

2008

**Implementazione e gestione  
di una rete di monitoraggio GPS e  
sismica mediante tecnologie  
GPRS/EDGE/UMTS/HSDPA**

Luigi Falco

*n. 69*

**Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia**

Via di Vigna Murata 605 - 00143 Roma

tel 06518601 • fax 065041181

[www.ingv.it](http://www.ingv.it)



**Direttore**

Enzo Boschi

**Editorial Board**

Raffaele Azzaro (CT)

Sara Barsotti (PI)

Mario Castellano (NA)

Viviana Castelli (BO)

Anna Grazia Chiodetti (AC)

Rosa Anna Corsaro (CT)

Luigi Cucci (RM1)

Mauro Di Vito (NA)

Marcello Liotta (PA)

Lucia Margheriti (CNT)

Simona Masina (BO)

Nicola Pagliuca (RM1)

Salvatore Stramondo (CNT)

Andrea Tertulliani - coordinatore (RM1)

Aldo Winkler (RM2)

Gaetano Zonno (MI)

**Segreteria di Redazione**

Francesca Di Stefano (coordinatore)

Tel. +39 06 51860068

Fax +39 06 36915617

Rossella Celi

Tel. +39 06 51860055

Fax +39 06 36915617

redazionecen@ingv.it

**IMPLEMENTAZIONE E GESTIONE DI UNA RETE DI MONITORAGGIO  
GPS E SISMICA MEDIANTE TECNOLOGIE GPRS/EDGE/UMTS/HSDPA**

Luigi Falco

*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia*

*Centro Nazionale Terremoti - Sede di Grottaminarda*



## INDICE

Introduzione .....	5
1. Storia della comunicazione mobile.....	5
1.1 La telefonia cellulare.....	6
1.2 In principio vi fu l'analogico .....	6
1.3 Il digitale .....	6
2. La telefonia cellulare nelle 3 generazioni e oltre.....	7
2.1 GSM - <i>Global System for Mobile communications</i> .....	7
2.2 GPRS – General Packet Radio Service.....	8
2.3 EDGE - <i>Enhanced Data rates for GSM Evolution</i> .....	9
2.4 UMTS - <i>Universal Mobile Telecommunications System</i> .....	9
2.5 HSDPA - <i>High-Speed Downlink Packet Access</i> .....	9
3. Reti di monitoraggio sismico e GPS.....	10
3.1 Limitazioni del sistema satellitare nella gestione rete GPS.....	10
4. Gestione della rete GPS mediante tecnologie GPRS/EDGE/UMTS/HSDPA.....	10
4.1 Obiettivi .....	10
4.2 Soluzione hardware utilizzata.....	11
4.3 Servizi di rete dell'UR5 .....	11
4.3.1 Interfacce di rete.....	11
4.3.2 NAT e PAT.....	12
4.3.3 Firewall .....	12
4.3.4 DDNS Client – Dynamic Dns Client .....	13
4.3.5 Porta Seriale e protocollo SLIP.....	13
4.4 Infrastruttura IP di monitoraggio GPS .....	13
4.5 Pannello di controllo Stazioni GPRS/EDGE/UMTS/HSDPA .....	14
5. Possibili altri scenari di utilizzo tecnologia mobile.....	15
5.1 Rete sismica nazionale .....	15
5.2 Rete Mobile di Pronto Intervento.....	17
5.3 Videosorveglianza sito .....	19
6. Conclusioni .....	19
Bibliografia.....	19



## Introduzione

Negli ultimi anni, il GPS (Global Positioning System) ha avuto un utilizzo sempre crescente nelle attività scientifiche e ha portato molti enti (di ricerca e non) a creare reti GPS permanenti anche molto dense per studiare le deformazioni prima, durante e dopo un qualsiasi fenomeno geologico (frana) o geofisico (terremoti, eruzioni vulcaniche). È il caso, tra gli altri, della rete RING, in Italia, messa in opera dall'INGV dal 2004 con quasi 130 stazioni distribuite su tutto il territorio nazionale [Falco, 2006; Falco et al., 2007; Selvaggi et al., 2006].

La quasi totalità di applicazioni scientifiche del GPS, fino a qualche anno fa, prevedevano un'acquisizione del dato con un intervallo di campionamento di 30s. Tale campionamento è sufficiente per studi della deformazione a breve e lungo termine: analisi dello spostamento provocato da un terremoto (detto co-sismico), studio della deformazione post-sismica, studio dell'accumulo della deformazione sulle faglie, studi di geodinamica a scala regionale. Il continuo sviluppo nella strumentazione, in tempi più recenti, ha permesso di avere dati con un campionamento più alto ( $\geq 1\text{Hz}$ ) e ha aperto il mondo scientifico ad un nuovo ventaglio di applicazioni: studi della sorgente sismica, analisi della deformazione in tempo reale su aree vulcaniche, analisi rapide di deformazione cos-sismica finalizzate a stime rapide di magnitudo. L'acquisizione del dato GPS ad alta frequenza assume un'importanza tanto più grande se si considera la ricaduta di una tale rete GPS in alcune applicazioni civili. Alcuni esempi di tali applicazioni sono: la possibilità di calcolare dati lungo un percorso da parte di un *rover* (ad es., automobile) rispetto ad una stazione fissa, fornire correzioni in tempo reale per il posizionamento istantaneo (ad es. di un aereo), misure catastali di poche ore, etc.

In definitiva, la possibilità di avere una rete GPS che acquisisca e trasmetta dati GPS in tempo reale rende tale rete una infrastruttura tecnologica tra le più avanzate al mondo e un patrimonio dedicato ad un gran bacino di utenza.

### 1. Storia della comunicazione mobile

La comunicazione mobile deve le sue origini ad esigenze militari: nel 1921 gli Stati Uniti cominciarono a condurre i primi esperimenti di trasmissione radio-mobile per mettere in comunicazione i diversi reparti dell'esercito; inizialmente implementata su un canale trasmissivo *simplex* (unidirezionale), l'avvento di nuove tecnologie permise di effettuare successivamente comunicazioni in modalità *half-duplex* (invio e ricezione non simultanei) e *full-duplex* (invio e ricezione simultanei) [Wikipedia, 2008].

La scintilla tecnologica che permise alla comunicazione mobile di passare da una fase di sperimentazione ad una reale maturità fu l'invenzione della modulazione di frequenza nel 1935. Grazie ad essa, infatti, i primi sistemi di telefonia mobile permettevano di effettuare chiamate da mezzi in movimento anche se la rete di copertura si estendeva appena alle dimensioni di una cittadina. Il vero limite di questa tecnologia risiedeva nel fatto che ad ogni utenza fosse assegnata una determinata frequenza; col crescere delle richieste da parte di organi come polizia, vigili del fuoco ben poche frequenze rimanevano per le utenze private.

