

Primjena robotskih sustava u modernom vatrogastvu

Application of robotic systems in modern firefighting

prof. dr. sc. Zdenko Kovačić

SAŽETAK

Primjena profesionalnih servisnih robota u vatrogastvu je iz godine u godinu sve veća, kako za neposredno gašenje, tako i za bolji nadzor i upravljanje požarima. Djelovanje robota odvija se u otvorenim i zatvorenim prostorima, uključujući i zračni prostor. Pojedina rješenja prilagođena su urbanim uvjetima, dok su druga predviđena za gašenje na neravnim i teško prohodnim terenima. Posebne su izvedbe robota za istraživanje, inspekciju i gašenje požara u stambenim i industrijskim objektima. Nadzor požara na otvorenim prostorima obavlja se pomoću specijaliziranih bespilotnih letjelica. Uporaba robota u vatrogastvu značajno smanjuje rizike intervencija, omogućava bolju koordinaciju i učinkovitiju borbu s vatrenom stihijom. Hrvatska ima razvijene vlastite vatrogasne robote i u tom pogledu zauzima ravnopravno mjesto s vodećim zemljama svijeta. U ovom radu se predlaže koncept naprednog nadzora i upravljanja požara temeljen na stručnim znanjima hrvatskih tvrtki i sveučilišta.

Ključne riječi: profesionalni servisni roboti, vatrogasni roboti, koordinirano gašenje

Summary

Each year the use of professional service robots in firefighting is growing, as for direct fire-extinguishing, so for better fire monitoring and control. Robots are acting in outdoor and indoor environments, including the air zone. Some of them are adapted for urban environments, the others are intended for use on rugged terrains. Special versions are of robots for exploration, inspection and firefighting in residential and industrial objects. Fire monitoring in open space is achieved by using unmanned aerial vehicles. The use of firefighting robots significantly reduces the risks of interventions, enables better coordination and more effective struggle with the firefront. Croatia has developed its own firefighting robots and in this regard takes place on an equal footing with the leading countries of the world. This paper proposes the concept of advanced monitoring and management of fire based on the expertise of Croatian companies and universities.

Keywords: professional service robots, firefighting robots, coordinated firefighting

UVOD

Introduction

Značenje robotike u modernom društvu je iz dana u dan sve veće zahvaljujući ubrzanom napretku znanosti i tehnologije. Robotika je zbog svoje složenosti, zahtjevnosti i višedisciplinarnosti podjednako motor razvoja novih tehnologija kao i poligon za njihovu primjenu. Zbog toga se razina razvijenosti robotike u nekom geografskom području može neposredno povezati sa stupnjem tehnološke i ekonomske razvijenosti tog područja. Pod jakim utjecajem procesa globalizacije, europske strategije razvoja robotike odnose se na cjelokupni europski prostor. Na primjer, ciljevi osnivanja europske robotičke tehnološke platforme EUROP bili su jačanje konkurentnosti europskih proizvođača robota na svjetskom tržištu te ukupno poboljšanje kvalitete života. U ove procese se kroz akcijski program CARE (the Coordination Action for Robotics in Europe) uključila i Europska komisija. Prema službeno objavljenom dokumentu o europskoj istraživačkoj strategiji na području robotike do 2020. godine (CARE-EUROP, 2009), osobito veliki napredak očekuje se na područjima profesionalne i kućanske servisne robotike.

Profesionalni servisni robotski sustavi pokazuju iznimne potencijale u različitim primjenama, od vojne industrije do civilnog i javnog sektora (Tadakoro, 2009; Ahn, 2008). Uspješne se komercijalizacije ovakvih robota mogu sresti na područjima sigurnosti i zaštite, svemirskih i podmorskih istraživanja, medicinskih dijagnoza, terapija i rehabilitacije. Predviđa se da će sektor razvoja, proizvodnje i primjene autonomnih robotskih sustava u svijetu u sljedećih 10 godina doći na razinu od 55 milijardi USD. S obzirom da vojna industrija već koristi takve sustave, osobito veliki udio predviđa se u civilnim i javnim primjenama. Iz tog razloga taj se sektor smatra jednim od najprogresivnijih u današnjoj ekonomiji. Poseban fokus stavljen je na umjetne spoznajne sustave i autonomne robote koji će biti sposobni za rad u dinamičkim i nedeterminističkim okruženjima. Nadalje, istraživački programi imaju za cilj razvoj autonomnih sustava za rad u opasnom i nepristupačnom okruženju na misijama pretraživanja i spašavanja, borbe protiv požara i nadgledanju granica. Stoga ne čudi činjenica da čitav niz istraživačkih grupa na prestižnim svjetskim sveučilištima (MIT, Stanford, Berkley, EPFL) intenzivno rade na rješavanju teoretskih i praktičnih problema vezanih uz te složene sustave.

