



Programma AGCOM ISBUL
WP 1.1 - Infrastrutture di rete
fissa NGAN
Executive Summary

Autori:

Maurizio Dècina (responsabile)

Stefano Bregni, Rocco Casale,

Goffredo Cerquozzi, Paolo Giacomazzi,

Guido Maier, Riccardo Melen, Achille Pattavina

1 gennaio 2010'

EXECUTIVE SUMMARY v. 1.0

Programma di studio e ricerca "Infrastrutture e servizi a banda larga e ultralarga" (ISBUL)

Delibera AGCOM n. 605/08/CONS del 23/10/2008

Sotto-progetto di ricerca "Infrastrutture di rete fissa" (WP 1.1)

tra

Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni

e

Università degli Studi Tor Vergata (capofila ATS)

Politecnico di Milano

finalizzato allo svolgimento, nell'interesse pubblico, di attività di studio e ricerca sulle tematiche scientifiche, tecnologiche, economiche e normative relative alle Reti di Nuova Generazione (NGN-Next Generation Network)

Diffusione del documento

*La diffusione del presente documento è limitata
all'interno del Programma AGCOM ISBUL*

Riassunto

Questo documento segue il Rapporto Finale v1.0 del 15-11-2009 sulle attività effettuate dal Politecnico di Milano nell'ambito del programma di studio e ricerca "*Infrastrutture e Servizi a Banda Larga e Ultralarga*" (ISBUL) per il Work Package 1.1. In particolare, questo documento presenta un *Executive Summary* delle più rilevanti attività in oggetto e alcune considerazioni conclusive.

Lo studio riguarda l'infrastruttura della *rete di accesso di nuova generazione (Next Generation Access Network, NGAN)*, cioè la sezione di accesso in fibra ottica della *Next Generation Network (NGN)*. L'infrastruttura NGAN realizzerà in modo integrato sia gli allacciamenti a *banda ultralarga* (almeno 30 Mbit/s), per l'utenza residenziale e affari con architetture del tipo FTTx (*Fiber To The x*), sia la connettività (*mobile backhaul*) tra le numerose stazioni radio necessarie per i sistemi wireless 3G/4G, tipicamente HSPA e LTE. Il confine tra banda larga e banda ultralarga non è definito univocamente, ma è spesso indicato in 30 Mbit/s di velocità in downstream, da rete a utente, come sarà discusso in seguito.

Il documento è articolato nelle seguenti cinque sezioni:

- 1 Le reti fisse a banda ultra larga: possibili architetture e criteri di valutazione.
- 2 Rapporti tra rete fissa e rete radio in area metropolitana e area rurale: il ruolo delle femtocelle, le esigenze di backhaul e la capacità offerta.
- 3 La valorizzazione delle infrastrutture alternative: effetti sui costi e necessari prerequisiti informativi.
- 4 Le opzioni per la gestione della transizione: le scelte temporali di copertura e sostituzione della rete fissa esistente.
- 5 La normativa tecnica: ruoli, finalità ed esigenze di coordinamento.

Sommario

Riassunto	ii
Sommario	iii
1 Le reti fisse a banda ultra larga: possibili architetture e criteri di valutazione	1
2 Rapporti tra rete fissa e rete radio in area metropolitana e rurale: il ruolo delle femtocelle, le esigenze di backhaul e la capacità offerta	5
3 La valorizzazione delle infrastrutture alternative: effetti sui costi e prerequisiti informativi	9
4 Le opzioni per la gestione della transizione: scelte temporali di copertura e sostituzione della rete fissa esistente	12
5 La normativa tecnica: ruoli, finalità ed esigenze di coordinamento	16

1 Le reti fisse a banda ultra larga: possibili architetture e criteri di valutazione

Le reti di accesso in Italia: situazione attuale

L'attuale rete di accesso italiana per le telecomunicazioni è basata prevalentemente sull'infrastruttura di distribuzione in rame di Telecom Italia. La rete di accesso è composta da 10.313 *Stadi di Linea (SL) (Central Office, CO)* che sono connessi attraverso la *rete di giunzione (backhaul)* ai 628 *Stadi di Gruppo Urbano (SGU)*. La rete di accesso in rame si divide in *rete primaria*, che connette i permutatori presenti in centrale agli armadi stradali (*cabinet*), e in *rete secondaria*, che connette gli armadi stradali ai distributori posti in prossimità degli edifici.

Hanno inoltre rilievo le due reti di accesso in fibra ottica di Telecom Italia e Fastweb, estese anch'esse al territorio nazionale. Esistono infine altre reti di accesso realizzate da Enti Locali quali Comuni, Province e Regioni. Per il dispiegamento delle fibre ottiche nella NGAN, oltre alle infrastrutture per telecomunicazioni, potrebbero essere utilizzate le infrastrutture delle *utilities* (spesso a maggioranza pubblica), quali: illuminazione stradale, gas, energia, fogne, teleriscaldamento, ecc.

Riteniamo di grande importanza procedere a un'attività di ricognizione finalizzata alla creazione di un'anagrafe delle reti alternative in fibra ottica realizzate negli ultimi 10 o 15 anni nel nostro Paese, nonché degli impianti sotterranei per servizi di pubblica utilità diversi da quelli per le telecomunicazioni (elettricità, teleriscaldamento, illuminazione stradale, gas impianti fognari, segnalazione semaforica, ecc).

Architetture di distribuzione della rete in fibra ottica

La rete di accesso fissa a banda larga e ultralarga può essere realizzata secondo le architetture di distribuzione *Fiber-to-the-Exchange (FTTE)*, *Fiber-to-the-Cabinet (FTTC)*, *Fiber-to-the-Building (FTTB)* e *Fiber-to-the-Home (FTTH)*. FTTE è l'architettura già adottata da tempo in Italia per fornire servizi a larga banda (circa 11,5 milioni di utenti a fine 2008). Le altre tre architetture consentono invece la fornitura di accessi a banda ultralarga negli scenari NGAN oggetto del presente lavoro.

Nell'architettura FTTE, la fibra raggiunge lo SL. Tra lo SL e l'utente, vi è il riutilizzo completo della rete di accesso in rame utilizzando le varie tecnologie xDSL standardizzate dall'ITU-T e in particolare quelle basate su ADSL, ADSL2 e ADSL2+. L'utilizzo di una tecnologia rispetto ad un'altra dipende dalle prestazioni che si vogliono offrire agli utenti finali con una velocità teorica per l'ADSL2+ di circa 20 Mbit/s in downstream e 1 Mbit/s in *upstream* da utente a rete. Se le connessioni tra utenti e stadi di linea sono molto brevi (solo se inferiori a 400 metri) è anche possibile offrire un collegamento di maggiore capacità di tipo VDSL2.

