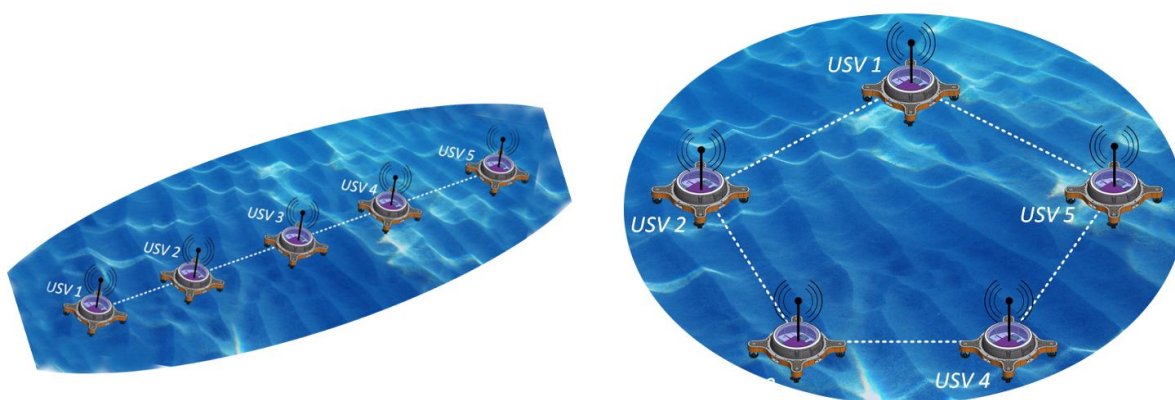




D3.1 Zahtjevi, scenariji i validacijska metrika za flotu USV-ova u nadzoru mora



Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva
Laboratorij za podvodne sustave i tehnologije

31. srpnja 2017.



Sadržaj

Uvod	2
Scenariji	2
Scenarij 1	3
Komunikacijska mreža	3
Scenarij 2	4
Zahtjevi	4
Senzori	4
Vozila	5
Zaključak	6

Uvod

U ovom dokumentu definirat će se osnovni zahtjevi, scenariji i metodologije validacije algoritama definirani u okviru **Cilja 1**, koji uključuje razvoj algoritama za kooperativno upravljanje bespilotnim površinskim plovilima (USV, engl. Unmanned Surface Vehicle) u svrhu distribuiranog nadzora podmorja.

Izvođenje autonomnih eksperimenata sa sustavom s više plovila u pomorskom okruženju izazovan je zadatak jer dolazi do opasnosti od međusobne kolizije, što može dovesti do oštećenja ili uništenja opreme. Kako bi osigurali sigurnu kooperaciju između vozila, potrebno je razviti algoritam održavanja željene formacije flote plovila takav da niti u jednom trenutku ne dolazi do kolizije.

Za uspješno održavanje i mijenjanje formacije, plovila moraju imati informaciju o svojoj lokaciji, te o lokaciji drugih plovila u formaciji. Svako od vozila se može lokalizirati na temelju globalnog satelitskog sustava (GNSS, engl. Global Navigation Satellite System). Obzirom da sustav decentralizirano održava formaciju, drugim riječima ne postoji centralni upravljački algoritam, dobivene lokacije potrebno propagirati kroz flotu kako bi svako vozilo moglo upravljati svojom pozicijom. Razmjena podataka između vozila se temelji na komunikaciji preko bežične (WiFi) mreže.

Dodatna prednost distribuiranosti upravljačkog sustava je ta da niti jedno od plovila nije slaba karika. Kod sustava s centralnim upravljačkim algoritmom, prilikom kvara ili privremenog prestanka komunikacije na centralnom plovilu, ostatak flote ne dobiva nove upravljačke naredbe. Ukoliko posljednja upravljačka naredba vodi sustav ka opasnom stanju, može doći do havarije prije nego se centralno upravljačko vozilo vrati u radno stanje. Kod sustava s distribuiranim upravljanjem, ostatak flote nastavlja s upravljanjem na temelju informacija s ostalih plovila, gubeći jedino informacije s neispravnog plovila.

