

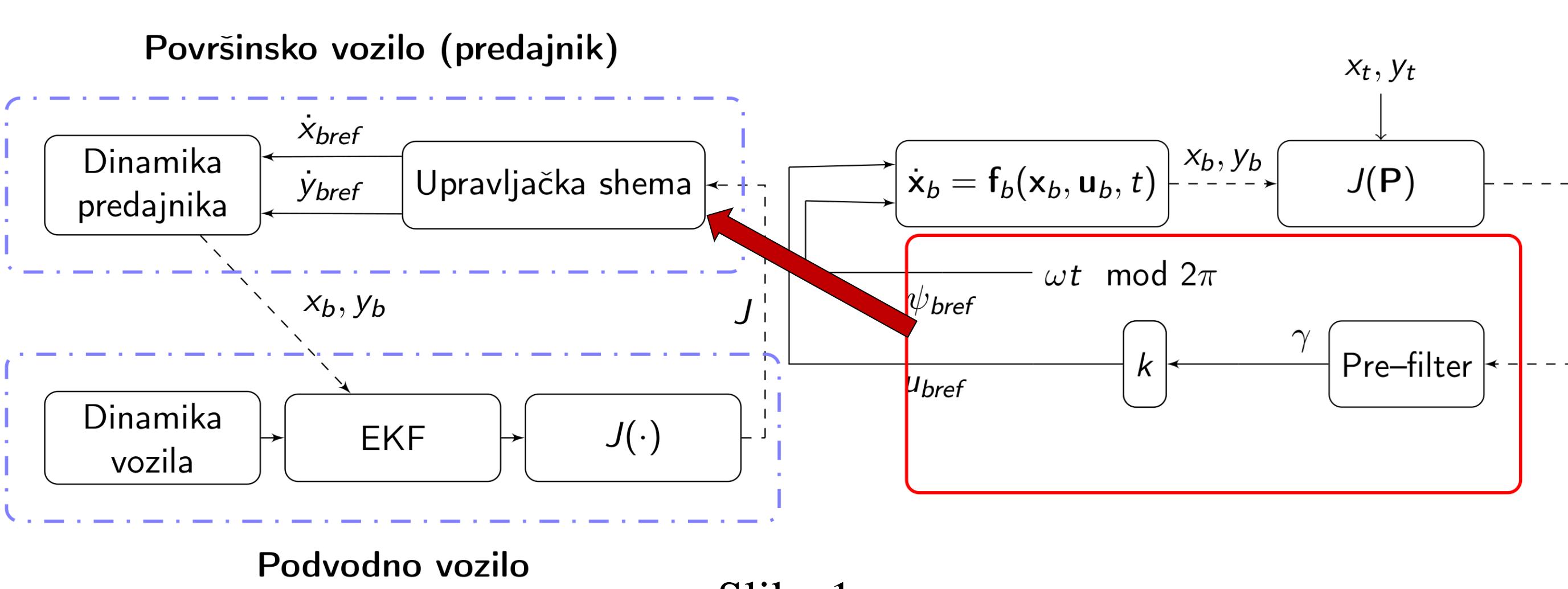
1. Uvod

Slaba propagacija elektromagnetskih signala kroz vodu onemogućava korištenje globalne satelitske navigacije za prostorno pozicioniranje i stoga se u podvodnom okruženju koriste akustičke tehnike lokalizacije i navigacije. Trošak senzora, koji se uobičajeno koriste za podvodnu lokalizaciju, značajna je stavka ukupne cijene vozila. Cilj rada je razviti algoritme za podvodnu lokalizaciju te poboljšanje podvodne lokalizacije koji se izvode u realnom vremenu korištenjem cjenovno pristupačnih senzora. Slijedom toga, u sklopu disertacije istražuje se:

- Algoritam upravljanja autonomnim plovilom s ciljem povećanja pokazatelja osmotrivosti navigacijskog sustava na podvodnom vozilu koje koristi jednostruka mjerjenja udaljenosti od predajnika na autonomnom plovilu.
- Algoritam za lokalizaciju povodnog izvora akustičkoga signala korištenjem razlike vremena dolaska signala.