Nell'architettura FTTC, si sostituisce il rame nella rete primaria collegando lo Stadio di Linea con l'armadio stradale tramite fibra ottica. In questo caso è necessario introdurre nell'armadio stradale dei componenti attivi di conversione ottico/elettrica del segnale e viceversa. Di solito, si installa un mini DSLAM con modem VDSL2 per la trasmissione su doppino in rame. Con lo standard VDSL2 si può raggiungere una capacità di 50 Mbit/s in downstream e di 10 Mbit/s in upstream, almeno su distanze brevi.

Nell'architettura FTTB, si collega l'edificio (*building*, che rappresenta sia il singolo palazzo, sia gruppi di abitazioni singole) direttamente allo Stadio di Linea con la fibra ottica eliminando i cabinet stradali. Alla base dell'edificio (generalmente in un locale chiuso all'interno) viene installato l'apparato che converte il segnale ottico in elettrico: da qui la connessione avviene sfruttando i cavi in rame presenti con la tecnologia VDSL2 che permette di raggiungere le massime prestazioni dal doppino (fino a 100 Mbit/s in downstream e 40 Mbit/s in upstream) dato che le distanze coperte sono molto brevi (fino a 100 metri). Quest'architettura permette di risparmiare i costi di cablaggio verticali dei palazzi.

L'architettura FTTH permette la miglior disponibilità di banda all'utente finale e la maggior espandibilità futura: tutti i collegamenti sia orizzontali che verticali sono in fibra ottica. A seconda della tecnologia ottica utilizzata è possibile garantire connessioni simmetriche che vanno da 100 Mbit/s a 1 Gbit/s. In una rete FTTH, i collegamenti sono normalmente realizzati con una sola fibra con trasmissione bidirezionale su due diverse lunghezze d'onda nei due sensi. In pochi casi, il collegamento è comunque composto da due fibre ottiche: una per la trasmissione bidirezionale e una di riserva, lasciata disponibile per alcune funzioni aggiuntive.

Sistemi di accesso per la rete in fibra ottica

Qualunque sia l'architettura di distribuzione adottata nella rete di accesso in fibra ottica (FTTC, FTTB, FTTH), sono utilizzati principalmente due categorie diversi di sistema di trasmissione:

- *sistemi punto-punto (Point-to-Point, P2P)*, ossia collegamenti dedicati in fibra ottica, operanti con tecnologie Fast Ethernet (100 Mbit/s) oppure Gigabit Ethernet (1 Gbit/s), con topologia a stella e condivisione dei cavidotti secondo lo stesso schema di principio della rete in rame;

- sistemi basati su *reti passive in fibra ottica (Passive Optical Network, PON)* secondo topologie ad albero, realizzate diramando successivamente le fibre con dispositivi passivi (*splitter*) in cascata, in cui quindi la capacità trasmissiva nelle tratte a monte è condivisa dinamicamente tra gli utenti.

Nelle reti PON a divisione di tempo (TDM), vengono utilizzate due lunghezze d'onda differenti per la trasmissione *downstream* e *upstream* (collegamenti a fibra singola). L'*Optical Line Termination (OLT)* trasmette *downstream* in multiplazione TDM: ciascun ramo di utente (*Optical Network Unit, ONT*, e *Optical Network Termination, ONT*) ha uno slot dedicato. Due protocolli standard TDM-PON sono oggi di largo impiego: il GPON (ITU-T G.984) e l'EPON (IEEE 802.3ah).

Per estendere la capacità di trasmissione delle PON, sono allo studio metodi basati su tecniche di multiplazione a divisione di lunghezza d'onda WDM, sia *Coarse (CWDM)* fino a 18 diverse lunghezze d'onda sia *Dense (DWDM)* fino a 162 colori. Le tecnologie WDM per le reti di accesso sono ancora in via di consolidamento, mentre alcune soluzioni di apparati WDM PON sono in sperimentazione e esercizio nelle aree asiatiche. Soluzioni commerciali su scala industriale sono previste nell'arco dei prossimi due-tre anni.

L'architettura FTTC viene tipicamente usata soltanto in configurazione P2P. Può essere impiegata anche per un dispiegamento NGAN con obiettivi ambiziosi in termini di copertura: almeno il 40% delle abitazioni. E' questo, ad esempio, il caso degli sviluppi NGAN annunciati da BT e KPN.

L'architettura FTTB è impiegata sia con GPON che P2P. Tra gli esempi di applicazione nel mondo, si citano Korea Telecom (EPON) e Telefonica (GPON). Telecom Italia ha iniziato nel 2008 alcune sperimentazioni FTTB GPON a Milano.

Anche l'architettura FTTH può utilizzare sia P2P sia GPON. Gli sviluppi FTTH GPON in Europa sono stati intrapresi da molti Operatori dominanti: Telefonica, BT, France Telecom e Telecom Italia. Korea Telecom ha annunciato l'*upgrade* delle sue installazioni FTTH EPON tramite tecniche WDM per aumentare la banda disponibile ai propri clienti. In Italia e in Francia, Fastweb e Free Iliad hanno dispiegato per primi sistemi FTTH P2P. Tra gli sviluppi FTTH P2P in Europa, si segnalano i casi di KPN e SwissCom.

Pro e contro delle architetture FTTH P2P e GPON

I sistemi P2P sono adatti a soddisfare anche esigenze future e si prestano a singoli incrementi di banda (da 100 Mbit/s a 10 Gbit/s). Di contro, la soluzione P2P ha costi superiori rispetto alla PON a causa del numero superiore di fibre da installare nella rete primaria, che comporta una gestione più complessa delle fibre all'interno della centrale.

Nei sistemi PON, il rapporto di divisione complessivo ottenuto dalla cascata di splitter può raggiungere valori fino a 1:128, ma nelle aree metropolitane tipicamente è compreso tra 1:32 e 1:64. I maggiori pregi di questa tecnica consistono nella riduzione del numero di fibre ottiche, in particolare nella rete primaria, nonché nell'assenza di apparati attivi da mantenere in postazioni remote. Di contro, questa tecnica necessita del controllo dell'accesso multiplo in direzione *upstream* (in *downstream* i segnali sono trasmessi in *broadcast*, crittografati per fare sì che ogni utente possa ricevere solo il proprio segnale).

