



**Università degli Studi di Padova**

**Facoltà di Ingegneria**

**TESI DI LAUREA IN INGEGNERIA DELLE  
TELECOMUNICAZIONI**

classe 9 Ingegneria dell' Informazione

D.M. 509/99

**NGN: collegamento tra passato e  
futuro**

***Relatore:* Prof. GIUSEPPE TRONCA**

***Laureando:* PAOLO PANATO**

Anno accademico 2010/2011



# INDICE:

<b>Introduzione.....</b>	<b>1</b>
<b>1 Storia delle reti di Telecomunicazioni .....</b>	<b>5</b>
<b>2 Protocollo IP.....</b>	<b>13</b>
2.1 Datagramma IP: .....	15
2.2 Perché è stato scelto proprio il protocollo IP? .....	18
<b>3 La rete d' accesso.....</b>	<b>19</b>
3.1 La rete d'accesso: passato, presente e futuro .....	19
3.2 NGAN: Considerazioni preliminari .....	22
3.3 NGAN: varianti infrastrutturali .....	25
3.4 Hardware e software necessari per le reti NGAN:.....	27
3.5 Le fibre ottiche nell' area di accesso:.....	37
3.6 Soluzioni implementative della NGAN.....	38
3.7 Quale scegliere? .....	41
<b>4 Micro e mini trincee .....</b>	<b>43</b>
4.1 Cantieri a ridotto impatto ambientale.....	44
4.2 Le "tecnologie associate" .....	45
4.3 La "minitrincea" .....	46
4.4 Pulizia dello scavo .....	47
4.5 Riempimento della minitrincea .....	48
4.6 La "minitrincea" sperimentata a Roma .....	48
4.7 La "microtrincea" .....	50
4.8 Conclusioni.....	52
<b>5 Utilizzi della banda ultralarga .....</b>	<b>53</b>

5.1	Nuovi servizi con le reti NGN .....	53
5.2	Servizi “standard” .....	54
5.3	Servizi suggestivi .....	56
<b>6</b>	<b>Diffusione NGN nel Mondo ed in Italia .....</b>	<b>65</b>
6.1	Diffusione degli accessi a banda larga e ultralarga .....	65
6.2	Diffusione FTTx .....	68
6.3	Situazione in Italia:.....	72
<b>7</b>	<b>Conclusioni .....</b>	<b>75</b>
<b>8</b>	<b>Bibliografia .....</b>	<b>77</b>
	<b>Ringraziamenti .....</b>	<b>78</b>

***«Niente è più irresistibile di un' idea il cui tempo sia giunto»***

**V. Hugo**



## Introduzione:

Con la denominazione **NGN** (Next Generation Network) ci si riferisce ad una nuova generazione di reti di telecomunicazioni caratterizzate da principi di funzionamento e architetture completamente innovative rispetto al passato.

In accordo con l'ITU (**International Telecommunication Union**) , una NGN è così definita:

*“A Next Generation Network (NGN) is a packet-based network able to provide Telecommunication Services and able to make use of multiple broadband, QoS-enabled transport technologies and in which service-related functions are independent from underlying transport-related technologies. It enables unfettered access for users to networks and to competing service providers and/or services of their choice. It supports generalized mobility which will allow consistent and ubiquitous provision of services to users”.*

In altre parole: se oggi per ogni tipo di servizio si utilizza un'infrastruttura differente, con le NGN un'unica rete di trasporto supporterà tutte le tipologie di servizio. Il servizio diventerà così indipendente dalla rete.

In particolare nell'acronimo NGN tendono a concentrarsi diversi aspetti di carattere tecnologico e architeturale e in particolare:

- convergenza fisso-mobile e trasparenza della rete per qualunque tipo di servizio (voce, video, dati ecc.);
- impiego universale dell'architettura di trasporto con commutazione a “pacchetti” (e tecniche di QoS, Quality of Service, per la priorità delle informazioni in tempo reale) ed uso generalizzato del protocollo IP per tutti i tipi di informazioni trasmesse;
- indipendenza del livello di servizio dallo strato fisico della rete;
- intelligenza di rete opportunamente distribuita con particolare attenzione alla sicurezza;

- notevole valore aggiunto dei servizi offerti dalla stessa rete (con un'estensiva virtualizzazione in rete di risorse informatiche quali backup, sicurezza, identificazione, ecc.);
- adozione di bande sempre più larghe per la richiesta di servizi video (anche HDTV) e per altri servizi innovativi.

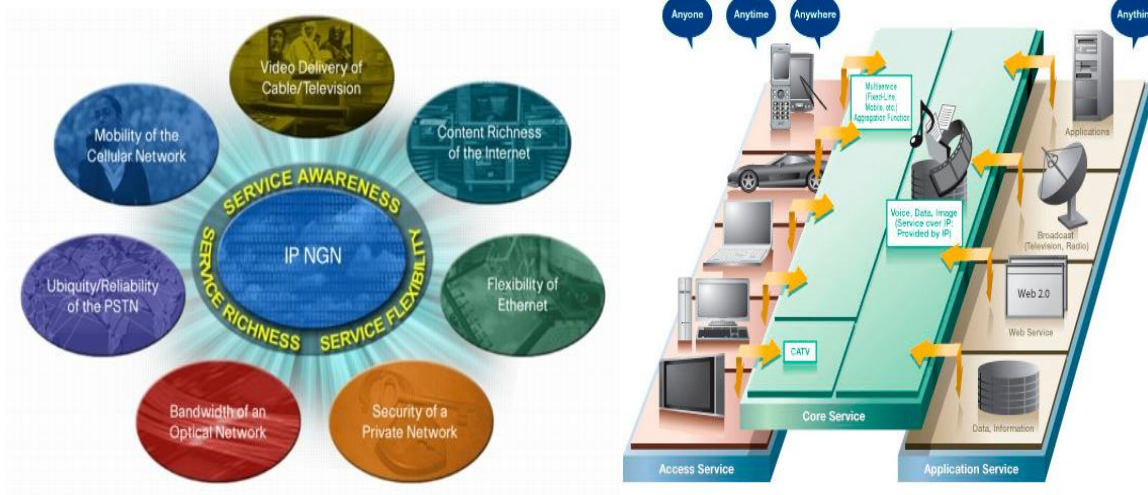


Figura 0.1 convergenza di servizi applicazioni e contenuti

L'evoluzione verso la rete NGN è un processo che interessa tutti i segmenti del trasporto delle informazioni e più precisamente la rete a grande distanza (backbone), le reti metropolitane, le reti di raccordo (backhaul) tra accesso e backbone e infine l'area di accesso.

Elemento fondamentale della rete NGN, oltre alle nuove modalità di trasporto e commutazione delle informazioni, sono anche e soprattutto le innovazioni introdotte nelle piattaforme di servizio.

Particolare attenzione ed interesse riguarda le nuove architetture e tecnologie dell'area di accesso per i molteplici problemi ad essa inerenti.

L'accesso rappresenta, infatti, il "collo di bottiglia" per servizi a banda sempre più larga che tra l'altro richiedono, in sempre maggior misura, simmetria nella bidirezionalità, in particolare per le applicazioni "peer-to-peer".

Per la sua capillarità, la rete d'accesso rappresenta inoltre la porzione di gran lunga più gravosa agli effetti dei futuri investimenti.



E' ormai definitivamente affermata la consapevolezza che sia necessario creare una rete di nuova generazione, progettata per far fronte alle esigenze di sviluppo delle nuove forme di comunicazione, senza le limitazioni strutturali e architettoniche della rete telefonica, che era stata realizzata con obiettivi ben diversi. Soluzione ideale dal punto di vista tecnologico ad oggi risulta essere l' utilizzo di fibre ottiche verso l'utente (con una conseguente evoluzione verso nuove portanti e nuove tecnologie) in cui tuttavia i lavori civili, in assenza di "condotti" preesistenti, rappresentano la percentuale di costo sensibilmente più alta per gli investimenti da effettuare.

L'impiego della fibra ottica in quest'area rappresenta un passo fondamentale verso una trasformazione progressiva e inarrestabile delle tecnologie di rete in un "tutto ottico" (incluso la commutazione ottica a pacchetti) per una completa uniformità delle tecnologie, con conseguente minor complessità, minori consumi e alta affidabilità.

Scopo di questa tesi è quello di analizzare le reti NGN dando rilievo alle possibili tipologie implementative riguardanti la rete d' accesso (NGAN), le tecnologie utilizzate per le diverse configurazioni, le innovazioni nel campo delle opere civili, le applicazioni e gli usi che saranno possibili in un prossimo futuro con la nuova rete a disposizione e, la diffusione attuale delle fibre ottiche nel mondo con particolare attenzione alla situazione italiana.



# 1 Storia delle reti di Telecomunicazioni

Per dare un inizio all'immaginaria linea del tempo che fa riferimento all'evoluzione delle reti di telecomunicazioni, si potrebbe partire già da epoche remote, nell'ambito di civiltà non sviluppate, come gli antichi romani, che utilizzavano un sistema basato su torri di fuoco per inviare segnali di vario tipo o, ancora, si potrebbe pensare alle popolazioni indigene che utilizzavano il fumo o i suoni per inviare opportuni messaggi a distanza.

Tuttavia, può tranquillamente essere assunto come primo vero sistema di telecomunicazione il telegrafo ottico.

Sviluppato in Francia alla fine del XVIII secolo, ideato e creato da Claude Chappe, consisteva in un sistema di segnalatori meccanici collocati su una serie di torri poste in modo tale da essere visibili reciprocamente. L'innovazione principale consisteva nell'installazione di un grosso dispositivo meccanico, in grado di rappresentare una notevole quantità di simboli discreti combinati tra loro per trasmettere l'informazione voluta.

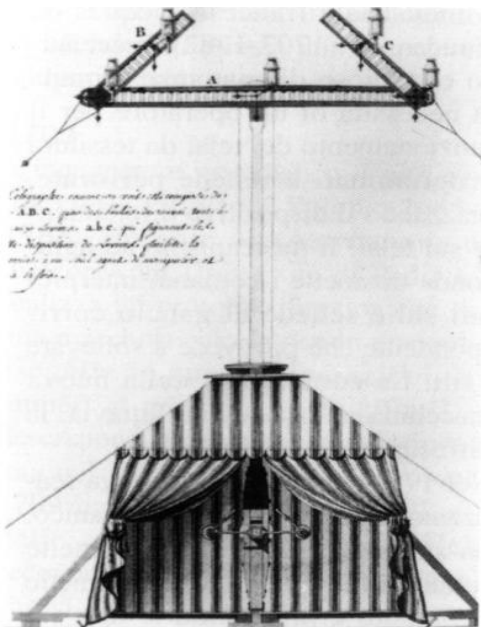


Figura 1.1 Telegrafo di Chappe

⌥	⌦	F	↑	⌥	⌧	⌨	↑	⌥
a	b	c	d	e	f	g	h	i
⌧	⌨	↑	⌥	⌦	⌧	⌨	⌥	⌦
k	l	m	n	o	p	q	r	s
⌧	↑	⌥	⌦	⌧	⌨	⌥	⌦	⌧
t	u	v	w	x	y	z	&	1
↑	⌥	⌧	⌨	↑	⌥	⌦	1	↑
2	3	4	5	6	7	8	9	10

Figura 1.2 posizioni alfabeto del telegrafo di Chappe

La prima linea di “télégraphe” collegò Parigi a Lille.

Successivamente, Napoleone ne intuì le potenzialità che tale sistema poteva avere dal punto di vista militare e ne incentivò lo sviluppo costituendo una rete di 500 stazioni che collegavano tra loro 29 città su tutto il territorio francese, riducendo il tempo necessario per la trasmissione di un messaggio da una parte all’ altra della Francia da parecchi giorni ad alcune decine di minuti.

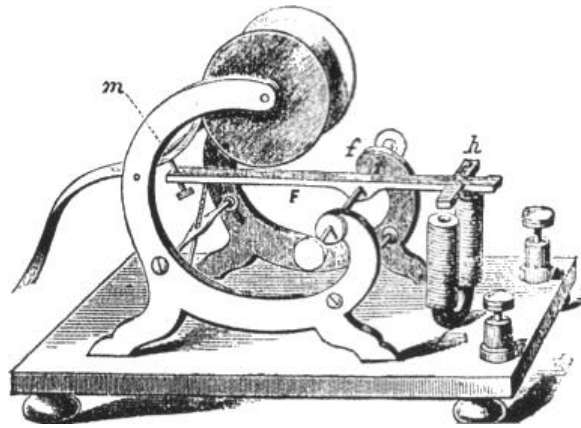
Ben presto il sistema fu adottato in altri paesi.

Ci si accorse presto però, che erano presenti notevoli inconvenienti cui bisognava far fronte come, la presenza di “ripetitori umani”, i quali introducevano una probabilità di errore direttamente proporzionale alla distanza di trasferimento del messaggio e quindi al numero di ripetizioni che dovevano essere eseguite; altra grande limitazione riguardava il tempo di effettiva operabilità del sistema, limitato a giornate limpide e ad orari diurni.

Soltanto nel 1844 si scoprì la possibilità di convertire i segnali ottici in segnali elettrici e, fu così introdotto il telegrafo in seguito perfezionato da Samuel Morse.

Il maggior vantaggio, consisteva nel fatto che un segnale elettrico poteva di volta in volta trasportare segnali che potevano essere tradotti in segnali di ogni tipo ottico, acustico o meccanico. A Morse si deve anche lo sviluppo del codice che prende il suo nome e che permetteva di rappresentare caratteri alfanumerici tramite sequenze di caratteri appartenenti ad un alfabeto composto da: linea ( - ) e punto (.) che assumevano il proprio “valore” in base alla durata degli impulsi trasmessi.

Benché risalga ad oltre un secolo e mezzo fa, il telegrafo è rimasto in uso per molto tempo, soprattutto in settori specifici (quali ad esempio le comunicazioni marittime) e fu definitivamente soppiantato solo nel 1999 con l’ avvento delle comunicazioni digitali.



**Figura 1.3 terminale telegrafico di Morse**

La diffusione vera e propria della rete telegrafica coincise con l' avvento della rete ferroviaria.



**Figura 1.4 cablaggi su cavi**

Nel 1875 la rete statunitense contava 214 000 miglia di cavi e 8 500 uffici telegrafici.

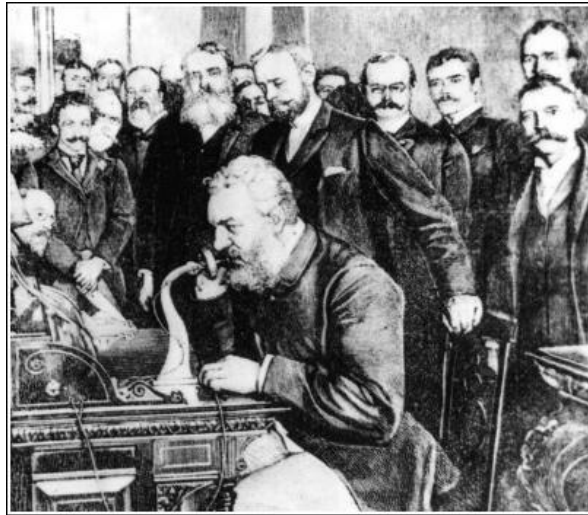
Il passo successivo era riuscire a permettere lo scambio a distanza in streaming di conversazioni vocali, senza l' utilizzo di codici trasmissivi.

Ciò avvenne nel 1876 grazie a Graham Bell che brevettò il primo telefono. In realtà la paternità dell' invenzione fu per lungo tempo contesa tra Bell ed Antonio Meucci.

Solo nel 1989 Meucci è stato ufficialmente riconosciuto dalla camera di Washington come inventore del telefono. In ogni caso, Bell ebbe il merito di dare inizio a quella che sarebbe divenuta la moderna industria di telecomunicazioni, anche se all' inizio

il telefono era stato pensato come una sorta di radio via cavo e non come strumento per mettere in comunicazione persone a distanza.

Il telefono già dai primi anni che seguirono la sua invenzione si proclamò indiscusso protagonista dello scenario mondiale e lo rimase per quasi un secolo, riuscendo ad interconnettere città, stati e continenti tra loro estremamente lontani.



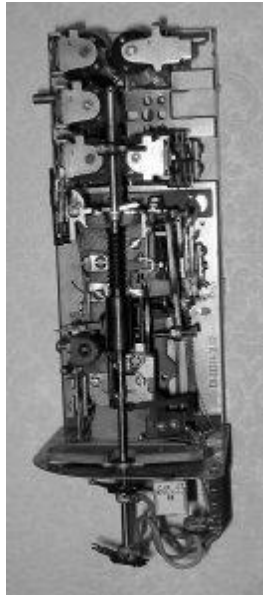
**Figura 1.5** inaugurazione linea telefonica tra New York e Chicago da parte di Graham Bell

Tuttavia al telefono furono applicate innovazioni successive che gli permisero di evolversi e perfezionarsi in modo graduale.

Nel 1889 fu introdotto un commutatore elettromeccanico, brevettato da Almon B. Strowger, in grado di commutare grazie ad una parte mobile, che si muoveva per effetto degli impulsi forniti dal disco di commutazione dell' apparecchio del chiamante e che si posizionava in corrispondenza dei contatti del numero desiderato. Nel 1894 venne così realizzata la prima centrale elettromeccanica.



**Figura 1.6** apparecchi telefonici di inizio '900



**Figura 1.7** commutatore Strowger

Contemporaneamente allo sviluppo del telefono cominciò a farsi largo un nuovo modo di trasmettere segnali sfruttando lo spazio libero.

Nel 1895 Guglielmo Marconi cominciò i primi esperimenti di trasmissione radio e nel 1897 sfruttando ricerche di altri scienziati tra cui Heinrich Hertz, realizzò il primo telegrafo senza fili, introducendo il concetto di onde radio modulate per trasmissioni di suoni a distanza.

Nel 1901 venne eseguito quello che fino ad allora sembrava impossibile: la trasmissione attraverso l'oceano Atlantico, dalla Cornovaglia (Gran Bretagna) fino a St. Johns di Terranova (Canada), di un segnale di SOS.

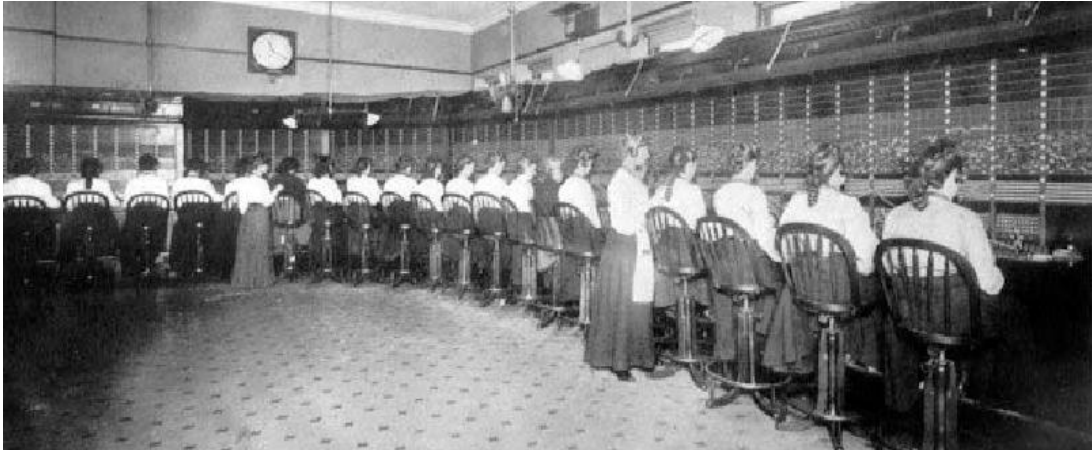
Sperimentazioni ed innovazioni successive portarono nel 1920 all'avvio delle prime trasmissioni radiofoniche.

Agli inizi degli anni '30 stava nascendo un nuovo mezzo di comunicazione che avrebbe segnato la storia dei mass media e delle telecomunicazioni: la televisione.