Na tragu tih saznanja provode se istraživanja međuna-

rodno kompetentne problematike autonomnih zemaljskih i zračnih robotskih sustava u misijama pretraživanja i spašavanja. Istraživanja obuhvaćaju složenost takovih sustava u cjelini, od projektiranja i upravljanja robotskim letjelicama i zemaljskim robotima, preko planiranja i izvođenja zajedničkih koordiniranih zemaljsko-zračnih misija, sve do razmatranja zakonskih okvira unutar kojih takovi sustavi mogu djelovati. Zato su projektni timovi u pravilu interdisciplinarni sa stručnjacima iz područja prometnih znanosti, kibernetike, komunikacija, strojarstva, elektrotehnike i zrakoplovstva. S obzirom na karakter misija koje bi takvi autonomni robotski sustavi obavljali – pretraživanje i spašavanje u incidentnim situacijama (nestanak osoba na otvorenom i nepristupačnom prostoru kopna i moru, požari i zagađenja na kopnu i moru, poplave, potresi), nadgledanje granica na moru i kopnu, nadgledanje cestovnog prometa te nadgledanje prirodnog okoliša i poljoprivrednih površina – poželjno je da drugi dio projektnog tima bude sastavljen od stručnjaka iz područja kartografije, meteorologije, šumarstva i vatrogastva.

PREGLED POSTOJEĆIH ROBOTA U VATROGASTVU – *Review of existing robots in firefighting*

Primarna uloga robota je zamijeniti čovjeka u poslovima koji se odvijaju u nezdravim uvjetima, koji se uzastopno ponavljaju velik broj puta ili koji su opasni iz bilo kojeg drugog razloga. Uvjeti u kojima djeluju interventne vatrogasne jedinice zadovoljavaju najmanje dva od ova tri razloga za uvođenje robota u vatrogastvo.

Kontinuirani razvoj robota za potrebe vatrogastva traje već dvadesetak godina (Bradshaw, 1991; Luo et al., 2002; Amano, 2002; Kumbhare, 2012), pa se danas može govoriti o nekoliko vrsta robota za vatrogasne jedinice:

- Roboti za gašenje požara smješteni na krovu vatrogasnog vozila,
- Mobilni roboti za gašenje požara na otvorenim prostorima,
- Mobilni roboti za otkrivanje i gašenje požara u zatvorenim prostorima,
- Istraživački i inspekcijski mobilni roboti za detekciju požara i/ili mogućih izvora požara u naseljenim zatvorenim prostorima
- Autonomne bespilotne letjelice za detekciju i praćenje požara na otvorenim prostorima.

Zračne luke, rafinerije i kemijska postrojenja primjeri su objekata kod kojih je zakonski obvezno korištenje sred-

stava koja osiguravaju brzo i učinkovito sprečavanje i suzbijanje požara. U takva sredstva spadaju vatrogasna vozila opremljena robotima za gašenje požara koji mogu s najpovoljnijeg pristupnog mjesta upravljati smjerom i dometom oruđa za izbacivanje sredstva za gašenje požara (najčešće vode ili pjene). Kao što je prikazano na slici 1., u pravilu se radi o kuglastoj konfiguraciji robota s tri osi, s dvije rotacijske i jednom translacijskom (teleskopskom) osi na čijem kraju se nalazi alat za probijanje oplata (npr. spremnika ili zrakoplova) te mlaznica za izbacivanje sredstva za gašenje. Sustav upravljanja robotom za gašenje požara integriran je u sustav upravljanja vatrogasnim vozilom, najčešće pomoću procesnog računala – programirljivog logičkog kontrolera (engl. PLC). Radni prostor ovakvog robota je dio kugle, ograničen je maksimalnim hodom svakog od robotskih zglobova, i s aspekta gašenja požara, omogućava upravljanje azimutom i kutem elevacije, odnosno krajnjim dometom robotskog alata (Dužanec i Kovačić, 2005).