Fu in questo periodo che venne concepita l'idea di telefonia cellulare anche se la sua gestazione durò a lungo. I primi esperimenti furono condotti dallo scienziato americano D.H. Ring dei Bell Laboratories il quale sosteneva che usando ripetitori a largo spettro, localizzati in aree di piccole dimensioni, si sarebbe aumentata la capacità di traffico delle reti di telecomunicazioni. Soltanto nel 1979 i Bell Laboratories mostrarono fiducia nelle idee di Ring e le applicarono realizzando dei primi trasmettitori che consentivano ai segnali di propagarsi su brevi distanze suddividendo il territorio in tante piccole aree chiamate "celle" ciascuna servita da un trasmettitore; questa idea rappresentò la chiave del sistema radio-cellulare che deve proprio a questa suddivisione il suo nome.

## 1.1 La telefonia cellulare

Il concetto di telefonia cellulare, come indica il termine stesso, prevede che il territorio da coprire venga suddiviso in aree più piccole dette celle dotate ciascuna di stazioni radio che trasmettono su un certo numero di canali. Le frequenze utilizzate da una cella sono differenti da quelle utilizzate dalle celle adiacenti in modo da evitare interferenze. Per limitare il campo di copertura di una radio trasmittente alla sola cella di appartenenza la sua potenza di trasmissione viene ridotta. La dimensione di una cella varia in funzione della densità di popolazione o del numero di ostacoli naturali presenti sul territorio: in particolare, la sua dimensione risulta essere inversamente proporzionale a questi due fattori. La copertura del territorio dipende dalla propagazione del segnale radio all'interno delle celle per via del trasmettitore: per questa ragione ai margini delle celle il segnale risulta maggiormente attenuato e si va incontro al fenomeno di "mancanza di copertura". Quando si è in mobilità, il terminale (cellulare) si sintonizzerà di volta in volta su frequenze differenti, solitamente scegliendo quella meglio ricevuta all'interno della nuova cella; questo fenomeno prende il nome tecnico di *handover* ed è necessario per evitare cadute di comunicazione quando si è in movimento. Per far fronte al numero sempre crescente di utenze gli operatori di telefonia cellulare hanno dovuto ridurre le dimensioni delle singole celle con il conseguente aumento del numero di *handover* e di possibili interferenze tra i canali dette *interferenze cocanali*.

## 1.2 In principio vi fu l'analogico

Il primo sistema cellulare analogico arrivò sui mercati USA nel 1983 sotto il nome di **AMPS** (*Advanced Mobile Phone Standard*); aveva una portata nazionale anche se le licenze sull'utilizzo delle frequenze venivano rilasciate da città in città.

In Italia, le sperimentazioni cominciarono nel 1973 grazie al sistema **RTMI** (*Radio Telefono Mobile Integrato*) messo a punto da SIP. Esso operava sulla banda dei 160 MHz con 32 canali bidirezionali e aveva le sue limitazioni: non era possibile contattare direttamente un'utenza senza passare per un operatore telefonico e la funzionalità di *handover* non era automatica facendo crollare la comunicazione non appena ci si allontanava dalla cella. A causa della domanda sempre crescente e all'incapacità di risposta di RTMI, nel 1985 fece la sua comparsa il suo successore, **RTMS** (*Radio Telephone Mobile System*) che operava sui 450 MHz e 200 canali radio introducendo *handover* automatico e possibilità di chiamare direttamente l'abbonato. RTMS doveva durare fino al 1995 ma già nel '90 la domanda sempre crescente portò alla saturazione della risposta anche con questa nuova tecnologia.

Fece quindi la propria comparsa **TACS** (*Total Access Communication System*). Fu sviluppato in Inghilterra come successore del sistema americano AMPS; utilizza una banda tra 890-960 MHz suddivisa in 1000 canali e successivamente evolutosi in **E-TACS** (1320 canali tra 872-950 MHz). TACS rappresentò il primo grande fenomeno di diffusione della telefonia mobile grazie a terminali molto piccoli e leggeri rispetto a quelli utilizzati dalle passate tecnologie e all'impegno da parte degli operatori del settore nell'introduzione di tariffe vantaggiose. Anche se oggi tale tecnologia risulta obsoleta c'è un dato importante che le assegna un merito: la voce delle conversazioni era più pulita e chiara rispetto alle attuali conversazioni su infrastrutture digitali in quanto non subiva campionamento per la digitalizzazione. Punto di svantaggio, invece, di questa tecnologia, era l'insicurezza nella trasmissione dati in quanto la voce non veniva criptata, sim card facilmente clonabili e copertura di rete solo nell'ambito del territorio nazionale. È l'era della prima generazione di telefonia cellulare mobile.

## 1.3 Il digitale

Tra il 1982 ed il 1985 in contrapposizione al filone che aveva portato alla nascita di AMPS e TACS si decise di implementare uno standard digitale comune al fine di garantire interoperabilità tra le reti di telefonia sparse in tutta Europa, avviando anche una sorta di concorrenza tra gli operatori del servizio al fine di produrre l'abbattimento dei costi e fornire maggior servizio agli utilizzatori. A farsi carico di questa

importante opera fu il *Groupé Spécial Mobile (GSM)*, gruppo di studio interno alla *Conférence Européenne des Poste set des Télécommunications (CEPT)* che riservò alla nuova tecnologia cellulare digitale le seguenti bande : 890-915 e 935-960 MHz. L'acronimo GSM assunse poi il significato di *Global System for Mobile communications*. Da questo momento nuove tecnologie di codifica delle informazioni e nuove tecniche di modulazione del segnale consentiranno di ottenere, sull'infrastruttura digitale, velocità di scambio dati ed efficienze sempre maggiori: comincia il viaggio dalla seconda alla terza generazione ed oltre.

## 2. La telefonia cellulare nelle 3 generazioni e oltre

Nonostante palmari e cellulari siano entrati nell'uso quotidiano abbastanza di recente, questa tecnologia ha già percorso 3 generazioni nella sua evoluzione, ognuna delle quali caratterizzata da un mutamento tecnologico sostanziale. Si è passati dai primi terminali analogici sviluppati dai Bell Laboratories alla fine degli anni '80, alla migrazione degli stessi servizi su infrastrutture digitali. Tutto ciò ha permesso la diffusione della cultura del telefono cellulare fino ai terminali o apparati "Internet Oriented" dedicati alla comunicazione non solo vocale ma di dati in generale (voce, tv, messaggi, email, internet).

Le tecnologie susseguitesi sono state schematizzate in tre importanti generazioni di telefonia cellulare:

- **1G:** standard **TACS** (Total Access Communication System), **ETACS** (*ExtendedTACS*, TACS esteso con l'aggiunta di nuove frequenze), **AMPS** (*Advanced Mobile Phone System*)
- **2G:** standard **GSM** (Groupe Spécial Mobile, poi *Global System for Mobile communications*)
- **2.5G:** standard **GPRS** (*General Packet Radio System*)
- **2.75G:** standard **EDGE** (*Enhanced Data rates for GSM Evolution*)
- **3G:** standard **UMTS** (*Universal Mobile Telephone System*)
- **3.5G:** standard **HSDPA** (*High Speed Downlink Packet Access*)

L'attenzione di questo rapporto escluderà la prima generazione di telefonia cellulare (1G), dando uno sguardo alle generazioni successive in quanto infrastrutture digitali di trasporto dati. La descrizione di questi tipi di tecnologie (GPRS/EDGE/UMTS/HSDPA) sarà superficiale perché non oggetto di questo testo.

