

POMEN KOMUNIKACIJ ZA DRŽAVNO MREŽO POTRESNIH OPAZOVALNIC

The importance of communication for the national earthquake monitoring network

Peter Sinčič*, Izidor Tasič** UDK 550.34.04(497.4)

Povzetek	Abstract
Izvajanje alarmiranja in obveščanja javnosti in pristojnih služb ob potresu je odvisno od komunikacijskih poti, predvsem prenosa seizmičnih podatkov od potresne opazovalnice do centra za obdelavo podatkov. Od leta 1985, ko so na slovenskem ozemlju delovale štiri potresne opazovalnice, pa do danes, se je sistem prenašanja informacij močno spremenil in izboljšal. Danes je tako podatek o lokaciji potresa na voljo javnosti preko medmrežja že v nekaj minutah po potresu.	In the event of earthquakes, notifying the public and competent services depends on quality of communications, primarily seismic data transmission to the Centre for Data Analysis. Since 1985, when 4 seismic stations were in operation in Slovenian territory, and until today, the system of communication has dramatically changed and improved. Today information about earthquakes is available to the public minutes after the earthquake has occurred.

Uvod

Prvo znano obveščanje o potresu z instrumenti sega daleč nazaj v leto 138 [2008]. Leta 132 je kitajski astronom in matematik Zhang Heng (slika 1) naredil napravo za beleženje nihanja tal in jo poimenoval zmajev vrč (Houfeng Didong Yi). Narejena je bila iz bakra, visoka skoraj dva metra, v obliki jajca, na vrhu je imela osem enakomerno razporejenih figur v obliki zmaja, ki so imeli v ustih položene kroglice. Pod zmaji je bilo na dnu posode postavljenih osem žab. Ob potresu je kroglica iz zmajevih ust padla v žabja usta in pri tem ustvarila zvok ter s tem opozorila na potres. Februarja 138 leta je naprava zaznala potres, čeprav v okolici ni bilo drugih znakov o tem pojavu. Zhang je kljub temu o tem dogodku poročal kitajskemu cesarju in povedal, da se je potres zgodil zahodno od glavnega mesta. Pozneje so sli prinesli novico, da se je zgodil potres več kakor tisoč kilometrov severozahodno od glavnega mesta.

Danes si niti ne predstavljamo, da bi lahko več dni čakali na tak podatek. V razvoju informacijske tehnologije se je tudi pomen komunikacij v seizmologiji povečal in to na več področjih. Eno najbolj 'vidnih' področij je informiranje javnosti o lokaciji potresa, kjer je danes s preprostim klikom podatek o kraju dostopen vsem. V grobem lahko učinke informacije o potresu delimo na dve področji, prva je predčasna napoved potresa in druga lociranje potresa in ocena njegovih učinkov.

* Ministrstvo za okolje in prostor RS, ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo, Dunajska 47, Ljubljana, Peter.Sinicic@gov.si

** mag., Ministrstvo za okolje in prostor RS, ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo, Dunajska 47, Ljubljana, Izidor.Tasic@gov.si

Obveščanje o potresih

Potresa se z današnjim znanjem o procesih v zemeljski notranjosti še ne da napovedati in nič ne kaže, da bo to mogoče v naslednjih desetletjih. Vendar na svetu obstajajo sistemi, ki predčasno opozarjajo na učinke potresa. To so sistemi, ki se sprožijo ob zelo močnem potresu in so namenjeni območjem, ki so nekaj deset kilometrov oddaljena od žarišča potresa, kjer skrbijo za izklop energetskih vodov, kakor so recimo plinske napeljave in električni daljnovodi (angl. Earthquake Alarm System). Sistem sestavlja mreža akcelerometrov, ki zabeležijo močno nihanje tal, komunikacijsko omrežje za prenos podatkov in »pametnih stikal«, ki zaprejo plinske napeljave ali izklopijo električni tok na krajih, kjer bi lahko prišlo do požarov. Sistem temelji na dejstvu, da je hitrost potresnih valov približno 8 km/s, hitrost električnega signala po žicah pa 300.000 km/s, kar pomeni, da informacija o močnem potresu prispe v 500 kilometrov oddaljen kraj minuta pred potresom. Zaradi možnosti napačnega proženja in zlorab so ti sistemi običajno nameščeni na območjih, kjer se pričakujejo močni potresni sunki ($M > 7$) s ponavljanjem v dokaj kratkem časovnem obdobju, z žariščem blizu površja, in kjer njihova uporaba prinese več koristi kakor je škoda zaradi izklopa funkcijskih sistemov. Postavljeni so na Japonskem, Tajvanu in tudi v Mehiki, kjer so znani močni potresi (CEDIM 2008).