Slika 1. Vatrogasno vozilo Ziegler Z8-FLF 100/125-15 s robotskom rukom kuglaste konfiguracije i alatom za gašenje požara (Ziegler, 2013)

Figure 1. Fire-fighting vehicle Ziegler Z8-FLF 100/125-15 with a fireextinguishing spherical robot arm (Ziegler, 2013)



Mobilni roboti konstruirani za gašenje požara na otvorenim prostorima omogućavaju gašenje s udaljenosti koja je dovoljno velika da vatrogasac - operater bude potpuno siguran. Trenutni razvoj ovih robota usmjerio se na lakše i manje robote koji se koriste kao dodatna vatrogasna oprema, te teže i veće robote koji djeluju kao samostalne operativne jedinice. Primjer manjeg mobilnog robota prikazanog na slici 2 pokazuje kako robot konstrukcijski, osim gašenja požara, može uspješno svladavati prepreke

Slika 2. Vatrogasni mobilni robot Thermite tvrtke Howe and Howe Technologies sa šmrkom maksimalnog kapaciteta većeg od 2000 l/min (Gayle, 2012)

Figure 2. The Howe and Howe Technologies Thermite remote-control fire-fighting robot with a powerful high-pressure hose that can spew up to 600 gallons per minute (Gayle, 2012)



Slika 3. Vatrogasni robotski sustav DOK-ING MVF 5 (DOK-ING, 2013)

Figure 3. Robotic fire-fighting system DOK-ING MVF 5 (DOK-ING, 2013)



na neravnim terenima (Gayle, 2012). Primjer većeg robota sa slike 3 pokazuje da veličina i snaga ovakvom robotu omogućava puno lakše probijanje i kretanje po teškim nepristupačnim terenima (DOK-ING, 2012). Neovisno o veličini, ovakav koncept mobilnog vatrogasnog robota podrazumijeva korištenje sustava daljinskog upravljanja uz nužno stalno održavanje linije vidljivosti između robota i operatera.

Ostali primjeri vatrogasnih robota uključuju robote Firo (veći Firo-F težak 450 kg i manji Firo-S težak 40 kg) tvrtke IZ HOLDING iz Singapura (IZ-HOLDING, 2013). Robot Firo-S opremljen je isključivo opremom za nadzor i promatranje dok robot Firo-F može nezavisno gasiti požare jer na sebi nosi sustav za gašenje vodom s crijevom ukupne dužine do 100 metara. Oba robota upravljaju se daljinski i maksimalnog su radnog dometa do 1 km. Robot



Slika 4. Gradski vatrogasni roboti -Engleska, Kina, Japan, Južna Koreja

Figure 4. Metropolitan firefighting robots: England, China, Japan, South Korea

Firemote tvrtke Ryland Research Limited je također slične težine i s upravljačkim dometom do 300 metara. Prilikom rada na terenu omogućena je brza izmjena baterija čime se izbjegava potreba za dugotrajnim punjenjem, a robot je opremljen i kamerama (običnim i termovizijskim) što omogućava bolji kontakt robota i operatera (Cintec, 2013).

Ubrzanim rastom gradova s višemilijunskim stanovništvom, osobito u azijskim zemljama, porasla je i primjena robota za potrebe vatrogasnih intervencija u gusto naseljenim područjima. Kao što je prikazano na slici 4, usprkos naoko različitim konstrukcijskim rješenjima, ova skupina robota ima lako prepoznatljive zajedničke operativne karakteristike (ITPRO, 2009; China 2013; Tokyo 2013; DRB Fatec, 2013). Kako vatrogasne postrojbe sudjeluju i u akcijama spašavanja, razvijeni su posebni roboti koji to omogućavaju sa sigurne udaljenosti, poput japanskog robota prikazanog na slici 5 (Tokyo FD, 2013).

Slika 5. Japanski robot za spašavanje - Hino Robot - Prime mover (Tokyo FD, 2013)

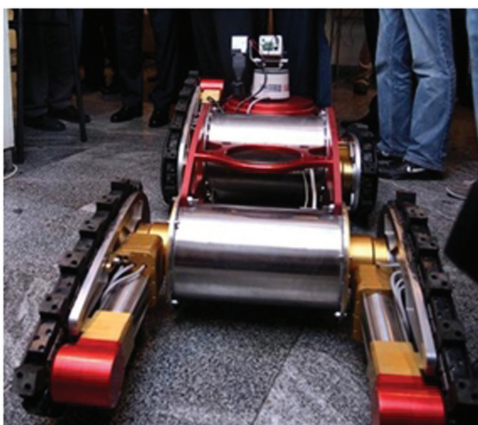
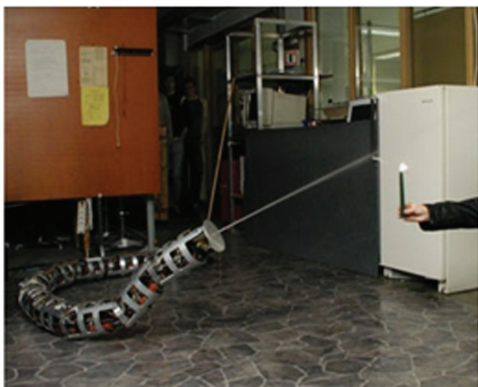
Figure 5. Japanese rescue robot - Hino Robot - Prime mover (Tokyo FD, 2013)