Scenariji

Kao prvi korak, unutar **Cilja 1** definirana su dva scenarija. Definira se osnovni scenarij upravljanja formacijom flote USV-ova u svrhu distribuiranog nadzora mora. Scenarij demonstrira funkcionalnosti upravljanja formacijom flote plovila gdje se različite topologije zadaju iz stanice za upravljanje misijom. Unutar istoga, potrebno je osigurati propagaciju podataka unutar flote, koja će komunicirati preko WiFi-ja. Iz

toga proizlazi zahtjev uspostavljanja komunikacijske mreže za propagaciju podataka unutar flote.

U svrhu distribuiranog nadzora podmorja, veoma važnu ulogu ima energetska učinkovitost. Bepilotna površinska plovila imaju ograničenu autonomiju. Zbog toga je smanjenje potrošnje električne energije pri izvođenju eksperimenata nužna stavka algoritama upravljanja. Iz toga proizlazi drugi scenarij, upravljanje formacijom flote USV-ova koje se adaptira okolišu.

Scenarij 1

Kao što je prethodno rečeno, scenarij 1 demonstrira funkcionalnosti upravljanja formacijom flote plovila u svrhu distribuiranog nadzora mora. Unutar scenarija će biti prikazano sastavljanje i održavanje proizvoljno odabrane formacije plovila. Tijekom sastavljanja ili promjene formacije, može doći do međusobnih kolizija unutar flote. Demonstrirat će se implementirani algoritam izbjegavanja kolizija.

Kao pokazatelje kvalitete koristit će se odstupanje pozicije vozila od zadane formacije, te vrijeme potrebno za promjenu formacije. Odstupanje vozila od zadane formacije je definirano kao srednja kvadratna pogreška (MSE, engl. mean squared error) razlika trenutnih relativnih pozicija u odnosu na zadane relativne pozicije pojedinih vozila. Vrijeme potrebno za promjenu formacije je definirano kao vrijeme koje je potrebno floti da iz jedne formacije prijeđe u drugu formaciju, gdje vrijeme kraja promjene formacije označava dolazak mjere odstupanja vozila od željene formacije unutar granica tolerancije. Ovakav pokazatelj kvalitete je ponovljiv za definiranu početnu i krajnju formaciju. Pregled eksperimenata prikazan je u tablici 1.

Komunikacijska mreža

Obzirom da je sustav decentraliziran, ne bi imalo smisla upotrijebiti klasičnu strukturu kao što je pristupna točka – klijent (engl. access point – client), jer takva struktura nameće jednu glavnu pristupnu točku. Nedostatak ovog pristupa je taj da sva komunikacija prelazi preko jednog fizičkog uređaja, time stvarajući usko grlo (engl. bottleneck) i nepotrebna kašnjenja podataka. Razmotrit će se alternativne opcije protokola WiFi komunikacije, od kojih WMN (engl. Wireless Mesh Network) posjeduje najbolje karakteristike.

Validacijske metrike koje su bitne za ovaj eksperiment su kašnjenje poruka, količina izgubljenih paketa, te kako one utječu na pokazatelje kvalitete vezane uz upravljanje formacijom. Eksperiment određivanja validacijskih rezultata može u potpunosti biti

napravljen u laboratorijskom okruženju koristeći hardware-in-the-loop (HIL) pristup. Pregled eksperimenata prikazan je u tablici 1.

Scenarij 2

Scenarij 2 je orijentiran oko okolišno-adaptivnog upravljanja formacijom s ciljem uštede električne energije. Tijekom izvođenja eksperimenata na terenu u stvarnim uvjetima, postojat će smetnje koje djeluju na flotu, kao što je strujanje mora. Za dugoročni nadzor mora, potrebna je što veća štednja električne energije, ali strujanje mora negativno utječe na taj faktor. Kako bi se umanjio utjecaj strujanja mora, flota će mijenjati formaciju ovisno o strujanju mora. Predložen izgled formacije je ravna linija, usmjerena u smjeru strujanja mora. Time vozilo na čelu formacije preuzima većinsku silu struje, a ostala vozila stoje u zaleđu. Ovim pristupom prvo vozilo troši jednaku količinu energije kao s ne-adaptivnim pristupom, ali svako vozilo iza njega troši manje energije. Alterniranjem čeonog vozila se postiže globalna ušteda energije flote.

U eksperimentima će se uspoređivati potrošnja energije adaptivnog i ne-adaptivnog pristupa. Pregled eksperimenata prikazan je u tablici 1.