### 2.1 GSM - *Global System for Mobile communications*

Il GSM rappresenta, ad oggi, lo standard di telefonia mobile più diffuso al mondo. La sua popolarità ha fatto in modo che gli operatori del settore stipulassero accordi reciproci per il cosiddetto roaming (commutazione automatica tra le reti dei differenti gestori). La tecnologia GSM è sostanzialmente differente da quelle che l'hanno preceduta soprattutto nel fatto di utilizzare un'infrastruttura digitale; per questo motivo il suo avvento è stato definito come seconda generazione di telefonia cellulare o più semplicemente 2G. GSM consente non solo comunicazioni vocali ma scambio dati in generale; l'invio e la ricezione di SMS ne è un esempio.

Lo standard GSM utilizza un protocollo di accesso al mezzo trasmissivo denominato **TDMA** (*Time Division Multiple Access*) grazie al quale una stessa frequenza viene condivisa da più interlocutori in tempi differenti. Ovviamente per servire più utenze GSM utilizza differenti frequenze ed i terminali effettuano automaticamente il *frequency hopping* (salto da una frequenza ad un'altra).

In una rete GSM si possono effettuare trasferimenti dati utilizzando standard come CSD e HSCSD che prevedono l'addebito a tempo essendo protocolli a commutazione di circuito (la banda resta utilizzata anche quando non vi è trasferimento). Le velocità sono descritte dalla **Tabella 1**.

	Download (kbit/s)	Upload (kbit/s)
CSD	9,6	9,6
HSCSD (2+1)	28,8	14,4
HSCSD (3+1)	43,2	14,4

**Tabella 1** Velocità GSM.

## 2.2 GPRS – General Packet Radio Service

GPRS è una delle tecnologie di telefonia cellulare definita di generazione 2.5 proprio perché si colloca tra la seconda e la terza generazione [Joachim Tisal, 2001]. È progettato per realizzare il trasferimento dati a pacchetto usando i canali TDMA della rete GSM. Il costo di questi tipi di comunicazione viene calcolato al Kilobyte (byte inviati + byte ricevuti) mentre nelle reti a commutazione di circuito la tariffazione è a tempo perché l'intera larghezza di banda viene occupata anche se nessun dato è in corso di trasferimento.

In una comunicazione GPRS i dati da trasmettere vengono incapsulati in pacchetti inviati utilizzando le frequenze radio del GSM.

Il TDMA delle comunicazioni GPRS è suddiviso in 8 slots temporali ciascuno dei quali ha un rate teorico massimo di 21,4 kbit/s; utilizzando tutti gli 8 slots per un solo terminale questo potrebbe, quindi, fare traffico per circa 171,2 kbit/s. La velocità effettiva, però, dipende dal tipo di terminale utilizzato (tanto che per questi ultimi sono state definite delle classi), dalla distanza dal trasmettitore di cella, dalla densità di utenti che utilizzano il canale contemporaneamente.

Il GPRS in Classe 8, tecnicamente conosciuto come 4R1T, permette di utilizzare 4 time slots per la ricezione dati ed 1 per la trasmissione. I terminali che implementano questa classe GPRS risultano particolarmente utili per applicazioni di navigazione web, posta elettronica, in tutti quei casi in cui la quantità di dati da trasmettere è minima rispetto a quella da ricevere.

Il GPRS in Classe 10, conosciuto con la sigla 3R2T, permette di utilizzare 3 time slots per la ricezione e 2 per l'invio. Questa classe si presta particolarmente ad applicazioni in cui la banda in download e quella in upload debbano essere quasi bilanciate.

Ovviamente ai fini dell'efficienza di questa tecnologia non occorre solamente considerare il protocollo di accesso al mezzo trasmissivo ma anche il tipo di codifica/decodifica utilizzata.

Le velocità GPRS sono descritte dalla **Tabella 2**.

	Download (kbit/s)	Upload (kbit/s)
4R1T	57,6	14,4
3R2T	43,2	28,2

**Tabella 2** Velocità connessione GPRS.

### 2.3 EDGE - *Enhanced Data rates for GSM Evolution*

La tecnologia EDGE permette di incrementare la capacità del sistema GSM/GPRS portando la velocità di connessione a circa 200 kbit/s (5 volte superiore al GPRS) anche se teoricamente questo standard dovrebbe poter sfiorare i 384 kbit/s. La rete EDGE utilizza lo stesso TDMA della rete GSM. La differenza sostanziale tra le due sta nel tipo di modulazione utilizzata che nel caso di EDGE permette carichi maggiori di dati.

La velocità della connessione EDGE è descritta dalla **Tabella 3**.

	Download (kbit/s)	Upload (kbit/s)
EDGE	247,4	123

**Tabella 3** Velocità connessione EDGE.

### 2.4 UMTS - *Universal Mobile Telecommunications System*

UMTS rappresenta lo standard di telefonia mobile di terza generazione e rappresenta la risposta europea al sistema ITU di telefonia 3G. Grazie al suo data rate di circa 2 Mbit/s e al supporto del protocollo IP è l'ideale per servizi interattivi multimediali, applicazioni che richiedono larga banda, come il video telefono o la videoconferenza. Tutto ciò è possibile grazie al protocollo **W-CDMA** (*Wideband Code Division Multiple Access*) che implementa una tecnologia ad accesso multiplo a divisione di codice CDMA grazie al quale raggiunge velocità superiori e permette di gestire un maggior numero di utenti rispetto alla tecnica di accesso a divisione di tempo TDMA utilizzata nelle reti 2G.

La Code Division Multiple Access è un protocollo d'accesso da parte di più interlocutori allo stesso mezzo trasmissivo, che consiste nell'associare all'informazione trasmessa da ciascuno di essi un codice univoco che permette al ricevente di estrarre selettivamente l'informazione associata a ciascuno di essi. Per fare un esempio: si consideri una stanza in cui ci siano diverse persone (gli interlocutori) che parlano a coppie tra di loro; ognuna di esse non udirà soltanto la voce della persona con cui parla direttamente ma anche le altre voci presenti nella stanza; nonostante ciò è in grado di distinguere le voci grazie ad esempio al timbro vocale (codice).

La **Tabella 4** descrive la velocità raggiungibile con un collegamento UMTS.

	Download (kbit/s)	Upload (kbit/s)
UMTS	384	384

**Tabella 4** Velocità connessione UMTS.

### 2.5 HSDPA - *High-Speed Downlink Packet Access*

HSDPA è una tecnologia introdotta nello standard UMTS per migliorarne le prestazioni ampliando la larghezza di banda che in download può arrivare teoricamente anche a 14 Mbit/s. Si può considerare HSDPA come evoluzione, in termini di velocità, così come la svolta EDGE è stata per GPRS. La velocità raggiungibile dalla tecnologia HSDPA è descritta dalla **Tabella 5**.