Mobilni roboti za otkrivanje i gašenje požara u zatvorenim prostorima razlikuju se značajno po svojim karakteristikama. Kako se njihova upotreba veže uglavnom za nastanjene prostore, njihove konstrukcije, načini kretanja, načini detekcije i gašenja požara idu od vrlo pojednostavljenih do prilično složenih, pa i upitnih rješenja (Chien et al., 2010). Na slici 6 skupno su prikazani neki primjeri ovakvih robota. Jedan od njih razvijen u Norveškoj i prikazan na slici 6 lijevo gore (Anna Konda) ima zmijolik oblik koji mu omogućava proboj do teško dostupnih i zavučenih mjesta - izvora požara, kojima gasioci s normalnom opremom za gašenje ne mogu prići (Magor, 2013). Zanimljiv oblik valjkastog samohodnog robota (Hoya, 2013) namijenjen je kao pomoć vatrogascima za snimanje unutarnjih prostora kamerom i prikupljanje podataka pomoću dodatnih senzora (slika 6 desno gore). Najčešći oblik istraživačkih i inspeksijskih robota su daljinski upravljani roboti pogonjeni gusjenicama u kombinaciji s rotirajućim krakovima ili kotačima. Na slici 6 dolje lijevo prikazan je prototip hrvatskog istraživačkog robota za vatrogasne jedinice (Kovačić et al., 2012) razvijenog u Laboratoriju za robotiku i inteligentne sustave upravljanja na Fakultetu elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu, a na slici dolje desno je vrlo sličan korejski robot (DRB Fatec, 2013). Karakteristike hrvatskog prototipa istraživačkog robota su sljedeće:

- Težina: 85 kg
- Autonomija (radni ciklus između dva punjenja): 3 sata

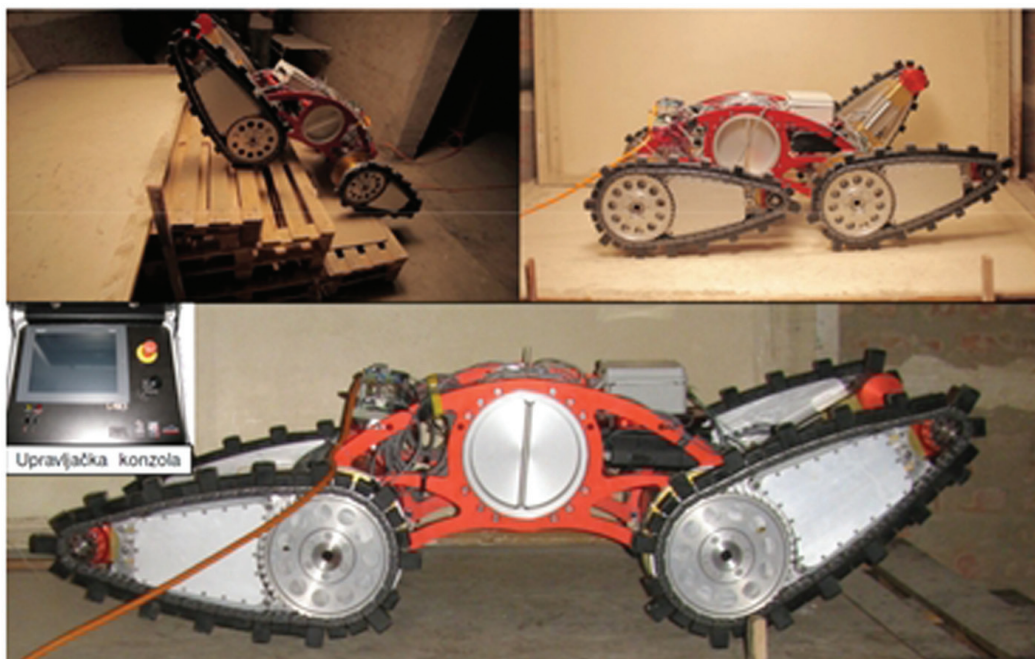
- Kompletna izvedba konstrukcije u protueksplozivnoj (atex) klasi
- CMOS i termovizijska kamera (pan / tilt sustav upravljanja)
- Senzori temperature, detektori plinova (CO, H2S, pelistor senzor)
- Upravljačka konzola – udaljenost od robota maksimalno 300m.



