

Slovenská priestorová obsevačná služba

Ing. Elena Šalátová, Ing. Miroslav Roháček, Bc. Miroslav Steinhübel

Odbor geodetických základov, Geodetický a kartografický ústav Bratislava,
Chlumeckého 4, 827 45 Bratislava
salatova@gku.sk, rohacek@gku.sk, steinhubel@gku.sk

Abstrakt. V decembri 2006 sme spustili Slovenskú priestorovú obsevačnú službu – **SKPOS**, ktorá zabezpečuje jednotné georeferencovanie objektov, javov v priestore v geodetickom systéme ETRS89.

Kľúčové slová: **SKPOS** – slovenská priestorová obsevačná služba využívajúca globálne navigačné satelitné systémy (GNSS)

1 Základné fakty o **SKPOS**

Zákon č. 423/2003 Z. z. z 22. septembra 2003, ktorým sa mení a dopĺňa zákon Národnej rady Slovenskej republiky č. 215/1995 Z. z. o geodézii a kartografii a o zmene a doplnení zákona č. 455/1991 Zb. o živnostenskom podnikaní (živnostenský zákon) v znení neskorších predpisov sa novo definujú v § 2 odsek 16:

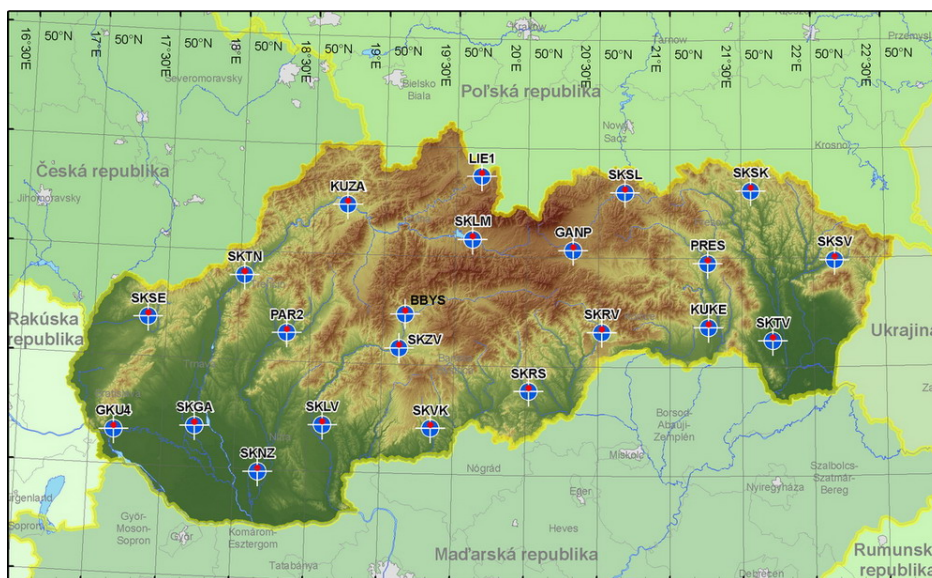
- permanentná služba globálnych navigačných satelitných systémov je sieť kooperujúcich staníc, ktorá spracúva a v reálnom čase poskytuje geocentrické súradnice na presnú lokalizáciu objektov a javov.

V rámci rozpočtových možností na zabezpečení uvedenej zákonnej úlohy je základný variant postavený na zriadení 21 staníc (Obr. 1) prijímačmi GNSS umožňujúcimi príjem signálov L1, L2 (vrátane L2C) a L5 NAVSTAR GPS a L1/L2 GLONASS a ich priame pripojenie na rezortnú VPN - WAN. Softvérové rozhranie zabezpečuje správu, kontrolu, spracovanie a poskytovanie údajov **SKPOS** [1], [2]. Je prevádzkované hardvérom postavenom na blade technológii s pripojením na centrálné údajové úložisko (dátové pole).

Stanice sú rozmiestnené vo vzájomnej odľahlosti 33 - 83 km tak, aby služba poskytovala dostatočnú presnosť v režime RTK (real time kinematic) na katastrálne mapovanie, t.j. subdecimetrovú presnosť. Na garanciu vyššej presnosti v reálnom čase je nevyhnutné najväčšiu vzájomnú odľahlosť staníc znížiť v hornej hranici na 50 - 60 km vybudovaním ďalších staníc.