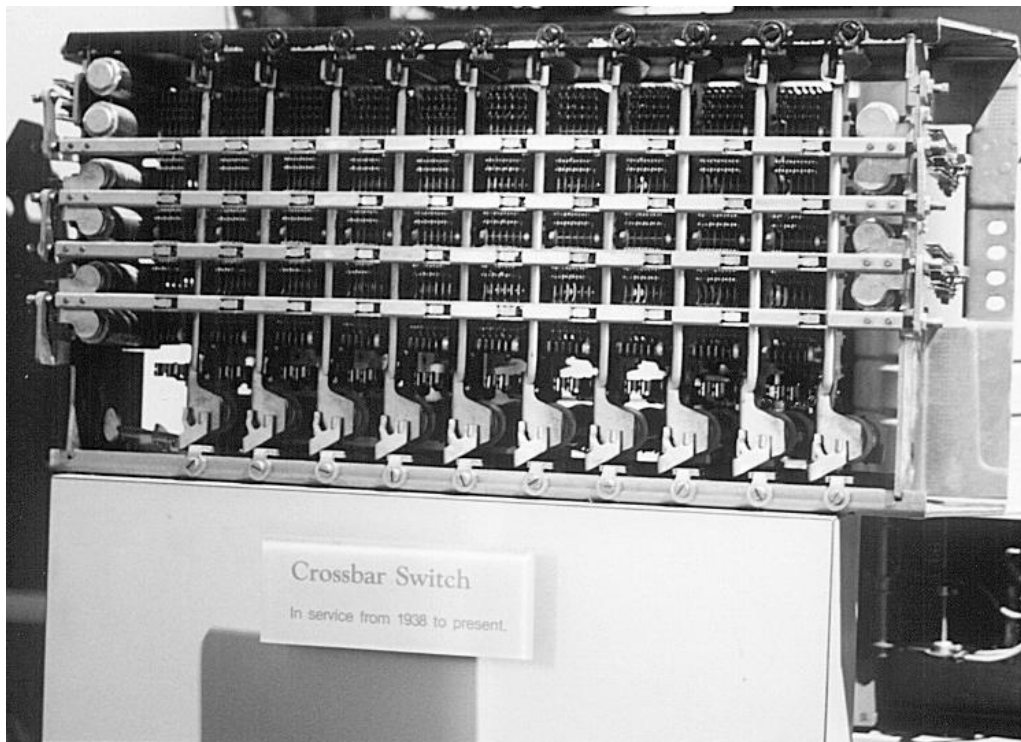
L'invenzione fu elaborata di pari passo da Philo T. Farnsworth e Vladimir K. Zworykin negli Stati Uniti e Isaac Shoenberg e John Logie Baird in Inghilterra i quali, adattarono il tubo catodico al sistema di trasmissione di onde elettromagnetiche "dando vita" alla TV.

Nel 1936 la BBC inaugurò in Inghilterra il primo servizio di trasmissioni televisive pubbliche utilizzando lo standard elaborato da Shoenberg.

Nel 1938 la fonia fece ulteriori passi avanti mediante l' introduzione dei relè che, consentirono di realizzare i primi autocommutatori elettromagnetici e , negli anni '40, fu sperimentata la prima teleselezione, un sistema tale da consentire ad ogni cliente di contattare il destinatario senza più la necessità di passare per il centralino.



**Figura 1.8** centrale telefonica di New York nel 1910



**Figura 1.9** crossbar switch



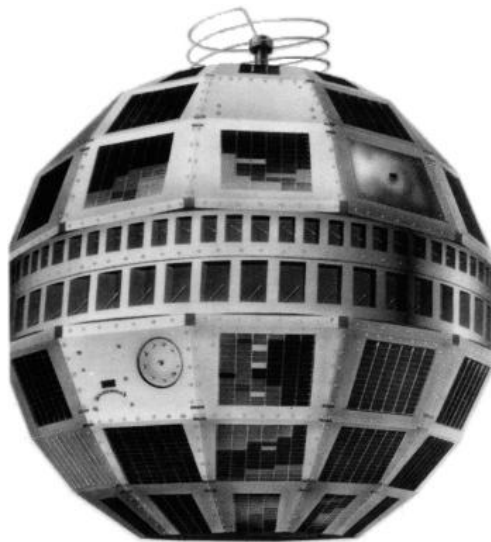
E' negli anni sessanta che si registrò l' avvento delle comunicazioni numeriche e vennero introdotte innovative scoperte per realizzare tale trasmissione:

- modulazione PCM (Pulse Code Modulation);
- elaboratori per il controllo delle centrali.

E' in questo preciso momento che le telecomunicazioni si trovano per la prima volta a stretto contatto con l' informatica.

Il 12 agosto 1960 il mondo delle telecomunicazioni venne "sconvolto" dal lancio in orbita da parte degli USA di Echo 1A: il primo satellite della storia per telecomunicazioni. Nel frattempo nei laboratori Bell si sperimentò la trasmissione intercontinentale mediante riflessione satellitare.

Nel 1962 venne lanciato Teslar 1: il primo satellite per conversazioni commerciali in grado di trasmettere 600 conversazioni telefoniche o un canale televisivo.

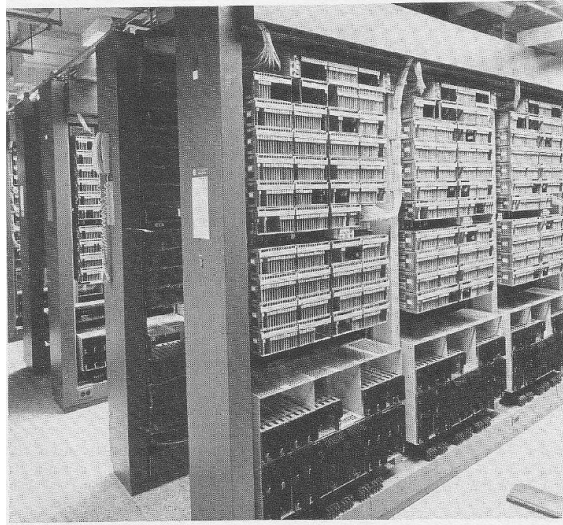


**Figura 1.10 satellite Teslar 1**

Il 1969 fu l' anno di svolta per le reti moderne con l' introduzione della rete ARPANET, sviluppata dal dipartimento della difesa degli Stati Uniti per scopi militari ma che in realtà, diede i natali alla comparsa di INTERNET nel 1983.

Gli anni '70 videro l' avvento e l' affermarsi dell' elettronica in tutti i campi comprese le reti di telecomunicazioni. Si svilupparono così le trasmissioni numeriche, la diffusione sempre maggiore delle reti PCM, l' introduzione di reti di

segnalazione a canale comune e venne costituita la prima centrale interamente elettronica: la Chicago ESS-4.



**Figura 1.11** centrale Chicago ESS-4

Negli anni '80 invece si arrivò fino al completamento della rete IDN (Integrated Digital Network) e si proseguì con le prime installazioni di reti ISDN e l'avvento delle reti cellulari analogiche per telefonia mobile.

Il telefono cellulare fu inventato nel 1973 da Martin Cooper, direttore della sezione Ricerca e sviluppo della Motorola. Solo dopo 10 anni la Motorola decise di produrre in azienda un modello dal costo di 4000 dollari.

Negli anni '90 si assiste ad una prima convergenza tra telefonia tradizionale e trasferimento di dati con la diffusione sempre più massiccia delle reti ISDN, l'introduzione di reti intelligenti e l'affermarsi delle reti cellulari numeriche; nel mondo, nel 2007 il 50% della popolazione mondiale aveva un cellulare. All'inizio del 2009 la percentuale è salita al 61%.

Ed ora?

Dal 2000 in poi si sta sempre più abbattendo il confine tra telefonia e trasmissione dati andando sempre più verso una convergenza tra contenuti trasmessi e mezzi trasmissivi, identificando come via maestra l'accoppiata data dal protocollo IP e dalle fibre ottiche: le reti NGN.

## 2 Protocollo IP

L' IP (Internet Protocol) è il protocollo su cui attualmente si basa la rete internet. Nasce negli anni '70 grazie ad una serie di ricerche fatte dalle Università americane su richiesta del Ministero della Difesa.

Questo protocollo fornisce una tecnica di trasmissione dati di tipo connection-less, orientata al pacchetto e di tipo best-effort e quindi senza alcuna garanzia sulla consegna dei pacchetti, tuttavia il servizio viene di solito reso affidabile dai livelli superiori (TCP).

Ogni pacchetto oltre a contenere i dati del messaggio da inviare deve anche possedere altre informazioni e in particolare la destinazione del pacchetto stesso, non essendoci una connessione prefissata tra trasmettitore e ricevitore.

Uno tra i compiti principali dell' IP è quindi dato dall' indirizzamento e dall' instradamento (commutazione) tra sottoreti eterogenee. Per far ciò è necessario assegnare un piano di indirizzamento a cui tutte le sottoreti devono attenersi per poter comunicare e interoperare tra loro: tale piano è rappresentato proprio dal Protocollo IP.

Questo comporta:

- l'assegnamento a ciascun terminale connesso di un indirizzo univocamente associato all'indirizzo MAC locale, detto Indirizzo IP;
- la definizione delle modalità o procedure, tese a individuare il percorso di rete per interconnettere due qualunque sottoreti, durante una comunicazione tra sorgente e destinatario di sottoreti diverse. La conoscenza di questo percorso comporta a sua volta l'assegnazione e la conoscenza dell'indirizzo IP a ciascun commutatore (router) che collega i 2 terminali e quindi, mette in relazione tutte le sottoreti da attraversare.

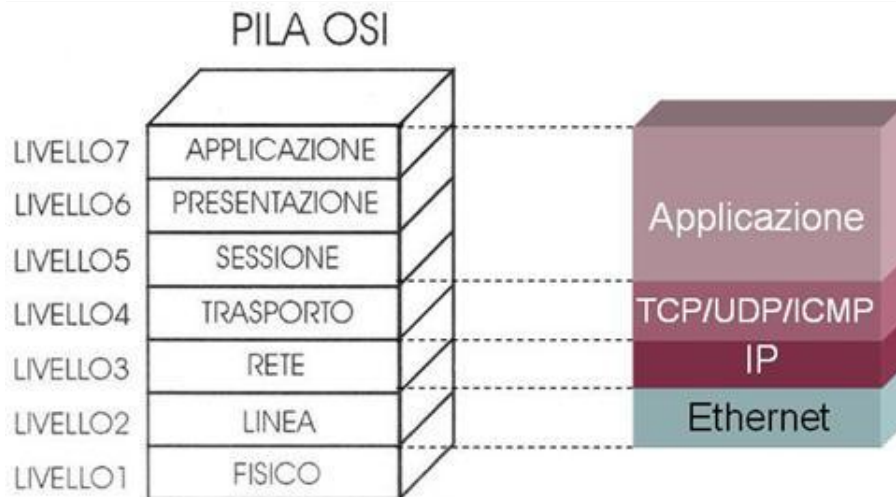


Figura 2.1 grafico livelli ISO/OSI

Quando un'applicazione invia dei dati, utilizzando l'architettura TCP / IP , i dati vengono mandati verso il basso attraverso tutti i livelli della pila protocollare fino ad essere trasmessi dal livello fisico.

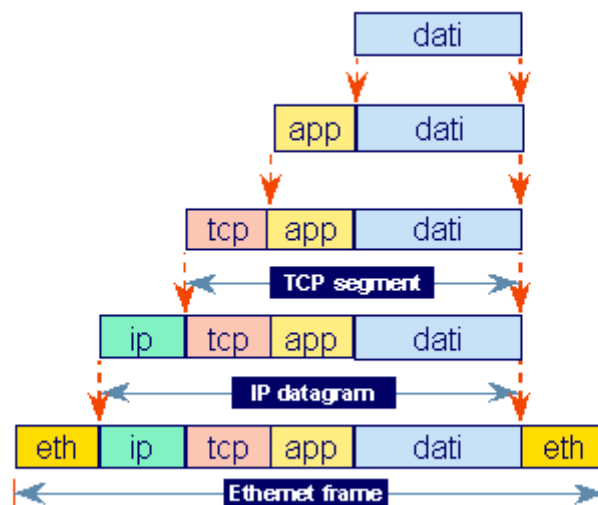


Figura 2.2 incapsulamento dati

Ogni livello aggiunge delle informazioni di controllo, preponendo degli header ai dati che riceve. I dati d'utente, ai quali viene preposta un'intestazione dallo strato di applicazione, vengono passati al protocollo dello strato di trasporto: quest'ultimo esegue varie operazioni e aggiunge un'intestazione alla PDU che gli è stata inviata.

L'unità di dati prende ora il nome di *segmento*. Lo strato di trasporto fornisce quindi il segmento allo strato di rete, che presta anch'esso servizi specifici e aggiunge un'intestazione. Questa unità (che la terminologia di Internet definisce ora *datagramma*) viene passata ai livelli inferiori, dove lo strato di collegamento dati aggiunge la propria intestazione e una coda (*trailer*); l'unità di dati (*trama*) viene poi trasmessa in rete dallo strato fisico. In figura 2.2 è mostrato un esempio di imbustamento dei dati, nell'ipotesi che la sottorete sia una LAN di tipo *Ethernet*.

## 2.1 Datagramma IP:

Il protocollo IP prevede quindi che le informazioni vengano strutturate in unità chiamate datagrammi IP, la cui lunghezza massima è 65 535 byte.

Questi possono essere considerati divisi principalmente in due parti:

- Il campo dati, il quale contiene il messaggio da inviare
- L'intestazione (*header*) che contiene appunto le informazioni necessarie per instradare il pacchetto nella rete.

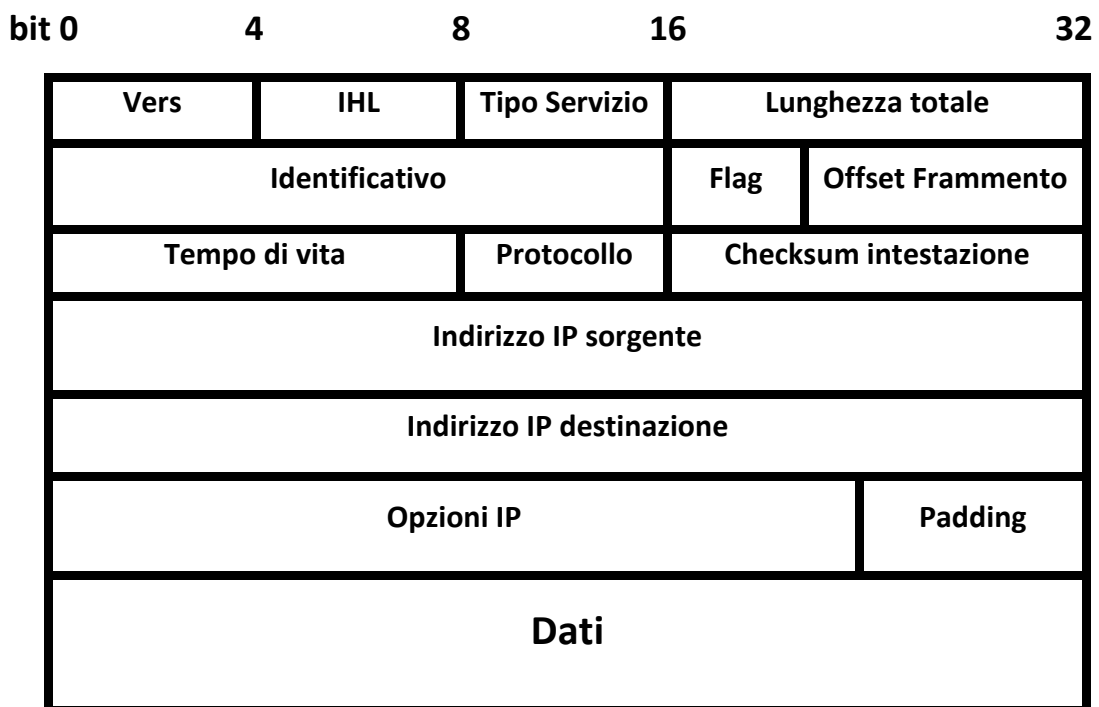


Figura 2.3 suddivisione datagramma IP

## I campi del datagram IP

- **Versione:** identifica la versione del protocollo IP del pacchetto; quella oggi in uso prevalente è IPv4, sebbene ci si stia indirizzando verso l'uso della versione IPv6 (denominata anche IPng, IP *next generation*).
- **Lunghezza dell'intestazione (IHL):** contiene 4 bit impostati a un valore che indica la lunghezza dell'intestazione dei datagrammi. La lunghezza è misurata in parole di 32 bit. Solitamente, un'intestazione senza opzioni di qualità del servizio (QoS) è costituita da 20 *byte* (quindi  $20 * 8 = 160$  bit, ovvero 5 raggruppamenti da 32); di conseguenza il valore del campo della lunghezza è di norma 5.
- **Tipo di servizio (TOS):** può essere utilizzato per classificare i pacchetti e offrire un servizio differenziato (QoS).
- **Lunghezza totale:** specifica la lunghezza totale del datagramma IP. Si misura in *byte* e comprende la lunghezza dell'intestazione e dei dati. IP sottrae il campo lunghezza dell'intestazione dal campo lunghezza totale, per calcolare le dimensioni del campo dati. La lunghezza massima possibile per un datagramma è di 65 535 *byte*.

Il protocollo IP utilizza tre campi nell'intestazione per controllare la frammentazione e il riassettaggio dei datagrammi. Questi sono il campo identificatore, *flag* e scostamento del frammento.

- **Identificatore:** serve all' *host* ricevente per designare in modo univoco ciascun frammento di un datagramma proveniente dall'indirizzo di origine.
- **Flag:** contiene i bit che determinano se il datagramma può essere frammentato: in caso affermativo, uno dei bit può essere impostato in modo tale da determinare se il frammento è l'ultimo del datagramma.
- **Offset del frammento:** contiene un valore che specifica la posizione relativa del frammento nel datagramma originale; il valore si misura in unità di otto *byte*.

- **Tempo di vita (TTL, *Time To Live*):** serve per misurare il tempo di presenza di un datagramma in rete. Ogni *router* quando riceve un pacchetto controlla questo campo, e lo scarta se il valore TTL è uguale a zero; prima di inoltrare nuovamente il pacchetto, il campo TTL viene diminuito di una unità. Il campo TTL indica quindi il numero di tratti che il pacchetto può attraversare, e può essere usato dai *router* per evitare che i pacchetti entrino in cicli infiniti, ma anche da un *host* per limitare la durata della presenza di segmenti in rete.
- **Protocollo:** serve per identificare il protocollo dello strato immediatamente superiore a IP che deve ricevere il datagramma.
- **Checksum dell'intestazione** viene utilizzato per rilevare eventuali errori che possono essersi verificati nella sola intestazione. I controlli non vengono eseguiti sul flusso dei dati dell'utente. Se da un lato ciò consente di usare un algoritmo di *checksum* piuttosto semplice, in quanto non deve operare su molti *byte*, dall'altro richiede che un protocollo di livello superiore esegua un controllo degli errori sui dati dell'utente.

IP trasporta due indirizzi nel datagramma:

- l'indirizzo di origine (**IP sorgente**) ;
- l'indirizzo di destinazione (**IP destinazione**), che conservano lo stesso valore per tutto il trasferimento.
- **Opzioni:** serve per identificare vari servizi supplementari.
- **Padding (riempimento):** può essere utilizzato per far sì che l'intestazione del datagramma sia allineata ad una delimitazione precisa in pratica vengono aggiunti dei bit per raggiungere una dimensione specifica.
- **Dati:** contiene le informazioni da trasportare.

## 2.2 Perché è stato scelto proprio il protocollo IP?

A causa delle poche garanzie, l'IP è un protocollo molto semplice. Questo significa che può essere implementato molto facilmente e può essere utilizzato in sistemi con modeste potenze di calcolo e piccole quantità di memoria. Questo significa anche che l'IP richiede soltanto le funzionalità minime del livello sottostante (la rete fisica che trasporta i pacchetti tramite l'IP) e può essere applicato in un'ampia varietà di tecnologie di rete.

Il tipo di servizio senza promessa offerto dall'IP non è direttamente utile a molte applicazioni. Le applicazioni in genere dipendono dal TCP o dall'UDP per avere la sicurezza dell'integrità dei dati e (nel caso del TCP) la consegna ordinata e completa dei dati.