Slika 6. Različita konstrukcijska rješenja robota za detekciju i gašenje požara u zatvorenim prostorima (lijevo gore) norveški zmijoliki robot Anna Konda opremljen s uskom mlaznicom, (desno gore) korejski valjkasti robot Hoya Firefighters' Assistance Robot, (lijevo dolje) hrvatski prototip mobilnog robota u ATEX izvedbi s četiri pogonska kraka (desno dolje) korejski model istraživačkog vatrogasnog robota

Figure 6. Different robot construction solutions for fire detection and extinguishing in closed spaces: upper left) Norwegian snakelike robot Anna Konda equipped with a narrow hose, upper right) Korean cylindrical robot Hoya Firefighters' Assistance Robot, lower left) Croatian prototype of mobile robot in ATEX version with four flippers/tracks, lower right) Korean model of fire-fighting exploration robot

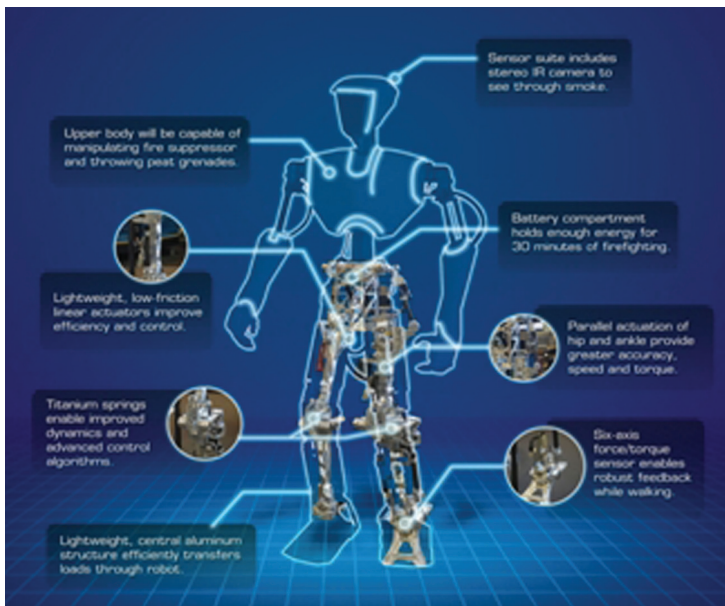
Ovakvi roboti služe za pretraživanje nepoznatih građevina prije ulaska vatrogasaca kako bi se locirali izvori opasnosti (eksplozivni plinovi, razne prepreke itd.) i nesrećeni te radi zaštite vatrogasnog osoblja kod sumnje na povećani stupanj opasnosti. U tu svrhu robot je opremljen raznim senzorima kao što su CMOS kamere, termovizijska kamera, senzori temperature, detektori plinova i sl. Sve informacije bežično se prenose do komandnog mjesta izvan zgrade. Robot mora biti vrlo pokretan s vremenom rada između dva dopunjavanja koje je dovoljno za pretraživanje opasnog područja. Pogonski sklop robota mora omogućiti veliku pokretljivost robota i prelazak preko prepreka kao i penjanje po stepenicama (vidi sliku 7).



Slika 7. Prototip hrvatskog vatrogasnog istraživačkog robota

Figure 7. Prototype of Croatian fire-fighting exploration robot

Američka mornarica razvila je humanoidnog robota vatrogasca namijenjenog za gašenje požara na vojnim brodovima (Saffir, 2013). Ovaj robot ima zadatak samostalno otkriti i ugasi vatru te tako sačuvati ljudske živote i smanjiti štetu na najmanju moguću mjeru (Slika 8). Tijekom radnog intervala od najviše 30 minuta robot je u stanju pogasiti plamen bacanjem granata za gašenje požara tipa PEAT (engl. Propelled Extinguishing Agent Technology).



Slika 8. Humanoidni robot vatrogasac SaFFiR (Ackerman, 2012)

Figure 8 Humanoid fire fighting robot SaFFiR (Ackerman, 2012)

Ovaj robot bi trebao moći slobodno i brzo kretati se po brodu i biti sposoban zaobilaziti ili prelaziti preko prepreka koje mu se nađu na putu (Wilson, 2013). Robot je opremljen sensorima koji uključuju kameru, senzor plinova i termalnu stereovizijsku kameru, što mu daje mogućnost kretanja u zadimljenim prostorima. Robot bi trebao sam donositi odluke, kao i biti u interakciji s ljudima, podržavajući jezičnu komunikaciju, prepoznavanje ljudskih gesti i druge napredne mogućnosti.

