

# Prenos merilnih podatkov iz geomagnetnega observatorija po obstoječem komunikacijskem omrežju

Damir Deželjin<sup>1</sup>, Rudi Čop<sup>1</sup>

## Povzetek

Za večino današnjih geofizikalnih meritev je osnovnega pomena daljinski prenos merilnih podatkov in njihova računalniška obdelava. Zato smo že v času priprav na gradnjo geomagnetnega observatorija na ozemlju Slovenije začeli tudi z razvojem digitalnega sistema za prenos merilnih podatkov, z razvojem telemetrije. Po predhodnih analizah smo pristopili k samostojni gradnji zapisovalnika podatkov (data logger), ki je osrednja enota v telemetriji. Z njo se merilni podatki zajemajo, delno obdelujejo in pripravljajo za prenos do strežnika. Zgradili smo ga iz standardne strojne opreme, ki zagotavlja delovanje zapisovalnika podatkov tudi v težjih pogojih, njegovo enostavno nadgradnjo in nižjo porabo električne energije. Za sam prenos merilnih podatkov od zapisovalnika podatkov do strežnika izkoriščamo obstoječe omrežje za mobilno telefonijo, ki omogoča tudi paketni prenos podatkov.

**Ključne besede:** merilni podatki, zapisovalnik podatkov, omrežje GSM

**Key words:** measuring data, data logger, GSM network

## Uvod

Za postavitev sodobnega geomagnetnega observatorija obstajajo priporočila, vendar so vsa osredotočena na merilne instrumente, meritve in obdelavo merilnih podatkov (Wienert, 1970; Jankowski & Sucksdorff, 1996). Zelo skopa pa so navodila glede zajemanja in prenosa merilnih podatkov ter zagotavljanja varnega in zanesljivega obratovanja. Obratovanje geomagnetnega observatorija, ki ni nadzorovan s stalno posadko na njem, ogrožajo atmosferske prenapetosti, vandalizem in gozdni požari (Čop et al. 2014). Zato je zanesljiva in robustna telemetrija ne samo potrebna za prenos merilnih podatkov temveč tudi za daljinski nadzor delovanja merilnih instrumentov in celotnega observatorija z namenom, da se zagotovi zanesljiva in neprekinjena registracija vrednosti komponent zemeljskega magnetnega polja. Njihove srednje vrednosti med drugim omogočajo redukcijo merilnih vrednosti izmerjenih na drugih mestih po ozemlju, ki ga tak observatorij pokriva, in s tem omogočajo medsebojne primerjave merilnih podatkov in nadzor njihovih sprememb v času.

Tak sodobni digitalni geomagnetni observatorij je običajno znanstveno-raziskovalno središče, ki je vključeno v mednarodno informacijsko mrežo za izmenjavo merilnih podatkov. Pogoje za vključitev v tako mrežo postavljajo mednarodne organizacije, ki jo nadzorujejo. Prav tako te mednarodne organizacije stalno nadzorujejo delovanje v mrežo vključenega geomagnetnega observatorija, organizirajo redno izobraževanje osebja, ki observatorij vzdržuje, in organizirajo redno preverjanje merilne opreme (Sumaruk et al, 2014). Taka globalna informacijska mreža za izmenjavo minutnih merilnih podatkov o stanju zemeljskega magnetnega polja v skoraj realnem času je INTERMAGNET (International Real-time Magnetic Observatory Network), ki je bil ustanovljen leta 1991 pod okriljem mednarodne organizacije IAGA (International Association of Geomagnetism and Aeronomy) (Love, 2008; INTERMAGNET, 2012). V tej mreži se za prenos in