In figura 2.4 è rappresentata il traffico mensile con protocollo IP secondo le stime Cisco;

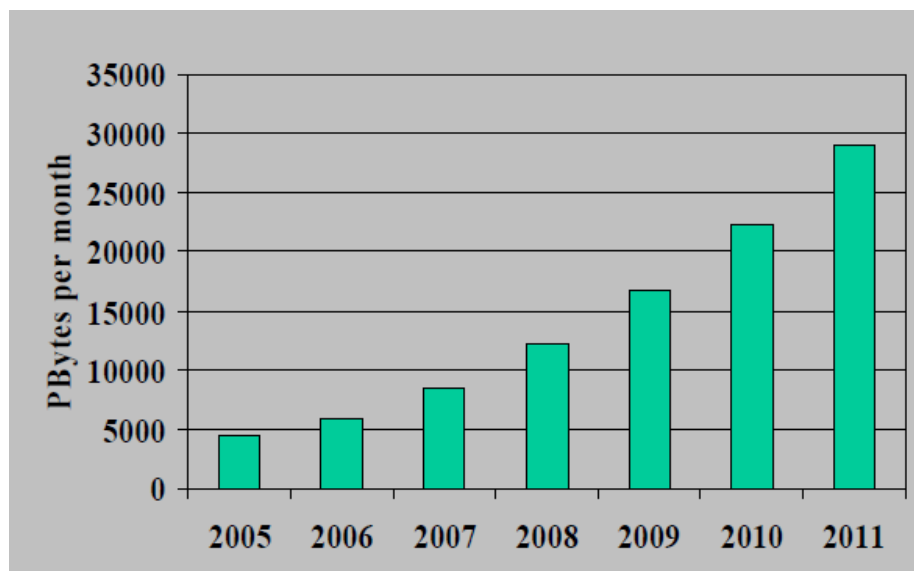


Figura 2.4 traffico mensile con protocollo IP



## 3 La rete d' accesso

### 3.1 La rete d'accesso: passato, presente e futuro

Con la denominazione “rete d'accesso” si è sempre inteso storicamente il tratto di rete che va dall'ultima Centrale di commutazione (indicata con il termine “SLU o SL” ossia, *Stadio di Linea Urbano*) fino a raggiungere il singolo utente.

E' quindi il segmento trasmissivo caratterizzato dall'impiego di portanti dedicate ad ogni singolo utente, a differenza degli altri segmenti della rete dove più segnali opportunamente affasciati (*multiplati*) transitano su portanti condivise tra più utilizzatori.

A parte una piccolissima percentuale di accessi in fibra, la rete d'accesso in rame è tuttora la soluzione tecnica in assoluto più sviluppata per dare servizi di telefonia e dati agli utenti residenziali. Nei Paesi occidentali la coppia di fili di rame (il cosiddetto *doppino*) raggiunge praticamente tutte le abitazioni anche in virtù del principio del servizio universale telefonico che si è affermato in passato.

Analizzando la rete rappresentata in figura 3.1 si possono identificare alcuni aspetti impiantistici dell' attuale rete in rame.

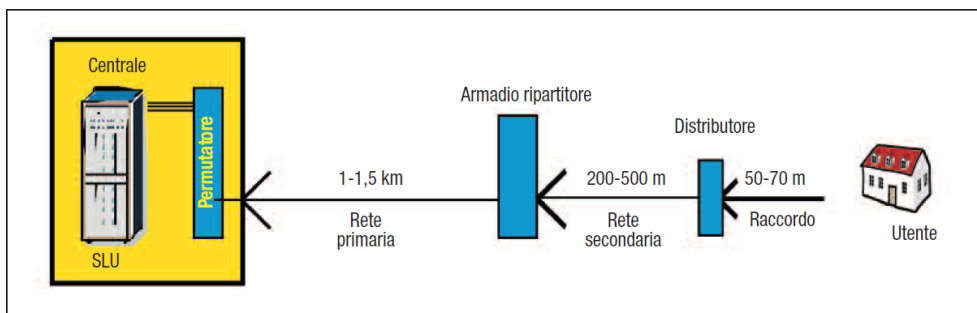


Figura 3.1 configurazione attuale rete d' accesso in rame

La **Centrale** è un locale, di dimensioni variabili, in cui sono ospitati gli apparati ai quali si attestano i vari doppini dei clienti. Le centrali gestiscono da poche centinaia di utenti, in zone rurali, fino a qualche decina di migliaia nei centri urbani nel caso in cui nello stesso edificio siano allocati un certo numero di SLU.

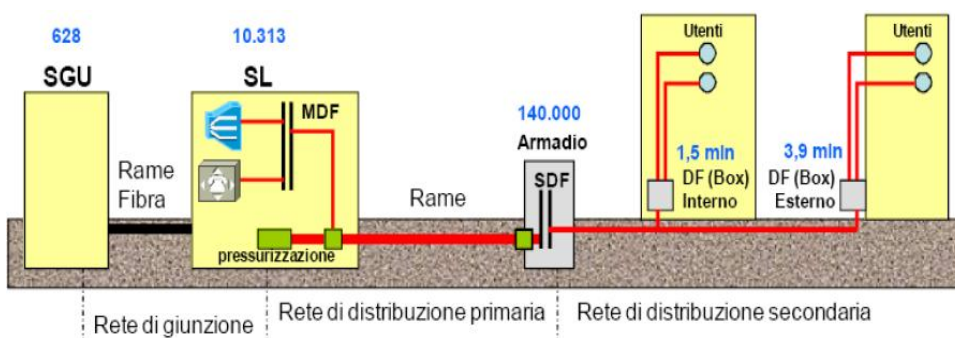


Figura 3.2 attuale rete Telecom Italia

Secondo dati Telecom Italia, nel 2008 il numero di SLU in Italia era 10 313, per ragioni storiche molto elevato rispetto ad altri paesi, con una conseguente rete d'utente di lunghezza media particolarmente contenuta come si può notare in figura 3.3, dove circa il 90% delle reti d'accesso non superano i 3 Km.

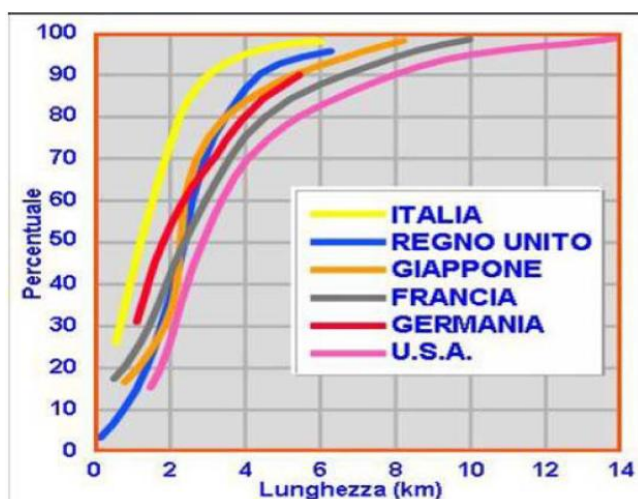


Figura 3.3 percentuale lunghezza rete d' accesso dei principali stati

Un certo numero di SLU concorre verso il livello superiore di Centrale di commutazione (denominato SGU - *Stadio di Gruppo Urbano*) il cui numero in Italia è di circa 650 con il 10% di essi (denominati SGT - *Stadio di Gruppo di Transito*) adibiti al traffico interurbano.

Elemento caratteristico della Centrale terminale è il *permutatore* che è il punto di terminazione di cavi della rete primaria che raggruppano da 400 a 2400 doppini. Esso permette la mappatura, modificabile nel tempo, tra utenti e reti.

Con rete primaria s'intende il percorso, che collega lo SLU ai vari *armadi ripartitori* (circa 140 000) che rappresentano il punto di interconnessione tra i doppini della rete primaria e quelli della rete secondaria. L'armadio ripartitore permette di gestire fino ad un massimo di 400 doppini e da esso si dipartono cavi sotterranei (in Italia tipicamente non in "condotti", ma interrati) oppure, in aree rurali, cavi aerei che raggiungono il *distributore*. L'armadio distributore rappresenta l'ultimo punto di flessibilità prima di entrare, con un raccordo dell'ordine di 50-70 m, nelle abitazioni degli utenti in cui il singolo doppino viene attestato alla cosiddetta *Borchia d'Utente*. Il distributore può essere ospitato sul marciapiede più prossimo all'edificio (circa 4 mln) o all'interno dello stesso (circa 1.5 mln).

Una delle principali caratteristiche dei collegamenti nella rete d'accesso attuale è la diretta corrispondenza tra doppino di rame e utente: un doppino trasporta le informazioni per uno e un solo utente.

In altre parole il termine rete d'accesso si è sempre identificato come il confine di transizione tra infrastrutture condivise (ossia con segnali multiplati di più utenti) e quelle dedicate ai singoli utenti.

Per le reti NGN, la rete d'accesso è invece identificata dal segmento di rete che parte dall'ultima centrale ed arriva fino all'utente e viene chiamata **NGAN** (*Next Generation Access Network*).

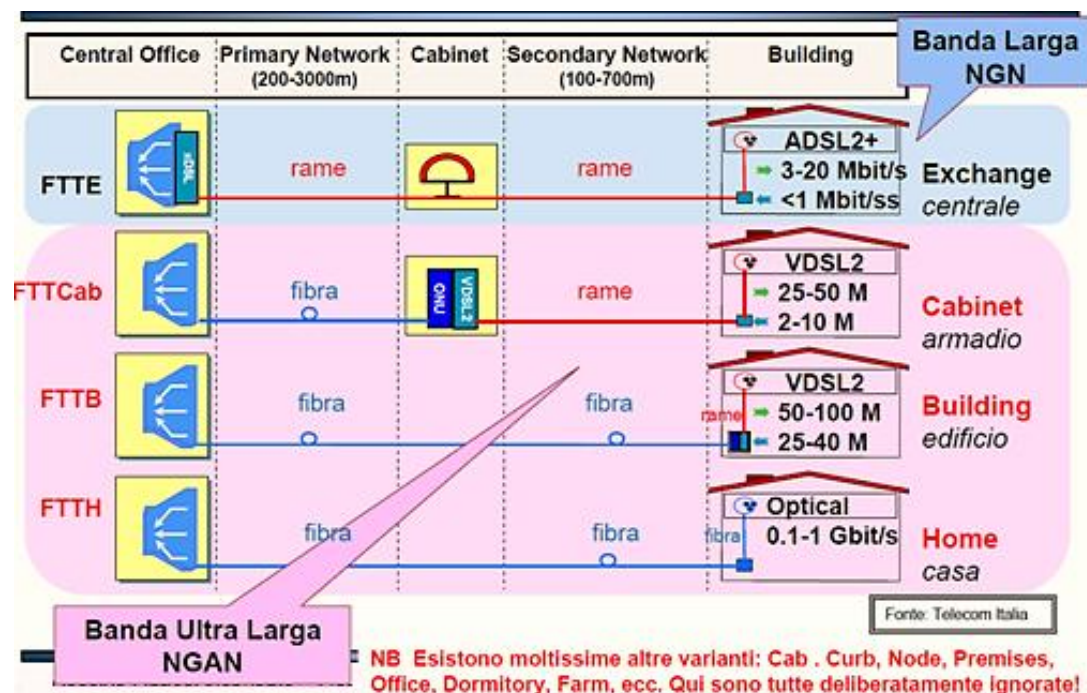


Figura 3.4 possibili configurazioni NGN e NGAN

Una caratteristica peculiare delle NGAN è l'introduzione totale o parziale della **fibra ottica** in sostituzione del rame (figura 3.4), la quale, nella maggior parte delle architetture proposte (o in porzioni di esse) è utilizzata come sistema condiviso tra più utenti.

### 3.2 NGAN: Considerazioni preliminari

Il sistema ADSL è stato un mezzo straordinario per potenziare di due ordini di grandezza le possibilità trasmissive del doppino di rame e sta svolgendo in pieno la sua funzione di sistema di transizione, pur non potendo essere considerato un punto di arrivo a regime.

Accanto ad una serie di vantaggi quali la semplicità d'installazione e il basso costo di investimento, il sistema presenta alcune limitazioni che difficilmente sono accettabili nel momento in cui si affronta una nuova rete NGN:

- le prestazioni dei sistemi ADSL (in teoria 7-8 Mbit/s, nella pratica 3-4 Mbit/s, denominata "banda larga di prima generazione") sono notevolmente dipendenti dalla lunghezza della tratta di utente, distanza

che in prospettiva è destinata in Italia ad aumentare dato che Telecom Italia ha sposato l'indirizzo di diminuire il numero di centrali esistenti.

- anche attraverso l'impiego di una *seconda generazione* di ADSL (ADSL2+), si è in presenza di una limitatezza di banda che, nei casi migliori ovvero per distanze non troppo lunghe e doppini non disturbati, raggiungere in teoria 18-24 Mbit/s (nella pratica 8 - 10 Mbit/s) in *Down-stream* e 1-2 Mbit/s in *Up-stream*. Tale soluzione permette di trasmettere programmi televisivi a definizione standard (SDTV) ma resta una forte asimmetria di bit-rate tra i due sensi di trasmissione, prestazione carente, in particolare per servizi *peer-to-peer*.
- alta sensibilità alle interferenze di sorgenti elettromagnetiche e, in prospettiva, i disturbi di diafonia (rumore o interferenza elettromagnetica che si può generare tra due cavi vicini), man mano che un maggior numero di coppie dovesse essere equipaggiato con sistemi ADSL.

La rete NGAN supera tutte queste limitazioni con opportune soluzioni che tendono in ogni caso a portare la fibra il più vicino possibile all'utente (se non necessariamente alla borchia), in modo tale da consentire un aumento di banda disponibile e quindi l'introduzione di nuovi servizi (Internet a larghissima banda, TV ad alta definizione, *peer-to-peer* di video semi-professionali ecc.).

Le architetture in discussione sono molteplici e ovviamente quelle maggiormente proiettate al futuro comportano costi d'investimento più elevati, anche se in compenso sono destinate a durare per un maggior numero di anni e a configurarsi come soluzioni di regime. Le tipologie di reti d'accesso NGAN possono sostanzialmente ricondursi, a livello infrastrutturale, a tre famiglie sotto indicate:

- suddivisione del segmento che va dalla Centrale all'utente in due tronconi: la rete d'accesso primaria equipaggiata con un sistema in fibra ottica, in luogo del rame, in grado di servire più utenti in modo affasciato e, la rete secondaria, con i tradizionali doppini di rame dedicati verso i singoli utenti finali o verso una stazione Radio-Base di un sistema cellulare mobile;

- come la precedente, ma con rete secondaria divisa ulteriormente in due parti e perciò con fibra ottica prolungata dall'Armadio ripartitore (che diventa un ripartitore di fibra ottica) fino al distributore sistemato in piccoli armadi sul marciapiede o nella cantina dell'edificio e solo da questo punto con portanti in rame e/o radio;
- sostituzione totale del doppino di rame con la fibra ottica che può essere dedicata ad ogni singolo utente (punto-punto a partire dalla Centrale) oppure in parte condivisa e in parte dedicata (punto-multipunto).

Ovviamente nel caso d'impiego di soluzione radio per l'ultimo tratto, l'utente finale non può aspirare a velocità paragonabili a quelle ottenibili con un ultimo tratto in rame (e meno che meno per la fibra) in quanto la rete radio è a sua volta condivisa tra gli utenti.

Le soluzioni radio però sono di fondamentale importanza in almeno due casi.

- Il primo campo applicativo è quello che persegue la completa mobilità dell'utente dotandolo, attraverso i sistemi cellulari di quarta generazione, di bande significativamente più elevate di quelle attuali;
- un secondo campo riguarda la copertura delle aree rurali con sistemi Wi-Fi/Hyperlan e WiMax che perseguono lo scopo di attenuare il "*Digital Divide*" nelle zone difficilmente servibili con sistemi a banda larga (paragonabili almeno all'ADSL). La nuova rete d'accesso verrà in tal caso a svolgere funzioni di raccordo da e verso la rete principale quando, in particolare, aumenteranno le distanze.

Non vi è dubbio che il mezzo che consente di superare tutti gli attuali limiti è rappresentato dall'introduzione della fibra ottica in area di utente. La fibra ottica è stata già largamente usata sin dalla fine degli anni ottanta nei collegamenti dorsali nazionali e, attraverso le tecnologie **WDM** (*Wavelength Division Multiplexing*), ha permesso di raggiungere frequenze di cifra dell'ordine delle centinaia di Gbit/s per distanze anche superiori ai 100 km senza ripetitori. L'estensione della fibra all'area d'utente rappresenterà quindi il mezzo destinato a coprire le esigenze dei clienti residenziali per molti decenni.

### 3.3 NGAN: varianti infrastrutturali

Le tre famiglie di architetture di rete accennate in precedenza, sono illustrate graficamente in figura 3.5 e assumono le seguenti denominazioni (in generale designate con l'acronimo **FTTx**):

- **FTTCab**: *Fiber To The Cabinet* (Fibra all'Armadio ripartitore);
- **FTTB/C**: *Fiber To The Building* (Fibra all' Edificio) o *Fiber to the Curb* (Fibra al Marciapiede);
- **FTTH**: *Fiber To The Home* (Fibra all' abitazione utente).

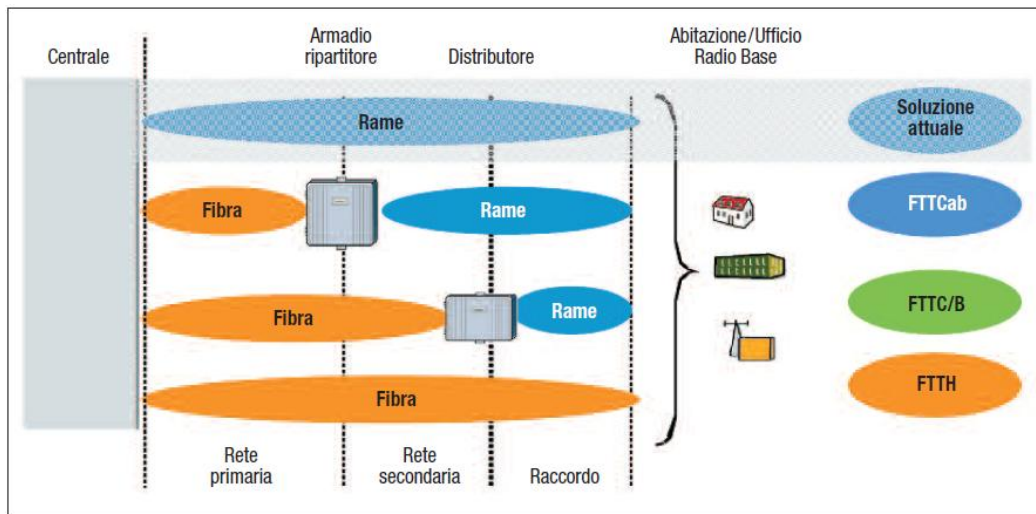


Figura 3.5 possibili implementazioni della rete d'accesso NGAN in confronto con l'attuale rete

Il primo tipo d'architettura **FTTCab**, rispetto alla soluzione attuale del "tutto rame" con ADSL, consiste nel sostituire una fibra ottica ai doppi di rame fino all'Armadio ripartitore, continuando a sfruttare i doppi esistenti (dal ripartitore all'utente) attraverso l'impiego della VDSL.

È certamente una soluzione che limita gli investimenti (opere civili per condotti preesistenti) ma che, dal punto di vista dei servizi a banda sempre più larga, non può considerarsi una soluzione di regime in quanto, le velocità rese disponibili all'utente potrebbero in breve tempo essere considerate insufficienti. Inoltre, al crescere degli utenti di servizi a banda larga, è assai probabile che si presentino problematiche d'installazione quali:

- un eccessivo numero di apparati VDSL da introdurre negli armadi;

- consumi eccessivi di potenza con relativi problemi di dissipazione termica;
- problemi insuperabili di diafonia nei cavi a coppie per le alte velocità impiegate.

La seconda soluzione **FTTC e FTTB** prevede l'estensione delle fibre in vicinanza dell'utenza; essa comporta costi notevolmente maggiori per la necessità di sostituire i cavi della rete secondaria, quasi sempre interrati, con cavi a fibre in nuovi condotti, ma ha il vantaggio di predisporre le cose in vista di una futura soluzione "tutta fibra".

La terza soluzione **FTTH**, in cui la fibra arriva fino a casa dell'utente, è articolata a sua volta in due possibili alternative:

- FTTH-PtP (*Point to Point*), sostituisce l'intero doppino di rame con una fibra dedicata al singolo utente;
- FTTH-PtM (*Point to Multipoint*), consiste in una fibra condivisa tra più utenti nell'ambito della rete primaria e una fibra individuale nella rete secondaria.

Ambedue le soluzioni possono essere totalmente passive con vantaggi di manutenzione e di carattere ecologico (nessun consumo di potenza e assenza di materiali nocivi per l'ambiente lungo la linea), ma necessitano di pesanti lavori civili essenzialmente in rete secondaria.

Nel valutare i principali vantaggi o svantaggi delle differenti soluzioni dobbiamo tener conto di numerosi fattori riassunti in tabella 3.1 tra i quali: il livello d'investimento da sostenere, la banda offerta all'utente e il relativo ritorno previsto, la situazione urbanistica, la scalabilità e la validità di lungo termine della soluzione scelta, la rapidità di realizzazione e infine anche il quadro regolamentare.



