

# RAPPORTI TECNICI INGV

Impiego dei router cellulari nella rete  
sismica permanente, rete sismica  
mobile e nella rete di telecamere  
di sorveglianza dell'INGV-OE



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

435

**Direttore Responsabile**

Valeria DE PAOLA

**Editorial Board**

Luigi CUCCI - Editor in Chief (luigi.cucci@ingv.it)  
Raffaele AZZARO (raffaele.azzaro@ingv.it)  
Christian BIGNAMI (christian.bignami@ingv.it)  
Mario CASTELLANO (mario.castellano@ingv.it)  
Viviana CASTELLI (viviana.castelli@ingv.it)  
Rosa Anna CORSARO (rosanna.corsaro@ingv.it)  
Domenico DI MAURO (domenico.dimauro@ingv.it)  
Mauro DI VITO (mauro.divito@ingv.it)  
Marcello LIOTTA (marcello.liotta@ingv.it)  
Mario MATTIA (mario.mattia@ingv.it)  
Milena MORETTI (milena.moretti@ingv.it)  
Nicola PAGLIUCA (nicola.pagliuca@ingv.it)  
Umberto SCIACCA (umberto.sciacca@ingv.it)  
Alessandro SETTIMI (alessandro.settimi1@istruzione.it)  
Andrea TERTULLIANI (andrea.tertulliani@ingv.it)

**Segreteria di Redazione**

Francesca DI STEFANO - Coordinatore  
Rossella CELI  
Robert MIGLIAZZA  
Barbara ANGIONI  
Massimiliano CASCONI  
Patrizia PANTANI  
Tel. +39 06 51860068  
redazione@ingv.it

**REGISTRAZIONE AL TRIBUNALE DI ROMA N.174 | 2014, 23 LUGLIO**

© 2014 INGV Istituto Nazionale  
di Geofisica e Vulcanologia  
Rappresentante legale: Carlo DOGLIONI  
Sede: Via di Vigna Murata, 605 | Roma



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

# RAPPORTI TECNICI INGV

Impiego dei router cellulari nella rete sismica permanente, rete sismica mobile e nella rete di telecamere di sorveglianza dell'INGV-OE

*Mobile network routers in seismic and volcanic surveillance*

Danilo Contrafatto, Graziano Larocca, Emilio Biale, Michele Prestifilippo

INGV | Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Catania - Osservatorio Etno

Accettato 8 febbraio 2021 | Accepted 8 February 2021

Come citare | How to cite Contrafatto D. et al., (2021). Impiego dei router cellulari nella rete sismica permanente, rete sismica mobile e nella rete di telecamere di sorveglianza dell'INGV-OE. Rapp. Tec. INGV, 435: 1-36, <https://doi.org/10.13127/rpt/435>

In copertina | Eruzione dell'Etna, dicembre 2015. Foto: Boris Bencke, INGV | Cover Etna eruption, December 2015. Photo: Boris Bencke, INGV

435



# INDICE

|  |    |
|--|----|
| <b>Riassunto</b>   | 7  |
| <i>Abstract</i>  | 7  |
| <b>Introduzione</b>  | 8  |
| <b>1. Criticità dei sistemi di trasmissione tradizionali:<br/>l'esperienza dell'Osservatorio Etneo</b>   | 8  |
| <b>2. L'impiego dei router UMTS: vantaggi e svantaggi</b>  | 9  |
| <b>3. Schema generale del flusso dati: trasmissione tramite protocolli UDP e TCP/IP</b>  | 11 |
| <b>4. Setting degli apparati remoti e del router UR5i: primi test e soluzioni adottate</b>   | 12 |
| 4.1 Gestione del flusso dati UDP in uscita dal router  | 13 |
| 4.2 Gestione del flusso dati in entrata: port forwarding e regole di routing   | 14 |
| 4.3 Gestione del flusso dati nella configurazione di trasmissione mista VSAT e Rete Cellulare  | 16 |
| <b>5. Servizio di risoluzione degli IP dinamici come alternativa ai servizi DynDNS</b>   | 18 |
| <b>6. Gestione del flusso dati tra server e stazioni sismiche remote<br/>con protocollo seedlink e IP dinamici</b>   | 19 |
| <b>7. Implementazione di comandi SMS per il controllo remoto del router e degli<br/>apparati connessi</b>  | 22 |
| <b>8. Le stazioni sismiche permanenti dell'Osservatorio Etneo: disponibilità dei<br/>dati a confronto fra stazioni a trasmissione UMTS e trasmissione VSAT</b> | 23 |
| 8.1 Efficienza dei sistemi VSAT e UMTS a confronto durante il funzionamento in condizioni<br>meteorologiche avverse  | 25 |
| <b>9. Le stazioni sismiche mobili dell'Osservatorio Etneo in trasmissione UMTS</b>   | 26 |
| <b>10. Le telecamere di sorveglianza dell'Osservatorio Etneo in trasmissione UMTS</b>  | 27 |
| 10.1 L'impiego dei router cellulari nella rete di videosorveglianza vulcanica  | 28 |
| <b>Conclusioni</b>   | 31 |
| <b>Bibliografia</b>  | 31 |
| <b>Sitografia</b>  | 32 |



## Riassunto

I sistemi di trasmissione ricoprono un'importanza cruciale nella catena di acquisizione dati delle reti strumentali in tantissimi ambiti, quali quelli civili, militari o ancora per la ricerca scientifica. La fruibilità dei dati è ancor più importante quando questi sono strettamente legati a fenomenologie che abbiano ricadute immediate sulla sicurezza della popolazione, ovvero quando questi sono generati con scopi di protezione civile. In questo lavoro si descriverà come e perché si è arrivati all'impiego dei modem/router cellulari per la trasmissione e acquisizione dei segnali video e geofisici nelle reti di monitoraggio e sorveglianza dell'INGV - Osservatorio Etneo, dalla fase di sperimentazione, iniziata nel 2016, fino alla loro maggiore diffusione odierna. Si mostrerà come ciò abbia permesso la realizzazione di installazioni in aree di difficile accesso o caratterizzate da assenza di visibilità radio, riducendone spesso i consumi di potenza e dotandole di una banda più che sufficiente per attuare l'interattività con gli apparati installati e la trasmissione di svariate tipologie di segnali.

Al fine di avere un quadro completo verranno descritte le operazioni effettuate nonché i software appositamente realizzati per rendere automatiche alcune operazioni mediante le potenzialità offerte dai router e per consentire un efficace ed efficiente trasferimento dei dati prodotti, per poi mostrare alcune verifiche della continuità di funzionamento delle prime implementazioni nella rete sismica permanente in modo da poter infine sentenziare sull'efficienza e sulla stabilità dei sistemi impiegati.

Verranno inoltre descritti gli utilizzi nell'ambito degli streaming video e la loro ricaduta sull'ampliamento delle aree vulcaniche osservate.

## Abstract

*Transmission systems play a crucial role in the data acquisition chain of instrumental networks in many areas, such as civil, military or scientific research. The usability of the data is even more important when these are closely linked to phenomenologies that have immediate repercussions on the safety of the population, or when these are generated for civil protection purposes. In this work we will describe how and why we arrived at the use of cellular modems / routers for the transmission and acquisition of video and geophysical (seismic and GPS) signals in the monitoring and surveillance networks of the INGV - Osservatorio Etneo, from the experimentation, started in 2016, up to their greater diffusion today, and how this has allowed the realization of installations in areas often difficult to access or characterized by absence of radio visibility, often reducing their power consumption and providing them with more than sufficient bandwidth to implement interactivity with the installed devices and the transmission of various types of geophysical signals.*

*In order to have a complete picture, the operations carried out as well as the software specifically designed to automate some operations through the potential offered by the routers and to allow an effective and efficient transfer of the produced data will be described, to then show some checks on the continuity of operation of the first implementations in the permanent seismic network in order to finally decide on the efficiency and stability of the systems used.*

*The uses in the field of video streaming and their impact on the expansion of the volcanic areas observed will also be described.*

Keywords Cellulare; Router; Sorveglianza | Mobile; Router; Surveillance.

## Introduzione

La Rete Sismica Permanente (RSP) e la Rete Sismica Mobile (RSM) dell'Osservatorio Etneo (OE), costituite da stazioni di rilevamento e/o ripetitori dislocati nell'area di competenza, sfruttavano a suoi albori quasi esclusivamente sistemi di trasmissione radio analogici (FM) e solo in pochi casi si utilizzavano le linee telefoniche cablate e ISDN. Con l'avvento del digitale, intorno alla fine degli anni '90, le reti sono state aggiornate e di fatto oggi è possibile identificare almeno tre sistemi di trasmissione non cablati per l'invio dei segnali al centro di acquisizione dati della sede dell'OE: satellitare, Wi-Fi, telemetria digitale in banda UHF.

Le trasmissioni digitali in banda UHF realizzano una trasmissione dati con una banda relativamente limitata, appena sufficiente alla corretta acquisizione di una stazione sismica a tre canali con frequenza di campionamento a 100Hz. Esse adottano il protocollo di comunicazione RS232, che nella configurazione impiegata, dà la possibilità soltanto di ricevere correttamente i segnali acquisiti, mentre altri vettori trasmissivi, come quelli satellitari e wireless, consentono una interattività maggiore con la strumentazione delle stazioni remote e nei sistemi wireless di ottenere anche una banda trasmissiva molto più ampia.

Discorso analogo può essere fatto per la rete di telecamere di sorveglianza installate sui vulcani di competenza dell'OE che, in passato, per la trasmissione dei flussi video sfruttavano esclusivamente sistemi radio, analogici prima (modulazioni AM, FM) e digitali poi, grazie alla comparsa di nuove tecnologie come la trasmissione Spread-Spectrum e la rete cablata a banda larga (ADSL/Fibra), con le quali è stato possibile trasmettere flussi video digitali con grado di affidabilità e qualità nettamente superiori. Le crescenti e mutevoli necessità che negli ultimi anni sono venute a sorgere in seno alle attività di gestione, manutenzione e upgrade dei sistemi di monitoraggio sismico e vulcanico dell'OE, hanno portato inevitabilmente alla ricerca di soluzioni alternative, di fatto riscontrate nella capillare rete mobile cellulare esistente sul territorio. L'impiego delle reti mobili ha permesso, come vedremo, la realizzazione di installazioni in aree spesso di difficile accesso o caratterizzate da assenza di visibilità radio, dotandole altresì di una banda più che sufficiente per la trasmissione di svariate tipologie di segnali geofisici ed eliminando molte delle limitazioni che i sistemi tradizionali imponevano, come la mancanza di interattività con gli apparati installati.

### 1. Criticità dei sistemi di trasmissione tradizionalmente adottati: l'esperienza dell'OE

La gestione pluriennale dei sistemi di monitoraggio sismo-vulcanico nel territorio siciliano da parte del comparto tecnico della sez. di Catania, ha permesso di acquisire una ampia esperienza nella progettazione e realizzazione dei "nodi" della catena di acquisizione dati destinati al monitoraggio e alla sorveglianza sismo-vulcanica.

A partire dal 2003, la RSP inizialmente composta per lo più da stazioni analogiche, ha iniziato ad espandersi attraverso l'installazione di nuove stazioni digitali (*Nanometrics Libral* e *Libral1*), in telemetria terrestre (UHF) e satellitare (VSAT). Ad oggi si contano circa 70 "nodi", rappresentati da stazioni di monitoraggio, ponti radio e punti di acquisizione. L'esperienza acquisita in questi anni ci permette oggi di stilare una lista dei pregi e difetti che questa tecnologia incorpora. Indubbiamente possiamo affermare che grazie ad essa sono stati raggiunti livelli di qualità dei dati senza precedenti. Questo è reso possibile in primis dall'elevata qualità dei sismometri a banda larga impiegati (*Trillium* 40s, 120s, 240), dai digitalizzatori (*Trident*), nonché dalla elevata qualità, dimostrata in termini di prestazioni (per l'epoca in cui tale tecnologia è entrata in esercizio) ed affidabilità degli apparati di trasmissione *Janus* e *Cygnus*, della serie *Libral*.



Per quanto riguarda i dispositivi VSAT, essi presentano le seguenti criticità:

- Consumi relativamente elevati (12W per la trasmissione dati) nonostante siano nettamente inferiori alla media dei sistemi VSAT in commercio all'epoca (anni '90).
- Elevata latenza dei dati dovuta all'impiego del sistema TDMA per l'accesso al canale trasmissivo, con tempi di attesa per la trasmissione di oltre dieci secondi.
- Difficoltà di connessione agli apparati remoti per effettuare eventuali verifiche sullo stato di funzionamento e/o apportare modifiche alle configurazioni a causa della banda limitata di 112 kB, accessibile solo ad ogni ciclo del TDMA.
- Rain-fade (vedi paragrafo 8.1).
- Possibilità di piccoli disallineamenti dell'antenna parabolica, che possono divenire importanti in caso di assestamenti del terreno di fondazione (in diversi casi effettivamente riscontrato) o come conseguenza di un evento sismico.
- Ingombri non indifferenti (diametri delle antenne compresi tra 120 cm e 380 cm).
- Elevati costi delle apparecchiature, dei ricambi e della gestione, oltre ai costi degli abbonamenti ai provider satellitari, alle spese di spedizione delle merci e di sdoganamento.

I sistemi di trasmissione digitale in banda UHF hanno dimostrato negli anni grande affidabilità e consentono di limitare i consumi, ma non sempre godono di visibilità radio verso un ponte radio o un centro VSAT, e non offrono la connettività TCP/IP con la strumentazione in uso. I sistemi WI-FI permettono la connettività LAN ma sono caratterizzati da assorbimenti non indifferenti e, come i sistemi UHF, non sempre godono di visibilità verso un ponte radio WI-FI, anche per le limitate distanze raggiungibili con questa tecnologia. Nell'ambito della rete GPS per il rilevamento delle deformazioni del suolo, l'adozione del sistema Nanometrics ha permesso un incremento del numero di installazioni sul territorio nazionale, mostrando 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 [Luigi Falco, 2008]. Infine, le operazioni di manutenzione, configurazione e gestione dei ricevitori GPS risultano di difficile realizzazione, a causa dei lunghi tempi di risposta dei sistemi remoti.