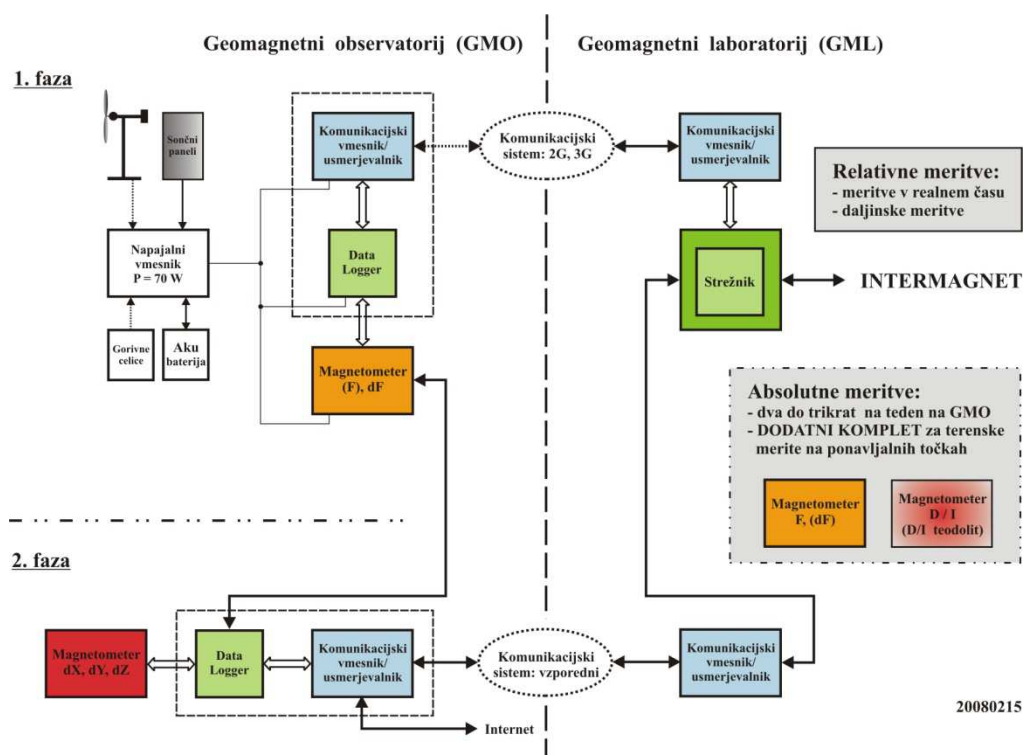
---

<sup>1</sup> Zavod Terra Viva, Sv. Peter 115, 6333 Sečovlje/Sicciole

izmenjavo merilnih podatkov najbolj pogosto uporablja omrežje interneta. V kolikor pa to ni mogoče, se podatki posredujejo preko geostacionarnih telekomunikacijskih satelitov.

## Načrtovanje telemetrije

Izhodiščni parametri pri razvoju telemetrije so bili: zanesljivost prenosa merilnih podatkov in stroški tega prenosa, cena in dosegljivost opreme ter stroški vzdrževanja in možnost nadaljnjega razvoja sistema.



Slika 1: Blokovna shema sistema za zajemanje, prenos, shranjevanje in obdelavo merilnih podatkov iz digitalnega geomagnetnega observatorija

Ocenjena je bila količina merilnih podatkov v časovni enoti in dodatno so bili določeni še naslednji pogoji (Kraker et al, 2008), ki so se nanašali predvsem na zapisovalnik podatkov (data logger):

- potreben je vmesnik RS232 za zajem merilnih podatkov iz magnetometra in vmesnik Ethernet za komunikacijo proti komunikacijskemu usmerjevalniku;
- podatki se lahko v zapisovalniku podatkov združujejo in pošiljajo s časovnim zamikom;
- zahtevana je nizka poraba energije za zagotavljanje avtonomnosti ter sposobnost delovanja v širšem temperaturnem območju zaradi delovanja tudi na prostem;
- podatki se pošiljajo preko brezžičnih sistemov za digitalno komunikacijo do strežnika.

Zapisevalnik podatkov na geomagnetnem observatoriju ne omogoča le zapisovanje merilnih podatkov, temveč omogoča neodvisen dostop do njih in nadzor nad merilnimi instrumenti. Zato mora tak zapisovalnik podatkov poleg komunikacijskih vmesnikov in zunanjih pomnilnikov vsebovati tudi računalnik industrijskega tipa, ki zmore z ustrezno

programsko opremo: a) zanesljivo zajemati merilne podatke iz magnetometra, b) sinhronizirati čas, c) skladiščiti podatke, d) omogočiti neodvisni dostop do njih in d) zanesljivo dostaviti podatke do strežnika. Za zapisovalnik podatkov so bile v nadaljevanju projekta predvidene še dodatne razširitve zaradi povečane varnosti delovanja same telemetrije in celotnega geomagnetnega observatorija (Slika 1).

Zapisovalnik podatkov je osrednja enota telemetrije, kjer se zajemajo in oddajajo podatki različnih bitnih pretokov. Zato so bile že v začetku njegovega načrtovanja pričakovane daljše čakalne vrste, zaradi česar mora imeti taka enota dovolj velik delovni spomin (RAM). Za stalni zunanji pomnilnik pa je bila izbrana pomnilniška kartica tipa Compact Flash (CF), ki ustreza industrijskim standardom in deluje tudi v razširjenem temperaturnem območju. Po daljšem preverjanju je bil izbran računalnik za vgradnjo (Embedded PC), na katerega se lahko namesti operacijski sistem Linux kot tudi za vgradni računalnik prilagojen operacijski sistem Windows (microATX, 2004; PC Engines, 2010).

