

TNPS – TERESTRIČNI OMREŽNI POLOŽAJNI SISTEM

TNPS – TERRESTRIAL NETWORKED POSITIONING SYSTEM

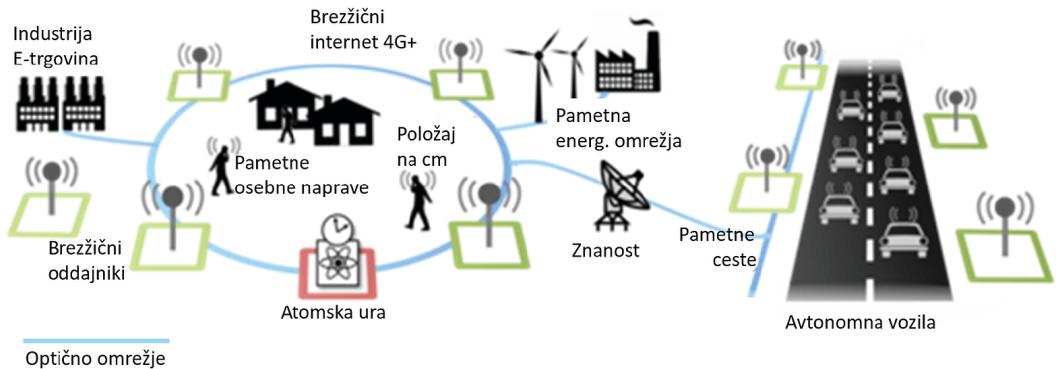
Joc Triglav

1 UVOD

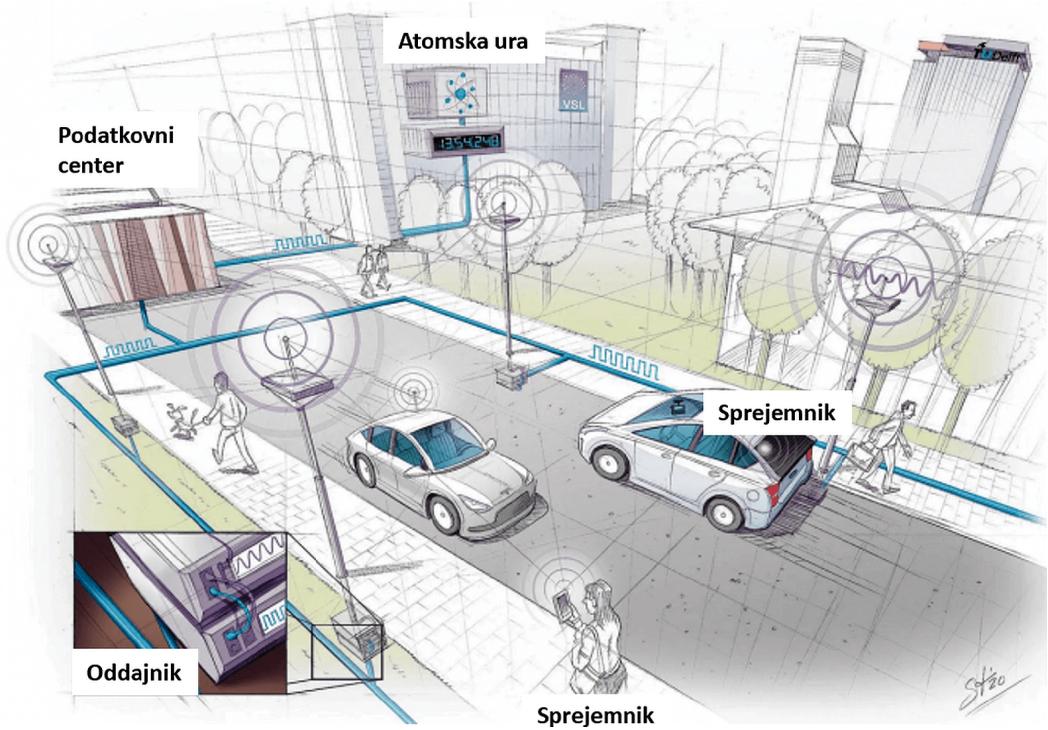
V članku o starih geodetskih točkah smo opisali podzemni zaklad geodetov, v tem prispevku pa samo na hitro poglejmo obetavno alternativo GNSS vesoljskemu zakladu geodetov. V znanstveni reviji Nature je bil sredi novembra objavljen članek o hibridnem optično-brezžičnem omrežju za decimetrsko terestrično določanje položaja (Koelemeij in sod., 2022), ki so ga v okviru projekta SuperGPS (SuperGPS, 2022) skupaj razvili sodelavci nizozemskega inštituta za meroslovje VSL (angl. *Van Swinden Laboratory*), Tehnične univerze Delft in Svobodne univerze Amsterdam. Navigacijski sistem z decimetrsko ali boljšo točnostjo je posebej razvito hibridno mobilno omrežje in ponuja vpogled v prihodnost tehnološkega razvoja, v kateri telekomunikacijska omrežja ne bodo zagotavljala le povezljivosti, ampak bodo tudi podpirala časovno in položajno odvisne aplikacije veliko hitreje in točneje kot sedanji globalni sistemi satelitske navigacije – GNSS, še posebej na urbanih območjih, kjer satelitske navigacijske signale ovirajo stavbe, bodisi jih neposredno blokirajo ali zaradi odboja signala od stavb povzročajo učinek večpotja signalov.