Z 21 staníc je 18 bodov vybudovaných na nosných častiach striech budov, ktoré sú v správe rezortu ÚGKK SR. Body sú osadené meračskými značkami závislej centrácie, do ktorej je osadzovaná centračná tyč na stabilizáciu antény. V úrovni terénu na objekte sú stabilizované aj výškové značky. Voľba tohto typu stabilizácie bola volená s ohľadom na možnosti pripojenia na rezortnú VPN - WAN sieť

a zníženia nákladov. Zatiaľ iba tri body (štvrtý BBYS) boli realizované špeciálnou hĺbkovou stabilizáciou s ukončením vo forme piliera so značkou závislej centrácie, a to Gánovce [3], Liesek a bod v Malých Bieliciach pri Partizánskom. Na týchto bodoch predpokladáme sledovanie aj geodynamických zmien.



Obr. 1 Schéma staníc **SKPOS**

V prvej etape **SKPOS** je spracovávané sieťové riešenie (koncept virtuálnych referenčných staníc VRS) z 21 staníc, ktoré je poskytované v ročnej skúšobnej prevádzke všetkým registrovaným používateľom. Na zvýšenie spoľahlivosti služby v prihraničných oblastiach, ale aj z dôvodu homogénneho spojenia medzi **SKPOS** a obdobnými národnými službami susedných štátov dochádza k postupnému pripájaniu blízkych zahraničných staníc k záložnému, (testovaciemu) spracovaniu **SKPOS**. Táto medzinárodná výmena údajov je recipročná a je podložená medzinárodnými dohodami podpísanými na úrovni národných prevádzkovateľov služieb. V súčasnosti sú podpísané dohody s rakúskym BEV Viedeň a službou APOS, českým Zeměměřickým úřadom a službou CZEPOS, maďarským FÖMI Budapešť a službou GPSNET.HU. Po dobudovaní poľskej služby ASG-EUPOS sa predpokladá podpis dohody aj s našim severným susedom, pravdepodobne ešte v tomto roku.

Predmetom výmeny sú predovšetkým údaje z národných referenčných staníc vymieňané v reálnom čase prostredníctvom internetu. Údaje zatiaľ využívame len v testovacom režime sieťového spracovania - 33 staníc a výsledky neposkytujeme používateľom **SKPOS**. Dôvodom je, že na výmenu údajov medzi jednotlivými národnými spracovateľskými centrami sa využívajú verejné internetové komunikačné linky, ktoré zatiaľ nespĺňajú požiadavky na rýchlosť prenosov. Na zabezpečenie deklarovanej presnosti **SKPOS** v reálnom čase nesmie byť oneskorenie v prenose nameraných údajov do spracovateľského centra väčšie ako 1 - 2 sek. a predovšetkým

prenos musí byť kontinuálny. Zatiaľ jedinou externou stanicou **SKPOS** je stanica BBYS, zaradená aj do EPN, ktorú zabezpečuje Topografický ústav Banská Bystrica, zatiaľ len s príjmom signálov z družíc NAVSTAR GPS.

V **SKPOS** je použitý štandard na umiestnenie referenčných staníc, ktorý sa riadi odporúčaniami na zriadenie EPN stanice [4]:

- vybavenie geodetickým GNSS prijímačom. Na všetkých stanicach sú umiestnené duálne prijímače Trimble NETR5.
- Anténa so submilimetrovou stabilitou fázového centra s individuálnou kalibráciou na robote umiestnená na stabilnom objekte. Na všetkých stanicach sú umiestnené antény Trimble Zephyr Geodetic Model 2. Zatiaľ len dve antény boli kalibrované absolútnou kalibráciou na robote, predpokladá sa postupná kalibrácia všetkých antén.
- Vysoká stabilita konštrukcie na uchytenie antény. Na všetkých stanicach je anténa umiestnená na pevnej centračnej tyči 38,3 cm dlhej, stabilizovanej v meračskej značke osadenej modulom závislej centrácie.
- Minimálne prekážky obmedzujúce príjem signálu z družíc boli pri výbere bodov zohľadnené.
- Obmedzenie negatívnych efektov blízkeho okolia pre vznik multipath. Pred osadením staníc boli na bodoch vykonané merania spektrálnym analyzátorom, podľa ktorého neboli preukázané rušivé vplyvy.
- Prenos údajov z referenčnej stanice do národného spracovateľského centra prostredníctvom rezortnej virtuálnej privátnej siete s minimálnymi výpadkami a oneskorením menším ako 0,5 s.

