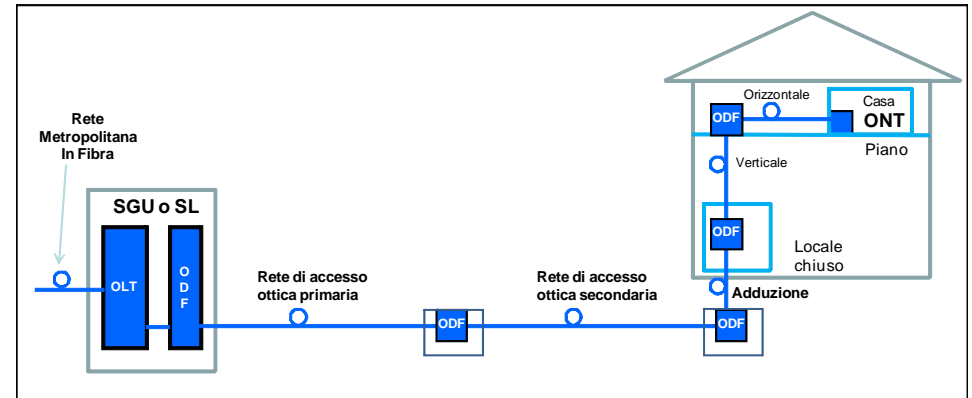
- Fibre dedicate per ogni cliente con topologia a stella
- Trasmissione punto-punto Ethernet (10-100-1000 Mb/s)
- Tecnologia usata da Fastweb (Italia) e NTT (Giappone)
- Vantaggi e svantaggi
 - ◆ si presta a incrementi di banda per singolo utente (*future-proof*)
 - ◆ lunga distanza
 - ◆ costi superiori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