Una discussione critica e un confronto economico tra le due soluzioni porta a concludere che GPON offre migliori prestazioni economiche rispetto a P2P soprattutto in due aree di investimento: la rete di accesso primaria e gli impianti di centrale. La soluzione P2P, di contro, offre di contro

migliori prestazioni dal punto di vista del costo degli apparati di utente, della banda offerta all'utenza e della possibilità di applicare i rimedi passivi di disaggregazione degli elementi di rete. In questo confronto economico, i criteri di valutazione delle due soluzioni comprendono:

- l'analisi del fabbisogno di cavidotti nella rete di accesso ottica primaria e secondaria, tenendo conto della possibilità di riuso di cavidotti esistenti e della necessità di nuove installazioni;
- l'analisi del fabbisogno di apparati elettronici e ottici, dello spazio e della potenza installata in centrale;
- la stima degli investimenti e dei costi di esercizio e manutenzione della rete ottica di accesso;
- la stima degli investimenti e dei costi di esercizio e manutenzione delle reti di edificio e degli apparati di utente;
- la capacità trasmissiva (banda) di accesso offerta all'utente;
- le possibilità di disaggregazione passiva e attiva degli elementi della rete di accesso (*unbundling* e *bitstream*).

Per quanto riguarda quest'ultimo aspetto, la soluzione GPON offre la possibilità di *unbundling* del *sub-loop* (della rete secondaria, con interconnessione a livello di pozzetto nodale/armadio ottico), nonché di *WDM Unbundling* secondo le configurazioni WDM PON e WDM GPON, con possibilità di collocazione degli apparati OLT WDM dei vari Operatori nel sito di centrale ottica. GPON offre inoltre la possibilità di *bit streaming* con qualità di servizio differenziata e con possibilità di aggregazione degli accessi virtuali dei singoli Operatori.

La soluzione P2P permette invece il *Local Loop Unbundling* con modalità analoghe a quelle adottate per i doppini in rame e con possibilità di collocazione degli apparati OLT dei vari Operatori nel sito di centrale ottica.

2 Rapporti tra rete fissa e rete radio in area metropolitana e rurale: il ruolo delle femtocelle, le esigenze di backhaul e la capacità offerta

Mobile backhaul: la rete di giunzione per stazioni radiomobili

Nelle reti radiomobili, il *mobile backhaul* è la rete di giunzione che interconnette le stazioni base BS (*Base Station*) ai nodi di controllo RNC (*Radio Network Controller*) della rete dell'Operatore. Esso rappresenta uno dei maggiori costi della RAN (*Radio Access Network*).

Il successo di mercato dei servizi mobili a banda larga tramite sistemi 3G/HSPA (*High Speed Packet Access*) sta provocando un significativo aumento del traffico dati sulle RAN. Da qui, l'esigenza di disporre di una crescente capacità di trasporto di *backhaul*, che giocherà un ruolo chiave nello sviluppo dei servizi HSPA e, in futuro, del sistema mobile a banda ultralarga 4G/LTE (*Long Term Evolution*). Il potenziamento del *mobile backhaul* potrà convenientemente sfruttare le infrastrutture della rete di accesso in fibra ottica NGAN.

Tradizionalmente, il *mobile backhaul* nei sistemi di seconda generazione (2G) è basato su sistemi di trasmissione TDM (flussi E1 a 2.048 Mbit/s), sia su rete fissa sia più comunemente tramite ponti radio a microonde. Nei sistemi di terza generazione 3G/UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*), si è assistito ad una progressiva migrazione verso il trasporto su ATM e poi su IP su Ethernet a 10 e 100 Mbit/s.

L'adozione di IP/Ethernet come tecnologia di trasporto per il *mobile backhaul* permette una buona scalabilità della capacità. Le BS di nuova generazione dispongono di interfacce native IP/Ethernet. Si valuta persino di adottare il trasporto Ethernet su tutti gli elementi di rete 3G/4G. I sistemi di trasporto IP/Ethernet, comunque, possono anche emulare interfacce TDM (E1) verso le BS e i nodi RNC (servizio di emulazione E1, o flussi PDH superiori, denominato *pseudowire*).

Il Metro Ethernet nei sistemi di *mobile backhaul*

Più in dettaglio, la cosiddetta tecnica *Metro Ethernet* promette di offrire una significativa riduzione di costo rispetto alle soluzioni tradizionali (per esempio SDH/SONET). Il *Metro Ethernet Forum* (MEF) ha pubblicato varie specifiche per il dispiegamento di Ethernet nelle reti degli Operatori fissi e mobili. Una delle aree di maggior rilievo è permettere una migrazione che non comprometta gli investimenti già fatti in dispositivi non dotati di interfacce Ethernet, da cui il grande interesse per lo standard *pseudowire*.

Nel 2009, il MEF ha pubblicato lo standard "*MEF mobile backhauling implementation agreement*", che fornisce le linee guida per l'introduzione di Ethernet nella rete di mobile backhaul. Nel caso di dispositivi non equipaggiati con interfacce Ethernet, è suggerita una soluzione ibrida: il traffico telefonico è trasportato attraverso la rete TDM, mentre il traffico dati e multimediale via i sistemi Ethernet. La rete TDM può essere sostituita da sistemi Ethernet anche per il traffico telefonico (*pseudowire*). Nel caso più avanzato, tutti gli elementi della rete radiomobile sono dotati di interfacce IP/Ethernet. In questo caso, il traffico può essere classificato, suddiviso per categorie di servizio e quindi trasportato in modo differenziato tramite i meccanismi di QoS nativi del Metro Ethernet.

L'introduzione di LTE creerà minori problemi di *backhaul* rispetto a quelli sollevati dai sistemi 2G/3G. Infatti, gli elementi di rete LTE avranno interfacce IP/Ethernet. Il traffico dei diversi servizi potrà essere agevolmente trasportato tramite le classi di servizio abilitate dalla NGAN, consentendo così una ottimizzazione dell'uso delle risorse di rete (a differenza del caso *pseudowire*).

Con l'avvento del Metro Ethernet, un aspetto critico riguarda il livello di qualità che un circuito emulato può offrire, soprattutto in relazione agli elevati standard qualitativi della tradizionale tecnologia TDM. Il MEF specifica livelli di qualità inferiori a quelli del TDM classico. D'altra parte, i requisiti dei sistemi radiomobili sono molto stringenti. E' quindi importante osservare che esistono ancora lacune qualitative da colmare per Metro Ethernet, al fine di rispettare le specifiche per il radiomobile. Comunque, alcune realizzazioni industriali di Metro Ethernet offrono livelli di qualità più elevati di quelli richiesti dalle specifiche MEF.