Na osnovi predhodnih preizkušenj je bil izbran komunikacijski usmerjevalnik Digi ConnectPort WAN VPN (ConnectPort, 2013), ki je zadovoljil zahtevo po hitrem in varnem povezovanju naprav znotraj geomagnetnega observatorija in lokacij po mobilnem omrežju. Zaradi modularne zasnove ga je mogoče enostavno nadgraditi za povezavo v različne oblike mobilnih omrežij. Varnost prenosa podatkov zagotavljajo vgrajeni tuneli VPN (Virtual Private Network) z različno obliko zaščite prenesenih podatkov (Virtual, 2001). Na njegov vhod USB se lahko priključi tudi video kamera za video nadzor nad geomagnetnim observatorijem.

Zaradi zmanjšanja vpliva atmosferskih prenapetosti in drugih električnih motenj so bile za premagovanje daljših razdalj znotraj geomagnetnega observatorija izbrane optične povezave. Vse preostale žične povezave so bile zaradi zmanjšanja vpliva strel naknadno skrajšane na najmanjšo možno mero (Čop et al. 2014).

Sistem za zajemanje, prenos, obdelavo in shranjevanje merilnih podatkov za stalno spremljanje sprememb zemeljskega magnetnega polja, za uspešno pripravo na absolutne meritve in za daljinski nadzor instrumentov na observatoriju (Čop & Deželjin, 2013; Čop et al, 2014) je začel testno delovati aprila 2011. V letu 2012 se je zapisovalniku podatkov postopoma povečevala zanesljivost delovanja, kar vključuje tudi stalen nadzor nad komunikacijo ter poenostavljen dostop do merilnih podatkov. Na strežniku se je izboljšala končna obdelava merilnih podatkov in njihov grafični prikaz.

V letu 2014 se je sistem telemetrije postopoma dopolnjeval v načinu obdelave merilnih podatkov. Ti podatki so oblikovani tudi v formatu za pošiljanje v skoraj realnem času v mednarodno informacijsko mrežo INTERMAGNET, v mrežo za izmenjavo minutnih merilnih podatkov iz digitalnih geomagnetnih observatorijev (INTERMAGNET, 2012).

## **Zapisovalnik podatkov**

Tekom razvoja smo zapisovalnik podatkov prilagodili za beleženje merilnih rezultatov iz različnih vrst magnetometrov z različnimi hitrostmi vzorčenja, različnega načina dostopa do merilnih podatkov in različnih hitrosti njihovega prenosa. Postal je bolj univerzalen in s tem tudi preprosteje zamenljiv v primeru njegove okvare. Znižalo se je število teh enot v rezervi in skrajšali smo čas popravila na observatoriju v primeru odpovedi katerega od zapisovalnikov podatkov.

Zapisovalnik podatkov je prilagojen za zajemanje, obdelavo in prenos merilnih podatkov iz magnetometrov do strežnika geomagnetnega observatorija. Posamezna enota mora prenesti informacijsko vsebino v kodi ASCII do 7 MB na dan. Ob upoštevanju, da je mogoče tako obliko informacije stisniti na velikost, ki je do petkrat manjša od prvotne, je

prenesena količina podatkov do 50 MB na mesec. Taka ocena velja tudi v primeru najbolj zahtevnega prenosa podatkov v binarni obliki, ki se ne dajo stisniti toliko kot kodirani podatki. Dodatni natančnejši izračuni in pa testiranja so pokazala, da se lahko količino prenesenih podatkov na mesečnem nivoju omeji na okoli 30 MB. Tak prenos merilnih podatkov iz magnetometrov na observatoriju je zadovoljiv, če je na observatoriju dostopen eden od standardnih nizko cenovnih načinov paketnega prenosa podatkov, kot npr. GSM (Global System for Mobile Communications) 2G/3G (Generation) ali ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line).

V zapisovalnik podatkov vgrajeni vgradni računalnik poganja operacijski sistem Linux. Slednji je nameščen na vgrajenem pomnilniku tipa CF. Operacijski sistem je prilagojen možnosti nenadzorovanega ponovnega zagona sistema zaradi izpada napajanja ali zaradi odklopa brez predhodnega ustavljanja (shut-down procedure). Zato je operacijski sistem naložen na zunanjem pomnilniku v bralnem načinu (read-only). To tudi zmanjšuje obrabo, kakor tudi zmanjšuje možnost okvare kartice CF. Do take okvare pride v primeru izpada električnega napajanja med pisanjem na kartico CF. Ker pa je bilo potrebno na zunanji pomnilnik začasno shranjevati tudi izmerjene podatke, se je pomnilniška kartica CF v zapisovalniku podatkov izkazala kot njen najmanj zanesljiv sestavni del. Zato smo tisti del standardne pomnilniške kartice CF, ki smo jo uporabljali tudi kot dinamični pomnilnik, zamenjali s ključem USB.

