

Kombinirane kinematične geodetske meritve z visoko frekvenčnim zajemom podatkov

Gašper Štebe¹, Peter Krapež², Janez Podobnik², Dušan Kogoj¹

Povzetek

Za kontrolo stabilnosti objektov, na katerih pričakujemo nenehne premike in deformacije, uporabljamo merske metode, ki omogočajo kontinuirano kinematično spremljanje premikov objekta glede na stabilno okolico. Sodobni robotski tahimetri (RTS) v kinematičnem načinu merjenja omogočajo določitev položaja s frekvencami v velikostnem razredu 10 Hz. V primeru oscilacij objektov z višjimi frekvencami s takim načinom ne moremo več določiti kakovostne trajektorije objekta, s katero bi lahko opisali dejansko nihanje objekta. Obstoječe geodetske kinematične merske postopke lahko dopolnimo z uporabo inercialnih senzorjev IMU (angl. inertial measurement unit). Senzorji IMU združujejo triosni magnetometer, žiroskop ter pospeškomer in omogočajo frekvenco zajema podatkov v velikostnem razredu 1000 Hz. Z raziskovalnim delom smo analizirali ločeno kakovost rezultatov samostojnih meritev obeh sistemov (IMU in RTS) ter kakovost združenih meritev.

Pri uporabi nizkocenovnih senzorjev MEMS-IMU je treba posebno pozornost nameniti kalibraciji senzorja, ki je osnova za nadaljnje pridobivanje uporabnih rezultatov. Tako smo predlagali inovativen postopek kalibracije senzorja IMU z uporabo sodobnega robotskega tahimetra. Kljub temu pa so meritve nizkocenovnega IMU podvržene različnim vplivom šumov senzorja, kar privede do ogromnega lezenja v izračunanem položaju. Analizirali smo uporabo metod za odstranjevanje trenda lezenja položaja, kjer smo najboljše rezultate dobili s predlaganim postopkom uporabe Zero Phase filtra (ZPF).

Za združevanje meritev obeh merskih sistemov (RTS in IMU) smo razvili prototipni modul IMU, ki omogoča sočasni zajem merskih vrednosti robotskega tahimetra in nizkocenovnega senzorja IMU. Meritve obeh sistemov smo uspešno združili z uporabo razširjenega Kalmanovega filtra s postopkom glajenja z algoritmom Rauch-Tung-Striebel in z lastno predlagano metodo linearne interpolacije odstopanj (RTS+ZPF).

V sklopu raziskovalnega dela smo zasnovali več eksperimentov. S testiranjem v Laboratoriju za robotiko UL FE smo z uporabo robotske roke analizirali in potrdili primernost samostojne uporabe nizkocenovnega IMU senzorja za določanje trajektorije oscilirajočega objekta v prostoru. Na UL FGG smo z uporabo potresne mize med simulacijo potresa analizirali možnosti izboljšanja kinematičnega merjenja z RTS ob sočasni uporabi meritev IMU. Ob uporabi predlaganih metod smo v našem primeru rezultate kinematičnega merjenja z RTS izboljšali za skoraj 50 %. Vse razvite metode smo testirali tudi v realnih pogojih pri spremljanju nihanja stolpa na Rašici.

Raziskovalno delo predstavlja inovativen pristop in rešitev določanja trajektorije nihajočih objektov z nadgradnjo geodetskih senzorjev z nizkocenovno rešitvijo, ki značilno izboljša rezultate kinematičnih meritev.

Ključne besede: Robotski tahimeter, kinematične meritve, IMU

Key words: robotic total station, kinematic measurements, IMU

¹ Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova c. 2, Ljubljana

² Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Tržaška c. 25, Ljubljana