	Download (kbit/s)	Upload (kbit/s)
HSDPA	3600	384

**Tabella 5** Velocità connessione HSDPA.

### 3. Reti di monitoraggio sismico e GPS

La Rete Sismica Nazionale (RSN) e la Rete Integrata Nazionale GPS (RING) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia utilizzano differenti vettori di trasmissione dati tra cui: collegamenti analogici CDA in via di dismissione, collegamenti CDN, RUPA (Rete Unificata Pubblica Amministrazione), INTERNET, GSM Modem, SatLink, Nanometrics LibraVSAT.

A causa degli elevati costi di esercizio e scarsa affidabilità delle infrastrutture CDN, CDA e RUPA il sistema di trasmissione dati maggiormente utilizzato presso l'Istituto è il LibraVSAT di Nanometrics che rispetto agli altri vettori permette di contenere i costi e di disporre di elevata robustezza nel trasferimento di dati sismici e GPS.

LibraVSAT utilizza TDMA come protocollo di accesso al mezzo trasmissivo. Ciascuna frequenza satellitare viene utilizzata da diverse stazioni in istanti di tempo differenti. Anche se LibraVSAT nasce come sistema di trasmissione dati sismici, i ricetrasmittitori satellitari presenti su ogni stazione di monitoraggio consentono anche di "ascoltare" un flusso dati seriale esterno con la possibilità di trasferirlo via satellite agli hub di acquisizione posti nelle sedi di Grottaminarda, Roma e Catania.

Per sfruttare questa possibilità ed evitare costi per la realizzazione di nuove stazioni la Rete Integrata Nazionale GPS condivide, spesso, stessi siti e stessi link satellitari della strumentazione sismica della Rete Sismica Nazionale.

#### 3.1 Limitazioni del sistema satellitare nella gestione rete GPS

Anche se l'adozione del sistema Nanometrics ha incrementato il numero di installazioni GPS sul territorio nazionale presenta comunque dei limiti; il basso throughput del canale satellitare, in aggiunta alle politiche di gestione del mezzo da parte del protocollo TDMA non consente di procedere all'acquisizione di osservazioni GPS campionate a 1 secondo ed avere un flusso dati in tempo reale agli hub di acquisizione. Inoltre le operazioni di manutenzione, configurazione e gestione dei ricevitori GPS risultano difficili o impossibili visti i lunghi tempi di risposta del sistema di trasmissione.

### 4. Gestione della rete GPS mediante tecnologie GPRS/EDGE/UMTS/HSDPA

I siti GPS vengono installati per lo più fuori dai centri urbani, su colline o montagne, in cui l'accesso ai servizi di erogazione elettrica e di connettività (Internet, RUPA, CDN) spesso risulta difficile o impossibile. Ma più facile è trovare, su questi siti, la copertura GSM dei principali provider italiani : Tim e Vodafone.

#### 4.1 Obiettivi

L'obiettivo alla base di questo rapporto tecnico è stata la realizzazione di un'infrastruttura IP (Internet Protocol) a livello di rete utilizzando come tecnologie di trasmissione dati quelle offerte dalla telefonia cellulare a partire dalla generazione 2G. Avere un ricevitore GPS o in generale un qualsiasi sensore raggiungibile tramite IP porta non pochi vantaggi alla gestione e manutenzione di tutta la rete.

Grazie alle possibilità offerte oggi dalla tecnologia cellulare è stato possibile intensificare la rete GPS nazionale predisponendo un campionamento a 1Hz e flusso dati in tempo reale presso la sede di Grottaminarda dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

#### 4.2 Soluzione hardware utilizzata

Per rispondere agli obiettivi su citati sono stati impiegati come dispositivi di accesso alle reti GPRS/EDGE/UMTS/HSDPA i router UR5 (**Figura 1**) prodotti da Conel s.r.o. che integrano moduli GSM Siemens HC15. La scelta è caduta su questo tipo di router dopo averne analizzate le sue caratteristiche hardware e software; esso, infatti, può lavorare ad una temperatura di esercizio compresa tra -20° e +55° (ideale per i siti che d'estate raggiungono alte temperature d'esercizio e d'inverno sfiorano lo zero); può essere alimentato con una tensione di ingresso variabile tra 10 e 30 Vcc (anche in questo caso risulta ideale per installazioni con pannelli solari e batterie); bassi consumi elettrici e soprattutto firmware implementato mediante kernel linux versione 2.6.17 di cui è nota la fama per stabilità e sicurezza. I connettori principali presenti sul router UR5 sono : Ethernet, USB, seriale, WAN (modem umts). I tipi di tecnologie supportate sono : GPRS/EDGE/UMTS/HSDPA. È possibile configurare il router affinché si posizioni automaticamente su una delle migliore tecnologie previo verifica della copertura di rete. I router installati presso le stazioni sono dotati di 2 SIM, una per ciascun operatore : Tim e Vodafone.



**Figura 1** Router UR5.

#### 4.3 Servizi di rete dell'UR5

I servizi di rete presenti nel firmware del router UR5 sono stati implementati da Conel utilizzando i noti packages presenti nelle normali distribuzioni Linux. La possibilità di dettagliare ogni parametro di configurazione (editando semplicemente file di testo stile linux) ha permesso di adattare le caratteristiche di questo router alle esigenze dell'INGV. Escludendo i servizi di base che un sistema operativo Linux deve avviare in fase di bootstrap si prosegue questo rapporto tecnico elencando i servizi più importanti ai fini dell'implementazione dell'infrastruttura di rete.

##### 4.3.1 Interfacce di rete

Le interfacce di rete del router UR5 sono due: interfaccia LAN a cui è stato assegnato indirizzo IP 192.168.0.1 netmask 255.255.255.0 e interfaccia WAN il cui indirizzo IP viene assegnato dinamicamente dal provider di servizi di telefonia mobile (Tim o Vodafone) mediante l'uso del protocollo DHCP. Ogni dispositivo IP presente sul sito di monitoraggio (Ricevitore GPS, telecamera IP, Cygnus) apparterrà alla rete 192.168.0.0/255.255.255.0 e avrà come gateway l'indirizzo IP LAN del router (192.168.0.1/255.255.255.0).

### 4.3.2 NAT e PAT

Il termine NAT, nelle reti informatiche, è acronimo di Network Address Translation. Consiste nel modificare gli indirizzi ip dei pacchetti in transito su un sistema. Si distinguono principalmente due tipi di NAT: Source Natting se si modifica l'IP sorgente e Destination Natting se le modifiche riguardano quello di destinazione. Il NAT solitamente viene utilizzato per permettere a più terminali di condividere lo stesso indirizzo IP pubblico per l'accesso alla rete Internet.

Esempio : si consideri un router con due interfacce di rete: A (interfaccia WAN con IP pubblico) e B (interfaccia lan con ip privato 192.168.0.1/255.255.255.0). Per consentire a tutti gli host di condividere il suo indirizzo IP interfaccia A, per esempio per visitare [www.google.it](http://www.google.it), il router effettua un Source Natting sostituendo per ciascun host l'indirizzo locale su rete 192.168.0.x con quello pubblico dell'interfaccia A. Quando i server di "google" risponderanno alla richiesta del router inviando le relative pagine web, il router dovrà compiere l'operazione inversa di sostituzione dell'indirizzo di destinazione (che per google era quella pubblica A) con quello privato al fine di inviare il pacchetto sull'interfaccia B all'host che l'ha richiesto. Per fare tutto ciò il router implementa una funzionalità chiamata "Tracciamento delle Connessioni". Discorso analogo avviene per PAT (Port Address Translation) solo che in questo caso le modifiche avvengono per le porte TCP o UDP anziché per gli indirizzi. Spesso però le due operazioni avvengono contemporaneamente ecco perché si parla di NAT/PAT.