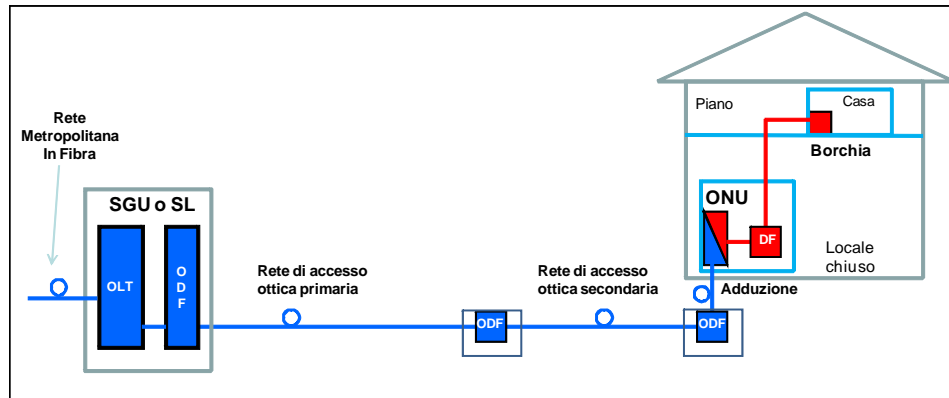
Schemi di rete P2P



FTTC P2P



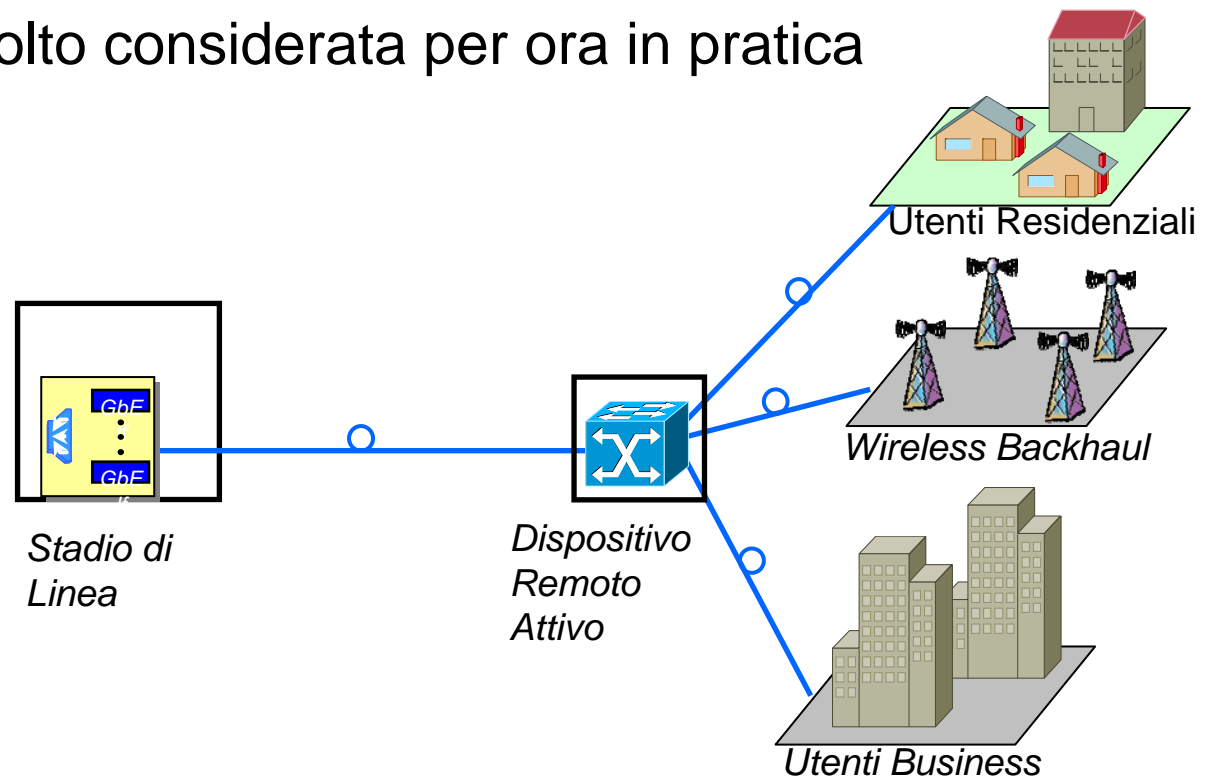
FTTH P2P



FTTB P2P

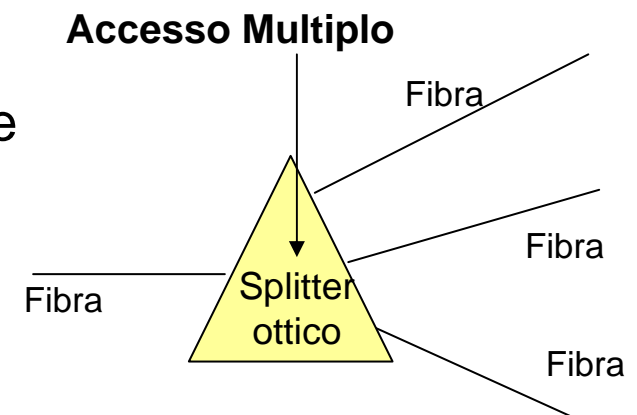
Active Remote

- 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

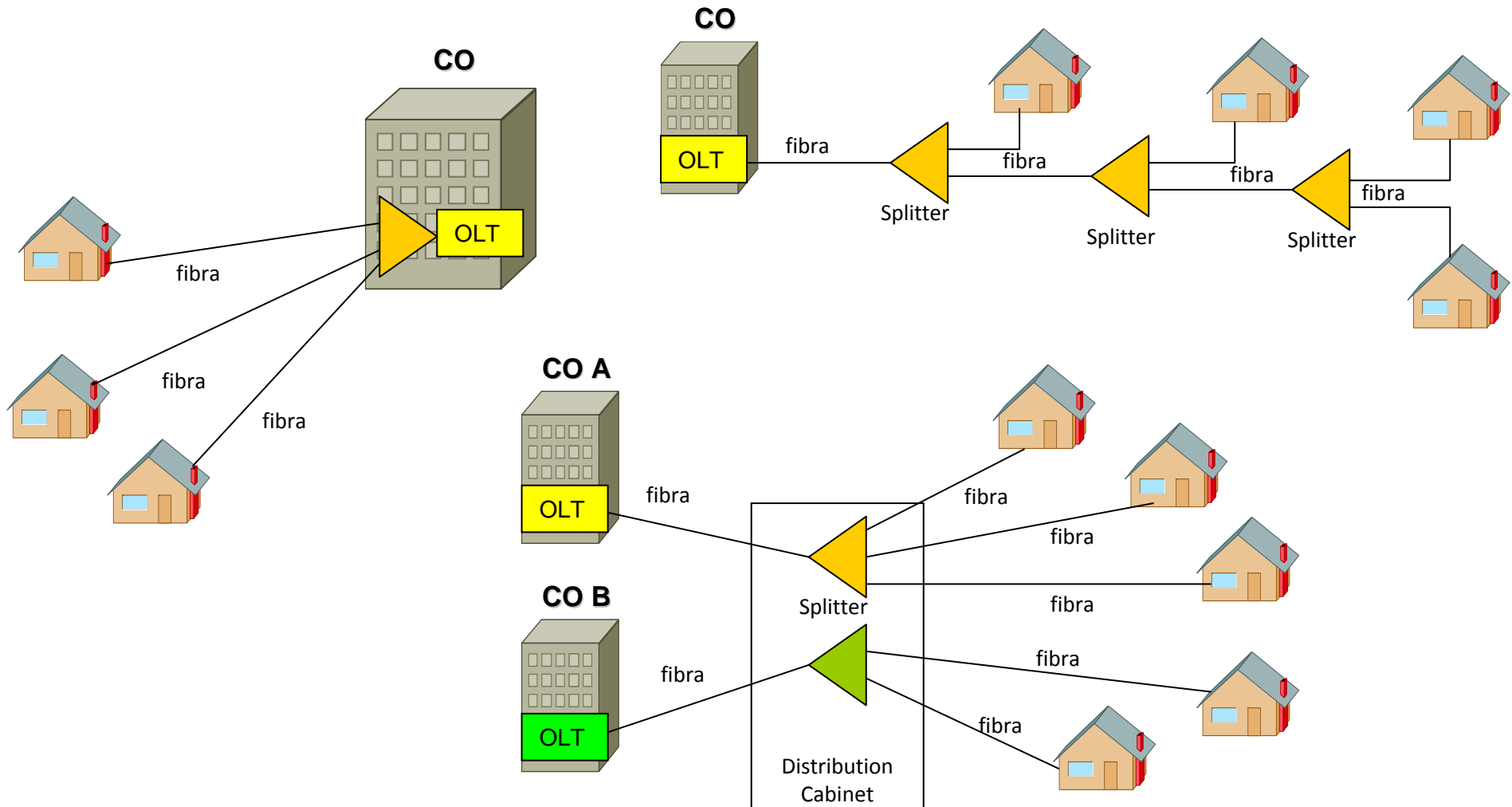


Passive Optical Network (PON)

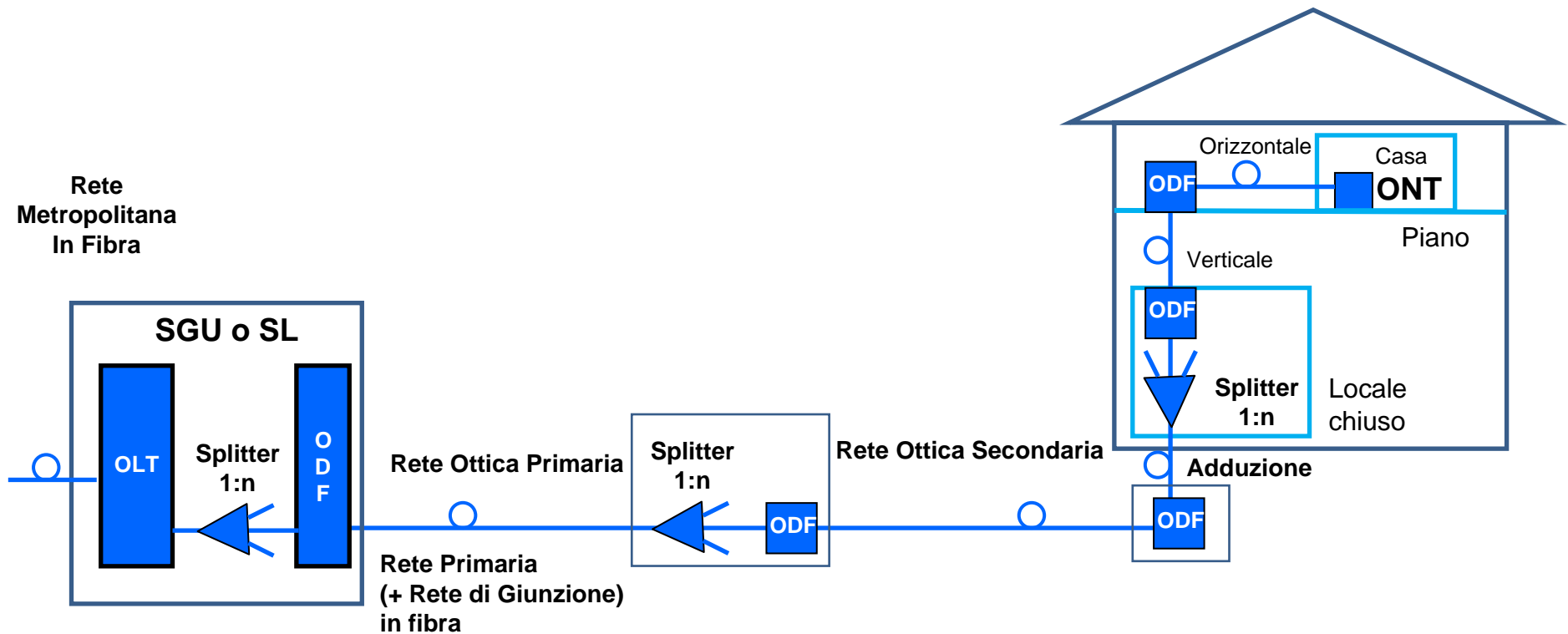
- Una sola fibra per collegare più utenti
 - ◆ *splitter* ottici **passivi** (1:16 - 1:32) che riducono i margini del *power budget*
 - ◆ mezzo ottico condiviso
 - *downstream*: broadcast
 - *upstream*: protocolli di accesso multiplo TDMA (GPON) o Ethernet (EPON)
- Vantaggi e svantaggi
 - ◆ minori costi 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
- Tecniche di accesso per la rete in fibra ottica
- **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 λ)