Naslednji tak sistem opozarjanja je opozorilni sistem pred cunami (tsunami warning system) (ESS, 2008.). Pri tem sistemu je poleg sistema seizmometrov pomembna tudi komunikacijska infrastruktura, ki prenese pravočasno in natančno obvestilo in sproži evakuacijo prebivalcev ogroženih obmorskih krajev, kar v resnici ni enostavno.

Kakor vidimo, oba alarmna sistema delujeta tedaj, ko se potres že zgodi.

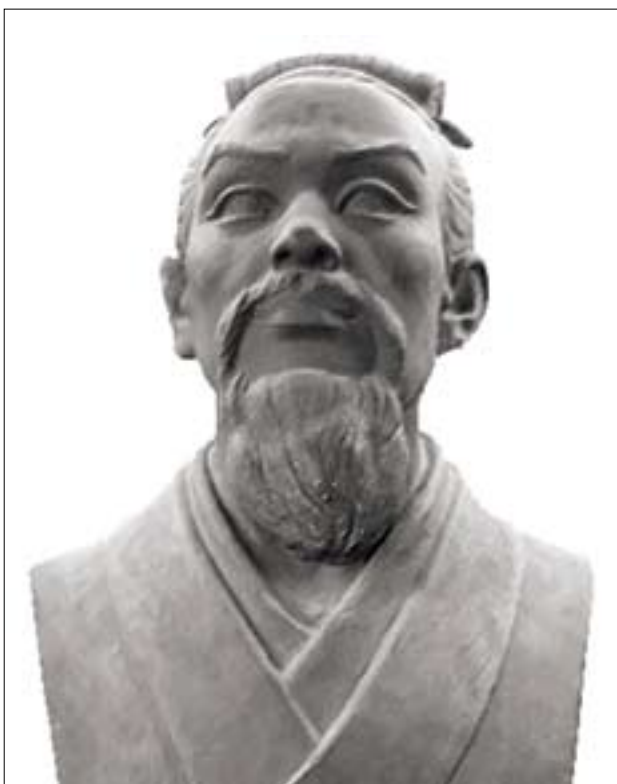
Pomembna naloga seizmoloških organizacij po svetu je obvestiti pristojne službe o lokaciji žarišča potresa. V primeru močnega potresnega sunka je s tresenjem tal običajno prizadeto zelo veliko območje in je brez informacij iz potresnih opazovalnic nemogoče določiti lokacijo žarišča. Radovednost, ki je gonilo razvoja, povzroči, da se izmenjava informacij med ljudmi skokovito poveča. Kličejo se sorodniki in prijatelji med različnimi kraji in izmenjujejo izkušnje o pravkar doživetem dogodku. Toda ob močnem potresnem sunku je lahko prav območje v bližini nadžarišča najbolj prizadeto, informacijska hrbtnica se sesuje in območja, kjer je največ škode, doživijo informacijski mrk. Poglejmo si preprost primer: potres v Posočju iz leta 1998. Prvih nekaj deset minut smo dobili klice na observatorij na Golovcu iz vse Slovenije, razen z območja zgornjega Posočja, kjer je bilo žarišče potresa. Lokacijo potresa lahko hitro ocenimo le s seizmološkimi instrumenti, ki povejo osnovne podatke. Današnji seizmološki sistemi omogočajo obveščanje o lokaciji potresa v stvarnem času. Da je to mogoče, mora biti izpolnjeno kar nekaj zahtev, ki jih bomo opisali v nadaljevanju.