Nel caso pratico di questo rapporto tecnico, ogni sito di monitoraggio presenta uno o più terminali LAN che sono: ricevitore GPS, ricetrasmittitore satellitare Cygnus – porta Ethernet, Cygnus porta seriale protocollo SLIP (Serial line Internet Protocol), telecamera IP. Ognuno di questi dispositivi è contattabile dalla rete Internet effettuando un NAT/PAT tra l'indirizzo ip pubblico del router (interfaccia WAN) e l'indirizzo IP locale + porta di ogni singolo servizio così come mostrato dalla **Tabella 6**.

	IndirizzoPubblico:Porta	IndirizzoPrivato:porta
Ricevitore GPS	IpPubblicoDinamico:80	192.168.0.3:80
Ftp Ric.GPS	IpPubblicoDinamico:21	192.168.0.3:21
Cygnus Ethernet	IpPubblicoDinamico:82	192.168.0.4:82
Cygnys Serial	IpPubblicoDinamico:83	192.168.0.4:83
IP Cam	IpPubblicoDinamico:84	192.168.0.5:84
Router Admin Panel	IpPubblicoDinamico:8080	192.168.0.1:80

**Tabella 6** Mapping di indirizzi e porte della strumentazione installata presso ogni sito.

Nella concreta realizzazione le porte sorgente e destinazione possono variare. Questo è solo un esempio.

### 4.3.3 Firewall

Il firewall è un apparato di rete hardware o software che filtra tutti i pacchetti entranti ed uscenti, da e verso una rete o un computer, applicando regole che contribuiscono alla sicurezza della stessa. Viene impiegato nelle reti informatiche per evitare accessi indesiderati a servizi e host di una rete. Il firewall del router UR5 è realizzato mediante iptables (kernel linux) e le policy di sicurezza impostate sono molte restrittive consentendo l'accesso al router e alla strumentazione che "natta" solamente dalla rete informatica di Grottaminarda. Ogni altro tentativo di connessione sarà annullato.

#### 4.3.4 DDNS Client – Dynamic Dns Client

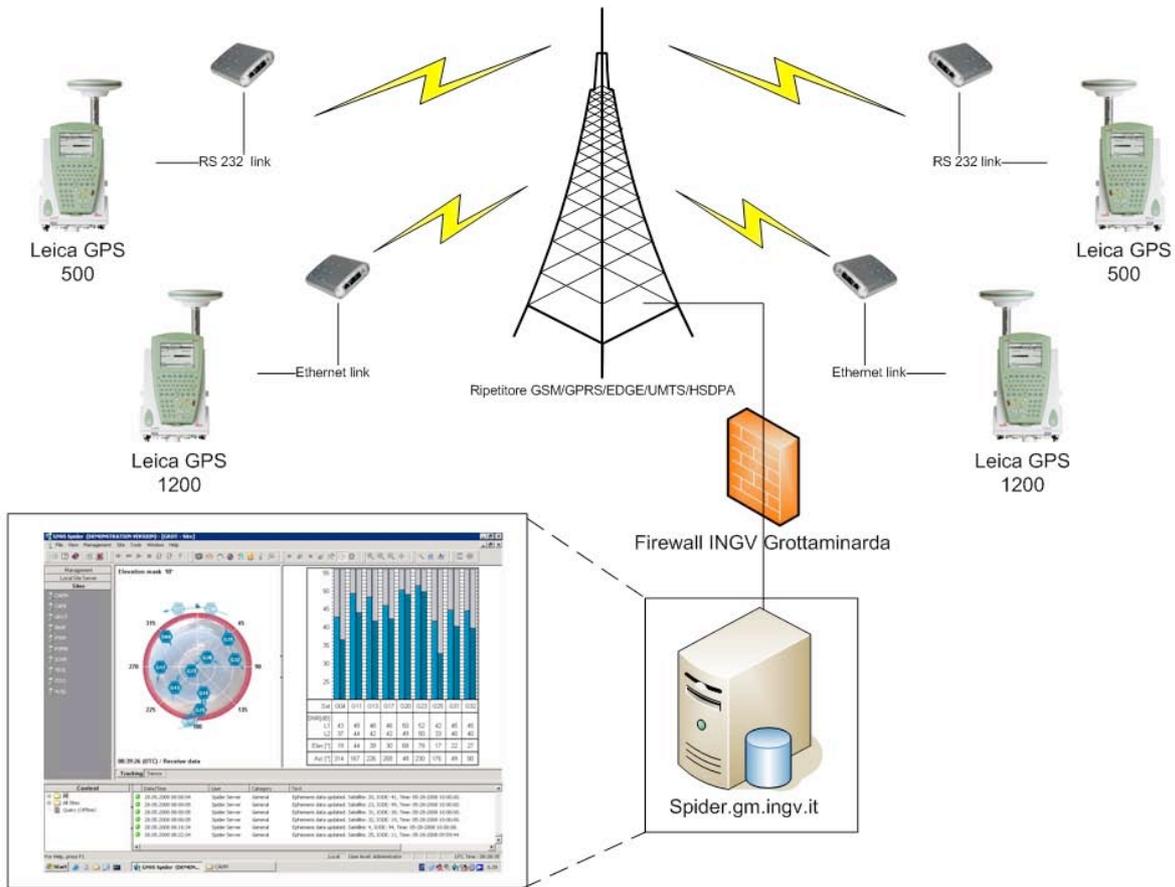
Il servizio Dynamic Dns consente ad un nome DNS di essere sempre associato all'IP del corrispondente host anche se questo varia dinamicamente. Generalmente i nomi DNS sono associati stabilmente ad indirizzi IP statici, che a loro volta sono assegnati ad host aventi funzioni di server. Molti apparati (ed è anche il caso del nostro router UR5) ricevono l'indirizzo IP dinamicamente dal provider che fornisce loro la connessione. Ad ogni riconnessione sarà assegnato un nuovo indirizzo IP. Il servizio dynamic DNS permette a questi host di essere sempre raggiungibili da un nome DNS perché un piccolo software presente nel loro firmware permette di aggiornare i DNS server con il nuovo indirizzo IP al verificarsi di ogni connessione. Nel caso pratico del router UR5 utilizzato in questo progetto, non ha importanza se, per cause tecniche dovute magari all'operatore telefonico il router si disconnette e alla successiva connessione gli viene assegnato un nuovo IP; per l'utente finale, sarà sempre raggiungibile tramite nome DNS perché il suo DDNS Client di volta in volta comunica la variazione di indirizzo IP.