Prijímače majú možnosť ukladania dát v internej pamäti, takže v prípade výpadku komunikačných liniek údaje pre postprocessing zostávajú zachované. Prijímač má svoju IP adresu v rámci VPS - WAN a takto je diaľkovo konfigurovateľný a riadený priamo zo servisného centra.

2 Objem prenesených údajov rôznymi formátmi RTCM

Z hľadiska efektivity a zaťaženia komunikačných liniek (GPRS) je veľmi výhodné dostať rovnako kvalitné údaje pri menšom objeme údajov ktoré sa prenášajú. Korekcie **SKPOS**-cm sa v súčasnosti vysielajú v koncepte virtuálnych referenčných staníc. Formáty údajových súborov majú rôznu veľkosť a kladú rôzne požiadavky na prenos GPRS. Služba **SKPOS** momentálne ponúka užívateľom 3 formáty a to RTCM 2.3, RTCM 3.0 a RTCM CMR+. Keďže formáty majú rôznu štruktúru, bola uskutočnená analýza za účelom ich porovnania. Do analýzy boli zahrnutí 10 najaktívnejší užívatelia (podľa objemu prenesených údajov) získavajúci údaje v každom z ponúkaných formátov. Vstupné údaje boli aplikované z obdobia 1.1.2007 – 31.5.2007. V tabuľkách 1.– 3. sa nachádzajú priemery hodnôt objemu prenesených údajov za 1 s v jednotlivých formátoch.

Tabuľka 1. Hodnoty objemu prenesených údajov za 1 s vo formáte RTCM 2.3

p.č.	meno užívateľa	objem [bit]	čas [hod]	čas [s]	objem/čas [bit/s]
1	Užívateľ 1	453363958	199,891940	719610,9840	630,0125597
2	Užívateľ 2	350446775	166,802504	600489,0144	583,6023084
3	Užívateľ 3	336854425	156,669170	564009,0120	597,2500755
4	Užívateľ 4	245029405	110,451117	397624,0212	616,2339093
5	Užívateľ 5	226304815	104,610563	376598,0268	600,9187486
6	Užívateľ 6	189655037	88,962500	320265,0000	592,1815902
7	Užívateľ 7	169971903	77,728884	279823,9824	607,4243585
8	Užívateľ 8	137335492	65,207779	234748,0044	585,0336933
9	Užívateľ 9	103398854	50,136393	180491,0148	572,8753540
10	Užívateľ 10	103035976	49,523052	178282,9872	577,9349876
	spolu	2315396640	1069,983902	3851942,0470	601,0985138

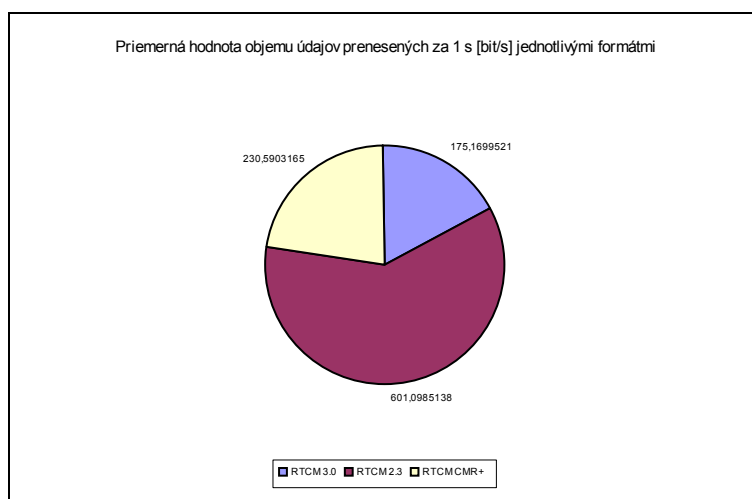
Tabuľka 2. Hodnoty objemu prenesených údajov za 1 s vo formáte RTCM 3.0