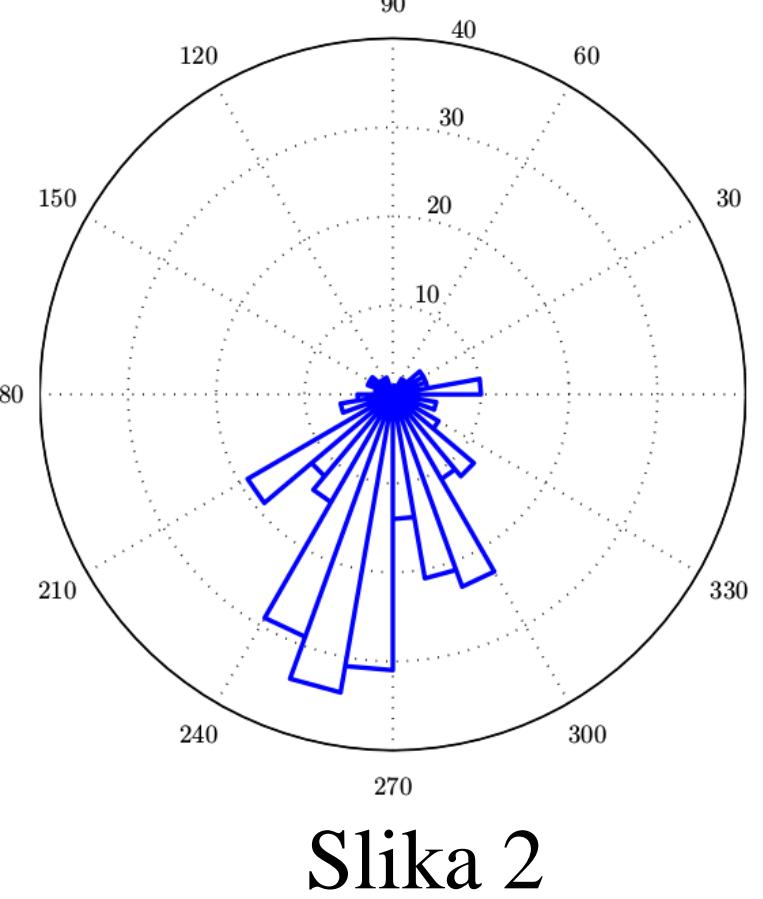
2. Upravljanje mobilnim predajnikom s ciljem povećanja osmotrivosti pri navigaciji jednostrukim mjerjenjima udaljenosti

Navigaciju vozila moguće je ostvariti korištenjem jednostrukih mjerjenja udaljenosti u odnosu na mobilni predajnik koja se izračunavaju mjerjenjem vremena koje je potrebno akustičkom signalu da preveli put od prijemnika do predajnika, te poznate brzine propagacije zvuka pod vodom. Pritom, nužno je ostvariti trajektoriju predajnika koja osigurava osmotrvost sustava navigacije.



Slika 1

Rad predloženoga upravljačkoga algoritma sastoji se od sljedećih koraka. Mobilni predajnik akustički šalje svoj položaj (x_b, y_b) podvodnom vozilu. Vozilo koristi položaj predajnika i mjerjenje udaljenosti kako bi estimirao svoju poziciju (EKF), te se na temelju trenutne kovarijance izračunava pokazatelj osmotrvosti (J). Pokazatelj osmotrvosti se potom akustički šalje predajniku koji koristi navedenu veličinu u upravljačkoj shemi kako bi se ostvarila trajektorija za koju je sustav osmotrov. Maksimalna osmotrvost sustava postiže se kad je kut između vektora relativnog položaja i relativne brzine predajnika i vozila ± 90 stupnjeva. Eksperimentalna validacija algoritma izvršena je korištenjem autonomnih vozila Sparus i Girona 500. Iz prikaza kutne raspodjele prikupljenih mjerjenja udaljenosti na slici 2, vidljivo je da se akvizicija većine mjerjenja udaljenosti odvija pod kutom od -90 stupnjeva što potvrđuje uspješnost algoritma upravljanja.