#### 4.3.5 Porta Seriale e protocollo SLIP

Il router UR5 è dotato di porta seriale con possibilità di utilizzo del protocollo SLIP (Serial Line Internet Protocol). Sono molti i dispositivi che oggi utilizzano un'interfaccia seriale per lo scambio dati o più semplicemente per la loro amministrazione. Nel caso dei dispositivi di monitoraggio sismico e GPS possiamo citare il ricetrasmittitore Cygnus (che è anche dotato di porta ethernet), i vecchi ricevitori GPS Leica 500. Per dialogare con questi dispositivi è possibile realizzare un semplice collegamento seriale tra essi ed il router UR5. Il protocollo SLIP insieme a NAT/PAT consentirà di accedere al traffico seriale come ad un normale collegamento IP.

#### 4.4 Infrastruttura IP di monitoraggio GPS

L'idea di utilizzare tecnologia digitale di telefonia mobile come vettore di trasmissione dati nasce inizialmente per dare connettività a quelle stazioni GPS della rete nazionale non raggiunte da altri servizi di trasmissione dati (INTERNET, RUPA, CDN) cercando di contenerne i costi di esercizio e di portare l'acquisizione dati alla frequenza di campionamento di 1 secondo. I mesi di test durante i quali i siti GPS sono stati attrezzati con il router UR5, hanno evidenziato la buona affidabilità di questo collegamento (nonostante meno robusto del satellitare). Le sporadiche interruzioni e riconessioni immediate riscontrate nell'acquisizione del dato GPS non creano le stesse difficoltà rispetto ad una stazione sismica la cui assenza di dato corrisponde ad una peggiore localizzazione di un evento sismico e quindi più critica. Di seguito si riporta uno schema della rete IP realizzata (**Figura 2**).



**Figura 2** Infrastruttura di rete per l'acquisizione dei dati GPS.

Una volta configurato, l'installazione e l'attivazione della trasmissione dati presso il sito GPS è molto semplice: il router va collegato alla porta seriale o ethernet del ricevitore GPS (a seconda del terminale in uso) ed una volta alimentato comincerà dopo pochi secondi a trasmettere dati. L'uso delle differenti tecnologie di telefonia mobile dipende dalla copertura di rete. Il router può essere configurato affinché scelga automaticamente il tipo di connessione dati più veloce, ma il consiglio è quello di recarsi sul sito, accertarsi della reale copertura (GPRS o EDGE o UMTS o HSDPA) e selezionarla manualmente.

La copertura UMTS è purtroppo meno ricorrente sul territorio nazionale. Per questo motivo i test in laboratorio sono stati condotti esclusivamente in tecnologia GPRS che risulta sicuramente disponibile in quei luoghi raggiunti dal segnale GSM tradizionale. GPRS non consente di avere molta banda in upload ma comunque sufficiente per trasmettere un flusso dati continuo ad 1 Hz in tempo reale.

Qualora il sito disponga di copertura UMTS o superiore la larghezza di banda consentirà di veicolare maggiore traffico dati per ulteriori applicazioni: telecamera IP per videosorveglianza, condivisione del canale trasmissivo tra ricevitore GPS e stazione sismica.

#### 4.5 Pannello di controllo Stazioni GPRS/EDGE/UMTS/HSDPA

Per facilitare le operazioni di manutenzione e controllo delle stazioni GPS che utilizzano la telefonia mobile come vettore di trasmissione dati è stato realizzato un applicativo web che consente di :

- Centralizzare la gestione dell'infrastruttura IP su telefonia mobile
- Controllare lo stato di funzionamento di ciascuna stazione

- Attivare e disattivare la connessione dati
- Accedere all'interfaccia web del ricevitore GPS
- Accedere al pannello di configurazione del router UR5

La **Figura 3** mostra uno snapshot dell'applicazione.

**Ultimi 10 messaggi inviati**

Stazione	Data	Esito
CAFE	2008-05-27 17:25:05	dest:+393452555388;stato:2;desc:Non arrivato a destinazione
CAFE	2008-05-27 16:38:14	dest:+393452555388;stato:1;desc:Ricevuto dal destinatario
CAFE	2008-05-27 15:19:05	dest:+393452555388;stato:1;desc:Ricevuto dal destinatario
CAFE	2008-05-27 15:16:10	dest:+393452555388;stato:1;desc:Ricevuto dal destinatario
CAFE	2008-05-27 15:14:06	dest:+393452555388;stato:1;desc:Ricevuto dal destinatario
CAFE	2008-05-27 15:13:12	dest:+393452555388;stato:1;desc:Ricevuto dal destinatario
CAFE	2008-05-27 14:56:26	dest:+393398136921;stato:8;desc:Spedito
CAFE	2008-05-27 14:28:24	dest:+393452555388;stato:1;desc:Ricevuto dal destinatario
CAFE	2008-05-27 13:31:52	dest:+393452555388;stato:1;desc:Ricevuto dal destinatario
CAFE	2008-05-27 13:25:12	dest:+393452555388;stato:1;desc:Ricevuto dal destinatario

**Pannello di controllo Stazioni GPRS/EDGE/UMTS/HSDPA**  
Sviluppato da Luigi Falco  
credito:482

Nome Sito	Descrizione	URL	Web Gps	Web Router
CAFE	Carife	carife.dyndns.org	Accedi	Accedi
<b>Provider Master</b>		<b>Provider Backup</b>		Disconnetti Stazione
Vodafone				
+393452555388				
Connetti SIM Master		Connetti SIM Backup		
Nome Sito	Descrizione	URL	Web Gps	Web Router
TEST	PROVA	10.0.0.18	Accedi	Accedi
<b>Provider Master</b>		<b>Provider Backup</b>		Disconnetti Stazione
Vodafone				
3398136921				
Connetti SIM Master		Connetti SIM Backup		

**Figura 3** Pannello di gestione e monitoraggio stazioni GPRS/EDGE/UMTS/HSDPA.

Sul lato sinistro è possibile visualizzare lo stato delle ultime 10 richieste di connessione/disconnessione inoltrate alle stazioni remote e l'esito dell'invio grazie allo standard GSM che prevede la "ricevuta di ritorno" nel servizio SMS.