Integrazione del *mobile backhaul* nella NGAN

Per quanto riguarda gli aspetti di integrazione del *mobile backhaul* nella NGAN, gli scenari previsti includono gli apparati OLT negli Stadi di Gruppo Urbano (SGU) ed estendono i collegamenti della rete di accesso ottica fino agli Stadi di Linea (SL), o agli ONU nel caso di FTTC o FTTB, oppure alle stazioni radio base, BS, nel caso di macrocelle e microcelle¹ radio sia *outdoor* sia *indoor*. Inoltre, è considerata la possibilità di connettere le microcelle *indoor* in fibra ottica, per esempio con tecniche *Radio Over Fiber*, in cui l'intero segnale radio è trasmesso in fibra tramite

¹ Nella letteratura tecnica, i termini macro-, micro-, pico- e femto-celle fanno riferimento sia alla dimensione delle celle che alla potenza emessa dalle antenne, progressivamente inferiori.

opportuna modulazione ad un apparato ospitato nell'SGU, che riporta i segnali numerici in banda base.

Nell'evoluzione delle reti radio di accesso a larga banda, una notevole possibilità da considerare è il dispiegamento delle BS 3G/HSPA e 4G/LTE e degli *Access Point* (AP) WiFi e WiMAX all'interno di uffici e abitazioni. Recenti studi² indicano che nei prossimi anni il 50% delle chiamate telefoniche ed il 70% dei servizi dati sarà fruito da utenza *indoor*.

La disponibilità di fibre ottiche nella NGAN per realizzare *mobile backhaul* tra centri RNC e stazioni radio base BS, sia *outdoor* che *indoor*, è oggi lasciata alle trattative di mercato tra Operatori. L'Operatore che realizza la nuova rete NGAN mette a disposizione collegamenti su fibra ottica, o rilascia a prezzo di mercato l'IRU (*Indefeasible Right of Use*) delle fibre che connettono le antenne dell'Operatore mobile. Le fibre di *mobile backhaul* collegano le antenne radio alla centrale dell'Operatore NGAN che successivamente le smista verso il centro dell'Operatore mobile.

Per quanto riguarda la capacità di trasmissione necessaria al collegamento delle stazioni radio base dei sistemi LTE, si segnala che nelle aree urbane le celle radio LTE *outdoor* hanno un raggio tipico di 250 metri. Si stima, quindi, la necessità di dispiegamento sul territorio nazionale di un numero di stazioni almeno 3 volte più elevato di quello delle BS dei sistemi radiomobili 3G/HSPA (oggi circa 15000 BS per sistema nazionale). Il loro numero, inoltre, dipenderà poi dalla molteplicità di sistemi LTE in competizione sul territorio nazionale e dal livello di condivisione delle infrastrutture LTE tra Operatori (torri radio, cavi ottici di *backhauling*, ecc.).

Infine, le stazioni radio *indoor* si diffonderanno in numero molto più elevato di quello delle stazioni radio *outdoor*. Si stima che potrebbero arrivare a raggiungere milioni di unità, in particolare se si considera la loro realizzazione tramite reti di *femtocelle*.

Femtocelle e aspetti critici relativi

Un importante sviluppo dei sistemi 3G/HSPA è costituito dalle cosiddette reti di *femtocelle*, basate su antenne 3G/HSPA poste nelle abitazioni degli utenti, analogamente agli odierni accessi domestici WiFi+ADSL. Le femtocelle sono collegate alla rete dell'Operatore cellulare tramite collegamenti fissi a banda larga e ultralarga ADSL e FTTx. Utilizzando le connessioni residenziali come *backhaul*, quindi, è possibile fornire a ciascun utente una femtocella 3G/HSPA dedicata, ottenendo un grande aumento della capacità di banda per unità di superficie, senza dover ricorrere a estensioni della rete RAN.

In conclusione, le reti di femtocelle permettono di offrire l'intera capacità di una cella HSPA (fino a 20-30 Mbit/s) al singolo ambiente domestico. Le reti di femtocelle possono adottare anche gli standard dei sistemi LTE, per offrire 100 Mbit/s di capacità di *download* alla singola abitazione.

L'impiego efficace delle femtocelle pone una serie di problemi riguardanti la tecnologia, le strategie di mercato e la regolamentazione, che fino ad oggi ne hanno scoraggiato lo sviluppo.

Per quanto riguarda gli aspetti critici della regolamentazione, citiamo:

- l'uso *pubblico* o *privato* (solo un gruppo di *SIM card* è abilitato all'accesso) delle femtocelle,
- l'uso dello spettro da parte dell'Operatore nel caso di femtocelle di tipo privato,

² G. Mansfield, "Femtocells in the US market-Business drivers and consumer propositions," *Femtocells Europe*, ATT, London, U.K., June 2008.

- l'uso del collegamento a banda larga/ultralarga da parte dell'utente, e
- il trasporto dei flussi di segnale provenienti dalla femtocella di un Operatore radiomobile attraverso la NGAN di un altro Operatore.

Tra i problemi tecnologici, citiamo:

- l'interferenza tra celle adiacenti negli edifici,
- la possibilità di *hand-over* tra femtocelle e macrocelle dello stesso Operatore nel passaggio da *indoor* a *outdoor*, e
- la necessità di gestire l'esercizio di un gran numero di femtocelle, in particolare se di tipo privato.

Questi problemi tecnologici sono resi complessi da un insieme di fattori³:

- le femtocelle saranno installate direttamente dagli utenti, che ignorano i problemi di posizionamento delle antenne;
- le femtocelle saranno dispiegate senza una pianificazione radio preventiva;
- il numero di utenti contemporaneamente collegati ad una femtocella dovrà essere limitato per prevenirne la congestione;
- le femtocelle dovranno essere in grado di gestire anche terminali d'utente tradizionali;
- l'interferenza può avere luogo tra una femtocella e una macrocella, oppure anche tra femtocelle adiacenti.

Il contrasto dell'interferenza passa attraverso una serie di sistemi di mitigazione, che richiedono alla femtocella la capacità di analizzare le condizioni dello spettro radio e del rapporto segnale/rumore a valle del demodulatore. Ad esempio, citiamo la calibrazione automatica della potenza di trasmissione della femtocella, l'attenuazione adattativa della potenza in *uplink*, la selezione dell'Operatore in una lista da parte della femtocella, l'*handover* tra frequenze.