Mreža potresnih opazovalnic

Osnovni parametri potresa so lokacija žarišča potresa (zemljepisna širina, zemljepisna dolžina, globina), čas nastanka in magnituda potresa. Če predpostavimo, da je Zemlja sestavljena iz homogene in izotropne snovi, potrebujemo za natančno opredelitev parametrov potresa podatke o prihodu potresnih valov iz vsaj štirih potresnih opazovalnic, za določitev nadžarišča pa iz treh. Delovanje državne mreže potresnih opazovalnic delimo v naslednje faze: zaznavanje potresa in registracija, pošiljanje podatkov v središče, izračun parametrov potresa in obveščanje pristojnih služb in javnosti.

Prve mreže potresnih opazovalnic so začele delovati v prvi tretjini prejšnjega stoletja. Leta 1931 je California Institute of Technology [CALTECH] vzdrževal mrežo šestih potresnih opazovalnic, opremljenih z Wood-Andesonovimi instrumenti, ki so omogočali registracijo in lociranje lokalnih potresov z magnitudo nad 3 na območju južne Kalifornije [SCSN, 2008]. Potresne opazovalnice so imele stalno osebje, ki je periodično, običajno enkrat dnevno, menjavalo fotografski papir, kamor se je nihanje tal zapisovalo, ga razvilo in pošiljalo po pošti na inštitut.

V Sloveniji lahko govorimo o mreži od leta 1985, ko so na slovenskem ozemlju delovale štiri potresne opazovalnice z zapisom s črnilom na papir: na observatoriju na Golovcu v Ljubljani (oznaka potresne opazovalnice: LJU), v Goričah pri Cerknici (oznaka potresne opazovalnice: CEY), na Vojskem (oznaka potresne opazovalnice: VOY, [slika 2] in v Bojancih v Beli krajini (oznaka potresne opazovalnice: VBY). Vsaka opazovalnica je imela vzdrževalca, ki je skrbel za nemoteno delovanje instrumentov,



Slika 1. Zhang Heng (78-139), kitajski astronom, matematik in slikar, ki je naredil prvo znano napravo za beleženje nihanja tal.

Figure 1. Zhang Heng (78-139), was an astronomer, mathematician, and painter who designed the first known seismometer.

vsakodnevno menjavo papirja, sprejem časovnih signalov, ob močnejših potresih pa je tudi odčital iz zapisa potresa podatke o prihodu potresnih valov in največji amplitudi nihanj tal, ki jih je po radijski zvezi ali telefonu sporočil v središče za obdelavo podatkov (SOP) na observatoriju na Golovcu v Ljubljani, kjer je dežurni seizmolog določil lokacijo nadžarišča potresa.

V prvi tretjini devetdesetih let prejšnjega stoletja se je v Sloveniji začela izgradnja samodejnih potresnih opazovalnic. Potresno opazovalnico je sestavljal širokopasovni seizmometer Guralp CMG 40T, 16-bitni A/D pretvornik z dvostopenjskim predojačevalnikom (pozneje enostopenjski 24 bitni), osebni računalnik IBM 486 z OS/2 operacijskim sistemom in z vgrajenim sprejemnikom GPS (slika 3). Sistem je omogočal zajemanje podatkov v stvarnem času, pretvorbo analognega signala seizmometra v digitalni zapis s frekvenco vzorčenja 200 vzorcev na sekundo na treh kanalih, neprekinjeno shranjevanje teh podatkov na lokalnem disku ter manipulacijo s podatki in vzpostavljanje komunikacije s SOP. Za komunikacijo med potresnimi opazovalnicami in SOP je bila zaradi tehničnih zmožnosti v tistem času izbrana komunikacija preko klicnih telefonskih linij. Potresna opazovalnica je delovala kot samostojna enota, s samostojnim sprožilnim sistemom, ki je na zahtevo centrale prožene dogodke po klicni telefonski zvezi pošiljala v središče za obdelavo podatkov. Računalnik v SOP je po