Vrlo važnu ulogu u gašenju požara na otvorenim prostorima mogu imati i leteći roboti u koje se ubrajaju različite bespilotne letjelice, najčešće zrakoplovi ili helikopteri, a u najnovije vrijeme pojavljuju se i drugi zanimljivi oblici kao što su na primjer kvadrotori. Bespilotne letjelice pri tom obavljaju nekoliko zadataka koji uključuju snimanje požara iz zraka i prijenos slike do komandne postaje, prikupljanje podataka kao što su brzina i smjer širenja požara, zatim sustavno pretraživanje područja te lociranje ljudi i životinja koje se nalaze na požarom pogođenom području. Vrijedno je spomenuti da je i u hrvatskoj tvrtki Pastor pokrenut razvoj bespilotne letjelice Fenix za potrebe vatrogastva (Cvitić, 2007). Opremljena standardnom kamerom i termovizijskom opremom Pastorova letjelica prikazana na slici 9 služi prvenstveno za promatranje požara te za pronalazak osoba na nepristupačnim terenima.

Slika 9. Hrvatska bespilotna letjelica Fenix (Cvitić, 2007)

Figure 9. Croatian unmanned aerial vehicle Fenix (Cvitić, 2007)



NOVE IDEJE ZA PRIMJENU ROBOTA U VATROGASTVU – *New ideas for application of robots in the fire service*

Opisana tehnička rješenja robota vatrogastvu donose mnogobrojne pozitivne učinke, pri čemu na prvom mjestu treba istaknuti znatno veću sigurnost, odnosno zaštićenost vatrogasaca u situacijama koje mogu biti izuzetno opasne po život. U pravilu nijedna intervencija vatrogasnih jedinica nije bez rizika, pa je tim veća opravdanost korištenja robota. Osnovnu prepreku značajnijem prisustvu robota u vatrogastvu predstavlja još uvijek visoka cijena takvih robota. Realno je očekivati da će cijena svih vrsta profesionalnih servisnih robota, pa tako i vatrogasnih, padati kako njihov broj bude rastao, i da će vatrogasni roboti postati sastavni dio standardne vatrogasne opreme.

Kako ljudski životi nemaju cijenu, čak i sada nema razloga da se postojeći robotski sustavi ne uključe barem eksperimentalno u postojeću organizaciju vatrogasnih jedinica.

Djelovanje robota na teško pristupačnim terenima doprinosi bitno bržem i učinkovitijem gašenju požara, što istovremeno donosi i vremenske i materijalne uštede, kraći angažman vatrogasnog osoblja, kao i manje štete zbog požara.

Korištenjem svih vrsta raspoloživih robotskih sustava otvaraju se mogućnosti potpuno nove organizacije djelovanja vatrogasnih jedinica za što osnovni elementi već postoje.

Hrvatska je zemlja koja je zbog raznovrsnosti krajoli-

ka izložena vrlo čestom izbijanju požara na otvorenim, najčešće šumom pokrivenim prostorima. Najkritičnije je hrvatsko priobalje koje tijekom ljetnih sušnih mjeseci zna biti poharano brojnim požarima, i gdje često dolazi do ugrožavanja ljudi, stoke, kuća i poljoprivrednih površina. U takvim uvjetima ekstremno brzog širenja požara, kada kao u slučaju svima znanog požara na Kornatima, stradavaju i pripadnici vatrogasnih postrojbi, korištenje robotskih sustava zajedno s ostalim ekspertnim znanjima može u potpunosti promijeniti način vođenja intervencije i osigurati znatno bolje učinke uz znatno veću sigurnost za sve sudionike intervencije.

Postojeći način gašenja velikih šumskih požara podrazumijeva korištenje:

- vatrogasnih vozila s posadama,
- dobrovoljnih vatrogasnih jedinica,
- zrakoplova (kanadera) i helikoptera za gašenje požara,
- bežičnog komunikacijskog sustava za koordinaciju i upravljanje intervencijom (štab).

Na slici 10. predložen je mogući novi način vođenja akcije gašenja požara, koji uključuje elemente zasnovane na ekspertnim znanjima iz područja meteorologije, šumarstva, dinamičkog modeliranja i upravljanja požarima, logistike te grana tehnike usko vezanih na razvoj, izradu i primjenu robota u vatrogastvu. Zanimljivost ovog koncepta je u tome da je on u potpunosti temeljen na ekspertnim znanjima hrvatskih stručnjaka te da su svi uključeni tehnički elementi već razvijeni i napravljeni u hrvatskim tvrtkama i fakultetima. On osim svih prethodno spomenutih elemenata podrazumijeva i korištenje:

- vatrogasnih mobilnih robota MVF 5 tvrtke DOK-ING iz Zagreba
- bespilotnih letjelica Fenix tvrtke Pastor iz Zagreba
- istraživačkih i inspekcijskih mobilnih robota za vatrogasne jedinice (FER Zagreb)
- sustava predikcije širenja požara korištenjem geografski zasnovanog dinamičkog modela požara (Šumarski fakultet Zagreb),
- meteoroloških stanica za prikupljanje podataka o vremenskim uvjetima na terenu pogođenom požarom (Državni hidrometeorološki zavod),
- sustava za rano otkrivanje i praćenje požara raslinja mrežom naprednih video motrilačkih jedinica (FESB Split),
- komunikacijskog sustava za koordinirano djelovanje robota na zemlji i u zraku (Hrvatska vatrogasna zajednica, HAKOM).



Slika 10. Koordinirano gašenje požara uz korištenje hrvatskih robota za vatrogastvo

Figure 10. Coordinated firefighting using Croatian robots for fire fighting

ZAKLJUČAK

Conclusion

Korištenje robota u vatrogastvu povećava sigurnost vatrogasaca u intervencijama koje mogu biti opasne po život. Roboti koji se kreću po zraku prikupljaju podatke o širenju požara odašiljući slike snimljene iznad opožarenog područja. Roboti koji se kreću po zemlji mogu obavljati istraživanja i prikupljanja podataka, kako na otvorenom, tako još više u zatvorenim prostorima (zgradama, industrijskim objektima) i tako omogućiti uspješno pronalaženje ljudi, životinja, kao i komunikaciju. Roboti opremljeni opremom za gašenje požara mogu se kretati po teško prohodnim terenima i tako postati važno taktičko oruđe u strategiji gašenja, osobito kad je riječ o požarima većih razmjera.

Razvoj robota za potrebe vatrogastva odvija se dinamično i sve je češća primjena ovih robota, a ponajviše u mnogoljudnim urbanim sredinama kao što su današnji megagrađovi (London, Tokyo, Seul i drugi). Iako se za Hrvatsku ne može reći da ima razvijenu robotiku, u pogledu vrlo specifične grane robotike – profesionalne servisne robotike, u Hrvatskoj postoje proizvođači ovakvih robota za koje se može reći da su u svojoj kategoriji vodeći u svijetu. Tako je tvrtka DOK-ING iz Zagreba proizvela dvije inačice mobilnog robota za gašenje požara (u suradnji s tvrtkom Ziegler iz Zagreba), tvrtka Pastor iz Zagreba je razvila bespilotnu letjelicu za nadzor požara iz zraka, a Laboratorij za robotiku i inteligentne sustave upravljanja na FER-u razvio je prototip istraživačkog mobilnog robota za

zatvorene prostore koji zahvaljujući svojoj čvrstoj modularnoj konstrukciji može preuzeti i mnoge druge funkcije (nositi robotsku ruku za mobilnu manipulaciju, prevoziti terete, alate, lijekove, vodu i hranu).

Ovakvo stanje omogućava ostvarivanje novih koncepata gašenja požara (upravljanja požarima) za koje treba osigurati dodatne uvjete kojih za sada još nema. Da bi to postalo moguće, treba čim prije okupiti sve zainteresirane strane, uskladiti zajedničke interese tvrtki, akademskih partnera i članova vatrogasne zajednice, te uz pomoć odgovarajuće pravne i ekonomsko-političke podrške krenuti u realizaciju znatno naprednijeg i učinkovitijeg sustava prevencije i gašenja požara.

ZAHVALA - Acknowledgements

Vatrogasni istraživački robot opisan u ovom radu razvijen je i napravljen u istraživačkom Laboratoriju za robotiku i inteligentne sustave na Fakultetu elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu zahvaljujući potpori Nacionalne zaklade za znanost i tvrtke Hrid iz Zagreba, koje su u razdoblju 2008-2010 financirale projekt „Istraživački robot za vatrogasne jedinice“.

LITERATURA

References

1. CARE-EUROP strategic research agenda for robotics in Europe "Robotic visions to 2020 and beyond - 07/2009," 2009.
2. H.S. Ahn (ed.), *Advances in Service Robotics, In-Teh*, 2008.
3. S. Tadakoro (ed.), *Rescue Robotics*, Springer, 2009.
4. A. Bradshaw, "The UK Security and Fire Fighting Advanced Robot project," *IEE Colloquium on Advanced Robotic Initiatives in the UK*, str. 1/1-1/4, 1991.
5. R. C. Luo, K. L. Su and K. H. Tsai, "Intelligent Security Robot Fire Detection System Using Adaptive Sensory Fusion Method," *The IEEE International Conference on Industrial Electronics Society (IECON 2002)*, str. 2663-2668, 2002.
6. H. Amano, "Fire Fighting and Rescue Robot in Japan," *Proceedings of International Conference on Fire Fighters Safety on Rescue*, 2002.
7. M. Kumbhare, "Fire Fighting Robot: An Approach," *Indian Streams Research Journal*, Vol.2, Issue.II, March 2012.
8. Dužanec D.; Kovačić Z., "PLC Implementation of Evolutionary Inverse Kinematics Solver for Redundant Kinematics Robots", *CD-ROM Proceedings of the International Conference on Electrical Drives and Power Electronics EDPE '05, Dubrovnik, Croatia, 2005*.