<b>PARAMETRI IN ESAME</b>	<b>FTTCab</b>	<b>FTTB/C</b>	<b>FTTH</b>
<b>Investimenti</b>	Medi	Alti	Molto alti
<b>Capacità</b>	Media	Alta	Molto alta
<b>Impatto per lavori urbanistici</b>	Medio	Alto	Alto
<b>Scalabilità e validità a lungo periodo</b>	Bassa	Media	Alta
<b>Complessità di esecuzione</b>	Media	Alta	Molto alta
<b>Difficoltà di concorrenza infrastrutturale</b>	Alta	Molto alta	Molto alta
<b>Costi operativi</b>	Alti	Molto Alti	Bassi

Tabella 3.1 confronto tra le possibili "famiglie"

Tenuto conto dei vincoli economici, non esiste ovviamente una soluzione ideale e molto dipende dalla preesistente condizione della rete e dell'utenza. Sarà dunque necessario accettare dei compromessi valutando, per ogni area d'impiego, la soluzione più opportuna.

In ogni caso, il dispiegamento della fibra in rete primaria dovrà essere fatto in modo che esso possa rispondere anche ai requisiti di più lungo periodo (estensione all'utente e relative tecniche di protezione).

### **3.4 Hardware e software necessari per le reti NGAN:**

Per analizzare le architetture FTTx sopra proposte è necessario entrare in maggior dettaglio sulle tecnologie che permettono tali implementazioni.

Ciascuna delle tre architetture rappresenta, in realtà, una famiglia di possibili soluzioni applicative, in dipendenza dalle scelte operate dai gestori ed in relazione alla struttura e condizioni della rete preesistente.

Per avere il quadro completo delle possibili soluzioni è necessario approfondire le diverse tecnologie hardware e software che, opportunamente combinate, rendono i diversi sottocasi possibili. Tali tecnologie, per quanto riguarda le reti d'accesso, sono

essenzialmente legate agli standard studiati nell'ambito dei primi due livelli della pila ISO-OSI rappresentata in figura 2.1, ossia:

- il cosiddetto “strato fisico” (**Livello 1**) che specifica l'interfaccia meccanica ed elettrica per la trasmissione dei *bit* nel mezzo trasmissivo impiegato (rame, fibra ecc.);
- lo strato “*Data Link*” (**Livello 2**) che specifica l'organizzazione dei dati in *frame* per garantire la correttezza delle sequenze di *bit* trasmesse.

Considerando la rete d'accesso occorre approfondire per il Livello 1 le seguenti tecnologie:

- **Ethernet Phy** (*Ethernet Physical Layer*), importante per varie alternative su fibra e rame nelle tre famiglie architetture;
- **xPON** (*Passive Optical Network*), di notevole importanza per tutte e tre le famiglie nel segmento fibra;
- **VDSL2** (*Very high speed DSL*), essenziale per utilizzare il segmento in rame delle prime 2 famiglie;
- **WDM** (*Wavelength Division Multiplexing*), d'interesse per soluzioni implementative del segmento fibra relativamente a tutte e tre le famiglie.

Non va inoltre dimenticato che anche le tecnologie costruttive delle fibre e le relative tecniche di dispiegamento possono essere diverse in dipendenza dall'impiego nei vari segmenti dell'area di accesso.

Per quanto riguarda le tecnologie di Livello 2 occorre essenzialmente richiamare, il solo protocollo: **Ethernet di Livello 2** trascurando altri protocolli che, pur impiegati, svolgono funzioni ausiliarie quali quelle di rendere compatibili interfacce diverse

Combinando in modo opportuno tutte le varianti a disposizione sarà possibile ottenere soluzioni diverse in base agli scopi per cui saranno progettate le reti.

## ETHERNET

Col generico nome Ethernet (protocollo nato per le LAN su rame nell'ambito dell'organismo IEEE *Institute of Electrical and Electronics Engineers*) ci si riferisce ad una complessa famiglia di standard di Livelli 1 e 2 (raggruppati nella famiglia IEEE-802) studiati per differenti velocità e mezzi trasmissivi.

Per la sua semplicità ed universalità Ethernet si sta sempre più affermando come protocollo base di Livello 2 anche per la sua diffusione in molti apparati e per il suo impiego in *router* e *switch*.

Altri vantaggi di *Ethernet* sono:

- standardizzazione rigorosa;
- inter-operabilità di molti fornitori diversi;
- rapidità di adeguamento ai diversi mezzi trasmissivi ed ad un sempre maggiore incremento di velocità;

Le specifiche di Livello 1 di Ethernet, nate per il rame, sono state infatti estese da tempo anche alla fibra prendendo in considerazione velocità di tre ordini di grandezza superiori rispetto alla nascita del primo standard. Tale estensione ha dato origine ai sistemi denominati **Fast Ethernet** (FE) per 100 Mbit/s, **Gigabit-Ethernet** (GE) per 1 Gbit/s e **10Gigabit-Ethernet** (10GbE) per 10 Gbit/s, che sono da considerarsi in concorrenza con le soluzioni xPON che, pur impiegando un Livello 2 Ethernet, hanno una strategia di Livello 1 nell'impiego del mezzo trasmissivo fondamentalmente diversa.

In particolare, una possibile soluzione per la rete d'accesso in fibra ottica può impiegare un modello simile alla rete in rame (prevedendo cioè che ogni utente abbia una fibra dedicata dalla Centrale all'abitazione) ed in questo caso è consolidato, a livello di trasporto, l'impiego di Gigabit-Ethernet sia a Livello 2 che a Livello 1.

Per quanto riguarda l'evoluzione della velocità (partendo tre decenni fa da 10 Mbit/s oggi giorno è stato definito il 10 Gbit/s e nel giugno 2010 standardizzati anche i 40 e 100 Gbit/s), nella figura 3.8, si riporta l'evoluzione degli standard di

Livello 1 per le velocità di linea dello strato fisico Ethernet per il doppino in rame (T sta per *Twisted*) e per la fibra (F per *Fiber*).

Particolare importanza per la rete d' accesso hanno, la 100 Base-T/F (Fast Ethernet) e la 1000 Base-F (Gigabit Ethernet).

Per quanto riguarda il Livello 2 è utile richiamare alcune importanti funzionalità:

- gestione della correttezza di trama e dell'instradamento dei pacchetti (utilizzando il protocollo MAC);
- gestione degli allarmi e delle protezioni, delle VLAN (*Virtual LAN*).

### **xPON**

La famiglia xPON (nata nell'ambito dell'organismo di standardizzazione ITU) è stata sin dall'inizio pensata e progettata per rispondere al contesto FTTH.

La sua caratteristica principale è la condivisione della fibra tra diversi utenti con l'impiego, tranne per i terminali, di componenti esclusivamente passivi (PON: *Passive Optical Network*). Il termine "x" specifica le caratteristiche di velocità ovvero i protocolli di Livello 2 impiegati (ad esempio A per ATM, B per *Broadband*, E per *Ethernet*, G per *Gigabit*). Di queste diverse famiglie, per la futura rete d'accesso, è sufficiente concentrarsi su EPON e GPON standardizzati rispettivamente da IEEE e ITU.

La tecnologia PON è stata introdotta con l'obiettivo di avere un sistema condiviso semplice ed a bassi costi di manutenzione con costi contenuti d'investimento.

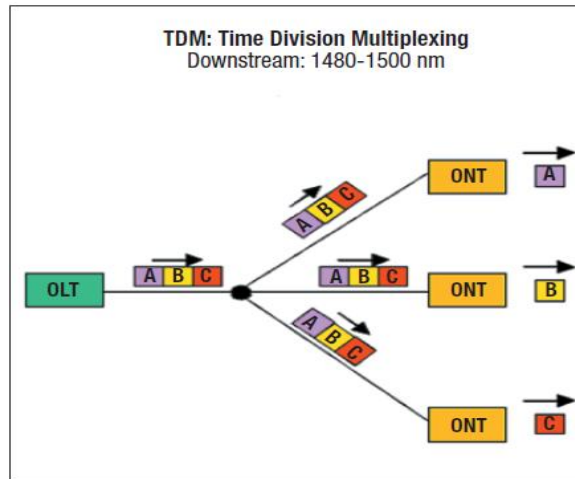


Figura 3.6 schema downstream tecnologia xPON

Per quanto riguarda il Livello 1, come si vede dalla figura 3.6, nella comunicazione *downstream* i dati relativi a tutti gli utenti sono raggruppati a divisione di tempo (TDM) e inviati dal trasmettitore (OLT: *Optical Line Terminal*) con un'unica sorgente laser.

Uno “*splitter*” passivo, invia tutti i dati ai terminali ONT (*Optical Network Termination*) dei vari utenti che selezionano i dati di competenza attraverso un meccanismo a divisione di tempo ed eliminano gli altri che non li riguardano.

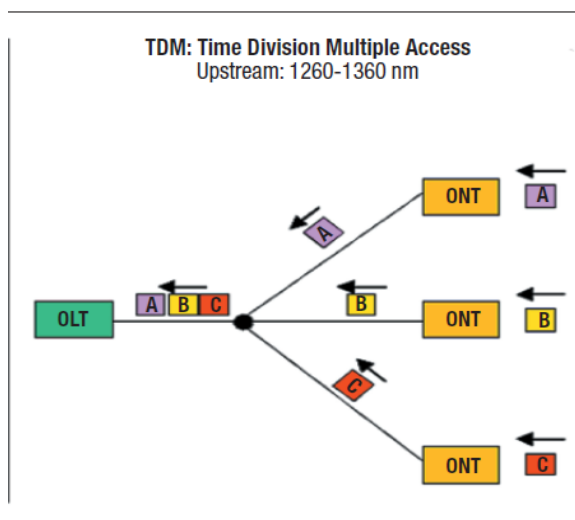


Figura 3.7 schema upstream tecnologia xPON

Nel percorso inverso in *upstream* (come si vede in figura 3.7), i dati sono inviati alla stessa lunghezza d' onda da tutti gli utenti e vengono sommati dallo splitter sulla singola linea evitando la “*collisione*” dei dati attraverso l'impiego della tecnica TDMA (*Time Division Multiple Access*) che assegna ad ogni ONT un canale temporale

(*time slot*) in cui “accendere”. Pertanto, tutti gli ONT devono essere tra loro sincronizzati per evitare interferenze in *up-stream*.

Come già detto, i due standard di maggior interesse che definiscono le reti PON per le future reti d'accesso NGAN sono:

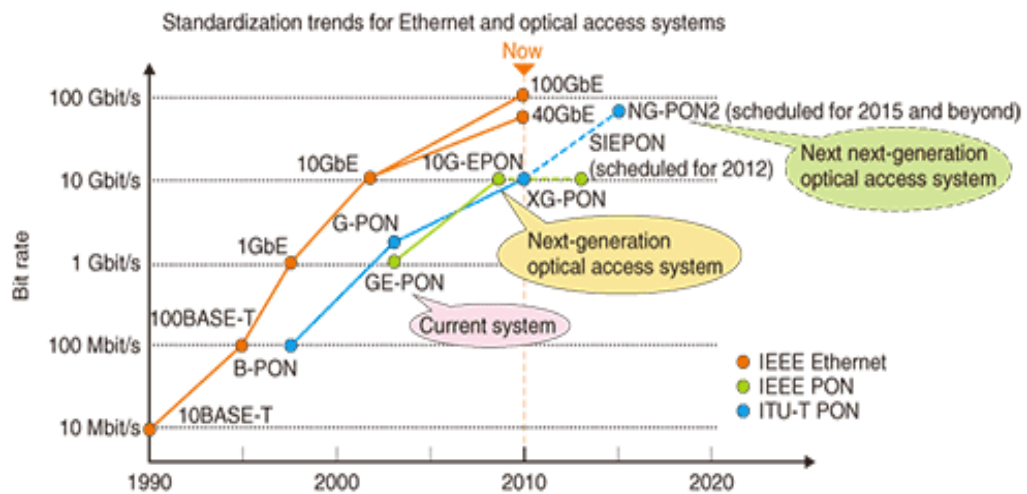
- EPON (IEEE 802.3): standard consolidato nel 2004 nell'ambito IEEE. Considera esclusivamente Ethernet come protocollo di collegamento e permette velocità simmetriche di 1.25 Gbit/s operando su distanze fino a 20 km.
- GPON (ITU G.984): è il successore ufficiale dei due precedenti standard ITU denominati APON e BPON con un sostanziale aumento di prestazioni. Prevede 2.5 Gbit/s in *down-stream* e, tipicamente, 1.25 Gbit/s in *up-stream*. Come protocollo di *Livello 2* può impiegare sia ATM che Ethernet (anche se nelle ultime implementazioni si considera essenzialmente il solo protocollo Ethernet) e supporta anche l'uso di un protocollo denominato GEM (*Generic Encapsulation Method*) che è più strutturato per la trasmissione video.

Nel settembre 2009 è stato approvato lo standard 802.3av (10G-EPON) da parte dell' IEEE, con due possibili configurazioni: capacità di 10Gbit/s in downstream e 1 Gbit/s in upstream o 10Gbit/s simmetrico; ed ad esso è stato associato lo standard 10G-PON (ITU G.987) che prevede 10Gbit/s in down-stream e 2.5 Gbit/s in up-stream.

Nella tabella 3.2 sono riassunte le principali caratteristiche a confronto (aggiornate a gennaio 2009) delle diverse configurazioni, in figura 3.10 è rappresentato l'incremento di velocità dei vari standard nel corso degli anni.

Technology	Standard	Downstream/Upstream Bandwidth	# ONT served	Lambda	Framing/Protocol	Distance
APON/BPON (ATM PON/Broadband PON)	ITU-T G.983.x	155, 622 or 1244 Mbit/s down 155 or 622 Mbit/s up	Limited by power budget and ONU addressing limits: 16 to 32 splitter	1490 nm Down 1310 nm Up (1550 nm Down for RF video )	ATM	20 km
GPON (Gigabit PON)	ITU-T G.984	1.2 or 2.4 Gbit/s down 155, 622, 1.2 or 2.4 Gbit/s up	Up to 64(physical) Up to 128 (logical)	1490 nm Down 1310 nm Up (1550 nm Down for RF video)	GEM: G-PON Encapsulation Method (supports Ethernet), ATM	10/20 km (up to 60 km )
EPON (Ethernet PON)*	IEEE 802.3ah	Symmetric 1.25 Gbit/s	Up to 32	1550 nm Down 1310 nm Up	Ethernet	10/20 km
10GEPON (10 Gigabit Ethernet PON)	IEEE 802.3av (Working Task Force)	10 Gbit/s down 1 Gbit/s up (symmetric 10 Gbit/s in the future?)	32 (maybe more?)	1480-1500 nm Down ? 1260-1360 nm Up ? 1550-1560 Video overlay ?	Ethernet	20 km

Tabella 3.2 Differenze tra i vari standard



FSAN: Full Service Access Network  
ITU-T: International Telecommunication Union, Telecommunication Standardization Sector

Figura 3.8 Incremento delle velocità di trasmissione riferite alle diverse tecnologie

## VDSL2

Con "VDSL" ci si riferisce ad un componente della famiglia DSL, con prestazione particolarmente avanzate su distanze brevi, basata sulla medesima tecnologia di modulazione DMT (Discrete MultiTone) dell'ADSL, ma con una maggiore occupazione di banda del doppino e conseguentemente del numero di toni.

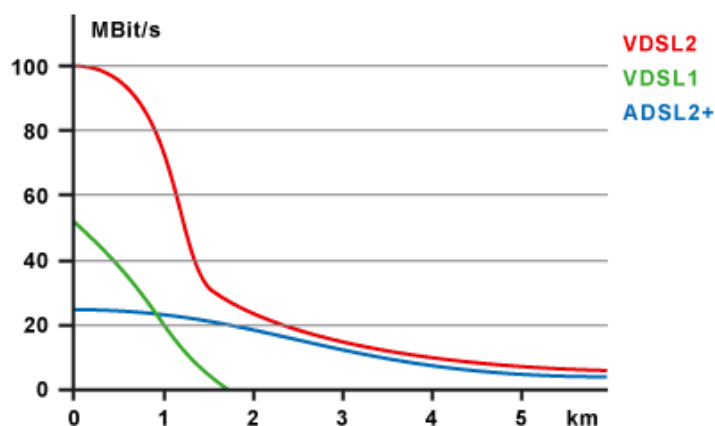


Figura 3.9 velocità trasmissione in funzione della distanza

In particolare, la VDSL2 occupa una banda nel doppino fino a 30MHz per fornire una velocità superiore ai 100Mbit/s come somma di *down-stream* ed *up-stream* (come rappresentato in figura 3.9), ottenendo le sue migliori prestazioni su una distanza massima di 300m.

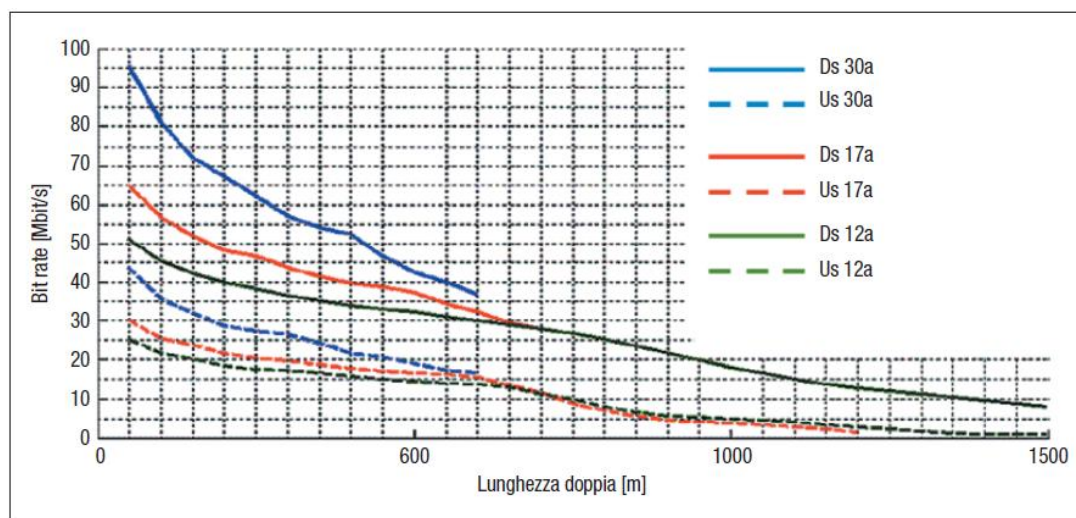


Figura 3.10 profili VDSL2 con velocità in downstream (Ds) ed upstream (Us)



Lo standard è stato specificato nell'ambito ITU-G 993. Il grafico di figura 3.10 riporta le velocità di cifra dei vari "profili" VDSL2 (denominati nella standardizzazione profili 12, 17 e 30) con differenti occupazioni di banda. Si può affermare che il *profilo 17a* (35Mbit/s in *Down-stream* e 18Mbit/s in *Up-stream* a distanze di 500 m) è quello ritenuto il più conveniente nel caso di FTTCab, mentre il *profilo 30a* (80 Mbit/s in *downstream* e 35Mbit/s in *up-stream* a distanze di 100 m) si adatta maggiormente alle configurazioni FTTB/C.

È importante sottolineare che tra i vari profili, VDSL2 prevede anche un profilo simmetrico. Poiché lo standard del sistema VDSL prevede uno strato completo di Livello 1, ad esso ci si appoggia con un Livello 2 che sarà esclusivamente Ethernet.

## WDM

Il trasporto di più flussi indipendenti di dati può essere ottenuto su una singola fibra attraverso l'impiego della tecnologia WDM (*Wavelength Division Multiplexing*) che, moltiplica varie portanti ottiche a differente lunghezza d'onda, ciascuna modulata dai differenti flussi informativi che si desidera trasmettere; in pratica un canale fisico viene trasformato in molteplici canali virtuali (figura 3.11).

Il metodo permette anche di usare una singola fibra per comunicazioni bidirezionali. Le portanti ottiche impiegate vengono spesso denominate in gergo "colori" anche se in realtà sono al di sotto dello spettro visibile.

Nell'ambito dei sistemi WDM, si distinguono due tipi d' applicazione:

- **CWDM** (dove C sta per *Coarse*) con un massimo di 18 portanti ottiche molto distanziate in quanto si sfrutta tutta la banda che va dalla seconda alla terza finestra;
- **DWDM** (dove D sta per *Dense* per indicare portanti molto vicine) con 40 o 80 portanti distanziati di 100/50 GHz ed operante in terza finestra.