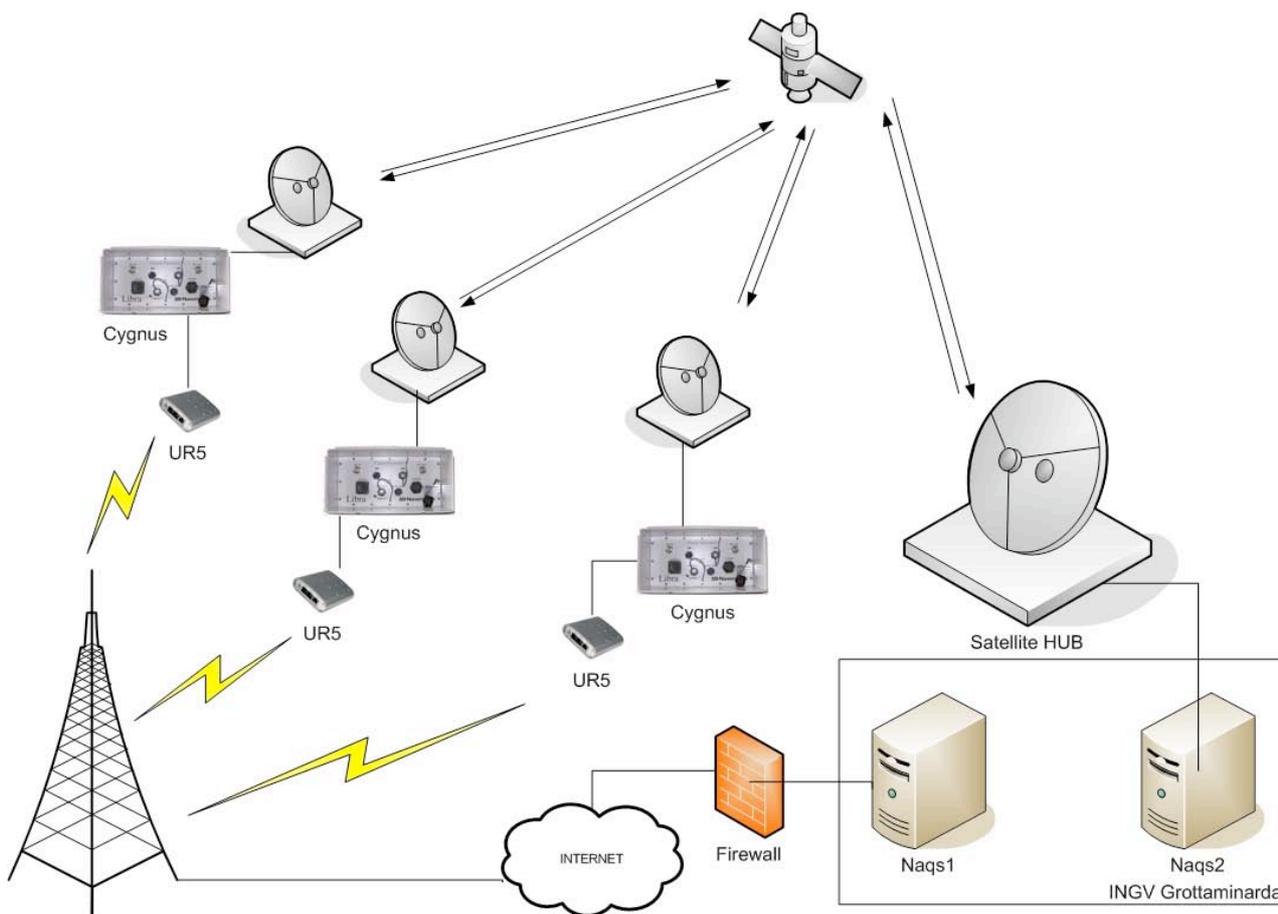
Sul lato destro è riportato lo stato di funzionamento delle stazioni indicato dal simboletto della lampadina (verde indica collegamento IP stabilito, rosso stazione disconnessa) e la possibilità di interagire con esse mediante collegamento al router UR5 remoto, all'interfaccia web del ricevitore GPS o per l'invio di comandi quali connessione sim master, connessione sim backup, disconnessione. Nella figura sovrastante, ad esempio, la stazione CAFE è correttamente connessa mentre la stazione TEST non lo è.

## 5. Possibili altri scenari di utilizzo tecnologia mobile

Anche se, come detto in precedenza, la tecnologia mobile è stata impiegata in Istituto per intensificare la copertura GPS numerosi altri test sono stati condotti per quei siti in cui sensore sismico e GPS convivono. L'utilizzo del router UR5 presso queste stazioni porta alla definizione dei seguenti scenari di utilizzo.

### 5.1 Rete sismica nazionale

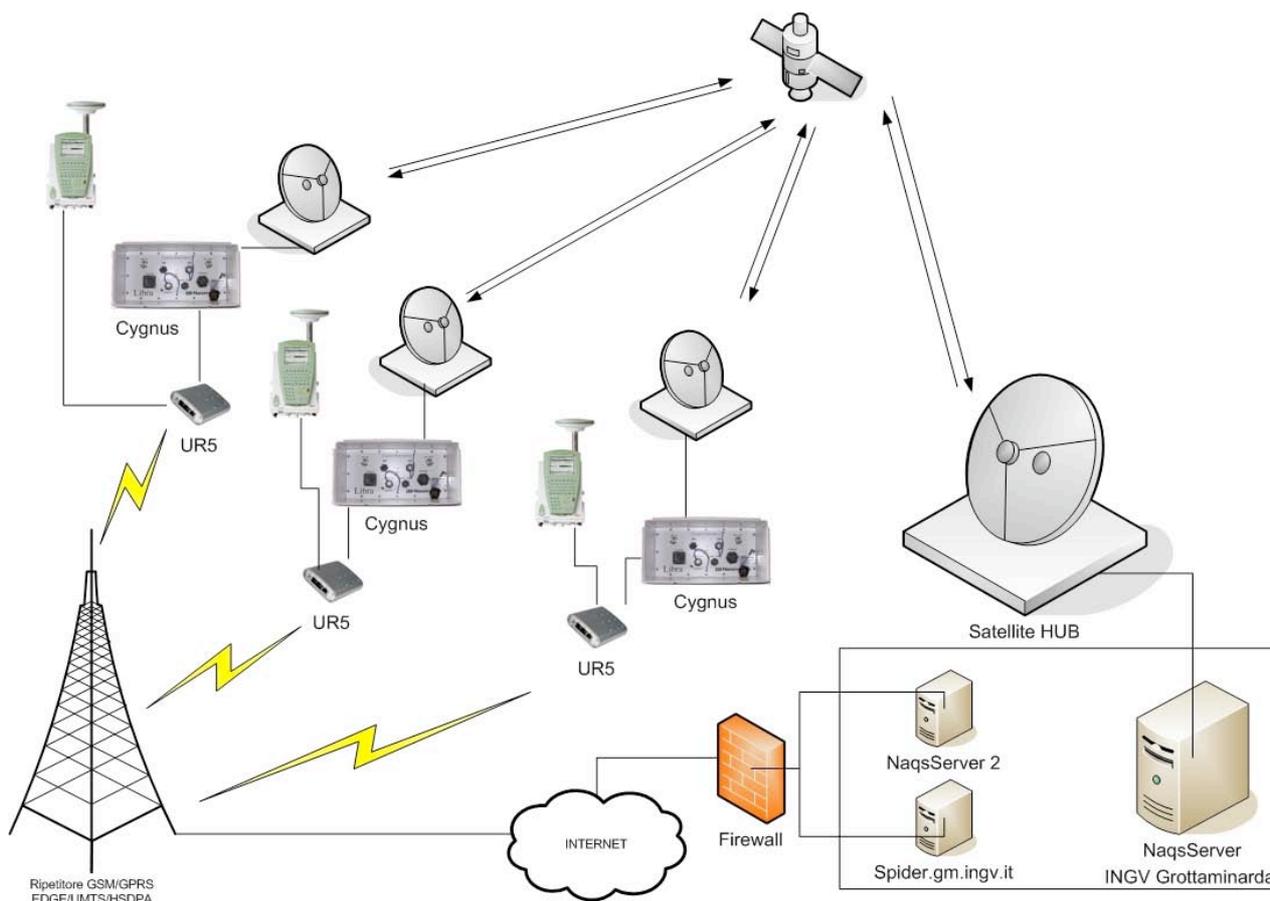
Lo scenario in **Figura 4** mostra la possibilità di integrare le normali stazioni satellitari (sistema Nanometrics) col router UR5 avendo la possibilità di acquisire in tempo reale i dati sismici, sia attraverso il sistema di trasmissione satellitare, sia attraverso l'uso della tecnologia mobile.