Risultati sperimentali riportati in letteratura³ segnalano che in un ambiente urbano denso, se vengono applicati i sistemi di mitigazione prima elencati, si può ottenere che il 96% dei terminali d'utente utilizzati all'interno di un appartamento sia effettivamente collegato alla propria femtocella, mentre il rimanente 4% risulta collegato a femtocelle site in appartamenti adiacenti o a macrocelle, con una percentuale trascurabile di terminali fuori servizio.

³ M. Yavuz, F. Meshkaty, S. Nanda, A. Pokharia, N. Johnson, B. Raghothaman, A. Richardson, "Interference management and performance analysis of UMTS/HSPA+ femtocells", *IEEE Communications Magazine*, Vol. 47, No. 9, September 2009, pp. 102-109.

3 La valorizzazione delle infrastrutture alternative: effetti sui costi e prerequisiti informativi

Nella maggior parte dei Paesi in cui si sta sviluppando la NGAN si fa ricorso al sottosuolo per ospitare le infrastrutture della rete fissa. Questo è dovuto essenzialmente all'elevato impatto ambientale che caratterizza le soluzioni di cablaggio aeree, specialmente nelle aree urbane. La creazione dell'infrastruttura sotterranea è caratterizzata da elevati costi dovuti ai lavori di costruzione. Nell'ipotesi di realizzare ex-novo una rete FTTH, in termini di costi di capitale (CAPEX) per l'installazione, le opere civili incidono quasi per il 70% del totale. Inoltre il disagio causato dagli scavi è mal sopportato dalla cittadinanza, specie da quella residente in prossimità dei cantieri nei quali si eseguono i lavori. Per questo tutti gli accorgimenti orientati a ridurre la necessità di eseguire opere di scavo sono da privilegiare.

Negli ultimi anni si è sviluppato un processo di “*miniaturizzazione*” dei componenti della rete ottica (minitubi e minicavi) che ha consentito di ridurre notevolmente le dimensioni delle infrastrutture necessarie. In particolare sono state sviluppate tecnologie di scavo a più ridotto impatto ambientale (minitrincea, micro-trincea, perforazioni orizzontali guidate) che, oltre a essere meno costose di quelle tradizionali, presentano un impatto ambientale di gran lunga più modesto, comportando una durata dei lavori molto inferiore e richiedendo un rifacimento del manto stradale assai più limitato. Per incoraggiare l'impiego di queste tecnologie, esse andrebbero introdotte nei regolamenti scavi dei Comuni, delle Province e degli altri Enti, come l'ANAS, perché accettino (o meglio incoraggino) l'utilizzo di questi sistemi di posa innovativi.

Un'altra importante possibilità, offerta dai nuovi materiali miniaturizzati, è quella di un impiego sempre maggiore delle infrastrutture di telecomunicazione e di quelle di altri servizi, presenti nel sottosuolo delle aree urbane.

Nelle “*infrastrutture di TLC*” rientrano le *tubazioni*, costituite da manufatti di grandi dimensioni realizzati per lo sviluppo della rete in rame e, successivamente, utilizzati anche per lo sviluppo della rete ottica, ricorrendo all’installazione di sottotubi all’interno di ciascun tubo. Ci sono poi i *tubi interrati*, costituiti da fasci di tubi affiancati di dimensioni ridotte, realizzati per lo sviluppo della rete ottica. Entrambi questi tipi di infrastrutture possono essere equipaggiate con minitubi, aumentando di un ordine di grandezza il numero delle sedi di posa, utilizzabili per l’installazione di minicavi di potenzialità fino a 144 fibre. I tubi interrati sono stati realizzati oltre che dagli operatori di telecomunicazione, anche da alcune autorità locali (Comuni, Provincie e Regioni) per lo sviluppo di reti ottiche dedicate prevalentemente agli uffici della Pubblica Amministrazione.

Le “*infrastrutture dei servizi diversi dalle TLC*”, che possono essere utilizzate per la posa di cavi a fibre ottiche con l’impiego di sottotubi, minitubi e minicavi, appositamente concepiti per i diversi ambienti di posa, sono ad esempio:

- quelle degli impianti di illuminazione che contengono cavi elettrici, nelle quali è necessario utilizzare un cavo ottico completamente dielettrico;
- le infrastrutture non più in uso di gas o acqua, nelle quali è necessaria la predisposizione di adeguati sottotubi e minitubi;
- le gallerie comunali dei pubblici servizi, nelle quali i sottotubi e i minitubi possono essere installati all’interno di canalette di protezione poste lungo le pareti;
- le condotte fognarie nelle quali la particolarità dell’ambiente di posa richiede l’utilizzo di manodopera specializzata e attrezzature e materiali particolari.

Il parlamento e il Governo hanno manifestato molto interesse al problema della diffusione della larga banda e hanno effettuato diversi interventi significativi sull’impianto legislativo vigente. In particolare hanno assimilato le infrastrutture destinate alla posa delle fibre ottiche “ad ogni effetto” come opere di urbanizzazione primaria e hanno disposto che gli operatori di telecomunicazioni possono utilizzare senza oneri le infrastrutture civili di proprietà di concessionari pubblici⁴.

Le difficoltà di utilizzo delle infrastrutture esistenti sono dovute principalmente al fatto che in Italia, diversamente da altri Paesi, non è disponibile una banca dati cartografica unica, che riporti i dati relativi a tutte le infrastrutture presenti nel sottosuolo. Oggi gli operatori dei servizi pubblici hanno una propria banca dati sulla quale riportano gli elementi da essi ritenuti più significativi della propria rete. Le banche dati sono state costituite l’una indipendentemente dalle altre e quindi non sono omogenee né per le basi planimetriche né per la simbologia e la sintassi degli elementi descritti quali tubi, pozzetti, cavi o terminazioni. Si teme inoltre che per alcuni impianti, specie quelli più datati, non sia disponibile alcuna documentazione o al più sia disponibile soltanto una documentazione cartacea. La molteplicità e l’eterogeneità delle rappresentazioni oggi in uso non permette di disporre di una visione completa delle infrastrutture esistenti sotto il manto stradale e rende quindi difficoltoso individuare tubazioni o altri elementi utilizzabili per la posa dei cavi a fibre

⁴ Art. 2 del Decreto Legge 25 giugno 2008, n.112, convertito nella Legge 6 agosto 2008, n.133, Art. 2, comma 2: «L’operatore della comunicazione ha facoltà di utilizzare per la posa della fibra nei cavidotti, senza oneri, le infrastrutture civili già esistenti di proprietà a qualsiasi titolo pubblica o comunque in titolarità di concessionari pubblici» (omissis); comma 5: «Le infrastrutture destinate all’installazione di reti ed impianti di comunicazione elettronica in fibra ottica sono assimilate ad ogni effetto alle opere di urbanizzazione primaria ...».

ottiche. Senza un “registro delle infrastrutture”, che riporti questi dati, risulta perciò difficoltoso ottimizzare le risorse economiche necessarie per le opere di scavo.