L'obsolescenza del sistema *Nanometrics Libral* e la difficile integrazione del nuovo sistema *Librall*, a cui si aggiungono la difficoltà di reperire ricambi, hanno di fatto spinto verso la ricerca e l'adozione di diversi canali di telecomunicazioni, quali appunto la rete internet offerta dalla rete mobile cellulare. Le attuali reti UMTS adottano i moderni protocolli *High-Speed Downlink Packet Access* (HSDPA), e *High-Speed Uplink Packet Access* (HSUPA) con una velocità massima teorica di 14,4 Mb/s in download e di 7,2 Mb/s in upload e protocollo *Long Term Evolution* (LTE) con una velocità massima teorica di 100 Mb/s in download e di 50 Mb/s in upload. Con il lancio di tariffe flat su tecnologia HSDPA, e con l'implementazione della tecnologia HSUPA (che migliora la velocità in upload), i servizi definiti "a banda larga mobile" possono essere considerati come valida alternativa alle connessioni ADSL fisse e concorrenti delle reti WiMAX. Siti morfologicamente difficili da coprire con i sistemi classici di telemetria sono spesso serviti dai ponti cellulari (anche se distanti dalle aree antropizzate) che possono essere sfruttati al nostro scopo come valida alternativa alle tecniche di trasmissione satellitare o all'impiego di punti di ripetizione.

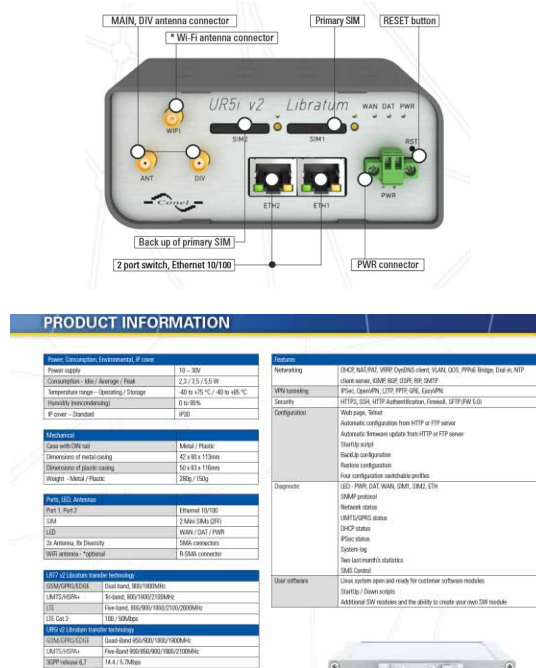
## 2. L'impiego dei router UMTS: vantaggi e svantaggi

L'apparato che consente di realizzare la connessione della strumentazione di monitoraggio alla rete cellulare è il router GPRS/UMTS/HSPA/LTE, cioè un dispositivo portatile che, dotato di lettore schede SIM per l'utilizzo di qualsiasi operatore di telefonia mobile, consente di

condividere la connessione internet con qualunque strumento equipaggiato di interfaccia ethernet. Dopo una accurata indagine di mercato la scelta è ricaduta sui router *UR5i (v2 Libratum e Full)* prodotti dall'azienda della Repubblica Ceca *Advantech*, progettati per funzionare in modo affidabile nelle applicazioni professionali dove sono richiesti elevati carichi di dati trasmessi in tempi ristretti attraverso la rete mobile cellulare. Si riportano di seguito le principali caratteristiche.

Figura 1 Il router UR5i v2 Libratum.

Figure 1 The UR5i v2 Libratum router.



Si riportano di seguito i principali vantaggi che scaturiscono dall'adozione dei router UMTS rispetto ad una stazione VSAT:

- Riduzione dei consumi (5W circa in modalità HSUPA) e conseguente aumento dell'autonomia energetica della stazione.
- Banda del canale di trasmissione di gran lunga superiore (due ordini di grandezza).
- Latenza dei dati nettamente inferiore. Il ping è dell'ordine di 50 ms, contro gli oltre 11 secondi di ritardo dei dati trasmessi con tecnologia VSAT).
- Abbattimento dei costi per il sistema di trasmissione dati.
- Possibilità di eseguire programmi on-board (*Scripts Linux*).
- Possibilità di comandare da remoto l'accensione/spegnimento della strumentazione attraverso l'uscita open-collector controllabile (nei modelli dotati di tale porta).
- Costituisce un valido strumento per risolvere i problemi legati alla trasmissione dati nelle stazioni mobili.

Un indubbio vantaggio è inoltre rappresentato dalla possibilità di dotare una stazione di una certa ridondanza del canale di comunicazione dati. Lasciando immutata una stazione in tecnologia VSAT e collegando alla sua porta ethernet un router UMTS pre-configurato con le opportune regole di routing, è possibile godere contemporaneamente dei vantaggi delle due tecnologie. A tal proposito si potrebbe prendere in considerazione la possibilità di installazione del router UR5i presso alcune stazioni VSAT o connesse alla dorsale wireless di cui è dotato l'OE, ritenute "strategiche"; allorché per un motivo qualunque viene compromessa l'efficienza del canale di trasmissione (dorsale WI-FI o link satellitare), i dati continueranno ad essere acquisiti attraverso la rete mobile cellulare. Non va infine sottovalutata la possibilità di

adottare i router cellulari anche nelle nuove installazioni permanenti, in quanto la robustezza di questi dispositivi è ormai conclamata, dimostrata da diversi anni di dati acquisiti senza aver riscontrato problemi particolari. A supporto di questa scelta va sottolineata anche la convenienza economica, infatti attualmente non sembrano esservi in commercio soluzioni tecnologiche che possano concorrere da questo punto di vista, per non parlare delle tante semplificazioni logistiche rispetto alla realizzazione di nuove infrastrutture satellitari.

Come tutte le scelte tecnologiche applicabili in ambito tecnico-scientifico, anche i router cellulari non rappresentano la soluzione a tutti i problemi, manifestando oltre ai pregi discussi il principale “difetto” legato alla non perfetta capillarità della copertura cellulare. Spesso infatti vengono individuati siti di installazione in aree geografiche meno antropizzate e quindi ottimali dal punto di vista della qualità nella risposta dei sensori, ma scadenti per quanto riguarda la connettività cellulare. In tali casi il problema può essere risolto solo se si ha visibilità con un nodo della dorsale/anello wireless o ancora con l’ausilio dei sistemi VSAT. Per questo motivo si ritiene spesso imprescindibile un sopralluogo sul sito di interesse, per la verifica dell’effettiva copertura degli operatori mobili, prima di pianificare l’installazione di una stazione a trasmissione 3G/4G. Spesso comunque è possibile trovare su internet le mappe di copertura delle reti cellulari, che possono essere consultate ancor prima di fare il sopralluogo sul sito. Al fine di dotare le stazioni del sistema di trasmissione cellulare, il personale tecnico che effettua gli interventi di manutenzione presso le stazioni potrebbe di volta in volta verificare la copertura in modo da stilare una lista delle stazioni potenzialmente collegabili alla rete mobile.

Un altro fattore che ha destato preoccupazione è rappresentato dal calo di prestazioni in caso di saturazione della banda da parte della rete cellulare, come spesso avviene in caso di calamità naturali o durante particolari giorni dell’anno. Test a lungo termine sono già stati condotti a partire dal 2016, con particolare attenzione alle giornate di festività di fine anno, grazie ai quali è possibile affermare che tale preoccupazione era ingiustificata poiché non sono stati riscontrati problemi sull’acquisizione dei dati delle stazioni UMTS in esercizio. Per quanto riguarda la risposta durante le calamità (es. terremoti di magnitudo elevate), non si dispongono di esperienze che comprovano le eventuali limitazioni o interruzioni di comunicazione. Ci sarebbe da preoccuparsi allora anche per i possibili disallineamenti delle parabole dei centri VSAT piuttosto che dei ponti cellulari, in quanto questi ultimi dispongono spesso di antenne omnidirezionali e di sistemi di back-up dell’alimentazione particolarmente robusti. In ogni caso, in fase di progettazione di una rete di monitoraggio e sorveglianza sismica, si dovrebbe sempre tendere ad attuare scelte di diversificazione tecnologica trasmissiva, per limitare gli effetti negativi di un qualunque tipo di fault imprevisto.

### 3. Schema generale del flusso dati: trasmissione tramite protocolli UDP e TCP/IP

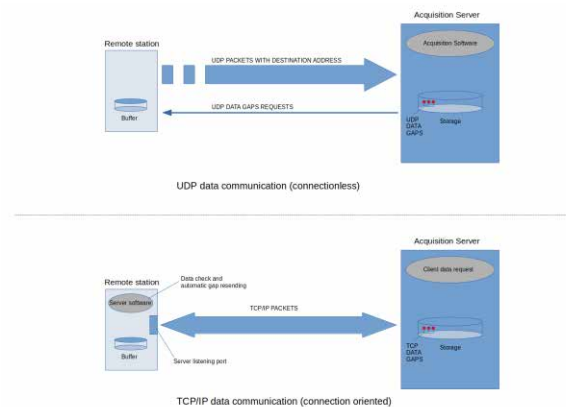
L’acquisizione dei dati può avvenire attraverso due protocolli di comunicazione, in base al tipo di strumentazione che equipaggia il sito remoto: un protocollo orientato alla connessione (TCP/IP) ed uno privo di connessione (UDP). In molti casi, per singolo sito remoto, si possono ritrovare entrambe le modalità di comunicazione come avviene nel caso dei sistemi Nanometrics della RSP, dove il flusso dei dati sismici viaggia su UDP, mentre lo scambio di dati per l’utilizzo dell’interfaccia grafica (GUI) di configurazione della strumentazione avviene tramite TCP/IP. Nelle comunicazioni tramite TCP/IP un software installato su un calcolatore in sede richiede la realizzazione di una connessione TCP/IP alla strumentazione remota e il successivo avvio di un flusso di scambio dati. Nelle comunicazioni UDP, invece, il sito remoto realizza una trasmissione dati utilizzando solo un indirizzo IP di destinazione, senza curarsi di verificare che ci sia un’effettiva connessione con essa. Il flusso dati comincia dalla strumentazione presente nel sito

remoto che, dopo una prima sincronizzazione, provvede al suo invio. Il server in ascolto su una porta prefissata acquisirà e salverà i dati correttamente ricevuti, verificherà la mancanza di dati in una sequenza temporale ed eventualmente invierà al sito remoto le richieste di dati mancanti. Con l'utilizzo della rete cellulare come mezzo di trasmissione, il dato acquisito dalla stazione viene inviato al router, attraverso una delle due modalità descritte che, a sua volta, si occupa di reindirizzare ad un indirizzo IP pubblico della sede di acquisizione, attraverso la rete WAN cellulare. In altre parole, i pacchetti di informazione attraversano la rete dell'operatore mobile (che di fatto lavora in maniera "trasparente") e raggiungono, attraverso la rete internet, la sede dell'INGV-OE.

La figura seguente mostra schematicamente il flusso dei dati nelle due diverse modalità esposte.

**Figura 2** Impiego dei protocolli TCP/IP e UDP nell'acquisizione dati e nella gestione della rete.

*Figure 2 Use of TCP / IP and UDP protocols in data acquisition and network management.*



Nella modalità con connessione TCP/IP, il server necessita di un indirizzo IP per procedere alla creazione di una nuova connessione da sfruttare per il flusso dati in real-time, mentre nella modalità senza connessione, ovvero UDP, il server di acquisizione deve conoscere l'IP del sito remoto per effettuare le richieste di ritrasmissione di blocchi di dati corrotti o persi. Infine, la conoscenza dell'indirizzo IP è necessaria per verificare e/o apportare modifiche alla configurazione della strumentazione remota tramite connessione TCP/IP. L'utilizzo di SIM con abbonamenti più economici ha introdotto la problematica dell'indirizzamento dinamico che, come sarà descritto nei prossimi paragrafi, è stata risolta caso per caso valutando la strategia migliore da applicare alla modalità di connessione usata.

## 4. Setting degli apparati remoti e del router UR5i: primi test e soluzioni adottate

In generale l'instradamento, nel campo delle reti di telecomunicazione, è la funzione di un commutatore (centrale telefonica, router, switch) che decide su quale porta o interfaccia inviare un elemento di comunicazione ricevuto (conversazione telefonica, pacchetto o flusso dati). Il routing è l'instradamento effettuato a livello di rete. Nel caso tipico di IP, i router usano tabelle di instradamento i cui elementi sono blocchi di indirizzi IP contigui, detti anche *route* (rotte).

Nel nostro caso specifico, il router deve instradare correttamente due flussi di dati, quelli in ingresso e quelli in uscita. Relativamente ai dati in ingresso (da internet verso il router) possiamo menzionare le richieste di ritrasmissioni provenienti dal server di acquisizione o ancora le richieste TCP/IP provenienti da utenti che vogliono connettersi agli apparati connessi alla rete locale. I dati in uscita (dal router verso internet) sono rappresentati invece dai dati (tipicamente sismici o video), nonché dalle risposte alle richieste TCP/IP sopra menzionate. Vediamo di seguito

i principali test effettuati ed i settaggi adatti alla diversa tipologia di strumentazione usata nei siti remoti.

### 4.1 Gestione del flusso dati UDP in uscita dal router

Il primo passo è stato quello di testare l'instradamento del flusso dati UDP generato dai transceiver Nanometrics Janus, un apparato usato in molte stazioni della RSP dell'Osservatorio Etneo. Questo apparato ha il compito di aggiungere l'informazione temporale al flusso dati generato da un digitalizzatore ad esso connesso. Si occupa inoltre di bufferizzare il dato per la gestione delle ritrasmissioni richieste dal server di acquisizione al fine di operare il recupero dei dati persi o corrotti; è equipaggiato di porte seriali RS232 ed una porta ethernet per la gestione della trasmissione dati remota. Il flusso dati è schematizzato in Figura 3.