naprej določenem vrstnem redu klical potresne opazovalnice in preverjal stanje in dogodke. Največja hitrost prenosa podatkov po klicnih linijah je bila 9,6 kbps. Ta mreža je leta 1997 izpolnjevala osnovna merila, ki jih je zahteval Center za obveščanje in alarmiranje – poročilo o lokaciji in jakosti potresa naj bi bilo v času ene ure po potresu poslano centru. Potres leta 1998 je pokazal naslednje pomanjkljivosti: neposredno po potresu so občani iz cele Slovenije neprestano klicali na observatorij in preobremenili telefonske zveze. Preobremenjenost telefonskih zvez je onemogočila ali otežila takojšno samodejno povezavo preko modemov med centralnim računalnikom in potresnimi opazovalnicami kakor tudi s sredstvi javnega obveščanja. Zaradi neprestanega odgovaranja na telefonske klice se je zmanjšala operativna moč dežurnih seizmologov. Izkazalo se je, da tako javne službe kakor širša javnost pričakujeta ustrezno informacijo o potresu in prizadetem območju v bistveno krajšem času, kakor je bilo predvideno v načrtih alarmiranja in obveščanja o potresu.

Zato je Vlada Republike Slovenije po potresu v Posočju zadolžila ministrstvo za okolje in prostor, takratno Upravo RS za geofiziko, da za vlado čimprej pripravi informacijo o potresnih opazovalnicah v državi in predloge ukrepov za posodobitev državnega potresnega opazovanja. Potres 31. avgusta istega leta v bližini Trebnjega na Dolenjskem je le še utrdil potrebo po ukrepih, ki bi zagotovili učinkovito delovanje seizmološke službe. S sklepom vlade RS št. 932-00/98-2, sprejetim 13. maja 1999, je bil opredeljen okvirni časovni in finančni načrt za posodobitev državne mreže potresnih opazovalnic.

Posodobitev mreže potresnih opazovalnic

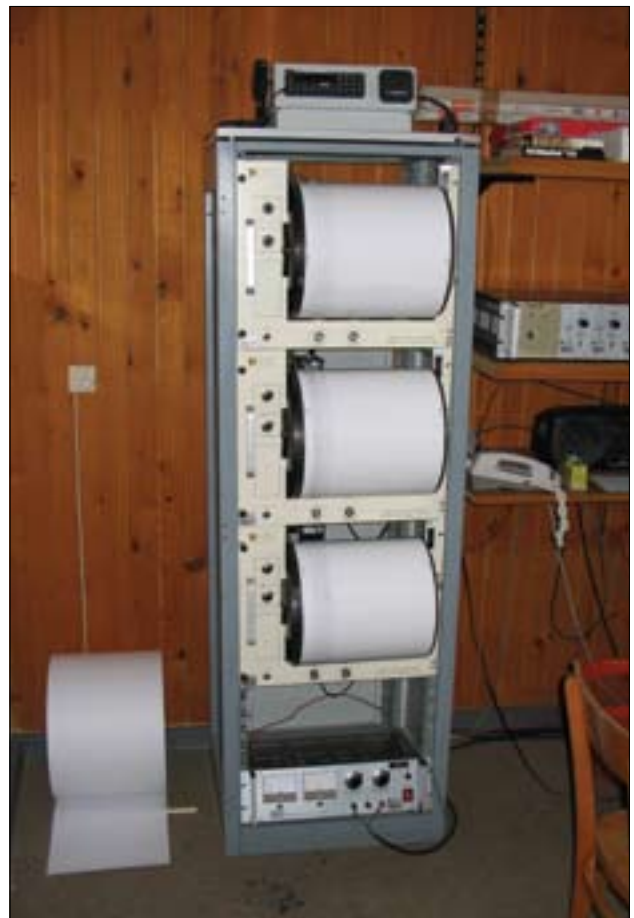
V projektu Posodobitev državne mreže potresnih opazovalnic je eden od ciljev tudi vzpostavitev alarmnega sistema z obveščanjem v stvarnem času, kar pomeni, da so takoj po potresu znani podatki o lokaciji nadzorišča potresa in njegova magnituda. Da bi zadostili tej zahtevi, je bilo treba izbrati primerno opremo za zajem podatkov, vrsto prenosa podatkov iz opazovalnic v SOP in programsko opremo za samodejno obdelavo podatkov in sporočanje. To pomeni, da moramo imeti podatke iz opazovalnic v stvarnem času v SOP, kar dosežemo z ustrezno izbiro načina prenosa podatkov.