Sarebbe quindi auspicabile che si avvii a livello nazionale un’iniziativa tesa a definire e applicare un sistema normalizzato di rappresentazione cartografica che riporti le informazioni relative alle infrastrutture sotterranee: si dovrebbe iniziare proprio dalle infrastrutture di telecomunicazione, degli operatori e delle autorità locali, e passare gradualmente alle infrastrutture degli altri servizi pubblici. Sarebbe quindi opportuno individuare l’ente responsabile della costituzione e della gestione del registro delle infrastrutture e definire una normativa, coinvolgendo tutti gli attori interessati, per la fornitura e la consultazione dei dati.

Partendo da queste informazioni potrebbero essere ottimizzate le risorse economiche e razionalizzato l’impiego del sottosuolo, pianificando in modo coerente gli interventi per lo sviluppo delle diverse reti (elettrica, idrica, TLC, illuminazione stradale, semaforica, teleriscaldamento, ...). Con i dati contenuti in questo archivio sarebbe inoltre possibile evitare, o almeno limitare, i casi di duplicazione indesiderata di opere civili particolarmente onerose per la realizzazione di lavori di scavo, di posa e di ripristino delle pavimentazioni stradali di entità significativa.

4 Le opzioni per la gestione della transizione: scelte temporali di copertura e sostituzione della rete fissa esistente

Il percorso evolutivo dalla tradizionale rete di accesso in rame alla rete di nuova generazione non è univoco.

La molteplicità dei percorsi evolutivi deriva in primo luogo dalla diversità della architettura obiettivo. Infatti non è possibile identificare una soluzione NGAN ottimale, valida in ogni situazione: anche all'interno di uno stesso Paese le soluzioni preferibili saranno differenti nelle varie aree geografiche, ed uno scenario realistico di lungo termine potrà vedere la coesistenza di differenti architetture.

L'alternativa strategica più importante relativa alla implementazione della rete è quella di effettuare una sostituzione totale della rete attuale in rame con la rete ottica NGAN (*total replacement*), oppure optare per una sostituzione graduale (*overlay*).

In uno scenario di *total replacement* tutti gli utenti vengono migrati sulla nuova rete di accesso indipendentemente dai servizi che utilizzano. La rete di nuova generazione fornisce servizi che rendono la migrazione trasparente per l'utente: il caso tipico è quello della telefonica, che viene supportata da un servizio di *PSTN Emulation* (servizio indistinguibile dall'utente).

La strategia di *total replacement* ha il vantaggio di annullare rapidamente i costi di gestione e manutenzione della rete tradizionale, il che permette anche di finanziare parzialmente la nuova rete con i risparmi ottenuti dalla dismissione della vecchia. Il *total replacement* consente anche

all'operatore dominante di effettuare una ottimizzazione della struttura della rete, eliminando i moduli di centrale posizionati in periferia con la conseguente notevole riduzione del numero complessivo dei nodi della rete. Un ulteriore vantaggio per l'operatore, nel caso in cui sia proprietario dei locali di centrale, è quello di liberarli e di realizzare notevoli ricavi dalla vendita degli stessi.

Nel caso di *overlay* si ha un lungo periodo di coesistenza delle due infrastrutture; la migrazione dei clienti sulla nuova rete avviene solo quando essi sottoscrivono i nuovi servizi a larga banda.

La strategia di *overlay* ha il vantaggio di permettere un profilo di investimento più graduale. Tuttavia, essa comporta la necessità di gestire contemporaneamente due infrastrutture con la conseguente riduzione, o annullamento, dei vantaggi di costo di esercizio. Trattandosi di una soluzione guidata dal mercato, in cui l'utente migra verso la nuova rete di propria volontà, si pongono meno problemi di mantenimento dei servizi esistenti: in particolare per quel che riguarda la telefonia si può perseguire un approccio di *PSTN Simulation* (sostanziale equivalenza funzionale dei servizi) piuttosto che di *PSTN Emulation*.

In pratica gli approcci di *total replacement* e *overlay* non sono in piena contrapposizione: è possibile impostare una strategia in cui una fase iniziale di tipo *overlay*, guidata dallo sviluppo del mercato, viene portata avanti fino a quando la percentuale di utenti della rete tradizionale è sufficientemente ridotta da rendere comunque conveniente il *total replacement*. Inoltre, la migrazione può essere effettuata con un approccio "ad isole", intervenendo successivamente sulle aree che raggiungono un sufficiente livello di maturazione sul fronte della domanda.

Differente è il caso in cui il soggetto che implementa la NGAN non è l'operatore dominante: in questo scenario viene adottata inevitabilmente una strategia guidata dal mercato, in cui coesistono nel lungo periodo le due infrastrutture, in una modalità analoga all'*overlay*, ma con la importante differenza che le due reti sono gestite da operatori differenti.

Alcuni operatori hanno considerato la possibilità di realizzare in una prima fase una architettura FTTC e in seguito estendere la fibra fino alle sedi utente, in modo da ottenere una rete FTTH. Ciò permetterebbe di diluire nel tempo il notevole investimento necessario per l'FTTH (dell'ordine di cinque volte quello necessario per una rete FTTC). Tuttavia risulta che, anche nel migliore dei casi, la percentuale di investimento risparmiato per FTTH grazie ad una preesistente architettura FTTC sarebbe molto ridotta (circa il 9%): si può dire quindi che l'architettura utilizzata per la prima realizzazione NGAN in una determinata area geografica costituisce una scelta definitiva anche per il lungo termine.

Quanto detto prima riguarda le aree geografiche in cui la realizzazione di una nuova infrastruttura NGAN si giustifica sulla base della domanda di mercato. Esistono altre aree in cui l'investimento privato non è sufficientemente remunerativo: si stima che queste aree possano ospitare, nella media Paesi europei, almeno un terzo della popolazione.

Si pone quindi il problema della copertura della porzione di territorio/popolazione più svantaggiata: si tratta di un problema che si può chiamare *digital divide di seconda generazione*.