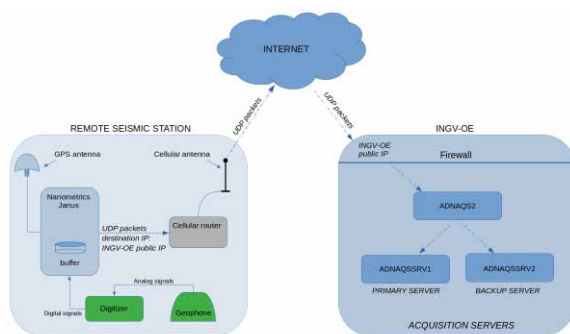


Figura 3 Schema flusso dati UDP dalla stazione remota ai server di acquisizione.

Figure 3 UDP data flow scheme from the remote station to the acquisition servers.

Al fine di realizzare una comunicazione dati tra il Janus ed il router, questi devono essere collegati tramite le rispettive porte ethernet ed al Janus deve essere assegnato un IP facente parte alla stessa classe di indirizzi scelta per il router (192.168.1.0/24), per esempio, 192.168.1.100. Utilizzando il software di interfaccia grafica *NanometricsConfigUI* (da adesso in poi semplicemente GUI) messo a disposizione da Nanometrics, è possibile modificare i settaggi per la comunicazione ethernet. In questa sezione è necessario inserire l'indirizzo IP della stazione e l'indirizzo del gateway di rete che, in questo caso, è rappresentato dal router UMTS (192.168.1.1). Nel caso si utilizzi un *transceiver* dotato anche di modem satellitare (Nanometrics Cygnus) l'eventuale *Libra IP* resta invariato. Fondamentale poi è l'indirizzo IP di destinazione, rappresentato dalla voce "NaqsServer Address" che, come vedremo, corrisponde ad un indirizzo IP pubblico dell'Osservatorio Etneo a cui i flussi UMTS sono diretti.

In Figura 3 è mostrata, come esempio, una tipica configurazione di rete di un *transceiver* *Nanometrics Janus*.

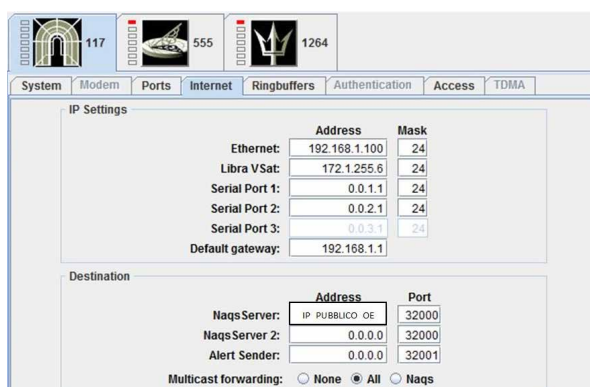


Figura 4 Settaggi della LAN di un transceiver Janus tramite Nanometrics GUI.

Figure 4 LAN settings of a Janus transceiver via Nanometrics GUI.

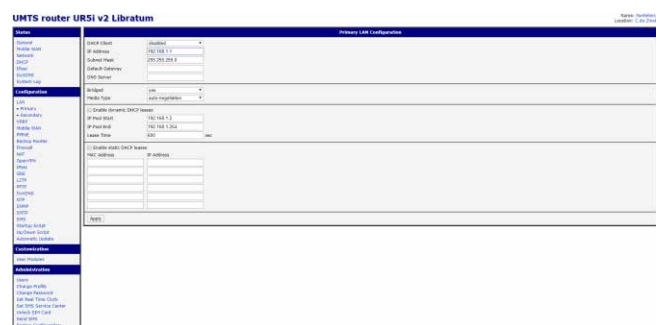


Utilizzando la tecnica del *port-forwarding* tramite il *firewall* di sede, tali flussi sono poi rediretti al server interno che acquisisce i dati utilizzando un'istanza del software Nanometrics "NaqsServer", al fine di acquisire unicamente le stazioni in trasmissione UMTS. La macchina su cui gira il servizio NaqsServer, denominata ADNAQS2, oltre che dell'acquisizione diretta, si occupa anche di inoltrare il flusso delle stazioni a trasmissione UMTS della RSP al server principale di acquisizione dati ADNAQSSRV1 utilizzato per la sorveglianza della Sala Operativa, nonché al server di backup ADNAQSSRV2 (Figura 3).

Per quanto riguarda invece il settaggio dei parametri di rete del router, ciò è reso facilmente possibile attraverso la *webpage* messa a disposizione dallo stesso router. Nella figura seguente (Figura 5) è mostrata la pagina relativa alla sezione LAN, dove è possibile inserire i principali parametri di rete, quali indirizzo IP, maschera, nonché quello di settare la seconda porta ethernet LAN1 (laddove disponibile) come "bridged", ovvero nella stessa sottorete della LAN0.

Figura 5 Sezione LAN pagina di configurazione del router UR5i.

Figure 5 LAN section UR5i router configuration page.



## 4.2 Gestione del flusso dati UDP e TCP in entrata: port forwarding e regole di routing

Una volta appurato che i segnali venivano acquisiti correttamente, si è passati ad affrontare la problematica relativa al flusso dati in entrata, rappresentato dalle richieste di ritrasmissione (UDP) provenienti dal NaqsServer e dalle "chiamate" (TCP) esterne alla rete locale che interrogano i *datalogger* tramite GUI per l'interfacciamento da remoto alle stazioni. Quest'ultimo strumento risulta infatti fondamentale allo scopo di apportare eventuali modifiche ai parametri di acquisizione delle stazioni stesse (frequenza di campionamento, guadagno antenna, modifica frequenza di trasmissione, variazioni al ringbuffer, ecc.) o, ancora, può essere utilizzato a fini diagnostici in caso di malfunzionamenti alle stazioni.

Di fatto, poiché i pacchetti dati con le richieste generate dalla GUI indirizzate verso gli apparati Nanometrics avvengono sulla loro porta 80, sul router sono state impostate delle semplici regole di NAT che consentono di dirottare i pacchetti in arrivo sul router all'indirizzo IP della stazione, e per non perdere la possibilità di connettersi alla *webpage* del router stesso, il suo accesso di default via HTTP è stato "spostato" dalla porta 80 alla porta 9000 (scelta arbitrariamente), come riportato in Figura 6. Ulteriori porte sono state attivate per rendere fruibili altri servizi che rende disponibile il router, quali l'FTP, SSH ed il TELNET.

Per ridurre il rischio di attacchi informatici, sono state attivate opportune regole firewall in modo da permettere le connessioni solo dai client appartenenti ad un determinato range di indirizzi ip, ovvero solo dalle sedi dell'OE.

Gli apparati chiamati e raggiunti tramite regole di NAT hanno come Gateway quello interno alla rete INGV, di conseguenza le risposte degli apparati remoti alle chiamate, senza opportune regole di routing, non uscirebbero dal router UMTS. Per realizzare il corretto instradamento dei pacchetti su internet si è quindi reso necessario l'inserimento manuale di alcune regole di

instradamento del router UMTS. Con la seguente regola, l'IP del chiamante viene di fatto sostituito con quello del router stesso, ovvero "192.168.1.1":

```
iptables -t nat -I POSTROUTING 1 -o eth0 -j SNAT --to 192.168.1.1
```

Questa regola fa sì che il router, non appena riceve una chiamata verso la porta 80 da un IP esterno, prima di inoltrare la richiesta, sostituisce l'IP mittente originale con il suo IP (192.168.1.1). Così facendo è come se fosse lo stesso router a chiedere alla stazione di aprire la GUI, ed essendo router e stazione nella stessa classe di IP non sussistono problemi con il Gateway che quindi fa passare i pacchetti di richieste.

Qualora si volesse applicare la restrizione ad un solo chiamante, ovvero al solo indirizzo ip pubblico dell'OE, la regola diventa:

```
iptables -t nat -I POSTROUTING 1 -o eth0 -s <indirizzo_IP_pubblico_OE>/24 -j SNAT --to 192.168.1.1
```

Tali regole vengono inserite all'interno dello script bash di avvio (Startup Script) attraverso l'interfaccia web che consente di interagire con il sistema operativo *embedded linux* del router, al fine di assicurare l'esecuzione della corretta tabella di routing anche in caso di un eventuale riavvio del router (evidenziate dal riquadro in Figura 7).

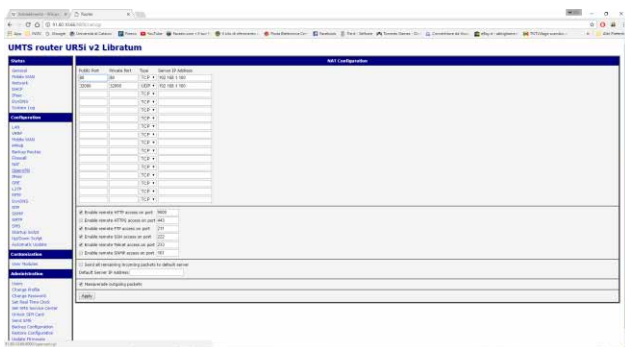


Figura 6 Regole di NAT e attivazione porte arbitrarie per servizi HTTP, FTP, SSH e TELNET.

Figure 6 NAT rules and arbitrary port activation for HTTP, FTP, SSH and TELNET services.

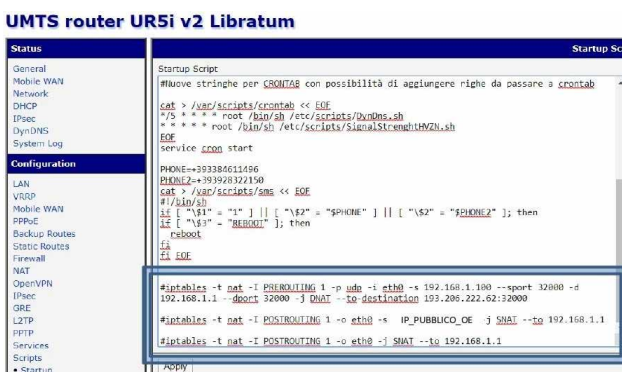


Figura 7 Regole di routing nello Startup Script.

Figure 7 Routing rules in the Startup Script.

### 4.3 Gestione del flusso dati nella configurazione di trasmissione mista VSAT e Rete Cellulare

Una possibile configurazione operativa vede coesistere il sistema di trasmissione VSAT e la trasmissione UMTS, realizzabile collegando un router UMTS alla porta ethernet delle stazioni sismiche e/o dei ripetitori della RSP dotate di strumentazione a trasmissione satellitare. Tale configurazione può essere impiegata, ad esempio, quando si vuole ridondare il link di trasmissione satellitare con la trasmissione su rete cellulare, (come descritto nel capitolo 2).

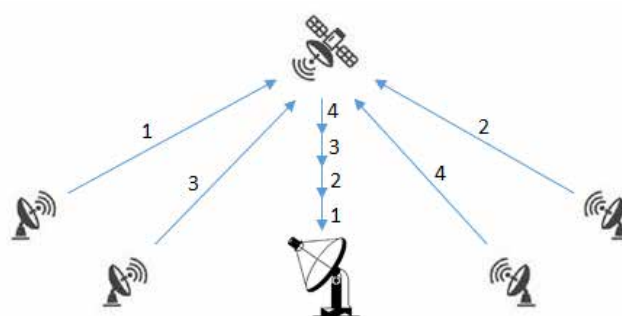
Tipicamente, la topologia del sistema di trasmissione VSAT è del tipo a stella, dove il satellite messo a disposizione funge da centro-stella e le stazioni remote rappresentano i nodi. La rete VSAT Nanometrics operante sul territorio nazionale sfrutta la tecnica di multiplexazione a divisione di tempo, meglio nota come TDMA (Time Division Multiple Access).

Questa tecnica ha il grande vantaggio di realizzare la trasmissione di più stazioni remote sfruttando solamente un canale (una sola frequenza operativa), mettendolo a disposizione ciclicamente a tutte le stazioni remote. Ciò implica però una riduzione della banda effettiva, che di fatto si riduce di circa  $n$  volte, con  $n$  = numero di stazioni remote. In Figura 8 è rappresentato uno schema generale di funzionamento di una rete VSAT con tecnica di trasmissione TDMA.

Lo schema generale di una rete VSAT può essere in ultima analisi assimilata ad una configurazione multi-stella, che vede più gateway satellitari (carina operativi presso il CUAD) e più stazioni/ripetitori remoti (nodi), dove ogni gateway satellitare gestisce un distinto canale di trasmissione (Figura 8).

**Figura 8** Schema di rete VSAT con tecnica di trasmissione TDMA: esempio di 4 flussi UDP generati dalle stazioni remote acquisiti ciclicamente.