■ Infrastrutture

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

Sorgente: studio Alcatel per France Telecom (2007)

GPON vs. point-to-point in detail

	point-to-point	GPON	on balance
duct occupancy 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
central office requirements 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
bandwidth per subscriber	no foreseeable limit	no foreseeable limit	same
potential for wholesale	both active and passive offers are possible	both active and passive offers are possible	same

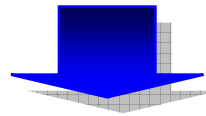
source : Alcatel

Sommario

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

Strategie di evoluzione verso la NGAN

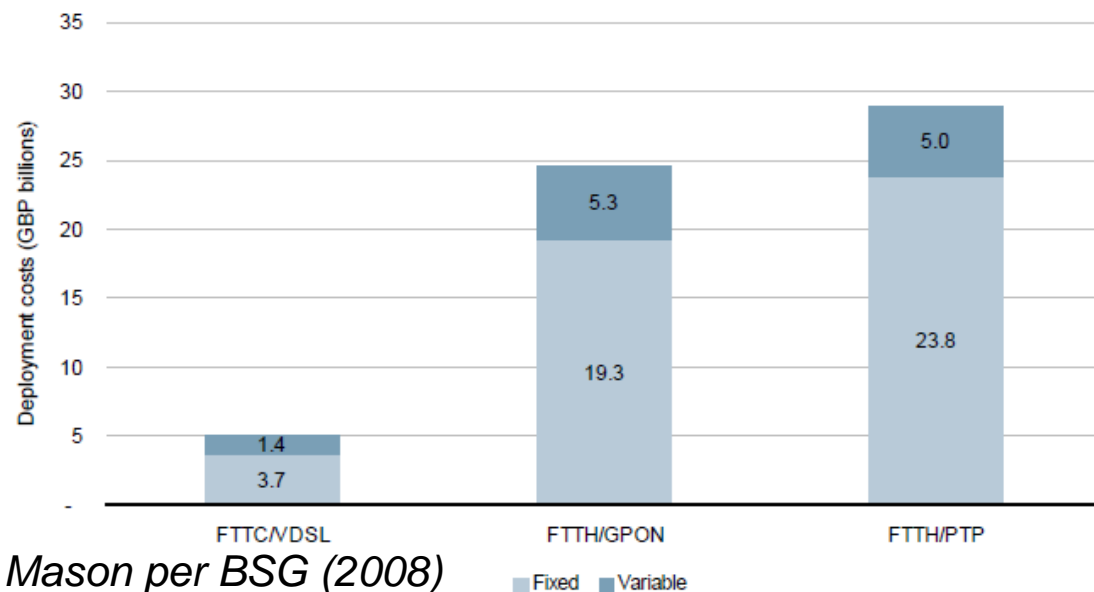
- Vari aspetti da considerare
 - ◆ dimensione e tempi degli investimenti necessari e dei ritorni economici
 - ◆ costi diversi per raggiungere varie coperture geografiche
 - ◆ concorrenza e cooperazione tra operatori (condivisione infrastrutture)



- 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
 - ◆ 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