Zunanji pomnilnik na ključu USB uporabljamo kot bralni pomnilnik (read-only) obsežnega datotečnega zapisa. Ta rešitev je bila uporabljena zaradi njegove nizke cene in enostavnosti prenosa podatkov. Izkazal se je kot zanesljivejši zunanji pomnilnik za začasni zapis merilnih podatkov odpredhodno uporabljene pomnilniške kartice CF.

Kljub skrbno načrtovani arhitekturi telemetrije še vedno obstaja možnost, da pride do daljše prekinitve prenosa podatkov. V tem primeru upravljavec observatorija uporabi kar ključek USB iz zapisovalnika podatkov za prenos merilnih podatkov na njegov računalnik. Na enak način lahko pride do merilnih podatkov o spremembi zemeljskega magnetnega polja na samem observatoriju v času absolutnih meritev. Da pa ne bi nastala vrzel v datoteki z merilnimi podatki zveznih meritev (variometric data) zaradi izklopa celotnega zapisovalnika podatkov ali zaradi daljšega izklopa njegovega ključka USB, je predvidena možnost vzporedne vezave več zapisovalnikov podatkov na isti instrument.

## **Prenos merilnih podatkov po omrežju GSM**

Za prenos merilnih podatkov od geomagnetnega observatorija do strežnika se uporablja brezžični paketni prenos podatkov. Cenovno ugodna tehnologija omogoča tak prenos, ki ponuja pri manjših stroških za prenos podatkov tudi povečano varnost pred atmosferskimi prenapetostmi. Je pa tak prenos omejen tako po hitrosti kot tudi po količini prenesenih informacij. Namenjen je predvsem poslovnim uporabnikom za prenos podatkov iz oddaljenih lokacij v realnem času (Round, 2010). Izkorišča že obstoječe brezžično omrežje ponudnika storitve za digitalno komunikacijo. Pri uporabi takega načina prenosa merilnih podatkov smo v letu 2014 začela registrirati tudi vrednost signala RSSI (Received Signal Strength Indication, RX level) (Nicholson, 2012) na mikrovalovni anteni modema za brezžično digitalno komunikacijo, ki je vgrajen v usmerjevalnik (ConnectPort, 2013).

Za prenos digitalnih podatkov po brezžičnem omrežju se uporablja nosilni signal izjemno visoke frekvence UHF (Ultra High Frequency) od 0,3 GHz do do 3 GHz in valovne dolžine od 1 m do 1 dm (Radio, 2014). Po standardu IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) je to frekvenčno področje mikrovalov in sicer dveh območij radarskih valov: L (1 GHz – 2 GHz) in S (2 GHz – 4 GHz). Ti se na zemeljski površini

uporabljajo v mobilni telefoniji, za oddajanje digitalnega radia, v brezžičnih računalniških omrežjih in za nadzorne sisteme v pomorstvu in letalstvu.

Ker se mikrovalovi v prostoru širijo premočrtno, je njihov doseg odvisen od vremenskih razmer vzdolž poti njihovega širjenja. Hitrost njihovega širjenja je odvisna od temperature in vlažnosti zraka ter zračnega tlaka (Cook, 1986). Na širjenje mikrovalov v troposferi pa ne vplivajo samo lastnosti zraka in padavine, temveč tudi neposredno sevanje Sonca: visoko energetskih žarov X in visoko energetskih elementarnih delcev ali kozmičnih žarkov. Pri uporabi mikrovalov za neposredno komunikacijo med oddajno in sprejemno anteno so najpomembnejši neposredni valovi, vendar so pri tem pomembni tudi odbiti valovi. Pri odboju na kopnem se ti valovi razpršujejo, zato doseže sprejemno anteno le manjši del te odbite energije. Odbiti valovi tudi potujejo po daljši poti do sprejemne antene od tistih neposrednih in če je ta pot lihi mnogokratnih polovice valovne dolžine, se vala med seboj dušita. Padavine mikrovalove razpršujejo in jih v dobršni meri tudi vpijajo. Drobne kaplje vode, delci prahu in peska, toča, sneg in ledeni kristali v zraku zmanjšujejo energijo mikrovalov na njihovi poti tem bolj, čim višja je njihova frekvenca oziroma krajša valovna dolžina.