*Figure 8 VSAT network scheme with TDMA transmission technique: example of 4 UDP flows generated by remote stations acquired cyclically.*



Guardando il sistema da un altro punto di vista, ovvero come una rete di comunicazione dati, il centro-stella non è più rappresentato dal satellite, che effettua semplicemente il “rimbalzo” del segnale (in banda Ku), bensì è rappresentato dall’hub centrale, che ospita una antenna parabolica e i radiomodem satellitari dediti alla ricezione dei segnali trasmessi dai nodi remoti. Di fatto l’unico punto di accesso ai dati è l’hub centrale ed il satellite si comporta in maniera “trasparente” (a meno degli ovvi ritardi nella ricezione dei dati dovuti alle distanze terra-satellite). La configurazione adottata per la RSP a trasmissione satellitare è quindi anch’essa assimilabile ad una stella, ovvero dove tutti i nodi (stazioni/ripetitori remoti) sono collegati all’hub satellitare, che ha funzionalità di instradamento di tipo commutativo verso il server di destinazione. Presso i nodi sono installati tipicamente i radiomodem Nanometrics Cygnus, mentre nell’hub centrale, ubicato presso il “Centro unificato acquisizione dati” (CUAD) vi sono i Nanometrics Carina. A causa della ristretta banda messa a disposizione dal provider (appena 112 Kbps) si è reso necessario l’impiego di diversi Carina, ognuno dei quali rappresenta il centro stella di una distinta rete VSAT. Per questo motivo si può parlare anche di configurazione multi-stella, con i singoli centri-stella connessi alle macchine calcolatrici che si occupano di effettuare l’acquisizione e lo storage dei dati (per lo più sismici, ma anche infrasonici, GPS, radiometrici e meteo). In Figura 9



è presentato uno schema generale di rete a trasmissione mista VSAT - UMTS. Il flusso UDP attraverso la rete VSAT è regolato dal protocollo TDMA e la numerazione riportata in figura evidenzia la sequenzialità dei flussi UDP sulla rete VSAT, mentre i flussi UDP e TCP che attraversano la rete UMTS ed internet non sono soggetti a regole di sequenzialità. Nello schema è omissa il flusso UDP nel senso opposto poiché costituito da un traffico dati irrilevante rispetto a quello complessivo, in quanto generato solamente dalle eventuali richieste di ritrasmissione inviate dal server verso le stazioni remote.

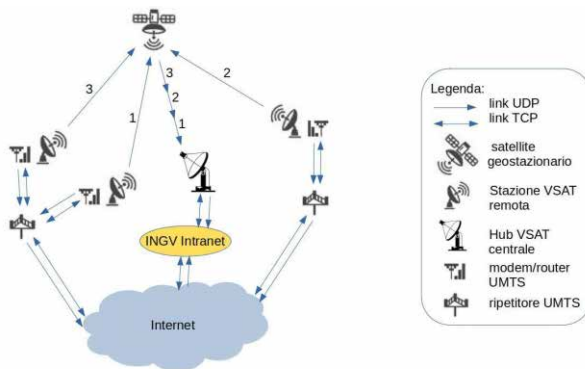


Figura 9 Schema generale di rete VSAT - UMTS ridondante.

Figure 9 General scheme of VSAT - UMTS redundant network.

Va anche detto che può sussistere un traffico dati TCP sulla rete VSAT analogo a quello che sussiste sulla rete UMTS, ma mentre in quest'ultimo la realizzabilità della connessione TCP è ragionevolmente fattibile in termini di velocità e stabilità, mentre lo stesso non si può dire per le connessioni TCP instradate sulla rete VSAT, a causa della poca banda a disposizione (112 kbps condivisa) e dei grossi delay intrinseci al sistema TDMA che causano spesso "time-out" nella connessione dati.

Ritornando alla configurazione degli apparati di trasmissione nella gestione del flusso dati misto, che vede coesistere VSAT e router cellulare, si procede anche stavolta utilizzando la GUI Nanometrics ma non più sui Janus, bensì sui Cygnus. In particolare viene modificata la configurazione della scheda "ethernet", dove non è più possibile settare come "Default gateway" l'IP statico del router, come fatto nel cap. 4.1, poiché così facendo non verrebbe acquisito più nessun pacchetto dal gateway satellitare (*Nanometrics Carina*) presente al CUAD. Infatti, assegnando ai punti remoti come default gateway l'IP del Carina di riferimento, alle richieste provenienti via LAN il Cygnus indirizzerebbe le risposte verso il gateway satellitare. Nasce quindi il problema di come gestire il traffico dati da e verso la porta ethernet del Cygnus. A titolo esemplificativo, un pc con un IP appartenente alla stessa classe di indirizzi del Cygnus può richiedere alla stazione una connessione tramite GUI poiché la richiesta fatta dal PC non viene gestita dal gateway satellitare (ovvero i pacchetti non vengono inviati al radiomodem satellitare), di conseguenza i due apparati parlano indisturbati tra loro (es. IP stazione=192.168.1.100 e IP PC=192.168.1.200). Dovendo connettere il datalogger con un router UMTS, il problema nasce dal fatto che le richieste verso la stazione non le inoltra direttamente il router che si trova all'interno della classe di indirizzi (es. IP router=192.168.1.1), bensì un server (ADNAQSRV1) con IP fuori dalla suddetta classe di indirizzi del Cygnus. Il lavoro che deve fare il router è quindi quello di dirottare i pacchetti destinati al chiamante "esterno" verso se stesso. In altre parole il router deve forzare l'uscita dei pacchetti, oltre che attraverso il gateway satellitare, come avviene normalmente, anche verso internet e ciò è reso possibile dalla regola di instradamento di seguito riportata:

```
iptables -t nat -I PREROUTING 1 -p udp -i eth0 -s 192.168.1.100 --sport 32000 -d 192.168.1.1 --dport 32000 -j DNAT --to-destination <indirizzo_IP_pubblico_OE>:32000
```

Infine, per consentire da remoto l'apertura della GUI del radiomodem satellitare Cygnus, è necessario impiegare nuovamente la prima regola, già descritta nel paragrafo precedente e, ancora una volta, al fine di assicurare l'esecuzione della corretta tabella di routing anche in caso di un eventuale riavvio del router, questa viene riscritta caricando lo Startup Script, che viene eseguito al boot del sistema *linux embedded* del router (Figura 7).

## 5. Servizio di risoluzione degli IP dinamici come alternativa ai servizi DynDNS

Uno dei principali problemi che si riscontrano, quando si utilizza un dispositivo per telecomunicazioni che fa uso della rete cellulare, è costituito dal fatto che l'indirizzamento assegnato dal provider di rete all'apparato ad esso connesso è dinamico. Ciò significa che questo può cambiare ogni volta che l'apparato si disconnette e riconnette alla cella. Per ovviare a queste problematiche, quando non è possibile l'assegnazione di IP statici da parte del provider, si fa spesso ricorso a servizi di Dynamic DNS (quasi esclusivamente a pagamento), che provvedono ad associare all'IP dinamico un nome univoco (precedentemente stabilito), con cui è possibile raggiungere l'apparato senza preoccuparsi di conoscere l'IP che gli è stato assegnato. Come anticipato, questi servizi solitamente sono a pagamento, per cui si è preferito procedere alla realizzazione di un servizio che svolgesse un'azione simile a quella di un comune DynDNS service. Diversamente dai protocolli standard DynDNS quello implementato presso l'Osservatorio Etno non prevede una vera comunicazione, ma solo una segnalazione periodica da parte dei router al server dedicato al servizio. Nei protocolli DynDNS l'update del server comporta la sospensione della comunicazione client-server. Questa strategia tende a minimizzare l'utilizzo della banda, ma non consente implicitamente di sapere se il router continua ad essere operativo. Nel nostro caso invece, oltre all'IP pubblico del router, si ha sempre l'ultimo tempo di refresh che può essere utilizzato per eventuali segnalazioni di allarme al raggiungimento di un timeout.

Quando il servizio, in ascolto su una specifica porta pubblica, riceve una stringa UDP opportunamente organizzata con vari campi, quali *Service name*, *Sensor name*, ecc., estrapola il nome del "chiamante" ed il rispettivo IP pubblico per poi renderlo fruibile tramite una pagina web (Figura 11), su cui sono elencati tutti gli IP associati ai router impiegati nelle varie reti dell'Osservatorio Etno.

Il comando che il router esegue attraverso l'esecuzione del bash script denominato *DynDns.sh* per farsi identificare dal servizio DynDNS è il seguente:

```
echo -n "<Configuration program='OEDynDNS'><Server  
Host='oedyndns.ct.ingv.it'/><Services><Service name='Seismic'><Sensor  
name='NOME_STAZIONE'/></Service></Services></Configuration>" | nc -u -w 1  
oedyndns.ct.ingv.it port_number
```

Il router esegue di default delle direttive impartite che si trovano all'interno di alcuni file che sono visualizzabili e modificabili attraverso apposita pagina web del router stesso e sono eseguiti negli eventi denominati, *Startup (Startup file)*, *UpConnectionInternet (IpUP file)*, *DownConnectionInternet (IpDOWN file)*, cioè rispettivamente, nella fase di boot del router, quando la connessione internet inizia ad essere attiva e quando la connessione si interrompe. Come tutte le distribuzioni GNU/Linux, anche quella installata nei router in questione può eseguire alcuni processi a determinati orari e un determinato numero di volte grazie al demone *crond*. Sfruttando una opportuna pianificazione di esecuzione nel file *crontab* è possibile avviare lo script *DynDns.sh* ad intervalli di tempo arbitrari, ma anche in fase di Startup ed in fase di *UPConnectionInternet* del router.

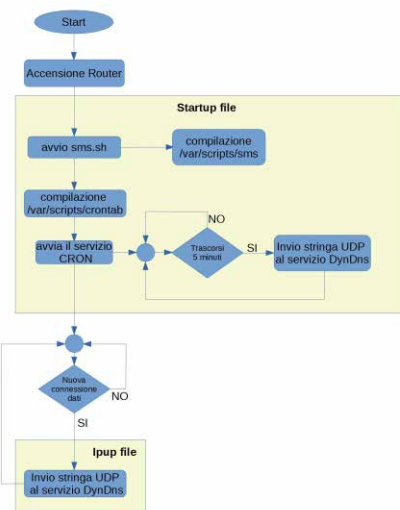


Figura 10 Diagramma di flusso dell'avvio del router ed esecuzione dei file di Startup e IpUp.

Figure 10 Flow chart of router startup and execution of Startup and IpUp files.

| Servizio | Nome   | IP             | Last Update         |
|----------|--------|----------------|---------------------|
| Chico    | TEST1  | 83.224.124.22  | 24/04/2020 21:25:01 |
| Flame    | FL1    | 132.199.1.128  | 24/04/2020 21:25:01 |
| Flame    | FL2    | 83.224.124.45  | 24/04/2020 21:25:02 |
| Flame    | FL3    | 132.199.1.131  | 24/04/2020 21:25:03 |
| Flame    | FL4    | 83.224.124.48  | 24/04/2020 21:25:03 |
| Flame    | FL5    | 132.199.1.134  | 24/04/2020 21:25:03 |
| DocCT    | Doc06  | 83.224.124.32  | 24/04/2020 21:25:02 |
| DocCT    | Doc07  | 83.224.124.33  | 24/04/2020 21:25:02 |
| DocCT    | Doc08  | 132.199.1.137  | 24/04/2020 21:25:02 |
| DocCT    | Doc09  | 83.224.124.35  | 24/04/2020 21:25:02 |
| Selenic  | SE1N   | 83.224.124.108 | 24/04/2020 21:25:00 |
| Selenic  | SE2N   | 83.224.124.109 | 24/04/2020 21:25:00 |
| Selenic  | SE3N   | 83.224.124.110 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE4N   | 83.224.124.111 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE5N   | 83.224.124.112 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE6N   | 83.224.124.113 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE7N   | 83.224.124.114 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE8N   | 83.224.124.115 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE9N   | 83.224.124.116 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE10N  | 83.224.124.117 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE11N  | 83.224.124.118 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE12N  | 83.224.124.119 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE13N  | 83.224.124.120 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE14N  | 83.224.124.121 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE15N  | 83.224.124.122 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE16N  | 83.224.124.123 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE17N  | 83.224.124.124 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE18N  | 83.224.124.125 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE19N  | 83.224.124.126 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE20N  | 83.224.124.127 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE21N  | 83.224.124.128 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE22N  | 83.224.124.129 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE23N  | 83.224.124.130 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE24N  | 83.224.124.131 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE25N  | 83.224.124.132 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE26N  | 83.224.124.133 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE27N  | 83.224.124.134 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE28N  | 83.224.124.135 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE29N  | 83.224.124.136 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE30N  | 83.224.124.137 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE31N  | 83.224.124.138 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE32N  | 83.224.124.139 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE33N  | 83.224.124.140 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE34N  | 83.224.124.141 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE35N  | 83.224.124.142 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE36N  | 83.224.124.143 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE37N  | 83.224.124.144 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE38N  | 83.224.124.145 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE39N  | 83.224.124.146 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE40N  | 83.224.124.147 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE41N  | 83.224.124.148 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE42N  | 83.224.124.149 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE43N  | 83.224.124.150 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE44N  | 83.224.124.151 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE45N  | 83.224.124.152 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE46N  | 83.224.124.153 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE47N  | 83.224.124.154 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE48N  | 83.224.124.155 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE49N  | 83.224.124.156 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE50N  | 83.224.124.157 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE51N  | 83.224.124.158 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE52N  | 83.224.124.159 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE53N  | 83.224.124.160 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE54N  | 83.224.124.161 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE55N  | 83.224.124.162 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE56N  | 83.224.124.163 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE57N  | 83.224.124.164 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE58N  | 83.224.124.165 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE59N  | 83.224.124.166 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE60N  | 83.224.124.167 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE61N  | 83.224.124.168 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE62N  | 83.224.124.169 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE63N  | 83.224.124.170 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE64N  | 83.224.124.171 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE65N  | 83.224.124.172 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE66N  | 83.224.124.173 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE67N  | 83.224.124.174 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE68N  | 83.224.124.175 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE69N  | 83.224.124.176 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE70N  | 83.224.124.177 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE71N  | 83.224.124.178 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE72N  | 83.224.124.179 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE73N  | 83.224.124.180 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE74N  | 83.224.124.181 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE75N  | 83.224.124.182 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE76N  | 83.224.124.183 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE77N  | 83.224.124.184 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE78N  | 83.224.124.185 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE79N  | 83.224.124.186 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE80N  | 83.224.124.187 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE81N  | 83.224.124.188 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE82N  | 83.224.124.189 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE83N  | 83.224.124.190 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE84N  | 83.224.124.191 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE85N  | 83.224.124.192 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE86N  | 83.224.124.193 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE87N  | 83.224.124.194 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE88N  | 83.224.124.195 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE89N  | 83.224.124.196 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE90N  | 83.224.124.197 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE91N  | 83.224.124.198 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE92N  | 83.224.124.199 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE93N  | 83.224.124.200 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE94N  | 83.224.124.201 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE95N  | 83.224.124.202 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE96N  | 83.224.124.203 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE97N  | 83.224.124.204 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE98N  | 83.224.124.205 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE99N  | 83.224.124.206 | 24/04/2020 21:25:01 |
| Selenic  | SE100N | 83.224.124.207 | 24/04/2020 21:25:01 |

Figura 11 Pagina web su cui sono elencati tutti gli IP associati ai router impiegati nelle varie reti dell'Osservatorio Etneo.