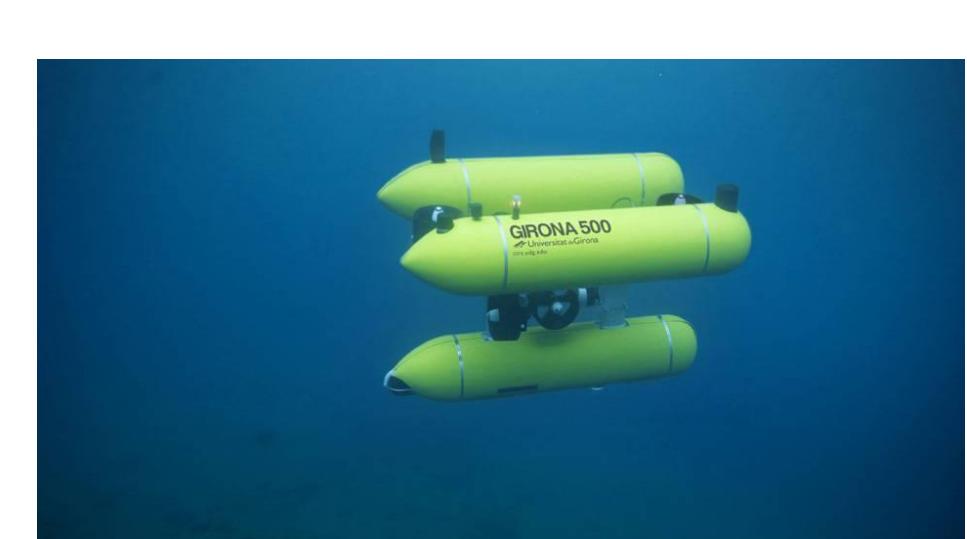
Slika 2



H2Omni-X



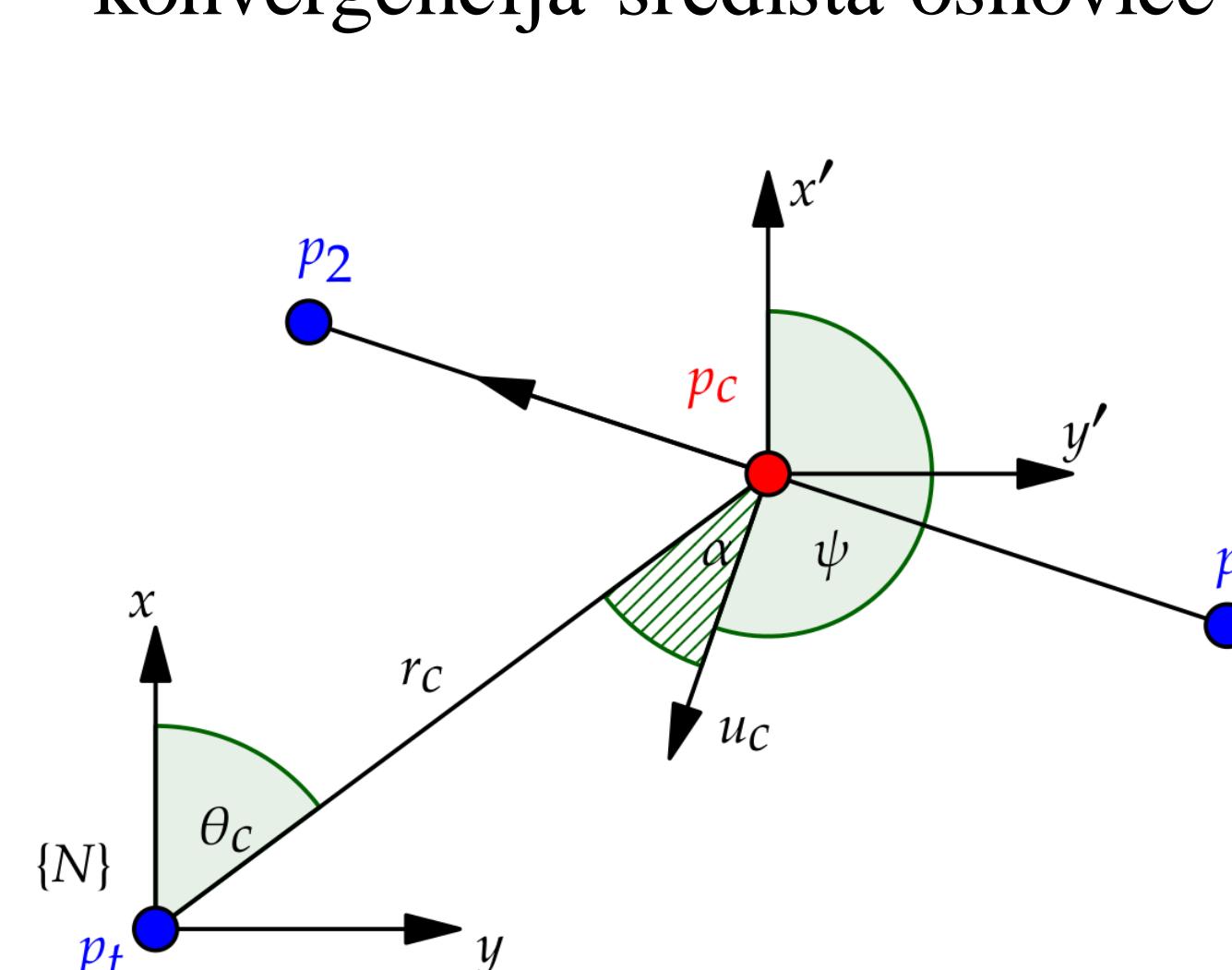
Sparus



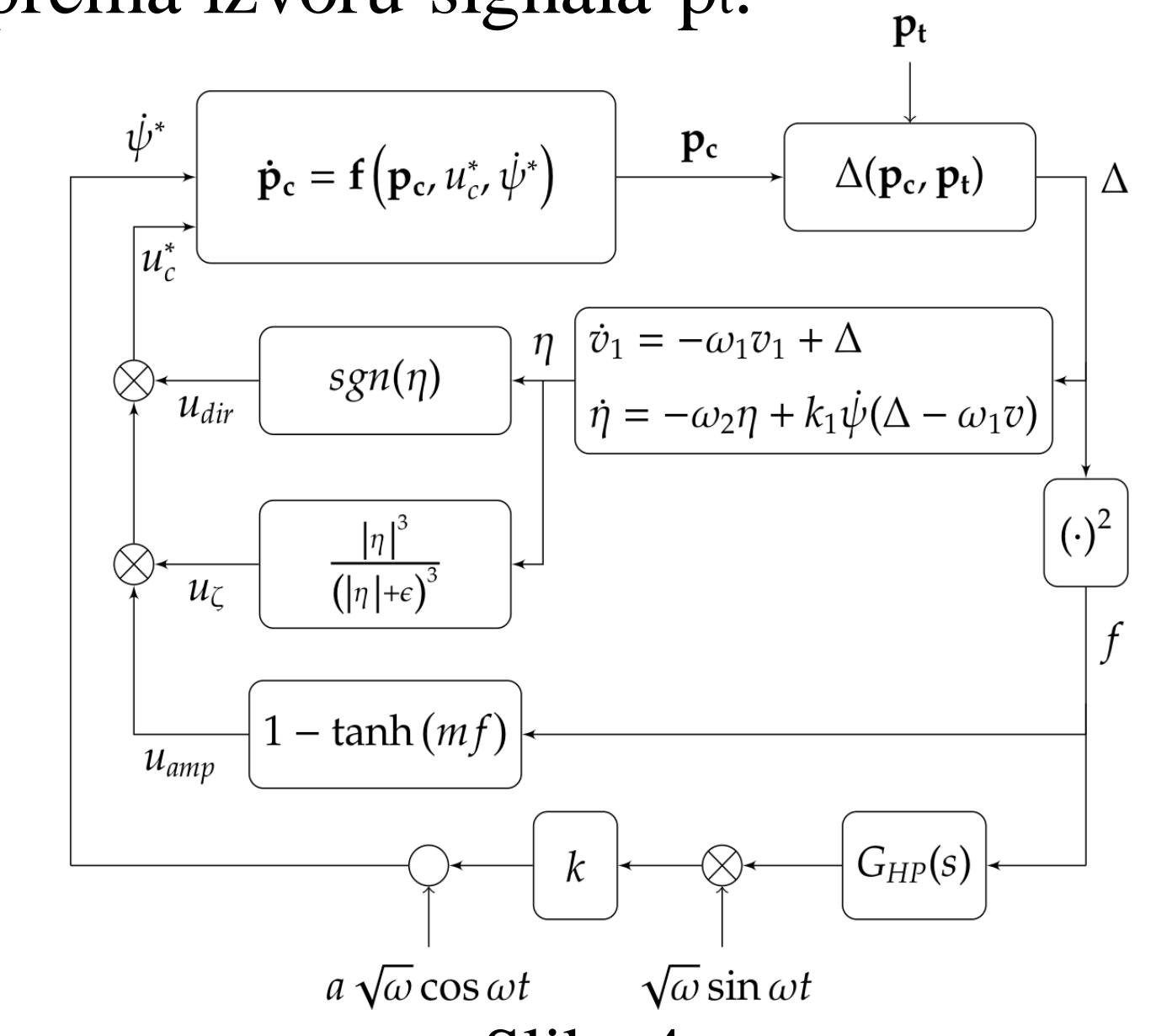
Girona 500

3. Lokalizacija povodnog izvora akustičkoga signala korištenjem razlike vremena dolaska signala

Lokalizaciju podvodnoga izvora signala u horizontalnoj ravnini moguće je ostvariti mjerjenjem razlike vremena dolaska signala na tri nekolinearna akustička prijemnika. U predloženom istraživanju razmatra se uporaba samo dva akustička prijemnika koji u spremi s odgovarajućom strategijom kretanja omogućuju pronalazak podvodnog izvora akustičkoga signala. U predloženom sustavu (Slika 3), akustički prijemnici čine osnovicu (p_1, p_2). Cilj algoritma je konvergencija središta osnovice p_c prema izvoru signala p_t .