Zajemalna naprava Quanterra Q730 omogoča več preiskušanih načinov prenosa podatkov. Uporabnik določi vrstni red prenosa različnih vrst podatkov, kakor so na primer posamezni dogodki ali stalno zajemanje nihanja Zemlje po enem kanalu z običajnim serijskim protokolom. Vgrajena kartica Ethernet omogoča uporabo računalniškega mrežnega protokola TCP/IP za prenos podatkovnih paketov, ki ima že vgrajen modul za odpravo napak med prenosom, omogoča pa tudi nadzor delovanja merilnega sistema in nastavitve para-

metrov iz središča. Za trikanalni sistem je zahtevana največja prenosna hitrost 20,7 kb/s, za šestkanalni pa 39,5 kb/s. V praksi sta ti dve hitrosti zaradi kompresije podatkov pri prenosu nižji.

Ker smo kot državni organ vključeni v hitro komunikacijsko omrežje državnih organov (HKOM), ki je razvejano po celi državi, smo ga uporabili tudi za prenos podatkov s potresnih opazovalnic.

Omrežje HKOM je namenjeno medsebojnemu telekomunikacijskemu povezovanju ustanov javne uprave Republike Slovenije in gospodarskim družbam, ki opravljajo storitve za te ustanove ali v njihovem imenu. Upravljevalec omrežja HKOM je DEUP (direktorat za e-upravo in upravne postopke) pri ministrstvu za javno upravo, ki prek njega omogoča uporabo storitev javne uprave občanom in pravnim subjektom. Poleg medsebojne povezanosti ustanov omogoča omrežje HKOM tudi vse standardne omrežne storitve, kakor so: internetna povezava, elektronska pošta, spletne strani, oddaljen dostop v omrežje, varnost, sistem za odkrivanje vdorov in njihovo



Slika 2. Analogna potresna opazovalnica VOY na Vojskem. Podatki iz seizmometra se zapisujejo na papir. Vsakih 24 ur je treba papir zamenjati, zato je na opazovalnici potreben vzdrževalec.

Figure 2. Analog seismic station VOY. The seismometer's data are recorded on paper, which has to be replaced daily by the maintainer of the station.

preprečevanje, avtentikacija, avtorizacija in obračunavanje prenosa. Prenos podatkov poteka po fizičnih vodih (najete linije) do najbližje vstopne točke v HKOM.