Figure 11 Web page that lists all the IPs associated with the routers used in the various networks of the Osservatorio Etneo.

## 6. Gestione del flusso dati tra server e stazioni remote con protocollo seedlink e IP dinamici

I router UMTS sono stati recentemente usati anche per la trasmissione dati di stazioni che utilizzano un protocollo di comunicazione diverso da quello adottato dall'azienda Nanometrics. Si tratta del protocollo *SeedLink*, un sistema di trasmissione dati molto robusto inteso per l'uso all'interno di reti private o Internet che supporta il TCP/IP. I clients che usano questo protocollo possono connettersi e disconnettersi diverse volte senza perdere dati poiché il dato può essere comunque ricostruito finché esiste nel buffer del server. Tutti i pacchetti data SeedLink sono in formato MiniSEED da 512 byte ciascuno.

Per acquisire dati nel formato SeedLink, nella nostra rete è stato usato un software largamente usato nel mondo dell'acquisizione sismica denominato *SeisComP3*, utile per l'acquisizione dati, processing, distribuzione e analisi interattiva dei segnali, sviluppato dal GEOFON Program al GFZ German Research Centre for Geosciences (Helmholtz Centre Potsdam) e da *gempa GmbH*. *Seiscomp3* è così denominata perché si riferisce alla terza generazione di *SeisComP* che adesso ingloba, tra le altre cose, la capacità di processing automatico resa più comoda grazie all'introduzione di interfacce utente (GUIs) per la visualizzazione, la revisione di eventi rapida e il controllo di qualità dei segnali. *SeisComP* può essere usato su server che sono equipaggiati da sistemi operativi Linux.

Le stazioni della RSP dell'OE attualmente messe in campo che impiegano il formato SeedLink sono costituite da dei datalogger/digitalizzatori denominati "GAIA2" (Figura 12), realizzati da personale tecnico e tecnologo INGV della Sezione Osservatorio Nazionale Terremoti della sede di Roma. Senza entrare troppo nel dettaglio, a titolo puramente informativo, le GAIA2 sono delle stazioni dotate di quattro o otto canali digitali con risoluzione a 24 bit, sincronizzazione del dato

tramite sistema GPS, capacità di memorizzazione ampia, grazie all'impiego di memorie CF o SD per l'uso della stazione in modalità offline e recupero dei dati manuali, o ancora come buffer per l'impiego in trasmissione *real-time*. La stazione è dotata di un'interfaccia ethernet RJ45 per la trasmissione dati e per la gestione da remoto, utilizzando il protocollo SSH, snmp o sfruttando il webserver a bordo tramite un browser, per una gestione più interattiva e *user-friendly* del sistema.

Figura 12 GAIA2.

Figure 12 GAIA2.



Anche in questo caso è stato necessario affrontare delle problematiche determinate dalla dinamicità degli IP assegnati dal provider della rete cellulare al router UMTS connesso via ethernet alle stazioni GAIA2:

- la trasmissione in continuo dei segnali utilizzando il sistema SeisComP3;
- la gestione remota della stazione, ovvero la fruibilità dell'attuale indirizzo IP della stazione per il suo raggiungimento.

Per quanto riguarda il primo punto si è riusciti a trovare una soluzione utilizzando degli scripts bash linux che riescono a recuperare l'indirizzo IP aggiornato e a gestirlo nel server di acquisizione in maniera tale da rendere la dinamicità IP assolutamente "trasparente" al sistema di acquisizione SeisComP. La gestione dell'indirizzamento dinamico avviene in due fasi:

1. recupero dell'indirizzo IP aggiornato del router UMTS della stazione remota;
2. aggiornamento di regole di routing che gestiscono la comunicazione tra server SeisComP e stazione remota.

Per risolvere il primo punto, il server linux (Ubuntu 16.04.6 LTS) è stato configurato per accedere, grazie ai driver *cifs*, ad una cartella condivisa di una macchina all'interno del dominio windows della rete intranet dell'OE di Catania, dove viene conservato e aggiornato un file denominato **ipstation.ini** che contiene tutte le coppie *nomesito = indirizzo ip dinamico* dei router UMTS attivi registrati al servizio di mapping degli indirizzi dinamici utilizzato anche per l'acquisizione delle telecamere di videosorveglianza vulcanica (Figura 13)

Figura 13 Contenuto esempio del file ipstation.ini.

Figure 13 Example contents of the ipstation.ini file.

```
[Seismic]
OEM2=91.80.143.179
OEM7=83.224.175.204
OEM4=91.80.162.110
OEM1=83.224.144.238
EP2F=91.80.147.79
EMSG=83.224.136.137
PZIN=83.224.152.127
EFIU=91.80.150.244
MUCR=83.224.141.211
OEM3=91.80.146.224
HVZN=83.224.133.211
OEM6=83.224.134.246
PGEL=83.224.157.207
```

Una volta ottenuto il file con gli IP dinamici dei router si può procedere con il secondo punto, per cui è stato realizzato un bash script che permette la lettura degli indirizzi di interesse dal file ipstation.ini e il loro successivo utilizzo per implementare la connessione del server seiscomp con l'indirizzo remoto dinamico. Lo script è stato denominato *redirect\_UMTS.sh*. (vedi Figura 14).

```
#!/bin/bash
dinip=$(awk -F=" " '/OEM/' {print $2} ' /home/larocca/Desktop/ipums_share/ipstation.ini)
sudo iptables -t filter -F
sudo iptables -t nat -A OUTPUT -p tcp --dport 18001 -j DNAT --to-destination $(dinip:0-1):18000
dinip=$(awk -F=" " '/EUREL/' {print $2} ' /home/larocca/Desktop/ipums_share/ipstation.ini)
sudo iptables -t nat -A OUTPUT -p tcp --dport 18002 -j DNAT --to-destination $(dinip:0-1):18000
dinip=$(awk -F=" " '/FUSSE/' {print $2} ' /home/larocca/Desktop/ipums_share/ipstation.ini)
sudo iptables -t nat -A OUTPUT -p tcp --dport 18003 -j DNAT --to-destination $(dinip:0-1):18000
dinip=$(awk -F=" " '/EDAL/' {print $2} ' /home/larocca/Desktop/ipums_share/ipstation.ini)
sudo iptables -t nat -A OUTPUT -p tcp --dport 18004 -j DNAT --to-destination $(dinip:0-1):18000
dinip=$(awk -F=" " '/ZADAL/' {print $2} ' /home/larocca/Desktop/ipums_share/ipstation.ini)
sudo iptables -t nat -A OUTPUT -p tcp --dport 18005 -j DNAT --to-destination $(dinip:0-1):18000
sudo iptables -t nat -A POSTROUTING -j MASQUERADE
```

Figura 14 Diagramma di flusso dell'avvio del router ed esecuzione dei file di Startup e IpUp.

Figure 14 Flow chart of router startup and execution of Startup and IpUp files.

Lo script può essere visto come la suddivisione di più operazioni:

- Il riempimento di una variabile *dinip* contenente l'IP dinamico, azione che viene svolta grazie all'utilizzo del software *awk*, un linguaggio di scripting usato per manipolare file di testo, dati e generare uscite report. Grazie a questo linguaggio è possibile estrapolare l'IP della stazione di interesse all'interno del file ipstation.ini in una sola riga di comando.
- L'implementazione delle regole del firewall integrato delle macchine linux, attraverso l'uso dei comandi *iptables*. Nel nostro caso usiamo questi comandi per selezionare i comandi dedicati al NAT in forward e di "rimappare" una particolare porta locale ad un indirizzo ricavato, in precedenza con l'utility *awk*.

L'idea in pratica consiste nell'utilizzare un indirizzo statico "localhost" e porta di comunicazione predefinita che viene re-instradata automaticamente ad ogni cambio dell'IP dinamico del service provider della rete cellulare. In questo modo è possibile utilizzare i moduli di connessione seedlink inclusi in SeisComp3 servendosi di un indirizzo IP invariabile (*localhost*) che grazie alla tecnica del port forwarding è rimappato sull'attuale indirizzo IP della stazione remota (vedi Figura 15). La soluzione applicata non è semplice, ma è utile per rimediare all'aggiornamento dei file di configurazione del modulo seedlink di SeisComp3 ogni volta che si verifica un cambio ip in un router remoto. Infatti il modulo deve essere riavviato per rendere effettive le modifiche di configurazione, il che produce una perdita momentanea di acquisizione di tutti i segnali delle stazioni transanti dal server di acquisizione.

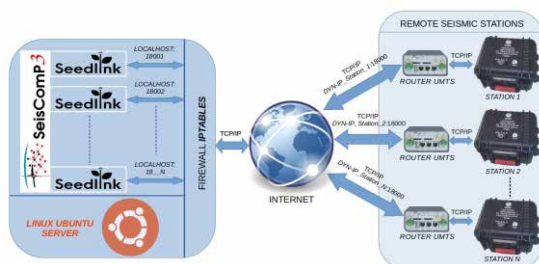


Figura 15 Flusso dati tra server e stazioni remote con protocollo seedlink e IP dinamici.

Figure 15 Data flow between server and remote stations with seedlink protocol and dynamic IP.



Per permettere un aggiornamento efficiente degli indirizzi IP dinamici, lo script è eseguito dalla macchina linux ogni trenta secondi (Figura 16), in continuità 24 ore su 24, facendo nuovamente uso del demone **cron**, la cui configurazione può essere modificata utilizzando il comando **crontab -e**. Nel nostro caso la modifica consiste nell'aggiungere al file di configurazione **/etc/crontab** due righe come di seguito illustrato:

```
***** /percorso_script/redirect_UMTS.sh           #esecuzione ogni minuto
***** sleep 30 /percorso_script/redirect_UMTS.sh   #esecuzione ogni minuto ma
                                                       ritardata di trenta secondi
```

```
Chain PREROUTING (policy ACCEPT)
target     prot opt source      destination
Chain INPUT (policy ACCEPT)
target     prot opt source      destination
Chain OUTPUT (policy ACCEPT)
target     prot opt source      destination
DNAT       tcp  --  anywhere   anywhere     tcp dpt:18001 to:83.224.175.204:18000
DNAT       tcp  --  anywhere   anywhere     tcp dpt:18002 to:83.224.157.207:18000
DNAT       tcp  --  anywhere   anywhere     tcp dpt:18003 to:83.224.146.210:18000
DNAT       tcp  --  anywhere   anywhere     tcp dpt:18005 to:83.224.150.8:18000
Chain POSTROUTING (policy ACCEPT)
target     prot opt source      destination
MASQUERADE all  --  anywhere   anywhere
```

Figura 16 Esempio tabelle di routing NAT aggiornate ogni trenta secondi.

Figure 16 Example NAT routing tables updated every thirty seconds.

## 7. Implementazione di comandi SMS per il controllo remoto del router e degli apparati connessi

Un altro importante file interno al sistema operativo del router, denominato **sms**, viene richiamato al momento dell'arrivo di un sms e il cui modo di procedere può essere personalizzato come nel nostro caso in cui, al fine di rendere fruibili all'utente alcune funzionalità del router in modo semplice e veloce, è stato implementato un apposito set di comandi "custom" inviabili al router tramite messaggistica SMS (vedi Tabella 1). I router UR5i offrono delle grandi potenzialità per il controllo remoto, sfruttabili soprattutto quando gli apparati ad esso connessi (nel nostro caso stazioni sismiche e telecamere) si trovano in luoghi lontani dalla sede o di difficile accesso (basti pensare alle installazioni in montagna). Particolarmente importante risulta per esempio la necessità di effettuare riavvii degli apparati remoti per permetterne il reset in caso di malfunzionamenti. I comandi sms "SWITCHOFF", "SWITCHON", "PCRESTART" e "REBOOT" sono stati implementati proprio per consentire questa funzionalità. Nella tabella che segue sono elencate tutte le funzionalità rese disponibili dall'implementazione di appositi comandi SMS.