p.č.	meno užívateľa	objem [bit]	čas [hod]	čas [s]	objem/čas [bit/s]
1	Užívateľ 1	149297915	231,66029	833977,044	179,0192141
2	Užívateľ 2	149090801	229,34056	825626,016	180,5790977
3	Užívateľ 3	117004878	180,59167	650130,012	179,9715070
4	Užívateľ 4	105350054	173,91972	626110,992	168,2609878
5	Užívateľ 5	97159799	162,10849	583590,564	166,4862405
6	Užívateľ 6	95430837	152,72805	549820,983	173,5671061
7	Užívateľ 7	88742441	140,09945	504358,020	175,9512836
8	Užívateľ 8	80563058	128,28139	461813,004	174,4495224
9	Užívateľ 9	65803906	104,41610	375897,960	175,0578960
10	Užívateľ 10	64493126	103,13055	371269,980	173,7095092
	spolu	1012936815	1606,27627	5782594,576	175,1699521

Na Obr. 2. je graf, ktorý znázorňuje že, pri formáte RTCM 2.3 sa za 1 sekundu musí preniesť 3 - 4x väčší objem údajov ako pri zvyšných dvoch formátoch. VRS RTCM 2.3 teda posielajú užívateľovi údaje o objeme cca 600 bitov za sekundu, VRS RTCM 3.0 cca 175 bitov za sekundu a VRS RTCM CMR+ cca 230 bitov za sekundu. Užívateľom, ako aj prevádzkovateľovi služby **SKPOS** je preto výhodné prejsť na formáty – RTCM CMR+, resp. RTCM 3.0.

Tabuľka 3. Hodnoty objemu prenesených údajov za 1 s vo formáte RTCM CMR+

p.č.	meno užívateľa	objem [bit]	čas [hod]	čas [s]	objem/čas [bit/s]
1	Užívateľ 1	348545823	423,78160	1525613,7600	228,4626897
2	Užívateľ 2	149899723	155,81333	560927,9880	267,2352356
3	Užívateľ 3	118839512	143,99722	518389,9920	229,2473115
4	Užívateľ 4	90853039	113,77167	409578,0120	221,8210850
5	Užívateľ 5	80486330	101,91583	366896,9880	219,3703754
6	Užívateľ 6	65944133	83,183060	299459,0160	220,2108785
7	Užívateľ 7	68941489	82,561939	297222,9804	231,9520816
8	Užívateľ 8	63567045	77,681386	279652,9896	227,3068673
9	Užívateľ 9	41154752	50,720002	182592,0072	225,3918593
10	Užívateľ 10	40319934	53,791672	193650,0192	208,2103279
	spolu	1068551780	1287,21771	4633983,752	230,5903165



Obr. 2. Priemerná hodnota objemu údajov prenesených za 1 s [bit/s] jednotlivými formátmi

3 Kontrola vplyvu mikrovlnnej antény internetu v blízkosti antény GNSS

Umiestnenie mikrovlnnej antény pre internet v blízkosti antény na referenčnej stanici v Galante vyvolalo pochybnosti o tom, či výrazne neklesne kvalita prijímaného signálu GNSS. V dňoch 2.8. - 8.8.2007 sa uskutočnilo testovanie kvality pomocou

modulu Raw Data Analysis riadiaceho softvéru GPSNet. Test pozostával z porovnania kvality signálu v čase, keď bola mikrovlnná anténa aktívna a v čase jej neaktivity (dni 4.8. a 5.8.2007). Percentuálny vplyv chybných sekundových záznamov signálu GNSS pri aktívnej a neaktívnej mikrovlnnej anténe ako aj ich porovnanie, sa nachádza v Tabuľke 4.