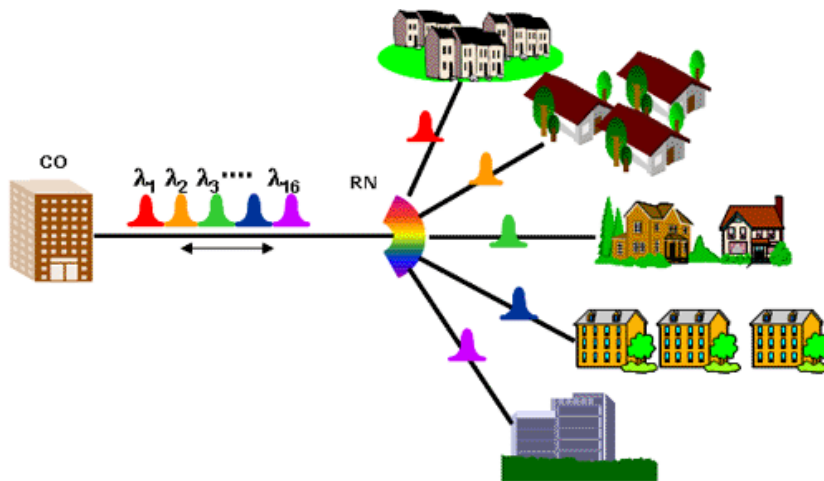


Figura 3.11 schema suddivisione del traffico con WDM

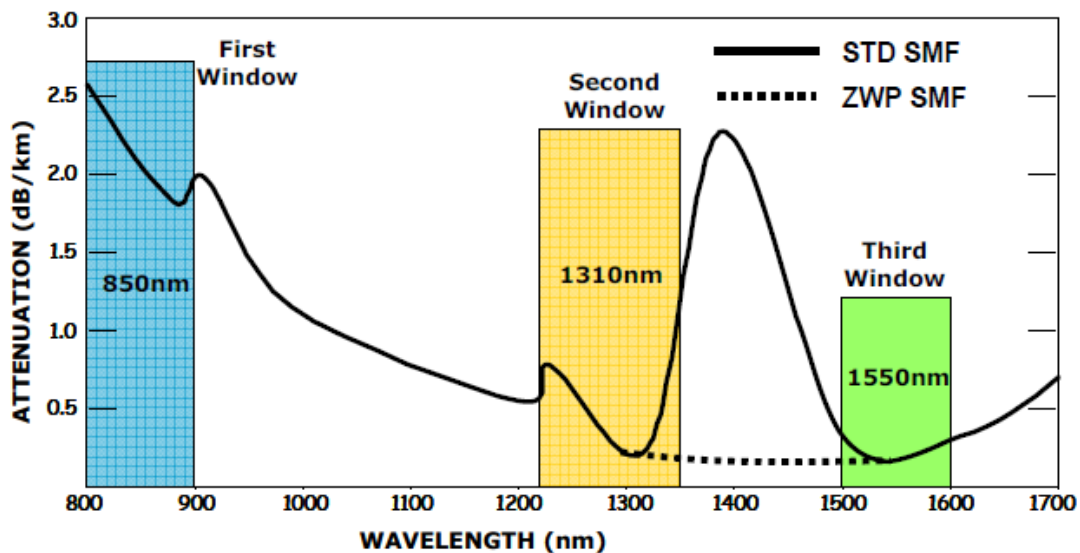


Figura 3.12 finestre trasmissive delle fibre ottiche

La tecnologia DWDM viene impiegata per il trasporto a grande distanza su fibre di altissime prestazioni, mentre quella CWDM, punta ad applicazioni per distanze massime sugli 80 km (e normalmente assai meno) e viene impiegata su fibre a più alta attenuazione e sensibilmente più economiche, ma anche meno critiche. La maggiore distanza tra le portanti, tipica del CWDM, permette inoltre una più facile realizzazione degli *splitter* passivi e la necessità di una minore stabilizzazione delle frequenze dei laser.

In ambedue gli standard WDM, poiché i sistemi caratterizzano solo un sottostrato fisico di Livello 1 indipendente dalla *bit-rate* e dalla trama, ad essi ci si appoggia con

interfacce superiori di Livello 1 e di Livello 2 che definiscono *bit-rate* e trama. Ambedue i Livelli sono esclusivamente standard della pila Ethernet.

### **3.5 Le fibre ottiche nell' area di accesso:**

Ovviamente nell'area d'accesso le tecnologie impiegate per le fibre (monomodo, multimodo, in silice pura, in plastica ecc.) dipendono fortemente dall'area e dal metodo d'utilizzo. Per esempio nel caso del WDM le prestazioni della fibra devono essere più simili a quelle impiegate nel trasporto rispetto al caso di fibre punto-punto dalla Centrale all'utente.

La centrale è ovviamente il luogo che ospita l'apparato attivo per le fibre ottiche che in uscita passano per un permutatore ottico. La rete primaria in fibra ottica può essere realizzata da un cavo di un centinaio di fibre che in configurazione ad anello raccolgono fino a una decina di ripartitori ottici che trovano posto nell'attuale armadio ripartitore.

Il distributore ottico svolge la funzione di estrazione di fibre da un cavo e connessione delle stesse a cavi di minori potenzialità (per esempio, 12 fibre). La distanza tra la centrale e il ripartitore ottico può variare da 3 km (in città densamente popolate) fino a 40 km (in aree rurali a bassa densità abitativa).

Dal distributore ottico in rete secondaria si raggiunge un "Box" al marciapiede o nella cantina di un palazzo da cui dipartono le fibre per raggiungere l'utente.

La rete secondaria ovviamente necessita per le fibre ottiche di condotti mentre gli attuali cavi in rame sono semplicemente interrati. Il tipo di infrastruttura schematizzata è, ovviamente, quella "obiettivo" ed occorreranno molti anni prima che possa essere realizzata su ampia scala.

Pertanto, le soluzioni intermedie (FTTCab e FTTB/C) si renderanno necessarie per favorire una progressione graduale. Si prevede pertanto che le soluzioni applicabili nel medio periodo siano prevalentemente FTTCab e FTTB/C, mentre l' FTTH viene previsto nei nuovi quartieri e abitazioni. È opportuno quindi che il ripartitore ottico trovi allocazione vicino (o all' interno) all'attuale armadio ripartitore e che possa anche ospitare gli apparati attivi (ADSL e VDSL) per usufruire dei doppini di rame della rete secondaria per raggiungere gli utenti. Questa vicinanza tra i due tipi di

armadi (Armadio Ripartitore esistente e nuovo Ripartitore Ottico) è ulteriormente avvalorata dal fatto che la fibra ottica in primaria può essere collocata con i cavi in rame della rete primaria perché nel 90% dei casi essi sono depositati in canaline o in condotti.

In rete secondaria invece, la situazione è capovolta e nel 90% dei casi si dovranno prevedere nuovi scavi per dispiegare la fibra visto che i cavi dei doppini di rame sono stati, in Italia, direttamente interrati.

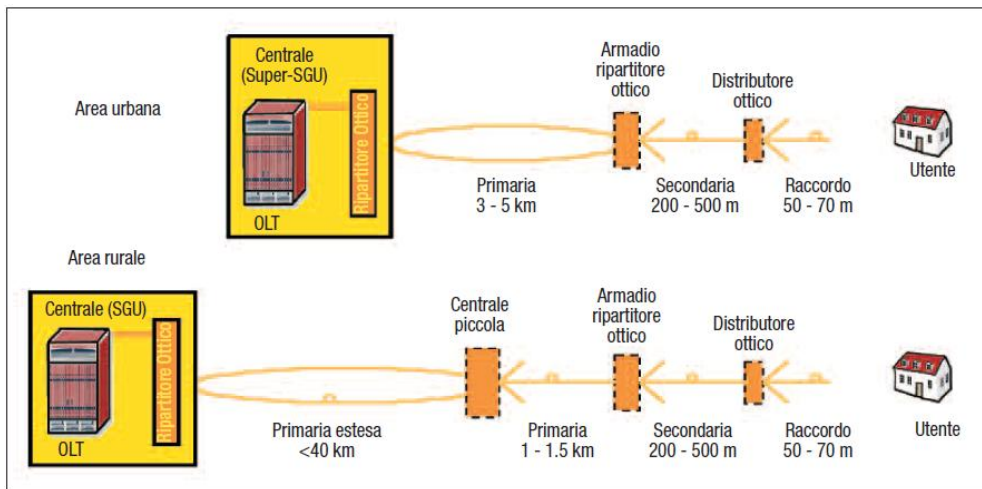


Figura 3.13 modelli di dispiegamento della fibra ottica nella rete d' accesso

### 3.6 Soluzioni implementative della NGAN

Con quanto esposto in precedenza è ora possibile, avere il quadro completo delle soluzioni realizzabili per ciascuna delle architetture infrastrutturali FTTx sopra menzionate.

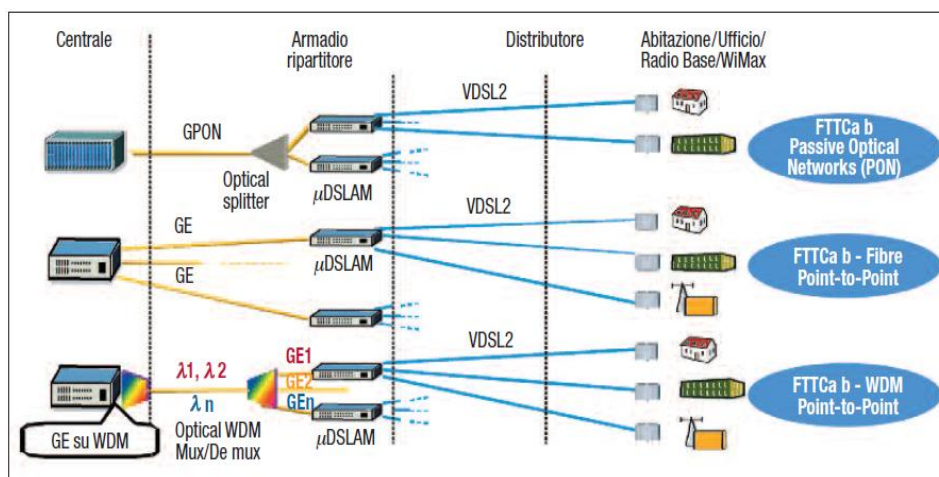


Figura 3.14 soluzioni implementative della famiglia FTTCab

## **FTTCab**

La FTTCab può a sua volta articolarsi in tre diverse possibilità implementative raffigurate in figura 3.14, pur rimanendo l'impiego della fibra confinato alla sola rete primaria.

La prima soluzione prevede l'impiego di una fibra unica fino all'armadio ripartitore in cui i dati sono affasciati in tecnica TDM-GPON per alimentare, dopo lo *splitter* passivo, gli ingressi dei DSLAM (micro-VDSLAM o  $\mu$ DSLAM) nel numero necessario a servire tutta l'utenza servita che fa capo al particolare Armadio Ripartitore.

La seconda soluzione adotta fibre differenziate con protocollo Gigabit-Ethernet (per definizione simmetrico) per ciascun raggruppamento di utenti servito da un  $\mu$ DSLAM.

La terza soluzione prevede l'impiego della tecnica WDM con un numero di "colori" (separati da un demultiplicatore ottico passivo) pari al numero di  $\mu$ DSLAM da alimentare.

## **FTTC/B**

Il secondo gruppo di soluzioni schematizzate dalla figura 3.15, corrispondono alla famiglia FTTC/B (fibra al Marciapiede o nelle cantine degli Edifici), è simile al primo gruppo di soluzioni tranne che la fibra prosegue fino al Distributore in cui sono allocati i  $\mu$ DSLAM.

Gli svantaggi di questo gruppo di soluzioni rispetto alla precedente sono l'alto costo degli investimenti in infrastruttura (scavi e condotti) e il tempo richiesto per eseguire i lavori soprattutto in aree urbane.

Vale la pena segnalare che nel caso in cui il  $\mu$ DSLAM è collocato all'interno dei palazzi, si rende possibile l'impiego diretto dello standard *Ethernet Phy* su doppino di rame (per 10 Mbit/s o 100 Mbit/s) per raggiungere l'abitazione dell'utente visto che le distanze da percorrere sono minori di 100 m. Questa soluzione è più economica della VDSL2 e va nella direzione di usare il più possibile il protocollo Ethernet a tutti i livelli della rete. I vantaggi/svantaggi relativi alle tre alternative sono del tutto simili a quelli elencati per FTTCab.

Esiste invece uno svantaggio di tipo operativo per la necessità dell'operatore d' installare l'armadietto che alloggia il  $\mu$ DSLAM su proprietà privata. Ciò potrebbe allungare i tempi di erogazione del servizio.

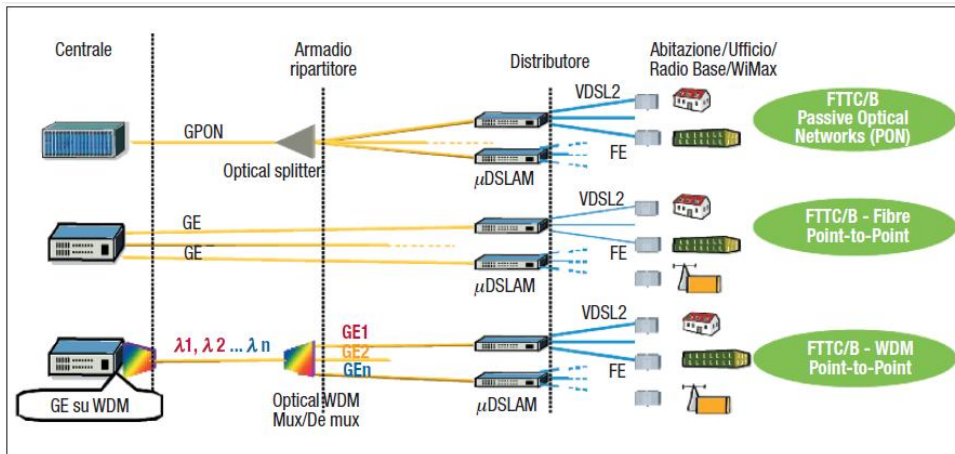


Figura 3.15 soluzioni implementative della famiglia FTTC/C

### FTTH

FTTH riguarda i casi in cui la fibra arriva fino a casa dell'utente e può anch' essa assumere 3 tipologie differenti rappresentate le varie configurazioni in figura 3.16, con alla base la possibilità di condividere o medo la fibra tra utenti diversi.

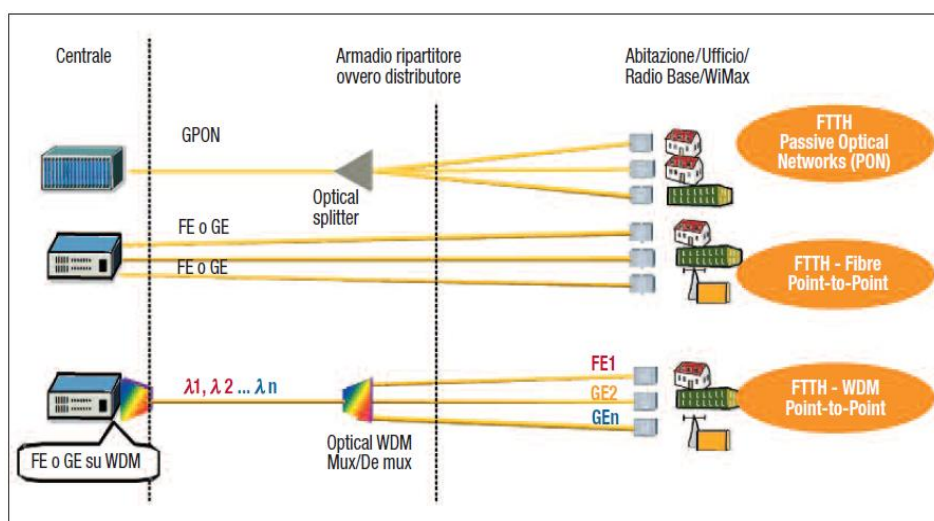


Figura 3.16 schema implementativo tipologie FTTH

Un particolare vantaggio di questa opzione è la scalabilità di frequenza di cifra che garantisce l'investimento per decenni ed è, in particolare, la soluzione più conveniente da perseguire in aree di nuova urbanizzazione.

Il peculiare svantaggio di queste tre soluzioni FTTH è, ovviamente, quello dell'alto costo dell'infrastruttura terminale e dei relativi tempi di realizzazione.

### 3.7 Quale scegliere?

Le tre famiglie presentate differiscono per le prestazioni fornite e per l'ammontare degli investimenti richiesti.

Ciascuna singola soluzione presenta vantaggi e svantaggi, ma dal punto di vista di prestazione per l'utente e, in prima approssimazione, per l'entità degli investimenti (in cui prevalgono le opere civili), ciascuna famiglia può essere ancora considerata in modo collettivo. Con questa semplificazione, la Tabella 3.3 riassume un confronto riassuntivo.

Parametri in esame	FTTCab	FTTB/C	FTTH
Capacità (bit-rate) Down-Stream	25 – 50 Mbit/s	50 – 100 Mbit/s	0.1 – 1 Gbit/s
Capacità (bit-rate) Up-Stream	2 – 10 Mbit/s	25 – 40 Mbit/s	0.1 – 1 Gbit/s
Tempi realizzazione infrastruttura	Bassi	Alti	Molto alti
Massima distanza <i>Primaria</i> <i>Ultimo tratto</i>	20 – 40 Km 200 – 500 m	20 – 40 Km 50 – 70 Km	20 – 40 Km -
Protocolli di Livello 1 <i>Primaria</i> <i>Secondaria</i>	GPON, GE, WDM+Eth VDSL2 (17a)	GPON, GE, WDM+Eth VDSL2 (30a), FE	GPON, GE, FE, WDM Come sopra
Protocolli di Livello 2	Ethernet	Ethernet	Ethernet
Stima nuovi investimenti totali <sup>1</sup>	6.5 MLD €	10 MLD €	15 MLD €
Di cui % per Elettronica <sup>1</sup>	22%	21%	10%
Di cui % per Infrastrutture/Op. civili <sup>1</sup>	65%	72%	80%
Di cui % per apparati di utente <sup>1</sup>	13%	7%	10%
<sup>1</sup> da stime presentate in presentazioni informali da rappresentanti dell' operatore incumbent			

Tabella 3.3 confronto tra le varie famiglie





## 4 Micro e mini trincee

Come è stato accennato nei capitoli precedenti, nella rete primaria le difficoltà e limitazioni per la messa in posa di fibre ottiche sono abbastanza limitate in quanto, spesso, sono già presenti canaline e condotti riutilizzabili per posizionare grossi fasci di fibre.

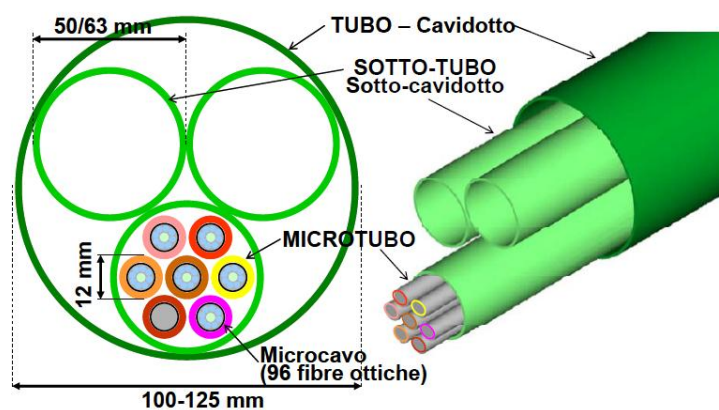
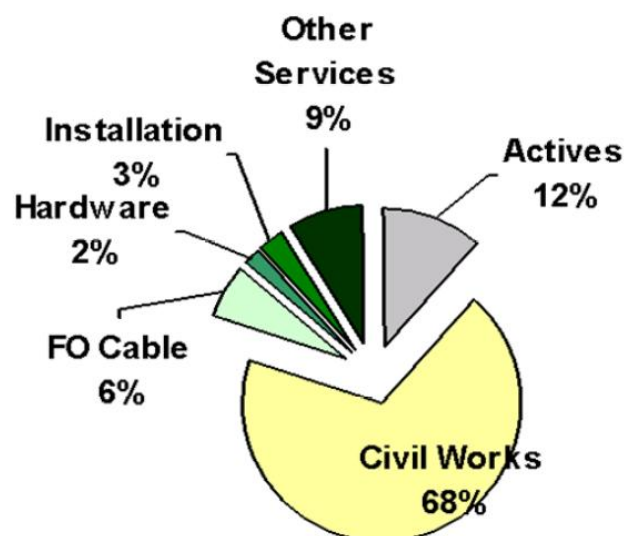


Figura 4.1 composizione cavi con fibra ottica

Viceversa per la rete secondaria la maggior parte dei costi (quasi il 70%) relativi all'implementazione delle reti NGN riguarda le opere civili come evidenziato in figura 4.2.