I file eseguibili implicati nell'interpretazione ed esecuzione dei comandi sopracitati sono principalmente due: **sms.sh** e **parseSMS.sh**. All'avvio del router viene eseguito uno startup script all'interno del quale sono inserite apposite righe di codice e viene lanciato il file **sms.sh**. Quest'ultimo si occupa di generare dell'ulteriore codice da inserire all'interno del file di sistema **sms**. Ogni qualvolta arriva un sms, il sistema esegue quanto riportato all'interno di questo file. Il codice da noi definito si occupa di analizzare tutto il processo di ricezione di un sms, valutando in primo luogo il numero telefonico del mittente. Se quest'ultimo appartiene ad una determinata *white list* esso viene memorizzato all'interno di un file chiamato **phone.inf** e il contenuto dell'sms memorizzato all'interno di un file chiamato **sms.inf**. Successivamente, viene aggiornato un file di log, **logSMS.log**, su cui vengono salvati, in sequenza: data ed ora di ricezione; numero di telefono del mittente; contenuto del messaggio. Infine viene avviato il file **parseSMS.sh**. Quest'ultimo script si occupa di decifrare il testo dell'sms ricevuto e valutare se fa parte di uno

dei comandi riportati in tabella in modo da eseguire opportuno codice da noi implementato. Una volta eseguito il comando corrispondente viene generato un opportuno messaggio di informazione che viene inviato al mittente come sms. Alcuni comandi, una volta riconosciuti, vengono eseguiti solo dopo il lancio di un ulteriore file .sh, come nel caso del comando IPPUBBLICO, che esegue il file *IPpubblico.sh*, e PCRESTART, che esegue il file *pc-restart.sh*. Le potenzialità connesse all'utilizzo degli sms sono svariate. Si tenga conto che, anche nei casi in cui il router non risultasse connesso alla rete internet, molte volte è possibile raggiungerlo tramite un semplice sms impartendo dei comandi e facendo in modo che il router esegua funzioni più o meno complesse. Va infatti ricordato che la possibilità di avviare script appositi e utilizzare la potenzialità dei comandi via *shell* lascia all'utente ampio spazio di manovra.

| COMANDO SMS | DESCRIZIONE/STRINGA SALVATA SU FILE logsms.log  | SMS DI RISPOSTA ROUTER                                  |
|-------------|---|---|
| REBOOT      | Esecuzione reboot del router  |   |
| NEWSERVER   | Server DynDNS modificato  |   |
| IPPUBBLICO  | Restituisce l'IP pubblico assegnato dall'ISP  | (ip) IPpubblico   |
| SIM1        | Ricevuto comando su cambio SIM 1 di default   |   |
| SIM2        | Ricevuto comando su cambio SIM 2 di default   |   |
| SWITCHON    | Ricevuto comando accensione relè dal numero: (numero telefonico mittente)                                   | Ricevuto comando SWITCHON (else) Rele' gia' attivo!     |
| SWITCHOFF   | Ricevuto comando spegnimento relè dal numero: (numero telefonico mittente)                                  | Ricevuto comando SWITCHOFF (else) Rele' gia' disattivo! |
| GPRS        | Funzionamento con NetType GPRS di Default. Comando inviato con sms dal numero: (numero telefonico mittente) | Ricevuto comando su cambio NetType a GPRS               |
| UMTS        | Funzionamento con NetType UMTS di Default. Comando inviato con sms dal numero: (numero telefonico mittente) | Ricevuto comando su cambio NetType a UMTS               |
| AUTO        | Funzionamento con NetType AUTO di Default. Comando inviato con sms dal numero: (numero telefonico mittente) | Ricevuto comando su cambio NetType a AUTO               |
| PCRESTART   | Ricevuto comando restartpc dal numero: (numero telefonico mittente)   | Comando PCRESTART in esecuzione                         |
| DATA        | Ricevuta richiesta consumo dati dal numero: (numero telefonico mittente)                                    | DATA  |

Tabella 1 Comandi SMS.

Table 1 SMS commands.

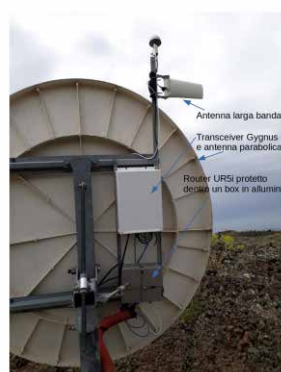
## 8. Le stazioni sismiche permanenti dell'Osservatorio Etneo: prime installazioni, disponibilità dei dati a confronto fra stazioni a trasmissione UMTS e a trasmissione VSAT

Il primo nucleo di stazioni sismiche permanenti dell'Osservatorio Etneo equipaggiate con router UMTS UR5i era costituito da cinque stazioni: EFIU, EPZF, EMSG, MUCR, PZIN, ovvero tre in area etnea, una nel messinese ed una nell'isola di Pantelleria. La scelta delle suddette stazioni non è

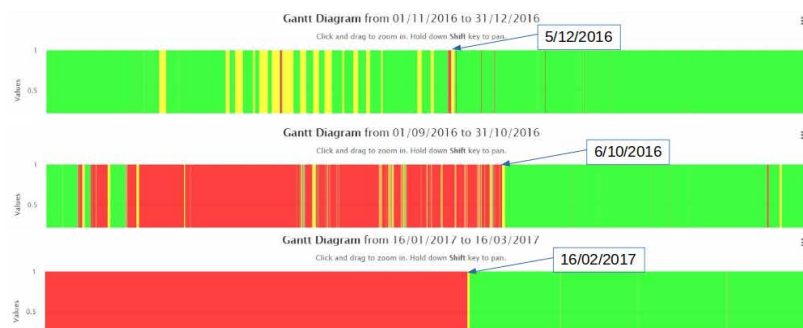
stata casuale, piuttosto è dipesa da urgenze e/o necessità tecniche, come la mancanza di ricambi per gli apparati Nanometrics guasti (Cygnus in particolare) assieme all'impossibilità di scegliere una tecnologia trasmissiva diversa da quella cellulare per la mancanza di nodi ripetitori (sia wi-fi che UHF). In altri casi la scelta è stata dettata dalla necessità di ridurre il consumo di corrente laddove si palesava una particolare "sofferenza energetica". Le installazioni all'uopo dei router UR5i ad EMSG (in data 5/12/2016), EPZF (in data 6/10/2016), MUCR (in data 16/02/2017), hanno permesso di risolvere in un'unica soluzione i problemi di inefficienza energetica ed i malfunzionamenti della L-Band Board del Cygnus, dotando tra l'altro la stazione di una banda trasmissiva che ne consente il collegamento da remoto senza soffrire dei problemi riscontrati con il link satellitare, dove i tentativi di connessione agli apparati andavano spesso falliti.

**Figura 17** Stazione multiparametrica (sismica e GPS) permanente con trasmissione tramite router UR5i (trasmissione VSAT disattivata).

**Figure 17** Multi-parameter permanent station (Seismic and GPS) with transmission via UR5i router (VSAT transmission disabled).



Allo scopo di apprezzare meglio i risultati a seguito delle installazioni dei router cellulari (UMTS), nelle figure che seguono vengono illustrati alcuni diagrammi di GANTT (estrapolati da una pagina web messa a disposizione dalla U.F. Sala Operativa dell'OE) che mostrano le percentuali di funzionamento, in termini di dati acquisiti nel tempo, delle tre stazioni etnee già citate, EMSG, EPZF, MUCR. La scelta delle suddette stazioni è fatta con l'intento di riassumere alcune situazioni problematiche tra le più frequenti, ovvero problemi di alimentazione (EMSG), di (de)puntamento antenna parabolica (EPZF) e di malfunzionamento scheda L-Band dei Cygnus (EPZF, MUCR). Per ogni stazione è stato generato un grafico in cui la finestra temporale si trova "a cavallo" della data di installazione del router. In tutte e tre le stazioni è possibile notare un sensibile miglioramento a seguito dell'installazione del router.



**Figura 18** Diagrammi di GANTT delle stazioni stazione EMSG, EPZF e MUCR, con finestra temporale di due mesi a cavallo delle date di installazione dei routers.

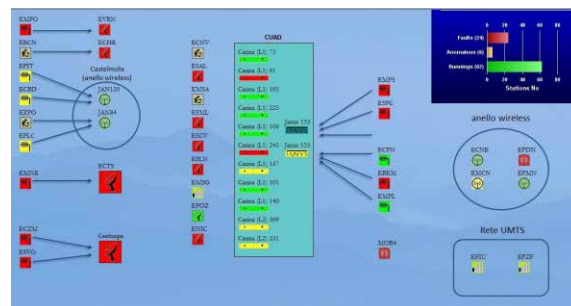
**Figure 18** GANTT diagram of the EMSG, EPZF e MUCR stations, with time windows of two months between date of installation of the routers.



## 8.1 Efficienza dei sistemi VSAT e UMTS a confronto durante il funzionamento in condizioni meteorologiche avverse

Al fine di ricavare le informazioni necessarie per dare un giudizio sulla robustezza dei sistemi di trasmissione dati cellulari impiegati e trattati in questo rapporto, è bene prendere in considerazione anche l'efficienza, in termini di percentuale di dati trasmessi, in caso di condizioni meteorologiche avverse. Risulta infatti ovvia l'importanza di avere un segnale il meno "bucato" possibile ai fini di espletare i servizi di Sala Operativa. È altresì noto che i sistemi VSAT soffrono durante i periodi di cattivo tempo, per via della sensibilità alle particelle/gocce d'acqua presenti nel mezzo trasmissivo (rain fade) che deteriorano il segnale in banda Ku, abbassandone il rapporto signal/noise.

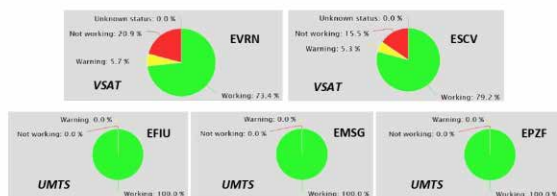
A tale scopo prendiamo come esempio il maltempo verificatosi nella nottata del 22/01/2017 e nella nottata/giornata del 9/02/2017. Dal controllo di routine effettuato come di consueto all'indomani delle date esaminate, salta subito all'occhio la risposta, tutt'altro che positiva, delle stazioni VSAT, assimilabile ad un vero e proprio black-out di (quasi) tutti gli apparati satellitari installati in area etnea (solo EPOZ risultava funzionante). In Figura 19 è riportato uno screenshot della schermata riassuntiva del software per il controllo dello stato di funzionamento delle reti *CheckStation*, che mostra in rosso le stazioni non acquisite, corrispondenti in questo caso alla quasi totalità delle stazioni a trasmissione VSAT ed UHF che vi transitano; in verde invece sono rappresentate le stazioni correttamente acquisite e tra queste si possono notare le tre stazioni etnee in trasmissione UMTS denominate EMSG, EFIU, EPZF.



**Figura 19** Screenshot della schermata principale del software *CheckStation* relativo alla serata del 22/01/2017: si noti (nodi in rosso) l'assenza di trasmissione, per effetto del rain-fade, della quasi totalità delle stazioni VSAT ed UHF che transitano da esse e la corretta acquisizione dei dati delle stazioni UMTS (nodi in verde).

**Figure 19** Screenshot of the main screen of the *CheckStation* software for the evening of 01/22/2017: note (nodes in red) the absence of transmission, due to the rain-fade, of almost all the VSAT and UHF stations that pass through them and correct acquisition of UMTS station data (nodes in green).

Al fine di avere un riscontro immediato sulla differenza di comportamento delle due tecnologie di trasmissione impiegate (stiamo infatti tralasciando in questa discussione la trasmissione WI-FI), generiamo ancora una volta i diagrammi di GANTT (Figura 20) di alcune stazioni della rete sismica permanente con le percentuali di funzionamento, in termini di dati acquisiti nell'arco temporale di 24 ore. Confrontando le aree verdi e quelle rosse nei due casi, ovvero VSAT e trasmissione cellulare, risulta evidente la differenza nell'efficienza dei due sistemi impiegati: il VSAT impiegato nelle stazioni EVRN ed ESCV mostra una percentuale di dati non acquisiti che varia tra il 20% ed il 30%, mentre la trasmissione cellulare impiegata nelle stazioni EFIU, EPZF, EMSG, non mostra alcuna perdita di dati, registrando il 100% di dati disponibili.



**Figura 20** Diagrammi di GANTT relativi alle 24 ore del 22/01/2017 per il confronto delle stazioni VSAT EVRN ed ESCV con le stazioni UMTS EFIU, EMSG, EPZF durante il maltempo.

*Figure 20 24-hour GANTT diagrams of 22/01/2017 for the comparison of VSAT EVRN and ESCV stations with UMTS EFIU, EMSG, EPZF stations during bad weather.*

## 9. Le stazioni sismiche mobili dell'Osservatorio Etneo in trasmissione UMTS

La scelta dell'impiego dei router UMTS è stata praticamente obbligatoria nei casi di installazioni per brevi periodi, come per le stazioni della rete mobile. La rete sismica mobile dell'OE attualmente dispone di otto router UMTS UR5i, di cui quattro destinati all'impiego in ambito SISMICO (<http://www.ingv.it/it/monitoraggio-e-infrastrutture-per-la-ricerca/emergenze/gruppi-di-emergenza>), oltre ad un router UMTS Teltonika RUT230.

**Figura 21** Installazione della stazione mobile con GAIA2 e router UR5i per esperimento a Piano dei Grilli, Bronte (Etna) (09/04/2018).

**Figure 21** Installation of the mobile station with GAIA2 and UR5i router for experiment in Piano dei Grilli, Bronte (Etna) (09/04/2018).



**Figura 22** Installazione di una stazione mobile OEM con Nanometrics Taurus e router UR5i (11/09/2019).

**Figure 22** Installation of an OEM mobile station with Nanometrics Taurus and UR5i router (11/09/2019).



Prima dell'impiego dei router cellulari le stazioni sismiche mobili di fatto non venivano in nessun caso acquisite in real-time e ci si limitava a configurarle per l'acquisizione in locale su schede di memoria il cui contenuto, periodicamente, andava scaricato. Sotto questo punto di vista l'utilizzo del router ha quindi portato ad una svolta, consentendo finalmente di installare stazioni mobili i cui segnali potessero essere immediatamente fruibili in Sala Operativa ai fini della sorveglianza sismo-vulcanica. In Figura 21, a titolo esemplificativo, è mostrata l'installazione di una delle

stazioni sismiche mobili impiegate il 09/04/2018 durante un esperimento in zona Piano dei Grilli (Etna), dove è possibile distinguere la GAIA2 ed il router UR5i. In Figura 22 invece è mostrata l'installazione di una stazione sismica in zona Piano del Vescovo (Etna), dove si distinguono Nanometrics Taurus e router UR5i.

## 10. Le telecamere di sorveglianza dell'Osservatorio Etneo in trasmissione UMTS

La rete di telecamere di sorveglianza di pertinenza dell'OE è costituita dalle stazioni permanenti in servizio sull'Etna ed isole Eolie e dalle stazioni mobili. Durante le fasi di progettazione e realizzazione di una stazione di rilevamento video, l'inquadratura richiesta dai vulcanologi ai fini di un'efficace fruizione delle immagini presso la Sala Operativa dell'OE, rappresenta un elemento cruciale, in quanto da questa dipende la scelta di vari fattori, con particolare riferimento alla tecnica di trasmissione da adottare.