<i>Tablica 1. Popis eksperimenata za evaluaciju scenarija</i>		
Naziv	Mjerenja	Rezultat
Održavanje formacije flote	<ul style="list-style-type: none"> • pozicija 	<ul style="list-style-type: none"> • odstupanje mjerene pozicije od zadane pozicije
Promjena formacije flote	<ul style="list-style-type: none"> • pozicija 	<ul style="list-style-type: none"> • vrijeme potrebno za promjenu formacije
Komunikacija	<ul style="list-style-type: none"> • kašnjenje poruka • količina izgubljenih paketa 	<ul style="list-style-type: none"> • utjecaj kašnjenja poruka i izgubljenih paketa na kvalitetu upravljanja formacijom
Adaptacija morskim strujama	<ul style="list-style-type: none"> • potrošnja energije 	<ul style="list-style-type: none"> • količina uštede energije adaptivnog algoritma

Zahtjevi

U prethodno definiranim scenarijima javljaju se materijalni zahtjevi za izvođenje koji će biti definirani unutar ovog poglavlja.

Senzori

Senzori potrebni za izvođenje navedenih scenarija definirani su u tablici 2.

<i>Tablica 2. Popis senzora potrebnih za izvođenje eksperimenata</i>	
Model	Potrebni razvoj
Emlid Reach RTK GNSS	<ul style="list-style-type: none"> ● hardverska integracija senzora u površinska vozila ● hardverska i softverska integracija senzora kao referentne baze korištene za RTK pozicioniranje ● softverska integracija prikupljanja pozicije u ROS-u
Ubiquiti Picostation WiFi usmjernik	<ul style="list-style-type: none"> ● hardverska integracija senzora u svako vozilo ● implementacija WMN protokola na senzoru ● softverska integracija senzora u površinska vozila

Vozila

U sklopu svih navedenih scenarija, potrebno je pet bespilotnih površinskih plovila. Koristit će se platforme za dinamičko pozicioniranje imena PlaDyPos razvijena u LAPOST-u (Laboratorij za podvodne sustave i tehnologije) na Fakultetu Elektrotehnike i Računarstva u Zagrebu. Detalji su prikazani u tablici 3.



Slika 1 Platforma za dinamičko pozicioniranje PlaDyPos

Tablica 3. Popis vozila za izvođenje eksperimenata

Vozilo	Opis
USV1	<ul style="list-style-type: none"> ● senzori: <ul style="list-style-type: none"> ○ WiFi s mogućnošću WMN protokola ○ sustav za globalno pozicioniranje u stvarnom vremenu (RKT GPS) ● zahtjevi: <ul style="list-style-type: none"> ○ kretanje u svim smjerovima neovisno o orijentaciji vozila
USV2	<ul style="list-style-type: none"> ● senzori: <ul style="list-style-type: none"> ○ WiFi s mogućnošću WMN protokola ○ sustav za globalno pozicioniranje u stvarnom vremenu (RKT GPS) ● zahtjevi: <ul style="list-style-type: none"> ○ kretanje u svim smjerovima neovisno o orijentaciji vozila

USV3	<ul style="list-style-type: none"> ● senzori: <ul style="list-style-type: none"> ○ WiFi s mogućnošću WMN protokola ○ sustav za globalno pozicioniranje u stvarnom vremenu (RKT GPS) ● zahtjevi: <ul style="list-style-type: none"> ○ kretanje u svim smjerovima neovisno o orijentaciji vozila
USV4	<ul style="list-style-type: none"> ● senzori: <ul style="list-style-type: none"> ○ WiFi s mogućnošću WMN protokola ○ sustav za globalno pozicioniranje u stvarnom vremenu (RKT GPS) ● zahtjevi: <ul style="list-style-type: none"> ○ kretanje u svim smjerovima neovisno o orijentaciji vozila
USV5	<ul style="list-style-type: none"> ● senzori: <ul style="list-style-type: none"> ○ WiFi s mogućnošću WMN protokola ○ sustav za globalno pozicioniranje u stvarnom vremenu (RKT GPS) ● zahtjevi: <ul style="list-style-type: none"> ○ kretanje u svim smjerovima neovisno o orijentaciji vozila

Zaključak

Za ostvarenje zahtjeva definiranih u ovom dokumentu, u sljedećem razdoblju će se uspostaviti komunikacijska mreža temeljena na WMN protokolu za usmjeravanje za propagaciju podataka unutar flote, te će se razvijati algoritmi distribuiranog upravljanja formacijom temeljeni na postizanju konsenzusa.