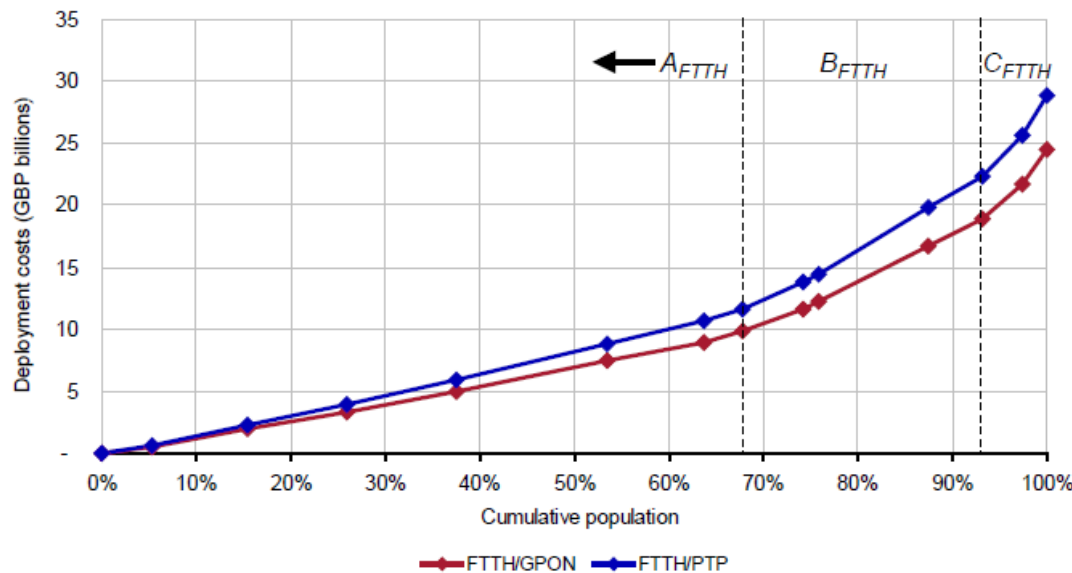
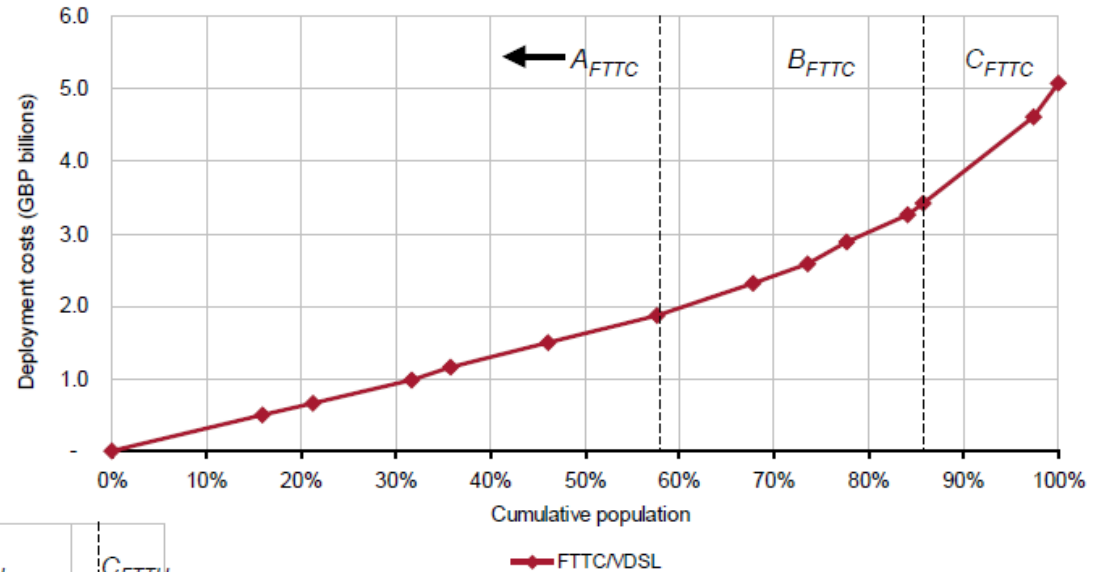
Costi NGAN UK stimati da Analysys Mason per BSG (2008)

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

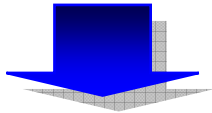
- il costo per linea
 - è costante fino al 60% di copertura della popolazione
 - si impenna per raggiungere le aree più disagiate



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*)