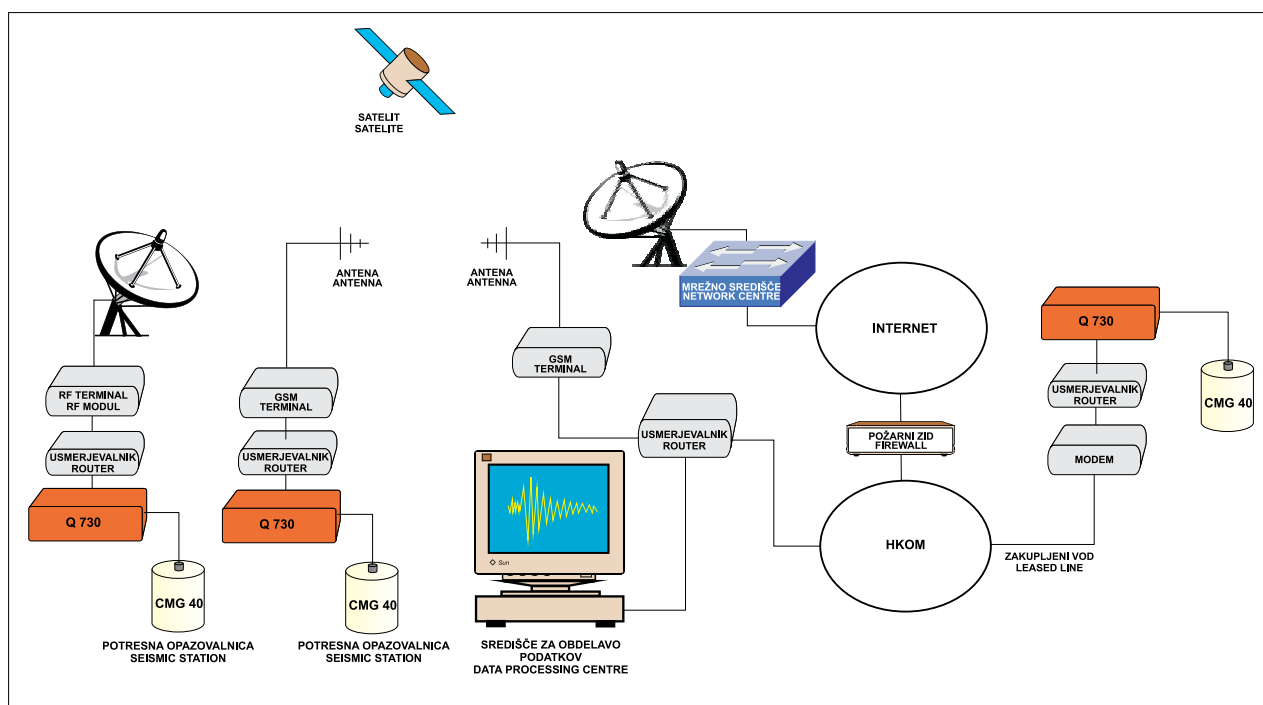
Potresne opazovalnice so zaradi zahteve po čim manjšem seizmičnem nemiru, ki ga povzročajo urbana okolja, industrija in promet, umaknjene od naselij in zato tudi od komunikacijskih poti. Zaradi prevelikih stroškov napeljave telefonskih vodov smo za sedem potresnih opazovalnic za brezžični prenos podatkov uporabili omrežje GSM. Ker je govorno omrežje GSM za prenos podatkov prepočasno (9,6 kb/s), je bila uporabljena hitra tokokrogovna komutirana podatkovna povezava HSCSD (High Speed Circuit Switched Data), ki omogoča izmenjavo podatkov s hitrostjo do 38 kb/s. HSCSD omogoča združevanje več povezav GSM v eno samo prenosno pot. Kanal GSM je razdeljen na osem časovnih intervalov. Vsaki aktivni (pogovorni ali podatkovni) povezavi pripada en interval, kar pomeni, da lahko en kanal hkrati uporablja osem uporabnikov. HSCSD omogoča združevanje več kanalov (do štiri) v eno samo prenosno pot. Skupna prenosna pot je tako do štirikrat večja in znaša 38 kb/s. Prenosna hitrost ni stalna, saj imajo pogovori prednost pred podatki, zato je odvisna od zasedenosti omrežja. Za vsako zvezo sta bila potrebna dva modemska GSM terminala, prvi je bil nameščen na opazovalnici, drugi pa v SOP in je bil vključen neposredno v lokalno omrežje urada za seizmologijo in geologijo. Tehnologija HSCSD je bila vmesna stopnja med klicno povezavo in povezavo GPRS, namenjeno samo prenosu podatkov, ki pa za prenos podatkov s potresnih opazovalnic ni bila ustrezna, ker ni omogočala stabilne dvosmerne povezave. Zaradi visoke cene prenosa podatkov smo za pet potresnih opazovalnic za brezžični prenos podatkov uporabili dvosmerno sate-



Slika 3. Samodejna potresna opazovalnica. Analogno-digitalni pretvornik je spremenil analogni signal seizmometra v digitalni zapis, ki je bil po dodatni samodejni računalniški obdelavi po klicni telefonski zvezi prenešen v centralni računalnik v SOP.