Source: Corning & FTTH Council Europe

Figura 4.2 ripartizione dei costi per la sostituzione dell'attuale rete in rame

Per ovviare a queste limitazioni, si stanno sperimentando tecnologie innovative, in grado di ridurre tempi di messa in posa e costi realizzativi capaci, di ridurre anche i costi socio ambientali connessi all'apertura dei cantieri. Una via perseguibile per giungere a tali scopi è rappresentata dall'impiego della mini e microtrincea, tecnica già sperimentata a Roma nell'ambito del progetto NGN2.

#### **4.1 Cantieri a ridotto impatto ambientale**

Scavi ed infrastrutture (canalizzazioni) per la posa dei cavi telefonici vengono solitamente realizzati in ambito urbano sulla sede stradale (sui bordi laterali, sulla banchina, o, in alcuni casi, direttamente sul marciapiede).

Le operazioni si svolgono realizzando lo scavo a cielo aperto, posando la canalizzazione, ricoprendo lo scavo stesso con terra e successivamente ripristinando l'asfalto o l'originale copertura tolta durante lo scavo.

La presenza di un cantiere o comunque di un ingombro della sede stradale, del marciapiede o della banchina provoca un notevole disagio, sia per i pedoni sia per i veicoli in transito, direttamente proporzionale all'estensione del cantiere ed alla durata di tali lavori di scavo. Pertanto, minimizzare le dimensioni del cantiere e velocizzarne al massimo l'esecuzione è un obiettivo importante.

L'ottimizzazione dei cantieri può essere perseguita applicando diverse tecniche, alcune delle quali sono consolidate, altre in via di sviluppo. Tra le diverse metodologie delle tecniche a basso impatto ambientale si è osservato l'uso della minitrincea e dell'evoluzione della microtrincea in due cantieri per la posa di reti di TLC a Roma. Nella nomenclatura internazionale la ISTT (International Society for Trenchless Technology) ha classificato le tecniche a basso impatto ambientale come quelle tecniche che permettono di effettuare la posa, l'esercizio e la manutenzione delle reti dei sottoservizi, riducendo al minimo, o eliminando del tutto, lo scavo a cielo aperto.

In tale contesto, dal 2006, la ISTT ha inserito tra queste tecnologie, anche i sistemi di posa della "minitrincea", i quali, pur prevedendo la realizzazione di uno scavo a

cielo aperto, per via delle sue ridotte dimensioni, minimizzano l'impatto ambientale.

Il gruppo a cui queste tecnologie afferiscono è stato denominato "tecnologie associate".

## 4.2 Le "tecnologie associate"

Gli operatori nord americani alla ricerca di una metodologia di posa per le reti di nuova generazione che fosse al contempo veloce e poco invasiva, hanno individuato la tecnica della "minitrincea".

Lo scavo a cielo aperto, di norma, comporta tutta una serie di disagi per la cittadinanza, ha ripercussioni negative sull'ambiente e pone condizioni di possibile pericolo/danneggiamento per persone e/o cose.

Le tecniche a basso impatto ambientale hanno la caratteristica di ridurre significativamente tutti questi aspetti in quanto comportano:

- minore movimentazione di materiale (sfruttamento di cave, conferimento in discarica);
- minore traffico di mezzi pesanti;
- minore tempo e spazio di occupazione del suolo pubblico;
- minore rottura del manto stradale, quindi limitato deterioramento dello stesso;
- minore impatto sulla viabilità veicolare e pedonale e sulle attività commerciali;
- maggiore sicurezza per il cittadino, grazie all'eliminazione dei pericoli legati agli scavi a cielo aperto;
- maggiore sicurezza per la manodopera impiegata.

Studi condotti da Telecom Italia e Telecom Italia Lab (tramite l'applicazione di un modello di impatto ambientale – EPS , Environmental Priority Strategies, elaborato

dalla Federazione delle Industrie Svedesi) hanno mostrato che, con l'impiego di queste tecniche, i costi socio-ambientali vengono abbattuti di circa l'80%, mentre gli incidenti sui cantieri di circa il 67%.

### 4.3 La “minitrincea”

La “minitrincea” viene eseguita utilizzando idonee frese scava canali a disco montate su un' opportuna macchina operatrice di piccole dimensioni.

Il taglio dello scavo risulta netto in superficie, evitando in modo assoluto di lesionare la pavimentazione limitrofa alla sezione di scavo. Non sono consentiti bruschi cambi di direzione dei percorsi, ove questi siano richiesti dovranno effettuarsi tramite tagli angolati, tali da consentire il rispetto del minimo raggio di curvatura dei tubi, dei monotubi di raccordo e delle fibre stesse.

La tecnica della minitrincea, è applicabile su tracciati che contemplino generalmente superfici asfaltate e/o in calcestruzzo come strade e marciapiedi aventi un sottofondo di materiale compatto. L'utilizzo di tale tecnica non è invece consigliabile nei percorsi dove sono presenti strade sterrate, ad eccezione di eventuali brevi attraversamenti stradali (purché comunque con sottofondo di tipo compatto).

Tale tecnica inoltre non è consigliabile dove sono presenti sottofondi con pietre di medie dimensioni (aventi un lato > 15 cm) o ghiaiosi o in terreni sciolti quali sabbie, limi, argille o similari.

La nuova infrastruttura di posa è idonea a contenere monotubi di diametro 50 e 40 mm., che possono essere sotto armati con microtubi, consentendo così di poter disporre di un'infrastruttura in grado di ospitare un maggior numero di cavi in fibra ottica.

La minitrincea deve essere normalmente realizzata effettuando contemporaneamente il disfacimento della pavimentazione e uno scavo avente sezione di larghezza minima di 5 cm e profondità compresa tra 30 e 40 cm.

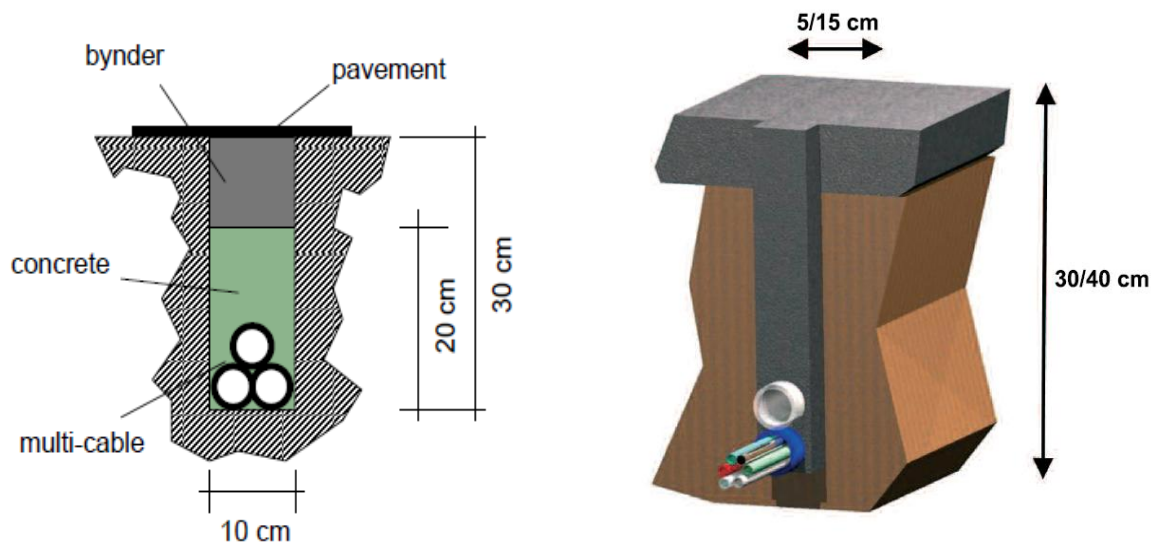


Figura 4.3 sezione scavo per minitrincee

#### 4.4 Pulizia dello scavo

Durante la fase di realizzazione della minitrincea è necessario garantire l'accurata pulizia a secco dello scavo e la contemporanea rimozione dei materiali residui. Tali operazioni vengono eseguite con opportuni metodi di abbattimento delle polveri, al fine di mantenere la pulizia del cantiere e di contenere il disagio della cittadinanza e l'inquinamento ambientale.

Al termine di questa attività la sezione di scavo deve risultare svuotata e il fondo privo di sassi sporgenti; la trincea stessa e la zona immediatamente circostante devono essere totalmente ripulite per evitare che il materiale di riempimento possa ridurre le proprie caratteristiche meccaniche al contatto con impurità.

La pulizia del solco può avvenire anche contestualmente alla fase di realizzazione della minitrincea, utilizzando solitamente macchine aspiratrici collegate alla fresa tramite tubo snodato.

Predisposto lo scavo si procede, eseguendo la posa delle strutture di minitubi e/o monotubi per poi passare al riempimento dello scavo.

## 4.5 Riempimento della minitrincea

Il riempimento della trincea viene effettuato mediante colatura, entro la sede predisposta, di malta rapida, di consistenza fluida, a base di cementi ad alta resistenza, aggregati selezionati e speciali additivi. Il materiale deve presentare caratteristiche di presa tali da permettere il rilascio di una sede stradale carrabile e idonea all'utilizzo in tempi brevissimi (entro 2-4 ore dalla posa).

Il riempimento deve garantire le seguenti prestazioni di qualità:

- stabilità dimensionale in servizio senza registrare alcun cedimento;
- completo riempimento dello scavo;
- tempi di presa e uno sviluppo delle resistenze meccaniche tali da permettere la riapertura delle sedi stradali dopo 2-4 ore dall'esecuzione del rinterro;
- assenza di crepe e fessurazioni;
- impermeabilità all'acqua;
- elevata resistenza all'abrasione;
- elevata fluidità e scorrevolezza senza l'ausilio di alcuna compattazione manuale o meccanica.

Il materiale di riempimento, oltre a bloccare l'infrastruttura sul fondo della minitrincea, ha la funzione di garantire la protezione sia di tipo meccanico, che dai roditori dell'infrastruttura posata.

## 4.6 La "minitrincea" sperimentata a Roma

Nell'ambito del progetto NGN2 a Roma, nell'ottobre 2008 si è proceduto alla prima sperimentazione della tecnica di scavo "minitrincea".

La sperimentazione ha previsto il taglio della pavimentazione per circa 90 mt e l'interposizione di un pozzetto 40x80 e di uno 125x80 per alimentare quattro apparati ONU previsti all'interno di tre fabbricati (figura 4.4).



**Figura 4.4 taglio della pavimentazione per la posa dei cavi**

Lo scavo risultante è stato pulito attraverso una spazzola con serbatoio. Successivamente alla realizzazione del taglio e alla pulitura dello stesso si è provveduto alla posa dei tubi e successiva chiusura della minitrincea con il riempimento (figura 4.5).



**Figura 4.5 posa dei tubi e successivo riempimento della trincea**

Nell'ambito della stessa sperimentazione si è anche provveduto a testare un materiale innovativo per il riempimento dello scavo.

Il materiale in oggetto è costituito da un nastro che su un lato presenta un adesivo a forte presa e sull'altro materiale asfaltico sabbioso di circa 3 mm di spessore. Il nastro è stato posizionato nelle zone di marciapiede dove i carichi in gioco erano minori. La sperimentazione ha messo in evidenza le potenzialità di questo sistema che, pur presentando ancora dei margini di miglioramento consente, in ambito

urbano, di completare (scavo, posa tubi e chiusura scavo), un cantiere di 90 m in sole 2 ore, limitando i disagi per i residenti.

## 4.7 La "microtrincea"

Per la "microtrincea" possiamo affermare che le fasi di lavorazione sono pressoché le stesse previste per la "minitrincea":

- individuazione dei servizi tecnologici esistenti attraverso l'impiego di sistemi radar e la verifica incrociata con i dati in possesso dei gestori delle strade e dei servizi;
- esecuzione del taglio utilizzando una taglia asfalti;
- pulizia dello scavo;
- posa di un conduttore di terra sul fondo dello scavo;
- posa di una canaletta cablata fuori terra, attraverso particolari sistemi di guida e serraggio;
- riempimento dello scavo prima con sabbia e poi, per gli ultimi 3 cm, con asfalto colato.

Questo sistema si differenzia però per la larghezza del taglio, pari a circa 2 cm, e per la profondità, che raggiunge al massimo i 25 cm.

L'innovazione tecnologica introdotta dalla "microtrincea" è inoltre rappresentata da una particolare canaletta in materiale plastico che, prima della posa nello scavo, viene dotata di un numero di cavi pari a quelli previsti in fase di progettazione.

Nella sperimentazione si è proceduto con una posa mista, dove il primo tratto è realizzato su marciapiede ed il secondo è un attraversamento stradale.





Figura 4.6 realizzazione della microtrincea sul marciapiede

Sul marciapiedi è in genere presente un elemento di raccordo e diramazione.



Figura 4.7 elemento di raccordo o diramazione

La buca è realizzata attraverso un'apposita fresa che effettua un carotaggio a misura. Il coperchio di chiusura viene posato in linea con la pavimentazione esistente.

Il pozzetto viene posato all'interno della buca e fissato alla base con del calcestruzzo, mentre la rimanente parte viene riempita con materiali inerti o stabilizzati. All'interno del pozzetto vengono ancorate le canalette cablate con i cavi in fibra. Sempre al suo interno è prevista, l'allocazione di un kit per l'inserimento di moduli di giunzione ed alloggiamento scorte (circa 40 mt. complessivi) per sviluppi futuri e/o pose da completare successivamente.

La “microtrincea, quindi, introduce delle sostanziali novità:

- ridottissime dimensioni degli scavi che di fatto si concretizzano in un minore impatto ambientale;
- riduzione dell’area di cantiere;
- taglio sui costi per lo smaltimento del materiale estratto, per i riempimenti degli scavi e per il rifacimento delle pavimentazioni.

## **4.8 Conclusioni**

L’utilizzo di cantieri “leggeri” nelle sperimentazioni NGN ha evidenziato come questi possano essere efficacemente adottati in un ampio spettro di casistiche, in quanto consentono di ridurre sia le dimensioni dei macchinari utilizzati, sia il tempo di occupazione delle sedi stradali.

Queste tecniche sono particolarmente idonee per le aree ad elevata urbanizzazione, in quanto permettono di ridurre gli ingombri ed i tempi di apertura dei cantieri, di operare nella massima pulizia, di rilasciare una sede stradale carrabile ed idonea all’utilizzo in tempi brevissimi e di evitare operazioni costose; il tutto riducendo il disagio per i pedoni e per i veicoli in transito.

## 5 Utilizzi della banda ultralarga

Dopo aver discusso i precedenti capitoli, si è arrivati alla prospettiva di avere a disposizione bande per il trasporto dati dell'ordine delle centinaia di Mbps ed oltre, sostituendo l'attuale rete in rame con la rete NGN. Tuttavia al momento sembrerebbe inutile avere a disposizione tale banda per gli scopi odierni ma in futuro oltre agli "usi standard", potrebbero svilupparsi nuovi servizi molto suggestivi.

### 5.1 Nuovi servizi con le reti NGN

I servizi fruibili tramite reti di nuova generazione dovranno consentire all'utente di ottenere le informazioni ed i contenuti di interesse attraverso qualsiasi supporto e mezzo di comunicazione si abbia a disposizione, ovunque ci si trovi, in qualunque momento lo si desideri ed indipendentemente dal volume di traffico richiesto.

Le future NGN dovranno quindi essere in grado di supportare servizi con le seguenti caratteristiche:

- semplicità d'uso;
- ubiquità;
- multimedialità;
- real-time;
- intelligenza (intesa come capacità del servizio di "imparare" dalle abitudini e dalle preferenze personali dell'utente, per poi filtrare e/o segnalare notizie, eventi e contenuti che potrebbero risultare di interesse).

## 5.2 Servizi “standard”

Gli usi più concreti con i quali ci troveremo presto a convivere sono i più svariati:

**Video-conferenza in alta definizione:** si avrà a disposizione una banda larga che consentirà di trasferire immagini ed audio ad altissima risoluzione in streaming e quindi saranno sempre più limitati gli spostamenti fisici per colloqui faccia a faccia.

**HDTV (*High Definition TeleVision*):** riguarda lo sfruttamento della banda per trasmettere programmi televisivi, con video di qualità significativamente superiore ai modelli maggiormente diffusi nel mondo nella seconda metà del XX secolo e ancora oggi presenti, standard televisivi che rientrano nella SDTV. Tramite le TV di nuova generazione sarà inoltre possibile interagire in maniera diretta con i contenuti a disposizione.

**Smart grid:** una rete cosiddetta "intelligente" per la distribuzione di energia elettrica ovvero, un sistema ottimizzato per il trasporto e diffusione della stessa, evitando sprechi energetici. Gli eventuali surplus di energia di alcune zone verranno infatti redistribuiti, in modo dinamico ed in tempo reale, in altre aree.

**VoD (*Video on Demand*):** L' allargamento della banda andrà di pari passo con la quantità di contenuti presenti sul web. Parte significativa di tali contenuti riguarderà risorse video che l' utente potrà consultare e richiedere a proprio piacimento

Molte altre sono le applicazioni che saranno disponibili per ogni utente quali: trasporti intelligenti, VoIP, servizi multimediali personalizzati, medical monitoring e l' evoluzione della domotica in ogni suo aspetto.

Un esempio di possibili utilizzi a livello residenziale da parte di ogni utente è rappresentata in figura 5.1

La larghissima Banda per le famiglie e gli individui

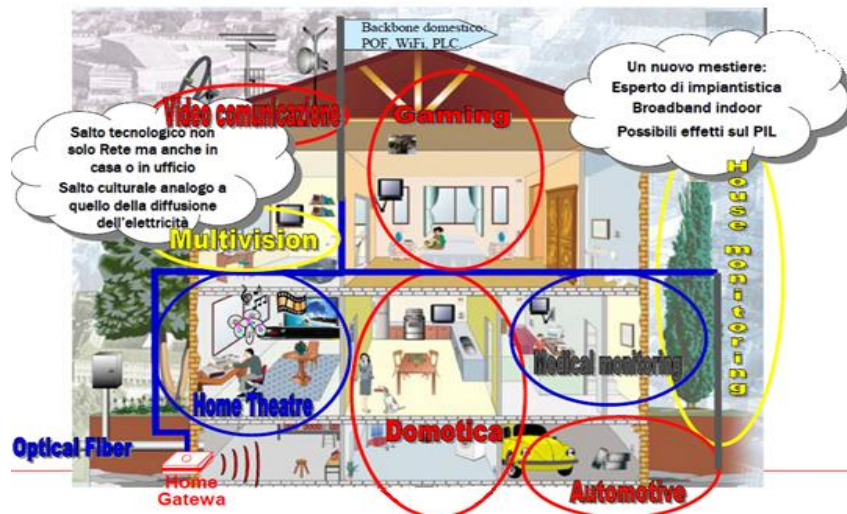


Figura 5.1 possibili utilizzi applicabili in contesto residenziale

Nel settore business ed aziendale invece, i servizi di nuova generazione abilitati dalla nuove reti saranno altrettanto numerosi e riguarderanno: gestione di applicazioni in remoto, e-learning, telelavoro, business TV, CRM (*Customer Relationship Management*), ERP (*Enterprise Resource Planning*, letteralmente "pianificazione delle risorse d'impresa" cioè vendite, acquisti, gestione magazzino, contabilità etc.), controllo accessi, videosorveglianza e molto altro.

La gamma di NGS (Next-Generation Services) sarà quindi molto vasta e articolata e proporzionale alla banda che sarà messa a disposizione.

I nuovi servizi richiedono bit rate sempre più elevati

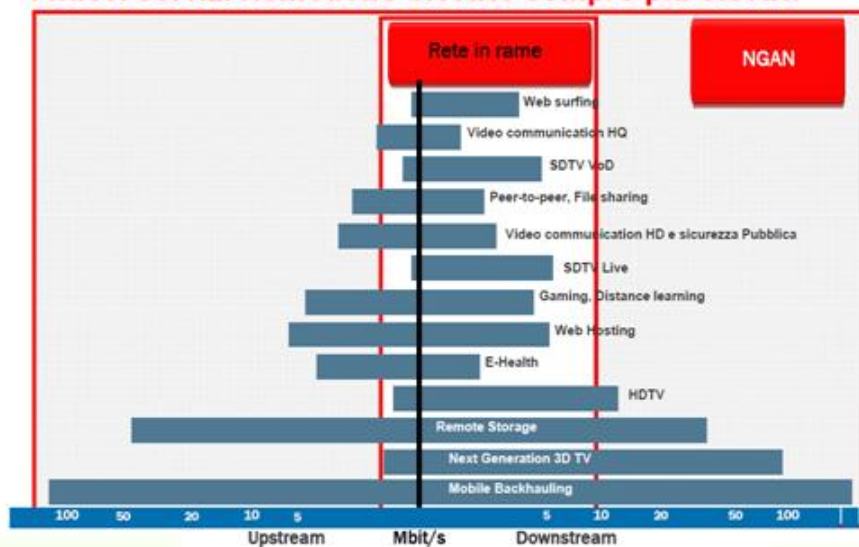


Figura 5.2 richiesta di banda per i differenti servizi

Per valutare l'effettiva sostenibilità di alcuni servizi con l'odierna rete in rame basta osservare la figura 5.2, in cui è evidenziato il fatto che uno dei grossi limiti è dato dall'asimmetria tra le bande di downstream ed upstream.