Le stazioni di rilevamento video quando possibile, dovrebbero poter essere in grado di trasmettere direttamente verso opportuni centri di acquisizione e/o di rimbalzo dei flussi generati. Per completare il quadro generale di funzionamento delle stazioni video, in diversi casi si è reso necessario l'impiego di componentistica hardware e software dedicati. In particolare, allo scopo di trasferire flussi video in real-time e senza buffering, sono stati implementati appositi software per la registrazione e lo streaming, sia nelle stazioni remote che nei centri di archiviazione.

Il software, nello specifico, si occupa del trasferimento dei flussi mediante la creazione di uno streaming *time-lapse* con protocollo proprietario che consente di trasmettere con una occupazione di banda di gran lunga inferiore rispetto ai classici software di streaming commerciali.

Tali flussi video vengono successivamente convogliati presso la Sede di Catania ed alcuni di questi vengono riprodotti H24 sui monitor della Sala Operativa dell'Osservatorio Etneo, divenendo parte integrante dei sistemi di sorveglianza e monitoraggio dei vulcani di competenza.



**Figura 23** Installazione termocamera di sorveglianza vulcanica in zona Schiena dell'asino (Etna) con trasmissione cellulare UMTS. Nella foto è possibile distinguere la telecamera e l'antenna direttiva a larga banda (1700-2500 MHz).

**Figure 23** Installation of volcanic surveillance thermal camera in the Schiena dell'Asino (Etna) with UMTS cellular transmission. In the photo it is possible to distinguish the camera and the broadband directive antenna (1700-2500 MHz).

Il sistema di streaming realizza schematicamente una distribuzione ad albero dei flussi, dove in corrispondenza di ogni nodo è possibile ottenere una archiviazione dei medesimi. A conclusione della panoramica proposta, va detto che una replica di tutti gli *stream* video viene inviata in *near real-time* al Centro Operativo Rischio Vulcanico del D.P.C. Nazionale.

## 10.1 L'impiego dei router cellulari nella rete di videosorveglianza vulcanica

Le termocamere attualmente utilizzate nella rete di telecamere spaziano da modelli più datati come la FLIR A40M fino alle più recenti FLIR A320 e FLIR A655 dotate di maggiori prestazioni e risoluzione. Queste termocamere sono equipaggiate da un software che mette a disposizione dell'utente un web server interno, un server FTP, un server Telnet e un server RTSP per lo streaming video. Grazie a queste funzionalità è possibile agire su diversi parametri sia per le misure di temperatura che per la visualizzazione dell'immagine radiometrica. Solitamente, per la gestione da remoto, i servizi più utilizzati sono il web server, il telnet per il controllo e la modifica dei parametri, come anche il software messo a disposizione dalla FLIR, che in molti casi fa uso degli stessi servizi di rete.

Come già discusso in precedenza, i router UMTS sono dotati di un sistema operativo *Linux Embedded* che mette a disposizione un interprete di comandi *linux bash shell* mediante il quale è possibile implementare appositi script per funzioni più o meno complesse. Nel caso specifico della rete di telecamere, oltre all'utilizzo dei router come sistema di comunicazione per la trasmissione dei dati, si è pensato di utilizzarlo per svolgere delle operazioni più articolate.

L'attuale sistema di streaming video, legato al servizio di videosorveglianza real-time in Sala Operativa, come già accennato è soggetto all'utilizzo di apposito software di compressione e invio del flusso con protocollo proprietario sviluppato appositamente per permettere il minimo consumo di banda e una sincronizzazione realtime dei frame con gli altri segnali presenti in Sala Operativa. Questo significa che tutte le stazioni video devono essere dotate di un apposito calcolatore delegato all'esecuzione di questo software. Ovviamente, in funzione delle caratteristiche dei siti di installazione, vi saranno computer dedicati più o meno esosi in termini di consumi elettrici, il che implica una attenta progettazione del sistema di alimentazione nel caso in cui la stazione sia posta in luoghi dove non è disponibile la rete 220V.

Nel caso specifico di stazioni remote installate sui vulcani, oltre una certa quota, il sistema di alimentazione assume la classica configurazione "*standalone*", ovvero costituito da batterie (solitamente una o due da 100Ah) un regolatore di carica e uno o più pannelli fotovoltaici. Non sempre è possibile dotare queste stazioni di un sistema adeguato a sopperire alle richieste energetiche a causa del particolare sito di installazione o per evitare problemi dovuti all'impatto ambientale. In conclusione, mettendo insieme le soluzioni ai problemi legati al sistema di alimentazione e alle richieste dei ricercatori vulcanologi in termini di scelta del sito di installazione e numero di fotogrammi al secondo da trasmettere, si è arrivati ad un "modello di stazione telecamere" tipo composto da una batteria da 100Ah, un singolo pannello fotovoltaico da 135W, una termocamera tra i modelli sopra citati e un router UMTS.

La scelta del router doveva andare su un modello che potesse assolvere a dei compiti ben più complessi della sola trasmissione dati. I modelli della Advantech *Ur5i Full ed LR77 Full* offrono la possibilità di sfruttare le potenzialità di una porta USB integrata e di una interfaccia I/O progettata per l'elaborazione di un *binary input* e il controllo di un *binary output*, ovvero una porta logica open-collector utilizzabile per pilotare un carico fino a 30V / 100mA. Collegando direttamente un relè a 12V da una parte al polo positivo e dall'altra al *binary output*, è possibile far commutare il relè portando il *binary output* a livello basso. La porta USB viene spesso utilizzata per incrementare lo spazio di archiviazione per il backup dei frame mentre al *binary*

*output* è connesso un relè a 12V mediante il quale è possibile riavviare la telecamera.

Tenendo in considerazione i servizi e le funzionalità interne messe a disposizione delle termocamere utilizzate, si è pensato di realizzare delle routine da far girare sul router, allo scopo di colloquiare con tali servizi in maniera automatica.

Il trasferimento dello streaming video, come accennato prima, avviene mediante un apposito calcolatore che si occupa di richiedere uno streaming con protocollo RTSP alla telecamera termica e successivamente creare un nuovo flusso con protocollo proprietario che viene messo a disposizione dei client che lo richiedono. Il nuovo flusso consente di avere un'occupazione in banda più bassa rispetto ai normali flussi RTSP (ad esempio abbiamo in media uno streaming PAL di un frame al secondo e una banda occupata di circa 40 kbps circa) e soprattutto, una latenza pari a zero. Questo ci permette di avere immagini in *real-time* in Sala Operativa confrontabili con altre tipologie di segnali. Attualmente il *frame-rate* dei flussi della rete di telecamere variano da un frame ogni due secondi fino a due frame al secondo. Il suo valore è legato alle esigenze di osservazione e costituisce un parametro che viene definito dai vulcanologici preposti. Tutti i flussi che arrivano alla Sala Operativa, vengono archiviati H24 su un apposito server. Nel caso di stazioni dotate di termocamera, l'idea di poter disporre anche solo di uno o due fotogrammi radiometrici al minuto e non di uno streaming video rappresenta, in alcuni casi, una soluzione alternativa dettata dalla scelta di un diverso tipo di osservazione dell'attività termica di un vulcano. Partendo da questo presupposto, si è pensato di eliminare il computer dalla stazione e lasciare il solo router al quale è delegato il compito di far eseguire alla termocamera degli scatti fotografici radiometrici per poi poterli archiviare da qualche parte. Da qui è nata l'idea di sfruttare alcuni comandi presenti nel linux embedded del router UMTS per creare appositi script. Il comando più importante che ci ha permesso di eseguire diverse operazioni è il comando CURL, con il quale si riesce a gestire diversi protocolli di rete come l'HTTP, l'HTTPS e l'FTP, consentendo per esempio di simulare delle richieste come un web browser e accedere a server FTP.

Durante i primi test di laboratorio è stato utilizzato uno script, appositamente realizzato, che permette il salvataggio di un fotogramma radiometrico all'interno della memoria della termocamera attraverso una richiesta HTTP. Una volta appurato il corretto funzionamento si è automatizzata tale procedura, inserendola in un apposito file denominato ***RecursiveSave.sh*** e sfruttando il daemon *crond* si è definita una opportuna pianificazione di esecuzione nel file crontab. Successivamente sono state affrontate alcune problematiche legate al blocco della termocamera causato dalle elevate richieste HTTP (queste infatti possono determinare il superamento del timeout fino al blocco della scheda di rete interna), alla limitazione di spazio della memoria interna, al trasferimento delle immagini alla Sala Operativa dell'OE. Per tali motivi è tornato utile il *binary output*, di cui si è parlato sopra, al quale è connesso un relè con il quale gestire l'ON/OFF dell'alimentazione della termocamera in caso di blocco. Invece, per risolvere il problema legato alla limitata memoria interna della termocamera, il router è stato dotato di una memoria usb da 16GB, nella quale mediante apposito script, vengono spostate le immagini radiometriche.

Per maggiore dettaglio ecco come il file *RecursiveSave.sh* svolge, in sequenza, le seguenti operazioni fondamentali:

- Determinare il tempo esatto di avvio della procedura in modo da creare il nome del file immagine da andare ad archiviare (il router è sempre sincronizzato con un apposito NTP server e il nome del fotogramma che viene creato, è del tipo `<ANNO><MESE><GIORNO><ORE><MINUTI><SECONDI>.jpg`).
- Verificare l'esistenza o eventualmente creare una cartella denominata *ImgTemp* all'interno della termocamera (questa deve essere creata ogni volta che la termocamera si riavvia).
- Verificare l'esistenza o eventualmente creare una cartella denominata *ImgTemp* all'interno della memoria USB.



- Inviare alla termocamera il comando di salvataggio di un fotogramma radiometrico all'interno della cartella *ImgTemp*.
- Copiare le immagini presenti all'interno di *ImgTemp* della termocamera nella cartella *ImgTemp* della memoria USB.
- Cancellare le immagini presenti all'interno della cartella *ImgTemp* della termocamera.

Durante l'esecuzione di queste operazioni, il codice effettua inoltre dei controlli, verificando che la termocamera risponda correttamente al ping e ai determinati comandi e che la quantità di immagini all'interno della termocamera e della memoria usb non superi un numero massimo prefissato. Nel caso in cui sussistano problemi di comunicazione, il software provvederà a commutare la porta I/O del router, pilotando il relè e disalimentando la termocamera per un breve intervallo di tempo, necessario ad assicurarne il riavvio hardware. Tutte le funzioni legate all'acquisizione dati riprenderanno dopo un intervallo di tempo prefissato tale da permettere il corretto avvio della termocamera.

Il router UMTS è dotato di un servizio server FTP ed è quindi possibile mettere a disposizione il contenuto della memoria usb a qualunque client che da remoto volesse prelevare i file immagine archiviati.

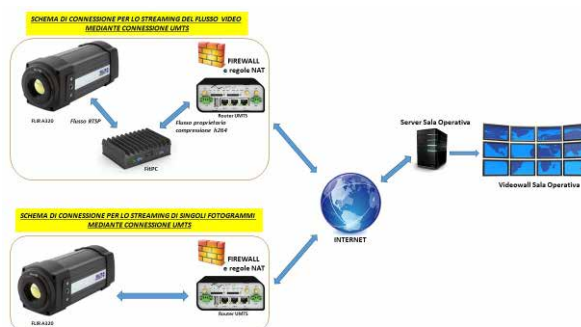
Un apposito software, sfruttando periodicamente una connessione a tale server, sposta tutte le immagini presenti all'interno della suddetta memoria su un computer dedicato, presente nella sede dell'OE, delegato all'archiviazione di questi fotogrammi per una corretta visualizzazione sul videowall di sala operativa.

Oltre alle operazioni fondamentali, il codice interno al file **RecursiveSave.sh**, si occupa di mantenere aggiornato il file di log **ProcedureLog.log**, dove vengono archiviate tutte le operazioni adibite al salvataggio dei fotogrammi radiometrici compresi i casi di malfunzionamento della termocamera. Questo file mantiene lo storico degli eventi per dieci minuti e poi viene cancellato e creato nuovamente (questo permette di non saturare la memoria interna del router). Nel caso in cui venga rilevato un problema, il codice del file **RecursiveSave.sh**, oltre a commutare la porta I/O del router, in modo da riavviare la termocamera, genera un apposito file di errore con nome specifico <Nome stazione>Router\_<ANNO><MESE><GIORNO><ORE><MINUTI><SECONDI>.txt che verrà copiato all'interno della cartella *ImgTemp* della memoria usb.

Il software del computer dedicato di sala operativa, adibito allo spostamento dei fotogrammi dalla memoria usb del router remoto, mediante una connessione FTP, riesce a riconoscere la presenza di un file di errore. Quindi, utilizzando i dati presenti nel nome del file uniti alle informazioni all'interno del file stesso, genera una mail di segnalazione a personale preposto.

**Figura 24** Schema di funzionamento di una stazione video dotata di router UMTS con due diversi streaming di dati (flusso video e singoli fotogrammi).

**Figure 24** Operation diagram of a video station equipped with a UMTS router with two different data streams (video stream and single frames).



Tutta la routine di salvataggio dei frames inizia con l'avvio del router. Durante una fase di manutenzione o nel caso in cui sussistano problemi di malfunzionamento, è possibile fermare tutta la routine agendo su un opportuno file denominato **semaforo.inf**, nel quale una variabile

assumerà valore “1” o “0” a seconda che si voglia che la routine sia attiva o meno. Questo file viene periodicamente controllato dal file **RecursiveSave.sh** in modo da determinare se il salvataggio dei frame può continuare o occorre fermarlo. Il valore interno al file **semaforo.inf** può essere modificato manualmente da un operatore connesso tramite client Telnet al router, oppure mediante l’invio di un sms con opportuni comandi (SaveOn e SaveOFF) che verranno interpretati dall’ulteriore script inserito file **parseSMS.sh**. In Figura 25 viene mostrata la pagina web della Sala Operativa dove è possibile visionare lo stato aggiornato dei flussi in streaming delle diverse stazioni video della Rete di Telecamere.