## Zaključek

Primernejša rešitev za zanesljivejše in hitrejše prenašanje merilnih podatkov ter hitrejši in zanesljivejši dostop do zapisovalnika podatkov bi bil priključek observatorija na javno komunikacijsko omrežje preko optičnega kabla. Pri tem bi bila ohranjena zahtevana galvanska ločitev zaradi prenapetostne zaščite, bi pa optična povezava omogočila priklop dodatnih magnetometrov in ostalih potrebnih merilnih instrumentov. S priklopom nadzornih video kamer, kar bi omogočila optična povezava z javnim komunikacijskim omrežjem, bi bil lažji daljinski nadzor observatorija in njegovo daljinsko vzdrževanje.

Z nadaljnjimi sistematičnimi meritvami jakosti signala RSSI na mikrovalovni anteni obstoječega modema na observatoriju za brezžični paketni prenos podatkov bi lahko dokazali, da na širjenje mikrovalov v troposferi vplivajo ne samo lastnost zraka in padavine, temveč tudi neposredno sevanje Sonca.

## Literatura

- ConnectPort WAN Family; Multifunction 3G Wireless WAN Routers. (2013). Digi International.
- Cook, P. N. (1986). *Microwave Principles and Systems*. New Jersey (US): Prentice Hall.
- Čop, R. Deželjin, D. (2012). Prvo leto delovanja geomagnetnega observatorija pod Sinjim vrhom nad Ajdovščino. Raziskave s področja geodezije in geofizike 2011. Zbornik predavanj. Urednik Miran Kuhar. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 57-62.
- Čop, R. Deželjin, D. (2013). Transmission of Measuring Data from the Sinji vrh Geomagnetic Observatory. *Proceeding of the XVth IAGA Workshop on Geomagnetic Observatory Instruments, Data Acquisition, and Processing*. Edited by: Pavel Hejda, Arnaud Chulliat, Manuel Catalan. Extended Abstract Volume. San Fernadno; Cadiz (Spain): Real Instituto y Observatorio de la Armada, June 4th – 14 th, 2012. *Boletion Roa*, 3 (13), 160-164.
- Čop, R. Milev, G. Deželjin, D. Kosmač, J. (2014). Protection against lightning at a geomagnetic observatory. *Geosci. Instrum. Method. Data Syst.*, 3, 135-141.
- INTERMAGNET Technical Reference Manual. (2012). Version 4.6. Edited by Benoît St-Louis. Edinburgh (UK): British Geological Survey.
- Jankowski, J., Sucksdorff, C. (1996). *IAGA Guide for Magnetic Measurements and Observatory Practice*. International Association of Geomagnetism and Aeronomy.

- Kraker, P. Štern, A. Bešter, J. Čop, R. (2008). Telemetric System for Geomagnetic Field Monitoring. International scientific conference on Magnetism – Geomagnetism – Biomagnetism MGB – 2008, Sežana 7 – 8 November 2008. Conference Proceedings - MGB 2008, Sežana: Higher Education Centre Sežana; Laboratory for Geomagnetism and Aeronomy International Conference on Magnetism, Geomagnetism and Biomagnetism, 65-78.
- Love, J. J. (2008). Magnetic monitoring of Earth and space. *Physics Today Online*, 61 (2), 31-37.
- microATX Motherboard Interface Specification. (2004). Version 1.2. Intel.
- Nicholson, M. (2012). DIGI Connect Mobile Status Management. Digi International Part Number: 40002846\_A. Minnetonka (US): Digi International.
- PC Engines; ALIX.3c3/alix.3d3 system boards. (2010). Glattbrugg(CH): PC Engines.
- Radio spectrum. (2014). Wikipedia the Free Encyclopedia.  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Radio\\_spectrum#IEEE](http://en.wikipedia.org/wiki/Radio_spectrum#IEEE) (13.12.2014)
- Round the clock control of your fleet. Bransys allows you to successfully manage your business with real-time data. (2010). Application Area: GPS locating and tracking. Bransys VIP Operator – Member of Telekom Austria Group M2M.
- Sumaruk, P. Yu. Starostenko, I. V. Legostaeva V. O. (2014). Geomagnetic observatories of Ukraine in the Global Network INTERMAGNET, *Russ. J. Earth. Sci.*, X, 12 (2), ES2002, doi:10.2205/2011ES000506.
- Virtual Private Networking: An Overview. (2001). Microsoft. <http://technet.microsoft.com/en-us/library/bb742566.aspx> (13.12. 2014)
- Wienert, K.A. (1970). Notes on geomagnetic observatory and survey practice. Earth sciences. Brussels: UNESCO.