### **5.3 Servizi suggestivi**

Se cinque anni fa ci fossimo chiesti cosa fosse stato possibile fare introducendo un giroscopio in un telefonino, ben pochi sarebbero arrivati ad elencare dieci servizi.

Oggi esistono decine di migliaia di servizi che sfruttano l'accelerometro, da quello che trasforma il telefonino in una livella, a quello che stima il numero di calorie consumate nella giornata, a quello che suggerisce il dosaggio di insulina per i diabetici, al rilievo della qualità di guida dell'auto e molti altri ancora.

Questa premessa è necessaria per dire che la risposta alla domanda è da intendersi più in termini di suggestioni che non in termini di servizi effettivi. In seguito verranno presentati alcuni scenari che si potrebbero presentare in futuro.

#### **Massive Multiplayers Gaming**

I giochi on-line che coinvolgono centinaia di migliaia di giocatori, sono ormai una realtà consolidata. Questi, richiedono enormi capacità elaborative e la possibilità per ogni giocatore di essere collegato tramite la rete. Il processing viene fatto in appositi centri mentre l'ambientazione scenografica del gioco è fatta dal computer del giocatore stesso.

Molti di questi giochi, specie quelli di avventura, point and shoot e sportivi, richiedono più schermi ad alta definizione per fornire una sensazione di reale coinvolgimento (figura 5.3).

Questo è già oggi realtà in Corea del Sud, dove la richiesta di fibra viene trainata proprio dai giochi; ciascun giocatore ha da tre a cinque schermi HD attorno a sé che gli consentono di entrare percettivamente nel gioco. Il tutto richiede una banda di circa 10 Mbps per ogni schermo quindi intorno ai 30-50 Mbps per ogni giocatore ma non è solo questione di banda.

Alcuni giochi richiedono tempi di latenza molto bassi, che solo una connessione in fibra ottica è in grado di fornire.

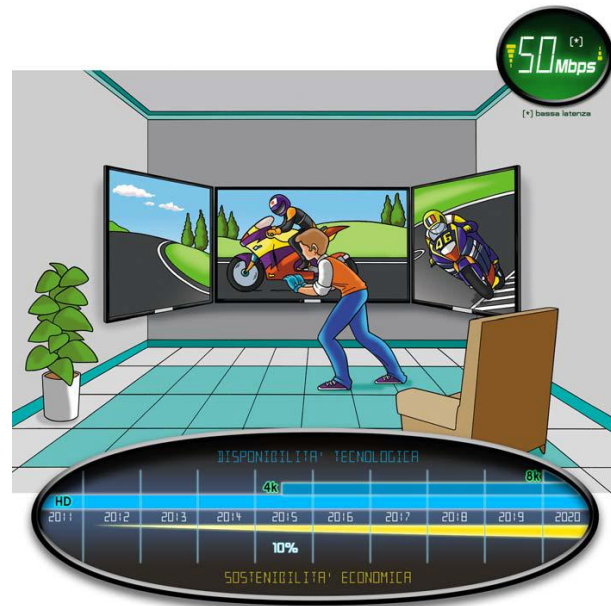


Figura 5.3 Massive multiplayer gaming

Un “non giocatore” potrebbe ritenere eccessivo un tale investimento di connettività per dei giochi, tuttavia il valore effettivo può essere, e sarà sempre più, declinato anche in altri settori quali: l’apprendimento, la salute, la socialità per anziani ed il fitness.



Figura 5.4 Real time Google Earth

### Real Time Google Earth

Tutti hanno provato almeno una volta il fascino di navigare sulle immagini raccolte dal satellite di tutta la superficie terrestre e rese disponibili con un livello di dettaglio che arriva al metro tramite Google Earth. Nei prossimi anni l’aumento di

telecamere presenti in tutto il mondo fornirà una copertura quasi totale di tutte le aree più interessanti.

Si avrà allora la possibilità di sovrapporre alle foto satellitari le visioni “live”, prese dalle telecamere presenti in quella zona opportunamente depurate da informazioni sensibili (ad esempio il riconoscimento di persone che si trovano sotto l’occhio della telecamera).

Questo sarà un processo che, una volta innescato, tenderà a moltiplicarsi: non è difficile immaginare che molti negozi vorranno inviare l’immagine delle loro vetrine e degli scaffali consentendo una visita virtuale che, ovviamente, sarà tanto più efficace quanto migliore sarà la qualità dell’immagine e quindi la banda a disposizione.

Da non sottovalutare l’impatto che un servizio di questo tipo potrebbe avere anche nel settore dell’istruzione.

Già oggi in molte scuole si insegna geografia utilizzando Google Earth sulla lavagna multimediale. In un prossimo futuro potrebbe interessare anche la lezione di lingue straniere con la possibilità di essere presenti a Times Square o in Piazza Tien An Men e conversare con quanti si trovino di fatto lì.

Una visione da schermo di computer già oggi potrebbe richiedere una banda oltre i 20 Mbps (con schermi da 4 Mpixel) e in prospettiva la richiesta di banda potrebbe salire a oltre 70 Mbps.

### **Real Time Ambient Gaming**

La disponibilità di collegamento video in tempo reale ad una varietà di ambienti svilupperà servizi di mash up (ovvero un sito o un’ applicazione web di tipo ibrido, cioè tale da includere dinamicamente informazioni o contenuti provenienti da più fonti), applicabili a diversi contesti: dal gioco, all’education, dal turismo, agli studi di marketing.

Un esempio per tutti: come oggi è possibile usare Flight Simulator utilizzando il reale tempo meteo della località in cui si sta effettuando il volo e si può atterrare all’ aeroporto della città parcheggiando il nostro aereo in uno slot dedicato ad un volo reale, così domani un Need for Speed darà la possibilità di fare corse pazze e gimcane sul traffico vero sulla 5th Avenue a New York così com’ è in quell’istante. La



banda necessaria si aggirerà sulle decine di Mbps estensibile fino a 150 Mbps con l'avvento dei nuovi schermi.

## **Ambient Sharing**

Uno schermo 4k (monitor in via di sviluppo con risoluzione pari a 4 volte un HD standard) è per il nostro occhio indistinguibile da una finestra.

Non sono poche le case disegnate dalla mano di un architetto che utilizzano finestre come elemento di arredamento quando la vista è particolare o, che prevedono delle finestre all'interno della casa per mettere in comunicazione visiva due ambienti. Perché allora non utilizzare uno schermo 4k per creare una finestra che metta in comunicazione visiva due ambienti distanti, come la cameretta del nipotino con il salotto dei nonni situato a chilometri di distanza?

In Giappone, ad esempio, due stazioni televisive trasmettono a partire da aprile e fino a giugno la fioritura dei ciliegi in diretta. Le immagini sono catturate in tempo reale da Okinawa (a sud, primo punto in cui iniziano a fiorire i ciliegi) ad Hokkaido (punto più a nord in cui la fioritura avviene a giugno) e trasmesse per 24 ore al giorno. I giapponesi utilizzano il televisore come un quadro vivente, appeso sulle pareti della camera o del salotto e si godono la fioritura dei ciliegi.

Nei prossimi anni potrebbe diventare comune dedicare uno schermo televisivo 4K per questi "live feeds" come oggi sono in commercio le cornici digitali.

Per il mercato di massa occorrerà attendere verso fine di questa decade, ma per quello d'élite si può immaginare che diventi realtà già nel 2015.

La banda richiesta sarà quella necessaria per alimentare uno schermo 4k, cioè intorno ai 70 Mbps.

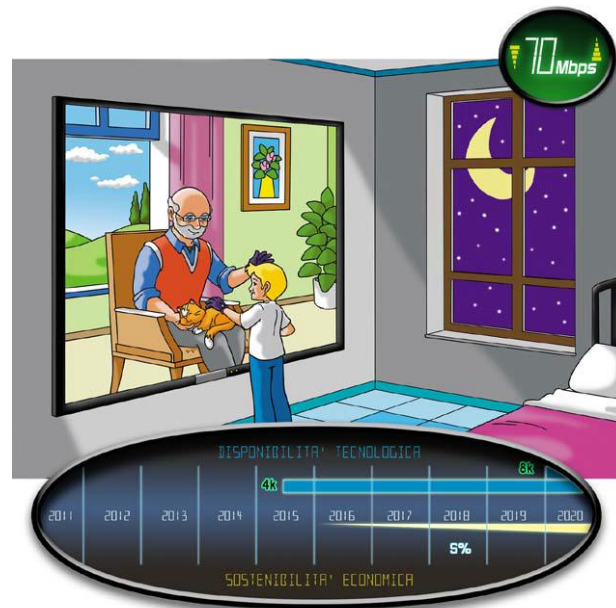


Figura 5.5 Ambient sharing

### Ambient Morphing

Allo zoo di Miami è oggi presente un padiglione dedicato all’Antartide realizzato con l’aiuto della Carnegie Mellon University, che, tramite sistemi di pareti traslucide e materiali particolari sul pavimento, dà l’impressione di essere davvero sulla banchisa con i pinguini.

L’effetto è di completa immersione: dal freddo, alla sensazione della neve sotto i piedi, al suono del vento che spazza il pack fino ai pinguini.

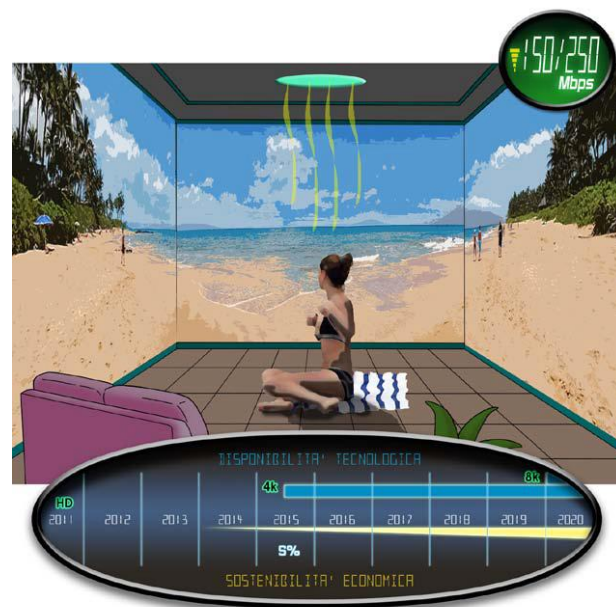


Figura 5.6 Ambient morphing

Nei prossimi anni sarà possibile avere in casa un ambiente multifunzionale, che può essere trasformato a seconda dei desideri, ricreando tramite schermi, smart material, altoparlanti e sistemi spot di regolazione della temperatura. La banda richiesta dipende dalle dimensioni dell'ambiente, ma in generale si può stimare tra i 150 Mbps fino ai 250 Mbps (figura 5.6).

### **Holographic Communications**

L'olografia fotografica è stata inseguita per anni. Sono stati risolti i problemi di cattura dell'immagine e del loro trattamento, ma non è ancora stato risolto in modo soddisfacente quello della loro riproduzione.

Quello che è disponibile oggi sono dei sistemi olografici con una dimensione intorno ai 10-20 cm usati da case farmaceutiche per la progettazione al computer di nuovi farmaci. Il progettista vede le molecole nello spazio tridimensionale e studia come farle combaciare (figura 5.7).

Per il 2015 è ragionevole pensare ad una disponibilità in ambiente scolastico di tali tecnologie e verso il 2020 anche nelle case per aiutare l'apprendimento di concetti di fisica, chimica, geometria e per alcune parti dell'analisi oltre che per l'arte.

Nel momento in cui questi inizieranno ad entrare a livello residenziale non è strano immaginare ad uno "Skype olografico".

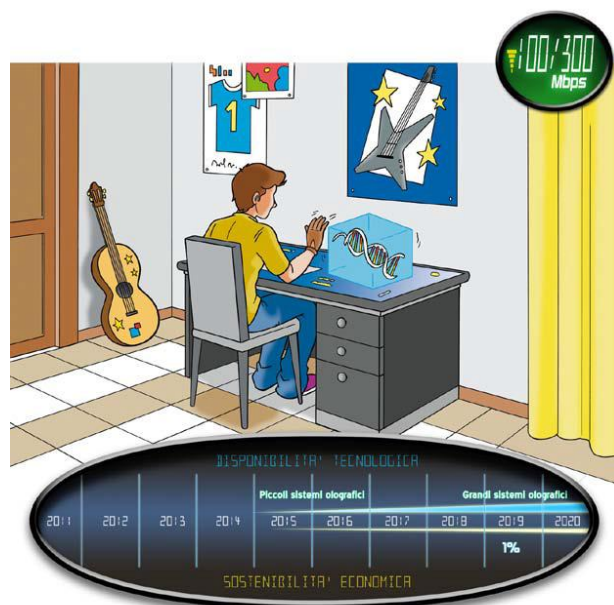


Figura 5.7 Holographic communication

### Smart Dress Room

Da qualche anno in alcuni grandi negozi nell'est asiatico si trovano delle aree di prova per trucco e vestiti, in cui lo specchio è sostituito da uno schermo.

Una telecamera cattura l'immagine della persona di fronte allo "specchio" e visualizza l'immagine sullo schermo con alcune varianti quali: l'utilizzo di un certo tipo di trucco, variazioni al colore del vestito e così via.

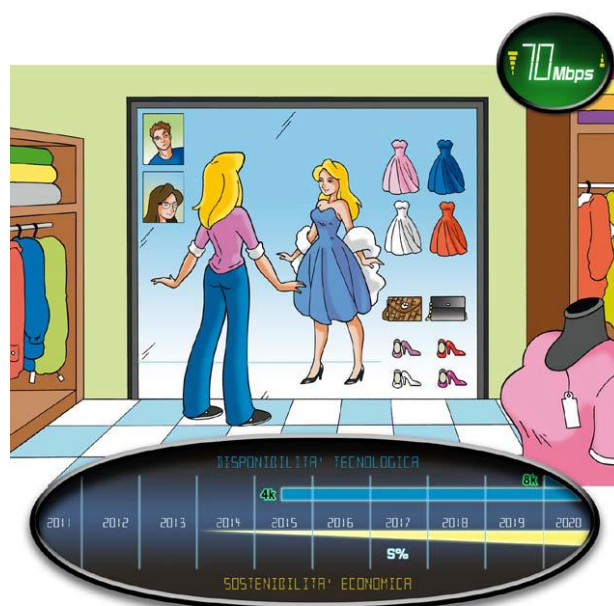


Figura 5.8 Smart dress room

Con l'aumentare delle possibilità tecnologiche questi finti specchi potranno fornire prestazioni sempre più intriganti e soprattutto arrivare a costi abbordabili anche per un utilizzo domestico. Finti specchi di questo tipo sono già disponibili sul mercato mass market (Philips).

Verso metà decade inizieremo a vedere i primi angoli attrezzati come smart dressing room anche nelle nostre case come illustrato in figura 5.8.

Queste smart dressing room sono parte integrante del progetto di città del futuro in fase di realizzazione in Corea del Sud a Songdo.

La banda da utilizzare è proporzionale alla tipologia di schermo utilizzata, quindi da 10 Mbps per uno schermo in alta definizione, agli oltre 70 Mbps per uno schermo 4k, schermo che sarebbe in effetti necessario per far credere al nostro occhio di essere di fronte ad uno specchio.



## 6 Diffusione NGN nel Mondo ed in Italia

Nella diffusione della rete di accesso di nuova generazione, si rilevano profonde differenze nelle varie parti del mondo.

L'Asia è l'area che senza dubbio ha intrapreso con maggior forza la via verso le NGN. Tra Giappone (14,4 milioni), Cina (19 milioni) e Corea del Sud (6,7 milioni), l'oriente rappresenta di gran lunga il più ampio bacino di connessioni a larghissima banda su tecnologie in fibra ottica, pari all'85% del mercato mondiale.

In Europa la diffusione attuale è inferiore e differenziata tra le varie nazioni.

### 6.1 Diffusione degli accessi a banda larga e ultralarga

A livello mondiale, alla fine del 2008 erano circa 410,9 milioni gli utenti di servizi a banda larga e ultralarga (la differenza tra larga banda e banda ultralarga è generalmente identificata dai 30 Mbit/s in downstream), con un incremento del 3,5% rispetto all'ultimo trimestre del 2008.

Continua anche a crescere il numero di Paesi in cui è offerto il servizio: nel triennio 2006 - 2008 si è passati da circa 100 a 122 Paesi. Gli abbonati ai servizi a banda larga o ultralarga sono distribuiti nel mondo come riportato in tabella 6.1.

Area geografica	Numero di abbonati a banda larga o ultralarga (milioni)	Percentuale sul totale abbonati
Europa Occidentale	105.7	25.7%
Asia Meridionale/Orientale	93.5	22.7%
America del Nord	88.5	21.5%
Asia – Pacifico	63.3	15.4%
America Meridionale	26.0	6.3%
Europa Orientale	21.9	5.3%
Medio-Oriente e Africa	12.0	2.9%
<b>Mondo</b>	<b>410.9</b>	<b>100%</b>

Tabella 6.1 diffusione banda larga ed ultralarga nel Mondo

A livello mondiale la Cina è attualmente lo stato con il maggior numero di abbonati; il sorpasso sugli USA è avvenuto nel 2008.

Sebbene cresca il numero di Paesi in cui viene offerto il servizio di banda larga e ultralarga, 400 milioni circa di terminazioni sono oggi concentrate nei quaranta Paesi maggiormente industrializzati al Mondo.

Negli anni scorsi alcuni esperti prevedevano un aumento sostenuto per i prossimi anni che, avrebbe portato a 700 milioni di abbonati nel 2013. La recente crisi finanziaria mondiale ha indotto gli osservatori a una maggiore prudenza e a rivedere al ribasso queste stime, spostando l'obiettivo al 2015-16.

La tabella 6.2 mostra il numero di abbonati ai servizi a banda larga o ultralarga distribuiti in base alla tecnologia di accesso e all'area geografica. I dati, si riferiscono alla fine del 2008.

Le tecnologie di accesso sono ripartite tra xDSL, Cable Modem e FTTx: da essa si ricava un numero di abbonati pari a 401,2 milioni, trascurando gli accessi di altro tipo (satellite e wireless).

Se si assume in prima approssimazione che solo la tecnologia FTTx fornisca servizi a banda ultralarga, allora, gli abbonati a banda ultralarga sono circa 50,8 milioni e rappresentano quindi circa un ottavo del mercato mondiale complessivo dell'accesso a banda larga e ultralarga.

Area geografica	Numero di abbonati a banda larga e ultralarga suddivisi per tecnologia di accesso (milioni)		
	xDSL	Cable Modem	FTTx
Europa Occidentale	87.7	15.23	2.1
Asia Meridionale/Orientale	72.3	1.05	19.58
America del Nord	36.52	44.93	3.7
Asia – Pacifico	10.88	11.03	22.15
America Meridionale	18.13	6.52	0.01
Europa Orientale	11.28	4.61	3.26
Medio-Oriente e Africa	29.39	0.83	-
<b>Mondo</b>	<b>266.2</b>	<b>84.22</b>	<b>50.81</b>

Tabella 6.2 suddivisione degli abbonati in base alla tecnologia di accesso



Per quanto riguarda la distribuzione percentuale delle tecnologie a livello mondiale possiamo mettere in evidenza i seguenti dati:

- Il 64,8% degli abbonati utilizzano tecnologie xDSL;
- Il 20,5% degli abbonati utilizzano tecnologie *Cable Modem*;
- Il 12,4% degli abbonati utilizzano tecnologie FTTx;
- Il 2,4% degli abbonati utilizzano altre tecnologie a larga banda (in prevalenza accessi *wireless* a larga banda del tipo punto-multipunto).