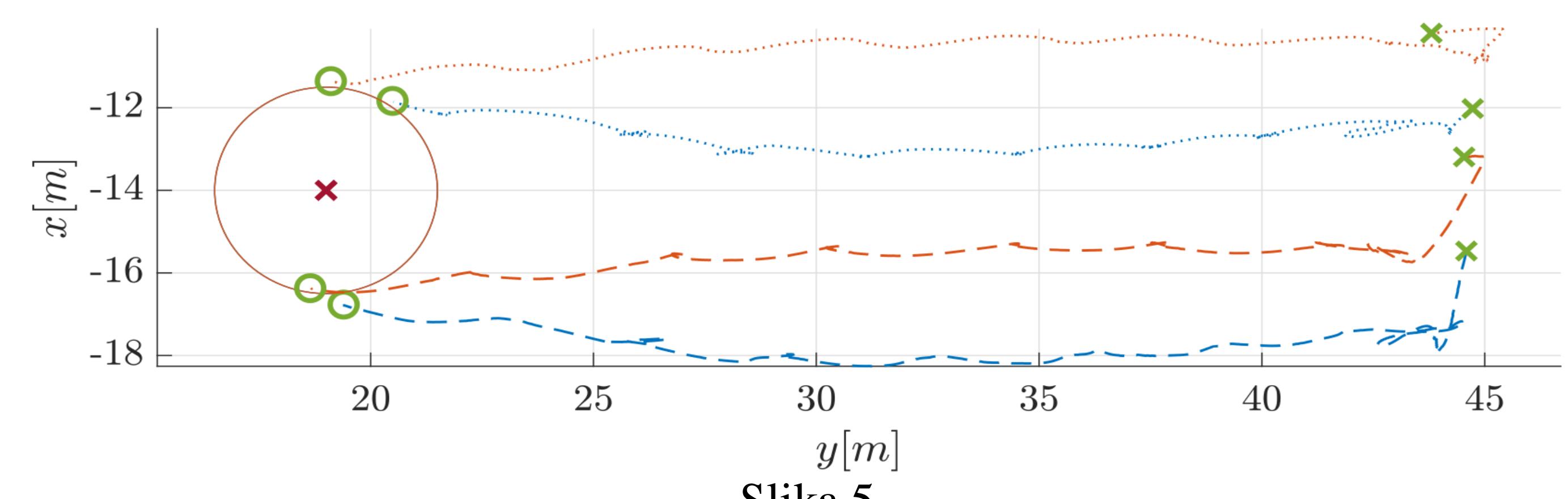


Slika 3



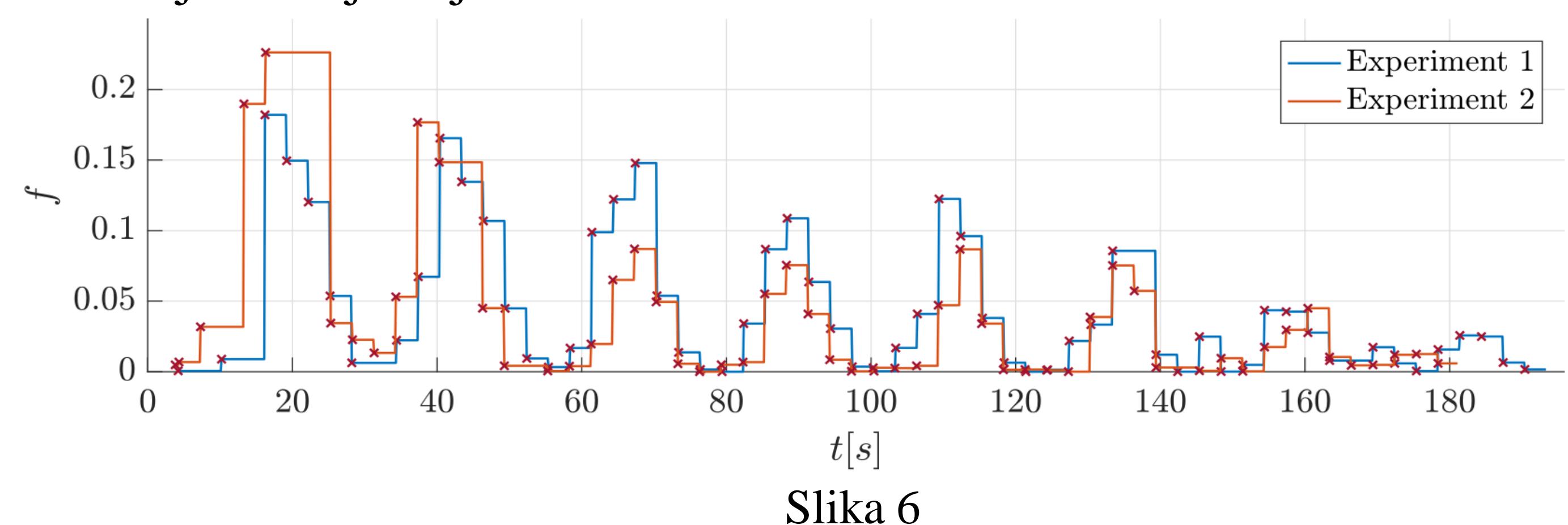
Slika 4

Slika 4 prikazuje shematski prikaz predloženog upravljačkog algoritma. Regulator brzine zaošijanja osigurava da je osnovica okomita na vektor koji spaja izvor signala i centar osnovice tako da vrijednost razlike vremena dolaska akustičkoga signala Δ iznosi nula. Regulator unaprijedne brzine osigurava predznak brzine u smjeru izvora signala, te zaustavljanje sustava u trenutku dostizanja izvora.



Slika 5

Trajektorije dva preliminarna eksperimenta izvedena na jezeru Jarun, Zagreb u Studenom 2017., korištenjem dva H2Omni-X autonomna površinska vozila, prikazana su na slici 5. Zeleni križići označavaju početne točke akustičnih prijemnika, dok zeleni kružići označavaju konačne točke. Crveni križić označava izvor akustičkoga signala. Slika 6 prikazuje odziv kvadrata razlike vremena dolaska signala. Iz prikazanih rezultata vidljivo je da predloženi sustav upravljanja uspješno izvršava zadaću unatoč isprekidanim i zakašnjelim mjerjenjima.



4. Zahvala projektu

Rad doktoranda financiran je od strane Hrvatske zaklade za znanost u sklopu projekta „Projekt razvoja karijera mladih istraživača – izobrazba novih doktora znanosti“, I-3485-2014.