Tabuľka 4. Porovnanie kvality signálu na referenčnej stanici SKGA

	Bad on L1	Bad on L2	No Eph.	Data Gap	Few Data	Unresolved Cycle Slip
s mikr. anténou [%]	0,651	13,732	5,861	0,124	0,351	0,134
bez mikr. antény [%]	0,549	13,377	6,880	0,124	0,300	0,150
rozdiel [%]	0,102	0,355	-1,019	0,000	0,051	-0,016

kde: *Bad on L1* sú chýbajúce záznamy na nosnej frekvencii L1,
Bad on L2 sú chýbajúce záznamy na nosnej frekvencii L2,
No eph. je počet chýbajúcich efemerid,
Data Gap je počet príliš dlhých intervalov medzi záznamami,
Few Data je počet príliš malých záznamov,
Unresolved Cycle Slip je počet nevyriešených cycle slipov

Ako je vidieť z tohto testu, vplyv mikrovlnnej antény internetu v blízkosti referenčnej stanice sa na kvalite príjmu signálu GNSS neprejavil. Maximálny rozdiel činí iba 1 percento.

4 Poskytovanie služieb a produktov SKPOS

SKPOS pokrýva svojimi službami SKPOS-cm, SKPOS-dm a SKPOS-mm celé územie Slovenska. Sú poskytované v medzinárodných štandardizovaných formátoch a preto sú kompatibilné so všetkými bežnými rovermi a spracovateľskými softvérmi. Presnosť merania môže byť ovplyvnená:

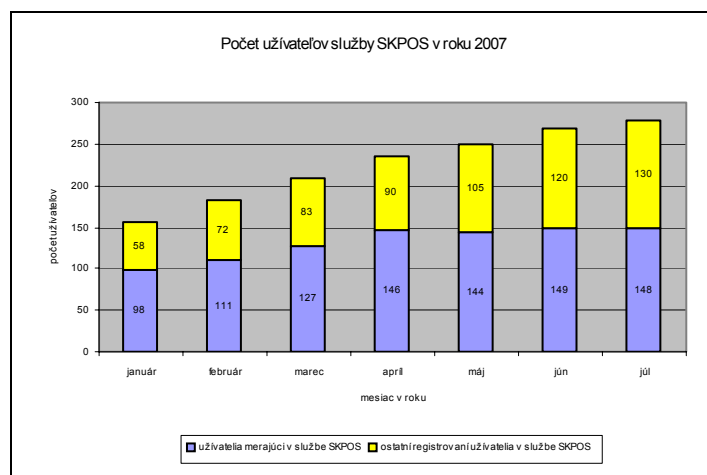
- počtom satelitov a ich rozložením. Na dosiahnutie deklarovanej presnosti sa odporúča počet satelitov ≥ 5 , PDOP ≤ 6 , SNR ≥ 4 ,
- meraním v čase 1-2 hodín po východe slnka,
- okolím (zákryty, odrazy, rušivé signály, ...),
- kvalitou príjmu signálov GNSS na referenčných stanicach,
- neočakávanými lokálnymi vonkajšími vplyvmi prostredia pri referenčných stanicach (sneh, ľad, búrky, interferencia signálov prechádzajúcich v blízkosti prekážok, ...),
- kvalitou prístrojového vybavenia používateľa.

Na prácu v reálnom čase **SKPOS** poskytuje dve služby. SKPOS-cm sú korekcie na princípe RTK a sú využiteľné dvojfrekvenčnými GNSS prijímačmi. SKPOS-dm poskytuje korekcie na princípe DGNSS a je využiteľná jednofrekvenčnými prijímačmi s fázovými alebo len s kódovými meraniami. Používateľom sa poskytujú v súčasnosti výlučne cez internet, a to cez jeho mobilný variant prostredníctvom