9. Ziegler, *Vatrogasno vozilo Ziegler Z8-FLF 100/125-15*, posjećena stranica: <http://www.ziegler.de/index.php?id=39>, travanj 2013.
10. D. Gayle, „The remote controlled ‘firebots’ set to extinguish fires too dangerous for humans to tackle“, *DailyMail*, posjećena stranica: <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2213312/Firefighters-new-robot-ally-fight-blazes-respond-disasters-conditions-hazardous-humans.html>, listopad 2012.
11. DOK-ING MVF-5 Firefighting system, posjećena stranica: <http://dok-ing.hr/index.php/solutions/firefighting>, ožujak 2013.
12. IZ-Holding Fire-fighting robots Firo-F and Firo-S, posjećena stranica: <http://www.izholding.com.sg/security/firof.htm>, ožujak 2013.
13. Cintec - Firemote & Cylinder Isolation Unit / Remote Deployment & Firefighting, posjećena stranica: <http://www.cintec.com/waterwall/products/robotic-deployment.php>, ožujak 2013.
14. ITPRO, „London gets team of firefighting robots“, posjećena stranica: <http://www.itpro.co.uk/613306/london-gets-team-of-firefighting-robots>, srpanj 2009.
15. China - Robot Fireman: New Life Saver in Hebei, posjećena stranica http://www.china.org.cn/china/local/2007-08/09/content_1220342.htm, ožujak 2013.
16. Tokyo Fire department - Rainbow 5 robot, posjećena stranica: <http://www.fire-engine-photos.com/picture/number11283.asp>, ožujak 2013.
17. DRB Fatec – Fire fighting robot ArchiBot- M, posjećena stranica: http://www.drbfatec.com/frd_center/fighting_m.htm, ožujak 2013.
18. Tokyo FD - Hino Robot - Prime mover, posjećena stranica: <http://www.fire-engine-photos.com/picture/number21523.asp>, ožujak 2013.
19. T.L. Chien, K.L. Su and S.V. Shiau, „Develop a Multiple Interface Based Fire Fighting Robot“, in “Mechatronic Systems Applications”, *Intech*, str. 47-58, 2010.
20. C.S. Magor, „Anna Konda – A Firefighting Snake Robot“, posjećena stranica: <http://www.uberreview.com/2008/09/anna-konda-a-firefighting-snake-robot.htm#cMlz23BjlpDwdMoA.99>, ožujak 2013.
21. Hoyarobot – Robot mobile platform, posjećena stranica: <http://www.hoyarobot.com/eng/sub.php?Tid=56&Ctnum=82&Ctid=HM82>, ožujak 2013.
22. Kovacic, Z.; Cukon, M.; Brkic, K.; Vasiljevic, G.; Mutka, A.; Miklic, D. A Four-flipper Tracked Robot for Exploration & Inspection in Life-threatening Environments, *The*

- Austrian Robotics Workshop 2012, 47-52, Graz, Austria, 2012.*
23. E. Ackerman, „Navy Enlisting CHARLI’s Little Bro SAFFiR as a Robot Fire Fighter,“ *IEEE Spectrum blog Automaton*, ožujak 2012.
 24. J. Wilson, *Navy to test firefighting robots*, , posjećena stranica: <http://www.smartplanet.com/blog/thinking-tech/navy-to-test-firefighting-robots/10785>, 21. ožujak 2013.
 25. *Firefighting robots*, posjećena stranica: <http://www.allon-robots.com/firefighting-robots.html>.
 26. P. Cvitić, *Polijeće prvi hrvatski bespilotni avion*, *Nacional* br. 585, 2007.
 27. D. Stipaničev, M. Štula, D. Krstinić, Lj. Šerić, *Suvremeni sustavi za rano otkrivanje i praćenje požara raslinja mrežom naprednih video motrilačkih jedinica*, http://vatra.fesb.hr/index.php?option=com_content&view=article&id=58&Itemid=68, listopad 2010.