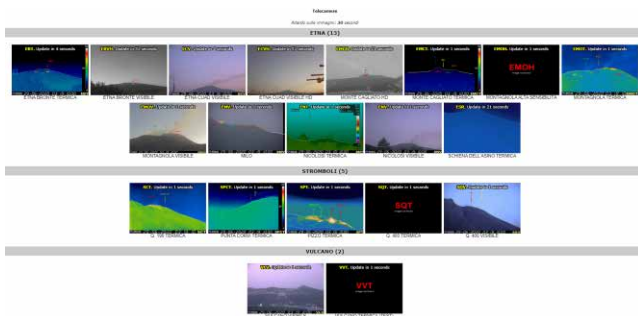


Figura 25 Gli streaming video in Sala Operativa dell’Osservatorio Etneo.

Figure 25 Video streaming in the Operations Room of the Osservatorio Etneo.

## Conclusioni

L’impiego dei router cellulari nella RSP, RSM e nella rete di videosorveglianza ha permesso il superamento di diversi ostacoli e problematiche che altri vettori trasmissivi non consentivano. Il risparmio di tempo nelle fasi di installazione, i consumi relativamente bassi, i bassi costi per gli abbonamenti sim dati e l’assenza di gestione di link intermedi rappresentano le principali peculiarità di questa soluzione tecnologica, particolarmente adatta alla realizzazione di sistemi smart.

Le potenzialità che le reti cellulari oggi offrono, grazie anche alle sempre crescente capillarità e aumento della larghezza di banda (ad es. 5G), permettono di immaginare uno scenario futuro in cui vi sia un indiscutibile incremento dell’impiego dei router cellulari nell’ambito delle reti di monitoraggio, suscitando un certo ottimismo di fronte alla ricerca di soluzioni trasmissive laddove in passato era impensabile. Diversificare i vettori trasmissivi resta comunque sempre buona norma e un suo utilizzo razionale ed equilibrato sarà motivo di sviluppo e crescita dei sistemi di trasmissione impiegati nel monitoraggio e sorveglianza sismo-vulcanica.

## Bibliografia

- Acerra C., Rao S., Salvaterra C., Salvaterra L., Pintore S., Piccolini U., Giovani L., Vallocchia M., Thorossian W., (2014). *Manuale tecnico e operativo GAIA2 INGV*. Rev. 85 del 29 Maggio 2014.
- Cassisi C., Montalto P., Aliotta M., Amore M., Cannavò F., D’Agostino M., La Via M., Mangiagli S., Prestifilippo M., Rossi M., Saraceno B., Torrisi O., (2016). *Sistema integrato per la gestione dell’attività di sorveglianza sismo-vulcanica presso la sala operativa INGV della Sezione di Catania - Osservatorio Etneo*. Rapporti Tecnici INGV, 338: 1-40. ISSN 2039-7941 <http://editoria.rm.ingv.it/rapporti/2016/rapporto338/html5/index.html?page=1>
- Falco L., (2008) *Implementazione e gestione di una rete di monitoraggio GPS e sismica mediante tecnologie GPRS/EDGE/UMTS/HSDPA*. Rapporti Tecnici INGV, 69, 1-21, <http://istituto.ingv.it/images/collane-editoriali/rapporti%20tecnici/rapporti-tecnici-2008/rapporto69.pdf>

Larocca G., Contrafatto D., D'Agostino M., Spampinato S., (2013). *CheckStation: software per il controllo dello stato di funzionamento della Rete Sismica Permanente*. Rapporti Tecnici INGV, 250: 1-28. ISSN 2039-7941 <http://istituto.ingv.it/images/collane-editoriali/rapporti%20tecnici/rapporti-tecnici-2013/rapporto250.pdf>

Nanometrics Inc., (2004). *Nanometrics Libra System Hardware Manuals*.

Nanometrics Inc., (2004). *Nanometrics Callisto System Hardware Manuals. Janus Comms Controller*

Salvaterra L., Rao S. (2013). *Nuova interfaccia web della stazione sismica digitale GAIA2*. Rapporto tecnico INGV, 251. ISSN 2039-7941 <http://istituto.ingv.it/images/collane-editoriali/rapporti%20tecnici/rapporti-tecnici-2013/rapporto251.pdf>

## Sitografia

Crontab: <https://wiki.ubuntu-it.org/AmministrazioneSistema/Cron>

datasheet pdf: <http://files.elsist.biz/ftp/Various/Conel/RouterUR5iv2/UR5iv2DS.pdf>

HSPA+ Industrial RouterUR5i v2 user manual:  
[https://tekniska.pl/wp-content/uploads/2016/04/UR5i\\_v2\\_Users-guide\\_20160725.pdf](https://tekniska.pl/wp-content/uploads/2016/04/UR5i_v2_Users-guide_20160725.pdf)

Iptables: <https://wiki.ubuntu-it.org/Sicurezza/Iptables>

Manuale specifiche e installazione antenna Sirio SLP-1.7÷2.5-11:  
[https://www.sirioantenne.it/images/pdf/manuals/id-295-11-12-2013\\_SLP\\_-\\_17.pdf](https://www.sirioantenne.it/images/pdf/manuals/id-295-11-12-2013_SLP_-_17.pdf)

Manuale tecnico e operativo GAIA2: <ftp://ingv.it/pub/sandro.rao/files/manuale.pdf>

SeisComp3: <https://www.seiscomp3.org/> e <https://gempa.de/>

SISMIKO: <http://www.ingv.it/it/monitoraggio-e-infrastrutture-per-la-ricerca/emergenze/gruppi-di-emergenza>

Termocamera FLIR A320: <https://www.flir.it/products/flir-a320/>

UMTS/HSPA+ Router UR5i v2 description web page: <http://advantech-bb.com/product/ur5i-v2/>





# QUADERNI di GEOFISICA

ISSN 1590-2595

<http://istituto.ingv.it/it/le-collane-editoriali-ingv/quaderni-di-geofisica.html/>

I QUADERNI DI GEOFISICA (QUAD. GEOFIS.) accolgono lavori, sia in italiano che in inglese, che diano particolare risalto alla pubblicazione di dati, misure, osservazioni e loro elaborazioni anche preliminari che necessitano di rapida diffusione nella comunità scientifica nazionale ed internazionale. Per questo scopo la pubblicazione on-line è particolarmente utile e fornisce accesso immediato a tutti i possibili utenti. Un Editorial Board multidisciplinare ed un accurato processo di peer-review garantiscono i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi. I QUADERNI DI GEOFISICA sono presenti in "Emerging Sources Citation Index" di Clarivate Analytics, e in "Open Access Journals" di Scopus.

QUADERNI DI GEOFISICA (QUAD. GEOFIS.) welcome contributions, in Italian and/or in English, with special emphasis on preliminary elaborations of data, measures, and observations that need rapid and widespread diffusion in the scientific community. The on-line publication is particularly useful for this purpose, and a multidisciplinary Editorial Board with an accurate peer-review process provides the quality standard for the publication of the manuscripts. QUADERNI DI GEOFISICA are present in "Emerging Sources Citation Index" of Clarivate Analytics, and in "Open Access Journals" of Scopus.

# RAPPORTI TECNICI INGV

ISSN 2039-7941

<http://istituto.ingv.it/it/le-collane-editoriali-ingv/rapporti-tecnici-ingv.html/>

I RAPPORTI TECNICI INGV (RAPP. TEC. INGV) pubblicano contributi, sia in italiano che in inglese, di tipo tecnologico come manuali, software, applicazioni ed innovazioni di strumentazioni, tecniche di raccolta dati di rilevante interesse tecnico-scientifico. I RAPPORTI TECNICI INGV sono pubblicati esclusivamente on-line per garantire agli autori rapidità di diffusione e agli utenti accesso immediato ai dati pubblicati. Un Editorial Board multidisciplinare ed un accurato processo di peer-review garantiscono i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi.

RAPPORTI TECNICI INGV (RAPP. TEC. INGV) publish technological contributions (in Italian and/or in English) such as manuals, software, applications and implementations of instruments, and techniques of data collection. RAPPORTI TECNICI INGV are published online to guarantee celerity of diffusion and a prompt access to published data. A multidisciplinary Editorial Board and an accurate peer-review process provide the quality standard for the publication of the contributions.

# MISCELLANEA INGV

ISSN 2039-6651

[http://istituto.ingv.it/it/le-collane-editoriali-ingv/miscellanea-ingv.html](http://istituto.ingv.it/it/le-collane-editoriali-ingv/miscellanea-ingv.html/)

MISCELLANEA INGV (MISC. INGV) favorisce la pubblicazione di contributi scientifici riguardanti le attività svolte dall'INGV. In particolare, MISCELLANEA INGV raccoglie reports di progetti scientifici, proceedings di convegni, manuali, monografie di rilevante interesse, raccolte di articoli, ecc. La pubblicazione è esclusivamente on-line, completamente gratuita e garantisce tempi rapidi e grande diffusione sul web. L'Editorial Board INGV, grazie al suo carattere multidisciplinare, assicura i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi sottomessi.

MISCELLANEA INGV (MISC. INGV) favours the publication of scientific contributions regarding the main activities carried out at INGV. In particular, MISCELLANEA INGV gathers reports of scientific projects, proceedings of meetings, manuals, relevant monographs, collections of articles etc. The journal is published online to guarantee celerity of diffusion on the internet. A multidisciplinary Editorial Board and an accurate peer-review process provide the quality standard for the publication of the contributions.

**Coordinamento editoriale e impaginazione**

Francesca DI STEFANO, Rossella CELI  
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

**Progetto grafico e impaginazione**

Barbara ANGIONI  
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

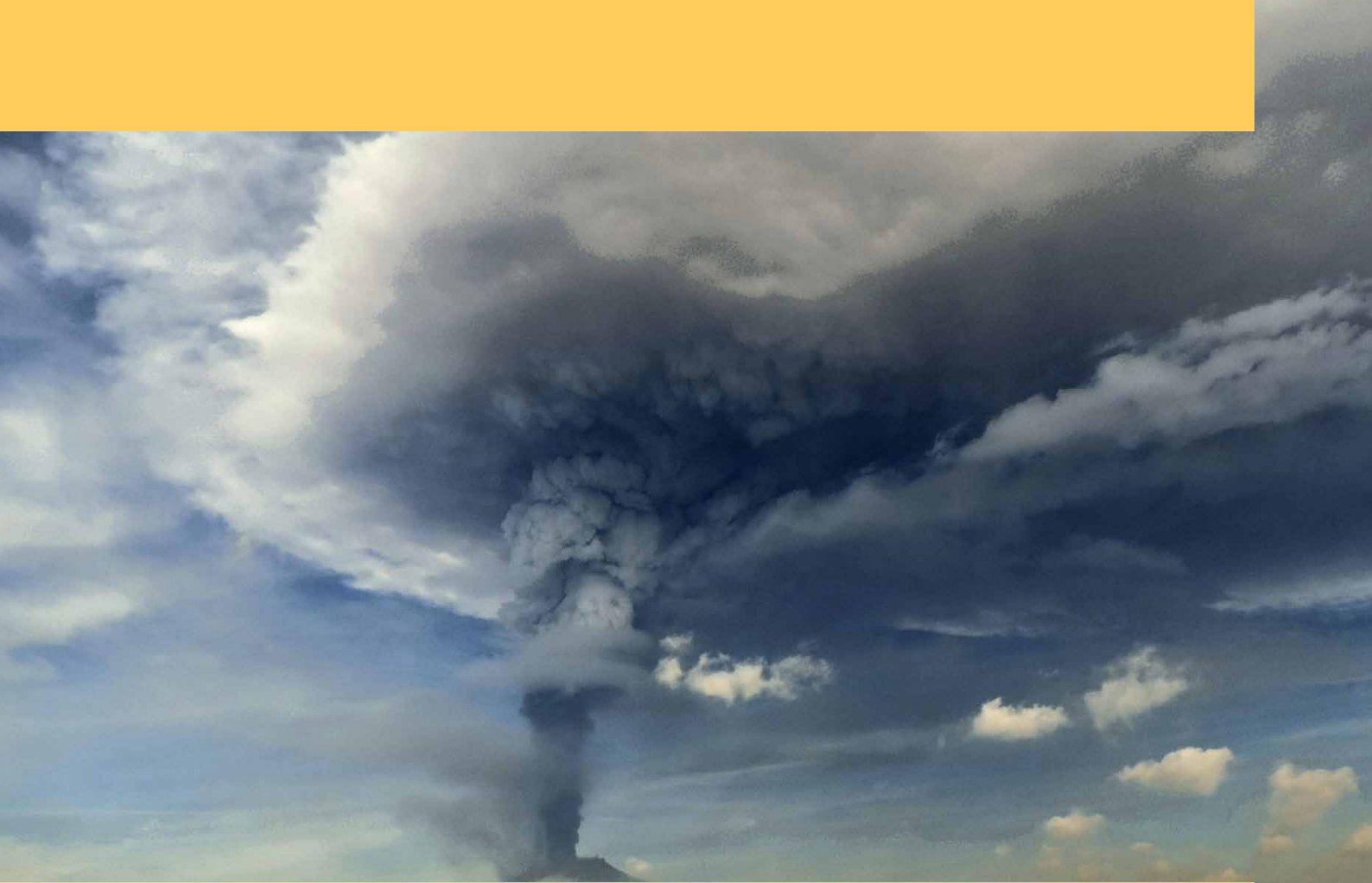
©2021

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia  
Via di Vigna Murata, 605  
00143 Roma  
tel. +39 06518601

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



Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