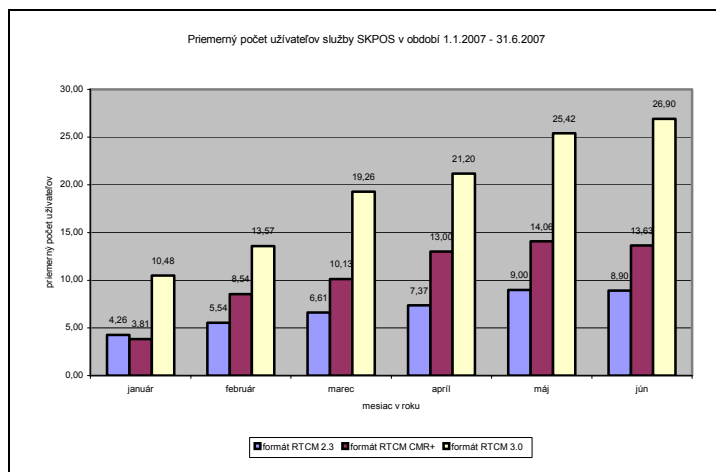
GPRS/UMTS. Používa sa na to protokol NTRIP (Networked Transfer of RTCM via Internet Protocol). Používatelia sa prihlasujú svojim používateľským menom a heslom. Služba GPRS/EDGE/UMTS nemá u nás zatiaľ celoplošné pokrytie, čo musia používatelia brať do úvahy. S poskytovaním korekcií cez hlasovú službu GSM sa z dôvodu finančnej náročnosti neuvažuje.

5 Užívatelia služby SKPOS – niečo zo štatistík

Registrácia používateľov do služby **SKPOS** bola zahájená dňa 1.11.2006. Počet registrovaných užívateľov postupne prekročil prvú aj druhú stovku. Na Obr 3. je znázornený počet užívateľov služby **SKPOS** od januára do júla tohto roku. Do kategórie užívatelia merajúci v službe **SKPOS** boli zaradení tí, ktorí v danom mesiaci aspoň 1x merali v reálnom čase. V kategórii ostatných registrovaných užívateľov sú tí, ktorí využívali údaje pre postprocessing pomocou web rozhrania **SKPOS**, ako aj tí, ktorí sa iba zaregistrovali.



Obr 3. Počet užívateľov služby **SKPOS** v roku 2007



Obr 4. Priemerný počet užívateľov služby **SKPOS** v období 1.1.2007 – 31.6.2007

Pre názornejšie vysvetlenie využívania služby **SKPOS** je na Obr 4. znázornený priemerný počet užívateľov využívajúcich jednotlivé prenosové formáty. Údaj 26,90 v júni nám hovorí, že v tomto mesiaci využívalo prenosový formát RTCM 3.0 skoro 27 užívateľov denne (do štatistiky sú započítané aj víkendy). Spolu teda v mesiaci jún meralo denne v priemere 50 aktívnych užívateľov.

6 Záver

SKPOS je vybavená najnovšou technikou a technológiou, čo je jednou zo záruk kvality pre najbližšie obdobie. To ale neznamená, že **SKPOS** v tomto období nebude požadovať investície do jej rozvoja a hlavne zabezpečenia dostupnosti, kvality a spoľahlivosti. Dvadsaťjeden referenčných staníc je minimálny počet na zabezpečenie služby so subdecimetrovou presnosťou.

Prostredníctvom **SKPOS** zabezpečuje rezort geodézie presnú a homogénnu realizáciu ETRS89 na Slovensku. Existujú však aj komerční poskytovatelia podobných služieb, ktorý nemajú certifikované referenčné súradnice staníc. Tu vzniká nebezpečenstvo pre presné geodetické práce, že výsledky sa budú odlišovať.

Využitie **SKPOS** prekračuje rámec rezortu ÚGKK SR. Služba nie je budovaná len na využitie v samotnej geodézii, napriek tomu, že geodetický aspekt presnosti a spoľahlivosti bol primárny. Tá istá infraštruktúra má mnohoúčelové využitie v rôznych oblastiach, kde je potrebné predmety záujmu presne lokalizovať, monitorovať a navigovať. Ako napr. v doprave, pri tvorbe tematických GIS-ov, v poľnohospodárstve, v krízovom manažmente, v záchranných systémoch, v ochrane životného prostredia apod.

Referencie

- [1] Kolektív: *Koncepcia rozvoja geodetických základov Slovenska na roky 2006 - 2010*. Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky, 2006 Bratislava,
- [2] <http://www.skpos.gku.sk/>,
- [3] http://www.epncb.oma.be/_trackingnetwork/siteinfo4onestation.php?station=GAN_P_11515M001
- [4] http://www.epncb.oma.be/_organisation/guidelines/guidelines_station_operational_centre.pdf