Affrontare il *digital divide* di seconda generazione significa implementare una strategia complessiva, in cui la realizzazione della NGAN da parte dei privati nella maggior parte del Paese viene affiancata da un intervento pubblico per le aree più disagiate. Alcuni Paesi stanno già esaminando le strategie necessarie ad affrontare questo problema (ad esempio la Gran Bretagna pensa ad investimenti pubblici per portare la fibra al 90% della popolazione entro il 2017)

Lasciando la discussione dettagliata delle modalità di intervento alle parti del presente report che trattano le tematiche più strettamente economiche e normative, si vuole sottolineare l'importanza degli aspetti relativi alla tempistica, che sono in buona parte indipendenti dal modello adottato: da un lato è opportuno attendere un tempo sufficiente affinché si manifesti una effettiva situazione di *market failure*, prima di decidere l'intervento pubblico, d'altro lato ogni ritardo nella realizzazione prolunga e accentua le disparità geografiche nella disponibilità dei servizi: è quindi necessaria una valutazione attenta ma soprattutto molto tempestiva delle condizioni che rendono giustificabili gli interventi pubblici.

Esistono vari esempi di attività di amministrazioni o società pubbliche impegnate nella realizzazione di NGAN in aree geografiche limitate, interventi classificabili come *anti-digital divide*: in tutti questi casi il modello operativo adottato è una *partnership* pubblico-privata, e la rete realizzata è di tipo Open, ossia aperta all'utilizzo da parte di più service provider.

Il quadro relativo alla migrazione dei servizi può essere analizzato suddividendoli in servizi intermedi utilizzati internamente dall'operatore, servizi *wholesale* per altri operatori (che comprendono i servizi di unbundling e colocazione), e servizi *retail*, in particolare la telefonia (i casi già citati di *PSTN Emulation* e *Simulation*).

Fra i servizi intermedi, i più importanti sono i servizi di connettività utilizzati per raggiungere le antenne delle reti radiomobili di terza e quarta generazione. In questo caso lo sviluppo di architetture *fiber deep* è ovviamente sinergico con le necessità di *backhauling* della rete radiomobile, e si può ottenere una conveniente condivisione dei cavi in fibra.

Se ci si pone in un'ottica di *total replacement*, la completa sostituzione della rete tradizionale richiede che venga condivisa anche la parte attiva della rete, che, in uno scenario evoluto, è realizzata con tecnologia Metro Ethernet. A questo proposito, i più recenti apparati Ethernet sono in grado di distribuire efficacemente il sincronismo di cui hanno bisogno le stazioni radio base, con tecniche a livello fisico (*Synchronous Ethernet*) o "*packet based*" (IEEE 1588).

I più importanti servizi *wholesale* che sono coinvolti nel processo di migrazione sono i servizi di accesso bitstream, i servizi di linee affittate e i servizi legati all'*unbundling*. Trattandosi di servizi regolamentati, è necessario considerare sia gli aspetti tecnici, relativi a mantenimento a condizioni tecniche analoghe o sostituzione con servizi equivalenti, sia la tematica del *pricing*.

I servizi *bitstream* non creano problemi dal punto di vista tecnico, in quanto la NGAN è ovviamente in grado di offrire servizi assolutamente analoghi. Dal punto di vista della Qualità di Servizio (QoS) è possibile costruire, basandosi su tecnologia Ethernet, un'offerta comprendente diverse classi di servizio, che possono essere considerate equivalenti a quelle disponibili nell'ambito degli attuali servizi *bistream*, basate sulle categorie di servizio ATM.

Per quel che riguarda le *linee affittate* (o CDN) il problema fondamentale è se i servizi di connettività Ethernet possano essere considerati servizi sostitutivi. Bisogna notare che, nella grande maggioranza dei casi, vi è già oggi una decisa tendenza a sostituire, in tutte le applicazioni possibili, le linee affittate con servizi di connettività a pacchetto, che non solo sono molto più convenienti dal punto di vista economico, ma sono anche più semplici da interfacciare con gli apparati delle reti private (router e IP PBX).

L'unica applicazione in cui l'impiego delle linee affittate è ancora attuale è il già citato collegamento delle stazioni base radiomobili: qui, a differenza del caso dei servizi interni discusso in precedenza, l'operatore radiomobile è un soggetto diverso dal fornitore di servizi NGAN, per cui si può presumere che vi sia una maggiore resistenza ad abbandonare le soluzioni consolidate basate sull'utilizzo di linee E1 per la sincronizzazione.

Nel caso della rete di un *incumbent*, la realizzazione della NGAN porta, indipendentemente dall'architettura obiettivo che viene implementata, alla dismissione di varie componenti della rete esistente, ed in particolare (con riferimento alla architettura di rete italiana) alla dismissione di un numero rilevante di stadi di linea.

Come conseguenza, si deve affrontare il problema degli operatori che sono collocati nei vecchi stadi di linea e utilizzano un servizio ULL. Questo problema è stato già affrontato e discusso da alcune autorità regolatorie, in particolare in Olanda e in Spagna; entrambe le autorità hanno stabilito che, in seguito alla migrazione, anche i servizi ULL e i servizi accessori dovranno cessare, lasciando però un margine di tempo sufficiente agli operatori alternativi per ammortizzare gli investimenti e sviluppare soluzioni alternative. Una strategia per la migrazione dei servizi di *unbundling* e collocazione può essere definita partendo dall'analisi di queste esperienze.

Per quel che riguarda i servizi, è necessaria la disponibilità, prima della fase di migrazione, di un insieme di servizi *wholesale* alternativi all'*unbundling* del rame.

Per quel che riguarda gli aspetti procedurali, è necessario specificare un tempo di preavviso che tenga conto del massimo fra due componenti: il *depreciation period* (tempo necessario per ammortizzare gli investimenti dell'operatore alternativo) e il *migration period* (il tempo necessario per progettare e implementare la migrazione fisica).

È infine necessaria la revisione dei criteri di calcolo e attribuzione dei costi di manutenzione del doppino, di gestione dello spazio di collocazione e in generale dei costi operativi della vecchia centrale, nell'eventuale periodo in cui la centrale venisse utilizzata solo dagli operatori in *unbundling*.