Le reti d'accesso basate su fibra ottica sono diffuse in un numero limitato di Paesi. L'impiego maggiore della fibra ottica si rileva nell'Estremo Oriente (Giappone e Corea del Sud, in particolare) dove le terminazioni in fibra attiva sono maggiori di quelle connesse tramite xDSL o via cavo coassiale.

Esprimendo i dati di tabella 6.2 in percentuale e riferendosi alle aree geografiche principali maggiormente industrializzate, si osserva che:

- Le tecnologie d'accesso xDSL sono diffuse per il 13,7% in Nord America, per il 32,9% in Europa Occidentale e per il 38,2% in Asia (per il 15,1% nel resto del mondo);
- Le tecnologie d'accesso FTTx sono diffuse per il 7,4% in Nord America, per il 4,1% in Europa Occidentale e per l'82,1% in Asia;
- Le tecnologie d'accesso *Cable Modem* sono diffuse per il 53,3% in Nord America, per il 18,1% in Europa Occidentale e per il 14,3% in Asia (per il 14,2% nel resto del mondo).

Si vede dunque come: il mercato FTTx sia praticamente concentrato negli stati asiatici, la tecnologia *Cable Modem* sia concentrata soprattutto nel Nord America, mentre la tecnologia xDSL è diffusa su tutte le aree geografiche più o meno in egual misura.

I dati mostrano poi che la diffusione della banda ultralarga nei Paesi dell'Est Europa (6,42%) è maggiore di quella relativa all'Europa Occidentale (4,14%).

## 6.2 Diffusione FTTx

### Area asiatica

In tabella 6.3 è mostrato il numero di abbonati a servizi FTTH e FTTB.

L'architettura FTTH è molto diffusa nei tre Paesi a più elevato numero di abbonati (Giappone, Corea del Sud e Cina). Addirittura in Giappone vi sono più abbonati raggiunti da FTTH che da FTTB.

Paese	Abbonati FTTH (milioni)	Abbonati FTTB (milioni)	Totale abbonati FTTH/FTTB (milioni)
Giappone	8.22	4.98	13.2
Corea del Sud	1.8	5.5	7.3
Cina	0.6	5.3	5.9
Hong Kong	-	-	0.65
Singapore	0.018	0.003	0.021
Taiwan	-	-	0.848

Tabella 6.3 numero di abbonati asiatici con tecnologia FTTH e FTTB

La situazione particolare del Giappone (dove l'Operatore dominante NTT detiene quasi il 73% del mercato FTTH) mette in risalto un altro andamento di grande interesse per il futuro dell'accesso ottico a banda ultralarga, come è mostrato in figura 6.1.

Dove i gestori offrono servizi a banda ultralarga, la diffusione delle terminazioni xDSL è destinata a ridursi, testimoniando un notevole apprezzamento della nuova tecnologia da parte degli utenti. La riduzione degli accessi xDSL, oltre che in Giappone, si sta verificando anche in altri Stati del Sud Est asiatico (in Taiwan si è avuta una riduzione di circa il 4% e in Corea del Sud del 3,8%).

Sempre osservando la diffusione asiatica, va osservato che nei primi mesi del 2008 Australia e Singapore hanno annunciato piani per coprire l'intero Paese (al 90%) con connessioni di accesso in fibra ottica fino alle abitazioni entro il 2015-2016. In Australia, in particolare l'intervento dello Stato è stato determinante.

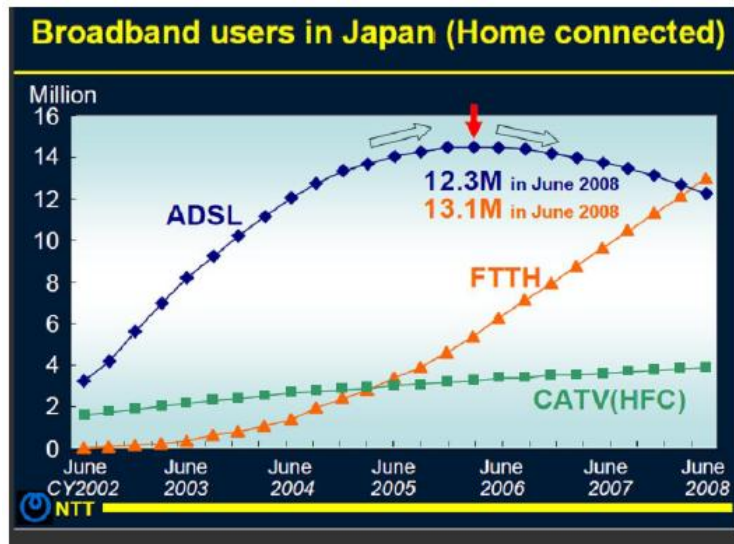


Figura 6.1 confronto temporale tra la diffusione delle varie tipologie di accesso in Giappone

### Area nordamericana

La diffusione delle reti FTTH negli Stati Uniti è in continua crescita: a marzo 2009 è stato attivato il servizio a 4,42 milioni di abbonati (a settembre 2008 erano 3,76 milioni); di questi, 3,2 milioni sono clienti dell'Operatore Verizon.

Nel caso FTTH si contano come case "passate" (*homes passed*) le abitazioni non ancora attivate, ma raggiunte dalla copertura FTTH, e cioè quelle situate in edifici o gruppi di edifici connessi tramite rete ottica di accesso. Negli Stati Uniti a marzo 2009 ci sono 15,17 milioni di case passate (a settembre 2008 erano 13,82 milioni).

La figura 6.2 mostra l'espansione del mercato del Nord America negli ultimi anni. Considerando che Canada, Messico e Caraibi contribuiscono per meno del 1,5%, i dati riguardano in pratica solo gli Stati Uniti.

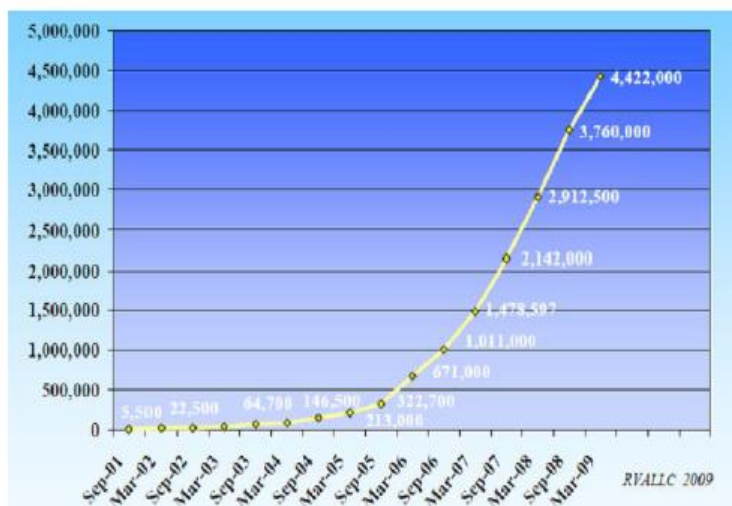


Figura 6.2 numero di utenti che utilizzano tecnologia FTTH in Nord America

## **Area europea**

Il mercato europeo della fibra ottica negli ultimi sei mesi del 2010 è cresciuto del 18%, totalizzando otto milioni e 265 mila abbonati; Di questi ben 4,2 milioni sono in Russia. Da qui al 2015 è attesa un'espansione imponente che porterà gli utenti a quota 32 milioni e 600mila.

Negli ultimi anni la crescita della banda larga in Europa è stata trainata soprattutto dai paesi dell'est e dalla Russia per un motivo: nei paesi più avanzati gli operatori incumbent hanno preferito investire sulle reti già esistenti, migliorando la velocità di connessione e di trasferimento dati del vecchio doppino di rame. Invece, nell'est Europa, in molti casi si sono dovute rifare ex novo infrastrutture obsolete e, complice la necessità di ripartire da zero, si è deciso di puntare sulla fibra.

Il paese europeo con la più alta diffusione della fibra ottica è la Lituania con una penetrazione pari al 22,6% sul totale delle abitazioni. Seguono Svezia (13,6%), Norvegia (13,6%), Slovenia (12,2%), Slovacchia (9,2%) e Russia (7,5%). L'Italia, con 346mila abbonati a dicembre 2010, è 17esima in Europa con una penetrazione dell'1,5% seguita solo dalla Turchia che però è appena entrata in classifica ed è in rapida ascesa. Ancora, la Russia guida la classifica degli abbonati del 2010 con 865mila nuovi utenti, seguita dal Portogallo (107.500), dalla Turchia (99.400) e dalla Francia (97.400).

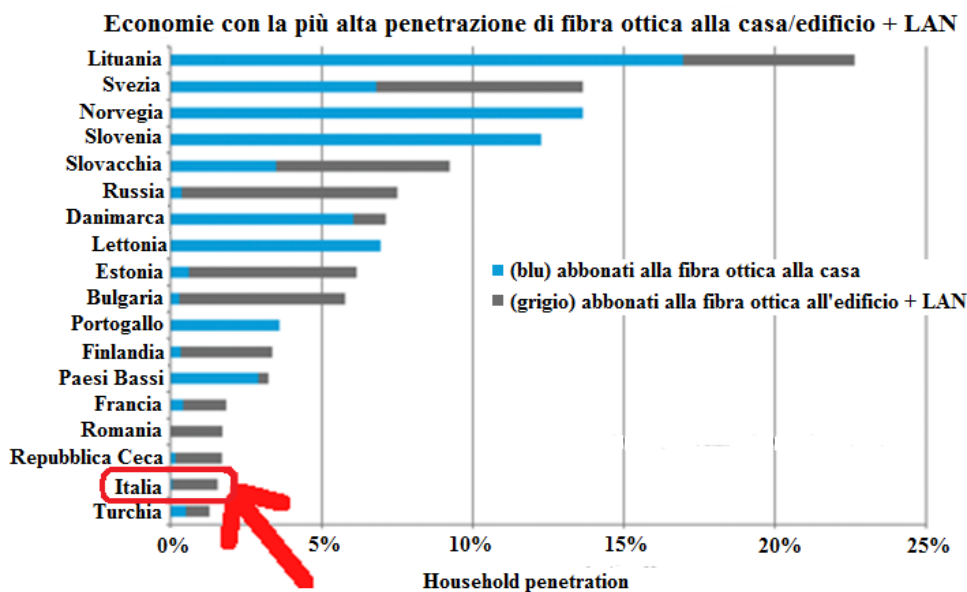


Figura 6.3 penetrazione fibra ottica nei paesi europei con evidenziata la situazione italiana

Se si guardano gli scenari globali si vede che l'Europa è ben lontana dal detenere una posizione di leadership nel campo della fibra ottica. Infatti, se circa 8,3 milioni di abbonati (incluso i 4,2 della Russia) possono essere paragonati agli 8,8 del Nord America, paiono poca cosa a confronto dei 45 milioni di utenti del continente asiatico. In testa alla graduatoria mondiale (figura 6.4) c'è la Corea del Sud con circa il 53% di connessioni in fibra ottica sul totale delle abitazioni. Al secondo e al terzo posto, il Giappone (oltre il 35%) e Hong Kong. Gli Stati Uniti sono 11esimi, appena davanti alla Russia, la Cina 21esima e l'Italia 25esima.

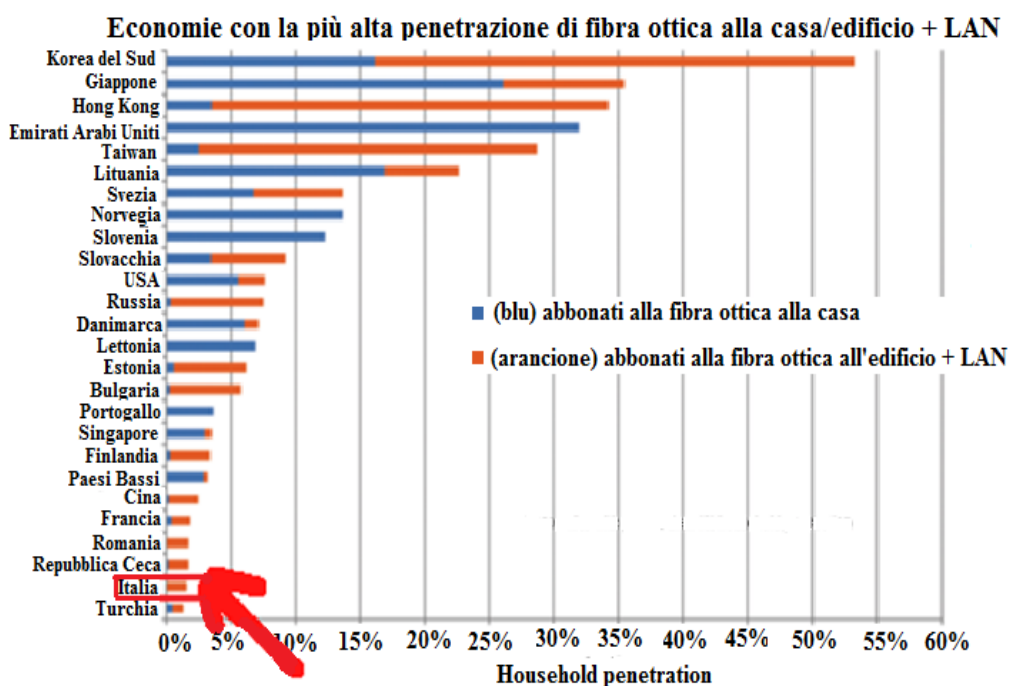


Figura 6.4 penetrazione fibra ottica nel Mondo suddivisa per paese

### **6.3 Situazione in Italia:**

In Italia sono in corso progetti di sviluppo da parte di vari operatori (TI, Tiscali, Vodafone, Fastweb,...) che dovrebbero riguardare, nei prossimi tre anni, le principali 13-15 città italiane per poi ampliarsi negli anni successivi almeno al 50% della popolazione.

Significative nello scenario Italiano sono anche le recenti iniziative da parte di nuovi enti.

In particolare si cita il progetto di sviluppo di una rete NGN recentemente annunciato dalla Regione Lombardia. Il progetto prevede di realizzare un modello di rete per banda ultra larga in architettura FTTH (Fiber To The Home) per portare la fibra ottica al 50% delle abitazioni, su un territorio di 167 comuni, per un totale di 4,2 milioni di abitanti e 43.700 chilometri di cavo da posare. La spesa prevista è di 1,2 miliardi di euro da spalmare in 5/7 anni di lavori, portati avanti da una società mista in cui dovrebbero essere presenti la Regione Lombardia, il Ministero dello Sviluppo Economico e diverse Fondazioni bancarie.

Numerose sono poi le iniziative degli Enti Locali, come ad esempio la Rete Lepida in Emilia Romagna e l'iniziativa della Provincia di Trento.

La rete Lepida, ad esempio, serve in fibra gli enti pubblici che fanno parte di una community che comprende Comuni, Province, Regione e le loro diramazioni.

Nata a livello regionale, la rete si ingrandisce via via che le varie istituzioni provvedono a cablare in fibra le aree di propria competenza.

La Provincia Autonoma di Trento invece prevede di sviluppare nei prossimi 10 anni una rete in fibra ottica che coprirà tutto il territorio a prescindere dalla densità abitativa e dai possibili profitti economici. A questo scopo sono stati stanziati circa 122 milioni e nella finanziaria sono stati inseriti incentivi per gli enti locali al fine di favorire la realizzazione cosiddetto "ultimo miglio". Si può far riferimento inoltre alle iniziative in corso in Friuli Venezia Giulia con la rete Insiel SpA (prima Mercurio FVG), società della Regione, che con una serie di pianificazioni periodiche sta creando una rete a banda ultralarga in fibra ottica in tutta la regione utilizzando anche infrastrutture di posa cavo quali la rete di illuminazione pubblica.

Un'altra iniziativa di carattere locale è presente nella Provincia di Bergamo dove la società controllata della provincia stessa, ABM ICT, ha posato oltre 400 km di fibra ottica per collegare circa 100 comuni.





## 7 Conclusioni

Dall' analisi effettuata e dagli argomenti presi in considerazione, risulta che l' effettiva realizzabilità delle reti NGN, dipende da molti fattori, tra i quali un ruolo di primissimo piano è ricoperto dalla necessità di sostenere grandi investimenti economici.

Se fino ad oggi la banda richiesta era di volta in volta raggiungibile attraverso l' adeguamento dell' attuale doppino in rame con l' introduzione di nuove tecnologie che ne migliorassero le prestazioni, in un futuro non troppo lontano, tale banda non sarà più sufficiente per far fronte all' affermarsi di nuovi contenuti sempre più pesanti e l' avvento di nuovi servizi fruibili tramite la rete.

In questo contesto, pare evidente la necessità di provvedere ad un programma di adeguamento dell' infrastruttura italiana a livello nazionale con l' introduzione, quanto più possibile, della fibra ottica nella rete d' accesso, per evitare di perdere il passo nei confronti degli altri Paesi concorrenti che hanno già iniziato o stanno attuando una politica rivolta alle NGN, cercando una configurazione quanto più adeguata alla nostra situazione.

Per far ciò, non esiste una soluzione definitiva ma, al momento, viste anche le difficoltà che si stanno attraversando dal punto di vista economico, pare più realistico una soluzione intermedia che crei un compromesso tra le prestazioni a disposizione e il costo da sostenere per adeguare la rete, predisponendo ,dove possibile, le abitazioni di nuova costruzione ad una configurazione FTTH.



## 8 Bibliografia

Spinelli C. e Vannucchi G.: "New Generation Network strategie di accesso", *Mondo Digitale*, dicembre 2008

Ciscato D. : "Rete IP e internet quadro evolutivo" , *Mondo Digitale*, marzo 2008

Decina M. e Giacomazzi P.: "Il futuro del protocollo Internet" , *Mondo Digitale*, giugno 2007

Finocchi P. e Trombetti P. : "Tecniche di posa a basso impatto ambientale" , *Notiziario Tecnico Telecom Italia*, Numero 1 2010

Billotti M. e Saracco R. : "Larga banda...che farci?" , *Notiziario Tecnico Telecom Italia*, Numero 1 2011

Trombetti P. : "MICRO E MINI TRINCEE: tecnologie di scavo nel rispetto ambientale", *Notiziario Tecnico Telecom Italia*, Numero 1 2009

Maier G. : "Introduzione alle Passive Optical Networks", Politecnico di Milano, Gennaio 2010

Rea L. e Valenti A. : "Verso le Next Generation Networks", Fondazione Ugo Bordoni, 2007

ANFoV : " Note tecniche per lo sviluppo in Italia di una infrastruttura NGN in linea con le norme di principio contenute nella legge 133/2008", 2009

Dècina M. : " Infrastrutture di rete fissa NGAN", Politecnico di Milano, AGCOM, 2009

Neri F. e Mellia M. : " Reti Fotoniche (Optical Networks) " , Politecnico di Torino

Di Carlo S. : " Storia della Telecomunicazioni " , 2006

Comoli M. : " Next Generation valore per il business " , 2007

Berruto G. : " Fibra Ottica: siamo penultimi nel mondo " , wired.it, febbraio 2011

## Ringraziamenti

Desidero in primo luogo ringraziare il Professor Giuseppe Tronca per il sostegno e la disponibilità accordatami, grazie ai quali sono riuscito a rispettare scadenze e tempistiche che credevo impossibili.

Ringrazio con Amore i miei genitori Rino e Giulia per aver creduto in me ed avermi dato la possibilità di continuare i miei studi nonostante un avvio non di certo confortante e soprattutto, per essere da sempre esempi di Amore, correttezza e sacrificio.

Ringrazio i miei fratelli Daniele e Roberto per avermi aperto in anticipo le “strade” agevolandomi l’ inserimento in ogni contesto quotidiano oltre a costituire delle garanzie per la mia vita.

Ringrazio la mia Bea per essermi sempre stata vicina in questi ultimi anni, costituendo un perno fondamentale della mia vita e senza la quale, probabilmente, i miei studi avrebbero visto fine in anni lontani.

Ringrazio Evelyn per essere entrata in punta di piedi a far parte della famiglia della quale ormai costituisce una figura insostituibile. Inoltre la ringrazio anche per essere spesso venuta a recuperarmi in stazione quando tornavo da Padova.

Ringrazio Daniela, Paolo e Matilde per avermi fin da subito accolto nella loro famiglia rendendo meno malinconico il distacco dalla mia.

Ringrazio tutti i miei Amici: vecchi e nuovi, di vallata ed universitari, con cui condivido momenti di spensieratezza e cocenti delusioni senza farci mancare qualche brindisi.

Ringrazio inoltre gli zii, le zie, i cugini, le cugine e gli amici di famiglia perché, in un modo o nell’ altro, hanno segnato parte della mia bellissima Vita.

GRAZIE A TUTTI!