Figure 3. Automatic seismic station. The AD converter converts the analog seismometer signal into a digital record, which after additional processing is transferred to the central computer using a dial-up telephone line.

litsko povezavo Satlynx v internet, ki jo omogoča Sensolink (sliki 4 in 5). Satelitska povezava omogoča storitve IP tudi s programi VPN. Opremo opazovalnice sestavljajo satelitska antena, vhodno/izhodna enota RF, podatkovna enota in usmerjevalnik. Glavno sprejemno-oddajno komunikacijsko vozlišče je v Backnangu v Nemčiji, od koder podatki potujejo prek zmogljivih optičnih povezav dveh različnih ponudnikov v glavno internetno mrežo v Evropi in preko požarne pregrade v HKOM.



Slika 4. Za prenos podatkov s potresnih opazovalnic v središče so uporabljene različne komunikacijske poti.

Figure 4. Different data communication links are used to transfer data from seismic stations to the data centre.

Že nekaj časa poteka prenova omrežja HKOM z nabavo nove komunikacijske opreme, ki podpira tehnologijo VPN/MPLS, omogočila pa bi poenostavitev in večjo standardizacijo omrežja ter znižanje stroškov lastništva in upravljanja. Tehnologija MPLS zamenjuje starejši tehnologiji ATM in 'frame relay' zaradi boljše podpore sedanjim in prihodnjim uporabnikom. Ta tehnologija med drugim omogoča uporabo priključkov ADSL za zanesljiv in varen prenos podatkov po telefonskih zvezah in zagotavlja širokopasovno povezavo ob precej nižjih stroških v primerjavi z najetimi povezavami. Tako smo že v letu 2007 pričeli z nameščanjem nove opreme na potresnih opazovalnicah. Ker je ta vrsta komunikacije omejena na dolžino medija ali oddaljenost med potresno opazovalnico in centralo Telekom, bo na potresnih opazovalnicah, ki so preveč oddaljene od telefonske centrale, ostal prenos podatkov po najetih povezavah.



Slika 5. Na potresnih opazovalnicah v odročnih krajih je uporabljen satelitski prenos podatkov.

Figure 5. Satellite data transmission is used at seismic stations in remote places.

Sklepne misli

Izbira prenosnega sistema za prenos podatkov s potresnih opazovalnic do središča za obdelavo je zelo pomembna pri načrtovanju mreže potresnih opazovalnic. Zanesljivo izvajanje nalog mreže je odvisno od zanesljivosti prenosa in kakovosti prenesenih podatkov. Na odločitev, kakšen prenosni sistem bomo izbrali, nenazadnje vpliva tudi cena. Da bi zadostili zahtevi po čim hitrejšem obveščanju javnosti in ustreznih služb, ki temelji na samodejni obdelavi in posredovanju podatkov, je bil izbran tak način delovanja mreže, ki zahteva stalni prenos podatkov z vseh opazovalnic brez zapoznitve v SOP. Izbrani prenosni sistem mora delovati zanesljivo in pri prenosu ne sme prihajati do izgube podatkov. Ob potresu, nastalem na območju Slovenije, so v kratkem času po dogodku znani osnovni podatki, ki so po nekaj minutah objavljeni na internetnih straneh Agencije RS za okolje (<http://www.arso.gov.si/>, bližnjica: zadnji potresi), skupaj z zemljevidom Slovenije z vrisanim nadžariščem potresa in z zapisi potresa s potresnih opazovalnic.

Viri in literatura

1. Novelguide, 2008, http://www.novelguide.com/a/discover/ewb_24/ewb_24_00088.html (citirano: april 2008)
2. CEDIM 2008, Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology <http://www.cedim.de/SubprojectB.php> (navedeno: april 2008)
3. ESS, 2008, Earth and Space Sciences, University of Washington <http://www.geophys.washington.edu/tsunami/general/warning/warning.html> (navedeno: april 2008)
4. SCSN 2008, <http://www.scsn.org/history.html> (navedeno: april 2008)