**Figura 4** Infrastruttura di acquisizione dati sismici con vettore di trasmissione dati ridondato: tecnologia cellulare + trasporto satellitare.

La tecnica di accesso al canale TDMA utilizzata dal sistema Nanometrics introduce moltissima latenza quando si vuole intervenire sulla configurazione Cygnus di una stazione remota. In questo caso il router UR5 può venire d'aiuto non solo per l'acquisizione dei dati sismici ma anche per effettuare manutenzione al Cygnus collegandosi ad esso, da remoto, proprio come avverrebbe normalmente in loco con un normale cavo ethernet. Altra possibilità consiste nell'attivare la connessione dati GPRS/EDGE/UMTS/HSDPA soltanto all'occorrenza (tramite il Pannello di Amministrazione par. 4.5), quando cioè si vogliono effettuare operazioni di manutenzione limitando così anche la quantità di traffico dati generata. Ovviamente questa possibilità può essere estesa anche ad altri tipi di installazione ed in generale ad altre apparecchiature sismiche: Quanterra, Gaia. Test condotti in laboratorio sul sistema Nanometrics ci permettono di affermare che anche la sola connessione GPRS è sufficiente per assicurare uno scambio dati senza gap tra le stazioni remote dotate di UR5 ed il sistema di acquisizione dati. La banda GPRS tollera abbondantemente anche le possibili ritrasmissioni.

Se si è molto fortunati da trovarsi su un sito con copertura UMTS/HSDPA lo scenario diventa ancora più ampio: sia stazione sismica che GPS hanno banda sufficiente per poter condividere il collegamento IP offerto dal router UR5. Lo scenario diventa quello di **Figura 5**.



**Figura 5** Infrastruttura di acquisizione dati sismici e GPS ridondata: telemetria satellitare + sistema di telefonia mobile.

## 5.2 Rete Mobile di Pronto Intervento

L'Istituto è dotato di una rete mobile di pronto intervento realizzata mediante digitalizzatori Taurus prodotti da Nanometrics, ponti radio UHF nella banda intorno ai 400 MHz, ponte radio WiFi ed infine collegamento satellitare fino alle sedi di acquisizione dati. L'utilizzo di frequenze proprie a meno di interferenze sul posto, ed il link satellitare molto affidabile fanno dell'attuale rete mobile un'infrastruttura molto robusta. Si ritiene, però, che l'eterogeneità dei sistemi di trasmissione utilizzati in tale infrastruttura costituisce anche il suo punto debole. Ai fini della corretta ricezione dei dati è indispensabile che il personale di ciascun sottocentro sia coordinato per effettuare operazioni di puntamento delle antenne direzionali e dell'antenna satellitare. La proposta è quella di utilizzare router UR5 presso ciascun digitalizzatore Taurus di modo che l'operazione di installazione di una sola stazione mobile avvenga in modo indipendente dalle altre ad una velocità nettamente superiore a quelle stimate oggi: basterà semplicemente posizionare il sensore, collegare Taurus e router ed alimentare il tutto; dopo qualche istante i primi dati arriveranno al sistema di acquisizione dati NaqsServer. Ovviamente la connessione GPRS/EDGE/UMTS/HSDPA non dovrà sostituire l'attuale infrastruttura della rete mobile perché c'è da ricordare che in caso di evento sismico le reti telefoniche in genere hanno un'elevata probabilità di saturazione della banda. Quindi si ritiene che questa soluzione possa velocizzare l'installazione di una rete mobile e ridonarla nel frattempo che tutto il personale termini l'installazione del sistema di trasmissione radio. La **Figura 6** mostra lo schema della rete mobile di pronto intervento ridondata della trasmissione dati offerta dal router UR5.



### 5.3 Videosorveglianza sito

Nei siti coperti da rete UMTS/HSDPA il router UR5 potrebbe consentire di ricevere dati da una telecamera IP per effettuare operazioni di videosorveglianza contemporaneamente all'acquisizione del flusso dati della strumentazione sismica e/o GPS.

## 6. Conclusioni

Nell'istante in cui il seguente rapporto viene redatto, il territorio nazionale italiano è scarsamente coperto da rete UMTS/HSDPA (principalmente in luoghi poco densi di popolazione) anche se opere di intensificazione della rete sono compiute ogni giorno. Per i prossimi anni dovremmo ancora accontentarci del caro e buon GPRS che nonostante ciò soddisfa l'obiettivo iniziale di questo progetto: GPS a 1Hz in tempo reale. L'invito che si fa quando il personale specializzato effettuerà missioni di ricerca sito è di accertarsi anche di eventuale copertura UMTS in alternativa ai classici vettori di trasmissione dati almeno per la rete GPS (meno critica della rete sismica). Forse la percentuale di siti che si riuscirà a coprire in tecnologia UMTS e magari HSDPA resterà bassa o quanto meno occorrerà attendere qualche anno, cioè troppo tempo, perché forse tra qualche anno staremmo rincorrendo la tanto attesa tecnologia WiMAX. Per oggi, accontentiamoci di questo.

## Bibliografia

Selvaggi G., Mattia M., Avallone A., D'Agostino N., Anzidei M., Cantarero M., Cardinale V., Castagnozzi A., Casula G., Cecere G., Cogliano R., Criscuoli F., D'Ambrosio C., D'Anastasio E., De Martino P., Del Mese S., Devoti R., Falco L., Galvani A., Giovani L., Hunstad I., Massucci A., Minichiello F., Memmolo A., Migliari F., Moschillo R., Obrizzo F., Pietrantonio G., Pignone M., Pulvirenti M., Rossi M., Riguzzi F., Serpelloni E., Tammaro U. e Zarrilli L. (2006). La Rete Integrata Nazionale GPS (RING) dell'INGV: un'infrastruttura aperta per la ricerca scientifica. X Conferenza ASITA, Bolzano, Atti Vol. II, 1749-1754. (<http://ring.gm.ingv.it>)

Falco L., Avallone A., Cattaneo M., Cecere G., Cogliano R., D'Agostino N., D'Ambrosio C., D'Anastasio E., Moschillo R., Selvaggi G. (2007). The Ring and Seismic Network: Data Acquisition of Co-located Stations. G13B-1225 AGU Fall Meeting 2007, San Francisco (CA)

Falco L. (2006). Realizzazione rete di acquisizione dati e segmento PDMZ (Partial DeMilitarized Zone) della rete telematica della sede di Grottaminarda dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. Rapporti Tecnici INGV

Joachim Tisal (2001). Gsm Network - Gprs Evolution: One Step Towards Umts. Editore John Wiley & Sons

Wikipedia (2008). Storia della telefonia mobile - <http://it.wikipedia.org/wiki/Telefonino>