5 La normativa tecnica: ruoli, finalità ed esigenze di coordinamento

Finalità

L'innovazione delle tecnologie di telecomunicazione e la realizzazione della nuova rete di accesso in fibra ottica (NGAN), sono considerati tra i fattori determinanti per lo sviluppo e la crescita economica del Paese. Il fattore più critico per lo sviluppo della rete di accesso è relativo alla realizzazione delle infrastrutture per la posa dei cavi che, essendo diffuse capillarmente su tutto il territorio nazionale, richiedono investimenti molto elevati e tempi di realizzazione molto lunghi. Per facilitare la realizzazione delle infrastrutture, riducendo l'impatto economico e ambientale che questa comporta, bisognerebbe sfruttare ogni occasione di costruzione e/o di ristrutturazione di sedi stradali e di edifici, per predisporre, contestualmente a tali lavori, le infrastrutture necessarie allo sviluppo della nuova rete.

Per il raggiungimento di questo obiettivo è necessario disporre di una normativa tecnica di riferimento a livello nazionale. Questa dovrebbe descrivere le principali tecnologie utilizzabili a ridotto impatto ambientale e dovrebbe fornire delle linee guida semplici, chiare e di facile applicazione, a cui ispirarsi. In particolare, la normativa tecnica dovrebbe raggiungere due obiettivi: il primo è creare le premesse perché tutti i numerosi soggetti che saranno coinvolti nello sviluppo della NGAN a livello locale possano costruire le parti di infrastruttura di loro competenza con le metodologie più avanzate ed economiche; il secondo è che tali soggetti, tra loro indipendenti, costruiscano quanto di loro competenza in modo coerente, così da ottenere, seppur attraverso il necessario contributo di molti, un'infrastruttura omogenea con un'unica fisionomia tecnologica, adeguata alle parti di rete che dovrà ospitare.

Affinché la normativa tecnica sia di semplice applicazione ed efficace è necessario fare alcune distinzioni tra le varie parti della rete di accesso ottica. La rete secondaria ha bisogno di una

infrastruttura molto semplice che può essere facilmente standardizzata e realizzata sempre nello stesso modo: alcuni minitubi affiancati posti lungo i marciapiedi in prossimità degli edifici, intervallati da minipozzetti in corrispondenza degli ingressi degli stabili. Anche il cablaggio degli appartamenti di un edificio può essere standardizzato in due tipi: all'interno del vano-scala o all'esterno sulla facciata dell'edificio.

Diverso è il caso della rete primaria, la cui infrastruttura non è standardizzabile perché dipende da tanti fattori che soltanto il progettista, dell'operatore che svilupperà la rete, è in grado di decidere al momento della progettazione degli impianti: ubicazione della centrale, confini della centrale, architettura della rete (GPON, P2P) dorsali e direttrici di alimentazione. Bisogna inoltre tener conto che le attuali infrastrutture della rete di accesso in rame potranno essere utilizzate molto spesso per la nuova rete ottica primaria e quasi mai per la rete ottica secondaria.

Di conseguenza è opportuno che la normativa tecnica regoli la predisposizione delle infrastrutture della rete secondaria e dei cablaggi di edificio, che insieme costituiscono la parte più impegnativa della nuova rete di accesso sia per l'estensione che per la capillarità degli impianti. In questo modo sarà possibile cogliere ogni occasione di costruzione, ristrutturazione o manutenzione dei marciapiedi e degli stabili, per predisporre le infrastrutture idonee al futuro sviluppo della NGAN.

Ruoli

La normativa tecnica dovrebbe essere sviluppata da appositi enti di normazione a livello nazionale, quali ad esempio l'UNI (Ente Nazionale di Unificazione) o il CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano), in analogia a quanto avviene per gli impianti elettrici, di messa a terra, telefonici, citofonici e di antenne tv.

I soggetti da coinvolgere per la sua applicazione sarebbero invece gli Amministratori di condominio per il cablaggio degli edifici e i Comuni per la predisposizione dell'infrastruttura della rete secondaria lungo le strade o i marciapiedi, in prossimità degli edifici. La realizzazione delle infrastrutture andrebbe incentivata mediante una apposita campagna informativa mirata a far percepire l'importanza di disporre di una rete NGAN nel proprio comune e nella propria abitazione. Tale informativa potrebbe essere curata anche dagli stessi operatori che, in questo modo, otterrebbero due risultati: facilitare la realizzazione della rete con la predisposizione delle infrastrutture e realizzare delle campagne pubblicitarie di pre-marketing dei nuovi servizi a livello nazionale.

Altre forme di incentivazione per i Comuni potrebbero essere quelle di cedere in affitto agli operatori (IRU) le infrastrutture realizzate su suolo pubblico; il compenso percepito dai Comuni potrebbe anche sostituire l'attuale tassa di occupazione del suolo pubblico (TOSAP) che è molto complessa da calcolare e da applicare.

Infine nei casi di nuove urbanizzazioni e lottizzazioni le predisposizioni delle infrastrutture per la rete secondaria e per i cablaggi degli edifici andrebbero imposte all'atto della concessione edilizia, dato che costituiscono un'opera di urbanizzazione primaria, come è stato recentemente sancito dalla legge n.133/2008.

Coordinamento

Il coordinamento locale, necessario per far predisporre le infrastrutture di rete in occasione di altri lavori e, successivamente, per utilizzarle al momento dello sviluppo della NGAN, dovrebbe avvenire in tre fasi successive:

- 1) Richiesta di realizzazione delle opere - al momento del rilascio della concessione edilizia per l'esecuzione delle opere di costruzione e/o di ristrutturazione dei marciapiedi o degli edifici, andrebbe richiesta/imposta l'applicazione della normativa tecnica per la predisposizione delle infrastrutture necessarie per la rete NGAN;
- 2) Registrazione delle opere realizzate - al momento del completamento delle opere le infrastrutture realizzate dovrebbero essere registrate su apposite banche dati territoriali opportunamente predisposte per costituire il "Registro delle Infrastrutture" di rete;
- 3) Utilizzazione delle opere realizzate - al momento dello sviluppo della rete la situazione complessiva delle infrastrutture disponibili andrebbe fornita agli operatori attraverso l'accesso alla banca dati del Registro delle Infrastrutture.

Le attività di coordinamento delle fasi 1) e 2) andrebbero svolte dai comuni mentre la realizzazione del "Registro delle Infrastrutture" e il coordinamento della fase 3) dovrebbero essere curate dai appositi soggetti preposti a tale compito in ambito regionale. Possibili candidati potrebbero essere le amministrazioni regionali o il ministero dello sviluppo economico, che potrebbe contare, per tale attività, sul supporto degli ispettorati locali.

Nello stesso registro dovrebbero essere indicate anche tutte le infrastrutture disponibili idonee alla posa dei cavi a fibre ottiche, quindi anche quelle degli operatori di TLC e quelle di altri enti di distribuzione di servizi.