2 HIBRIDNO OPTIČNO BREZŽIČNO OMREŽJE ZA DECIMETRSKO TERESTRIČNO DOLOČANJE POLOŽAJA

Sodelavci projekta SuperGPS so si zastavili nalogu, da z nekaj inovativnimi prilagoditvami nadgradijo telekomunikacijsko omrežje v zelo točno omrežje za določanje položaja. Ena od teh je inovacija inštituta VSL za povezavo mobilnega omrežja z atomsko uro visoke točnosti, ki omogoča sistemu pošiljanje časovnih signalov visoke točnosti za določanje položaja, približno tako kot to počnejo atomske ure, vgrajene v GNSS-satelite. SuperGPS omogoča po optičnem omrežju hkratni prenos podatkov, časa in referenčnih frekvenc s točnostjo 10 pikosekund ($1 \text{ pikosekunda} = 10^{-12} \text{ s} = 0,000\,000\,000\,001 \text{ s}$) in relativno stabilnostjo $1 : 10^{18}$ ter določanje položaja vsaj na en decimeter točno. V primerjavi z GNSS-ji opisani sistem uporablja radijski signal bistveno večje pasovne širine na več ožjih pasovnih širinah, razporejenih v veliko virtualno pasovno širino. Tako signali dejansko uporabljajo le majhen del radijskega spektra in so bolj podobni načinu uporabe v mobilnih omrežjih. Prenos časovnega signala poteka preko obstoječega optičnega omrežja. Tako se optično omrežje spremeni v atomsko uro, njen izjemno točni časovni signal pa je neposredno dosegljiv uporabnikom na celotnem območju države za različne načine uporabe, med njimi tudi za točno določanje položaja uporabnikov mobilnega omrežja (slike 1 in 2).



Slika 1: Osnova sistema SuperGPS je hibridno optično brezžično omrežje za točno določanje položaja, navigacijo in omrežne sinhronizacije za številne obstoječe in bodoče aplikacije. Modre linije na sliki so optične povezave telekomunikacijskega omrežja, sinhronizirane s točno atomsko uro (rdeči kvadrati). Sinhronizirano optično omrežje pa je hrbtnica brezžičnega terestričnega položajnega sistema (zeleni kvadrati). Vir: SuperGPS, 2022.



Slika 2: Sistem SuperGPS spreminja obstoječe mobilno omrežje v atomsko uro, dostopno na celotnem državnem ozemlju, in s tem odpira možnosti novim položajno podprtим aplikacijam. Vir: SuperGPS, 2022.

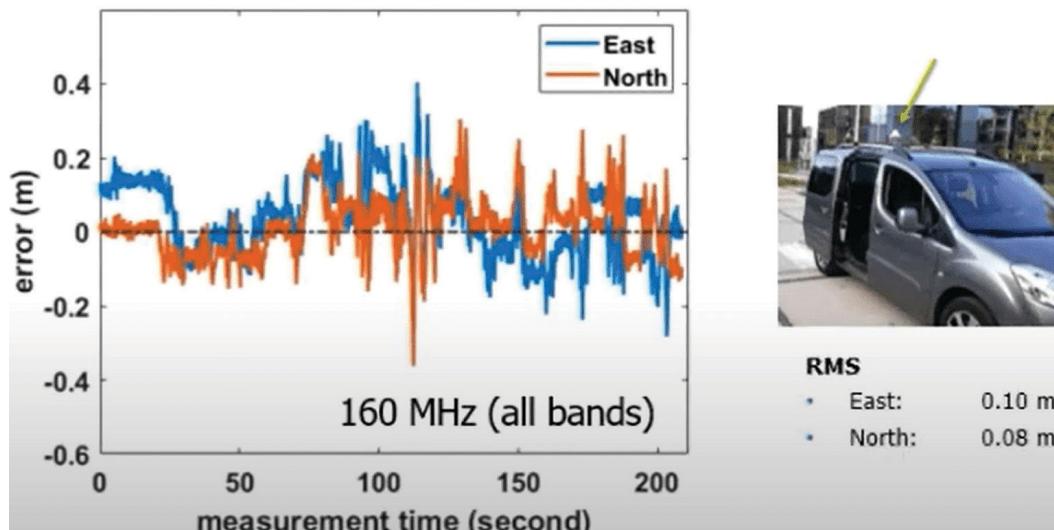
Zelo stabilna, točna in natančna ura in referenčna frekvanca se prenašata prek optičnega omrežja s tehnologijo White Rabbit, razvito v Evropskem centru za jedrske raziskave (CERN) v sodelovanju s številnimi organizacijami (White Rabbit, 2022). Optično omrežje omogoča sinhronizacijo radiofrekvenčne opreme

po celotnem omrežju. Časovni zamik med radijskimi oddajniki, sinhroniziranimi s tem omrežjem, je manjši od 100 pikosekund. Hkratni prenos radijskih signalov v brezžični medij je pravzaprav primerljiv z zemeljskimi psevdosatelitskimi prenosi, ki se uporablajo pri GNSS. Tudi podobno kot pri GNSS bo sprejemnik, na primer v vozilu na cesti in torej nepovezan z optičnim omrežjem, sinhroniziral svojo uro s sistemom z uporabo radijskih signalov SuperGPS in s tem omogočil zelo točno določanje razdalj od oddajnikov ter položaja.

3 NAMESTO ZAKLJUČKA

Ob zaključku projekta so sodelavci izbrali primerno ime tega hibridnega omrežja, in sicer Terestrični omrežni položajni sistem – TNPS (angl. *Terrestrial Networked Positioning System*). TNPS so predstavili tudi v reviji GPS World (Diouf in sod., 2022). Novembra 2022 je Nizozemski raziskovalni svet – NWO (niz. *Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek*) odobril nadaljevanje razvoja hibridnega omrežja z naslovom »Točno določanje položaja in prenosa časa z uporabo ultra širokopasovnih radijskih signalov«. O TNPS bomo torej v bližnji prihodnosti gotovo še slišali. Bralcem je poleg spodnjih pisnih virov na voljo tudi ogled petminutnega videofilma (TNPS video, 2022), v katerem sodelavci projekta predstavijo sistem in rezultate uporabe prototipa sistema na območju Green Village, kampusa TU Delft (slika 3).

TNPS positioning results



Slika 3: Rezultati točnosti določanja položaja – RMS 10 cm po E-osi in 8 cm po N-osi. Vir: TNPS video, 2022.

Literatura in viri:

Diouf, C., Dun, H., Janssen, G., Dierikx, E., Koelemeij, J., Tiberius, C. (2022). A terrestrial networked positioning system. *GPS World*, maj 2022, 44–49.

Koelemeij, J., Dun, H., Diouf, C., Dierikx, E., Janssen, G., Tiberius, C. (2022). A hybrid optical–wireless network for decimetre-level terrestrial positioning. *Nature*, 611,

- 473–478. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05315-7>.
- SuperGPS (2022). <https://www.tudelft.nl/citg/over-faculteit/afdelingen/geoscience-remote-sensing/research/projects/supergps>, pridobljeno 26. 11. 2022.
- TNPS video (2022). https://www.youtube.com/watch?v=WrO_qlnN548, pridobljeno 26. 11. 2022.
- White Rabbit (2022). <https://white-rabbit.web.cern.ch/>, pridobljeno 26. 11. 2022.

dr. Joc Triglav, univ. dipl. inž. geod.

Območna geodetska uprava Murska Sobota
Murska Sobota, Lendavska ulica 18, SI-9000 Murska Sobota
e-naslov: joc.triglav@gov.si