

UNIVERZITET U SARAJEVU  
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET  
SARAJEVO

PRIJEDLOG TEMA ZA IZRADU  
DOKTORSKIH DISERTACIJA  
NA  
TREĆEM CIKLUSU STUDIJA

~ **Odsjek za automatiku i elektroniku** ~

*Sarajevo, septembar 2010. godine*

<b>R.br.</b>	<b>Radni naslov</b>	<b>Predlagač</b>
1	GENERIRANJE 3D PRIKAZA OKOLINE NA TEMELJU MJERENJA TOPLOTNE KAMERE I 3D LASERA	Vanr. prof. dr Jasmin Velagić, dipl. ing. el
2	EVOLUCIJSKI PRISTUP PLANIRANJA KRETANJA MOBILNOG ROBOTA U NESTRUKTURIRANIM DINAMIČKIM OKRUŽENJIMA ZASNOVAN NA METODI POTENCIJALNIH POLJA	Vanr. prof. dr Jasmin Velagić, dipl. ing. el
3	DOPRINOS RAZVOJU HARDVERSKO-SOFTVERSKIH METODA GRADNJE SIGURONOSNO-KRITIČNIH SISTEMA UPRAVLJANJA NA BAZI VISEJEZGRENIH MIKORACUNARSKIH KOMPONENTI	Red. prof. dr Adnan Salihbegović, dipl. ing. el.
4	MODEL EVOLUIRAJUĆEG NEURO-FUZZY INFERENTNOG SISTEMA NA BAZI GENETIČKOG ALGORITMA S DINAMIČKOM PROMJENOM OPERATORA MUTACIJE	Doc. dr Osman Mušić, dipl. ing. el.
5	RAZVOJ FUZZY MONITORA ZA PODRŠKU UZAJAMNOM ISKLJUČIVANJU PROCESA U OPERATIVNOM SISTEMU REALNOG VREMENA	Doc. dr Mustafa Musić, dipl. ing. el.
6	METODA KLASIFIKACIJE I INTERPRETACIJE ELEKTRIČNE AKTIVNOSTI MOZGA SLIJEPOM SEPARACIJOM IZVORA NA BAZI WAVELET TRANSFORMACIJE I NEURONSKIH MREŽA“	Red.prof. dr. Mujo Hebibović dipl. ing. el.
7	NESTACIONARNA VIŠEKRITERIJALNA PROBLEMSKA SITUACIJA KAO MODEL INTERAKCIJE DINAMIČKOG SISTEMA SA OKOLINOM	Doc. dr Samim Konjicija, dipl. ing. el.
8	ALGORITIMI ZAŠTITE DISTRIBUIRANIH GENERATORA OD OSTRVSKOG RADA	Doc. dr Sead Kreso, dipl. ing. el.
9	OSJETLJIVOST ZAŠTITA NA POREMEĆAJE U SREDNJENAPONSKOJ MREŽI EESA	Doc. dr Sead Kreso, dipl. ing. el.
10	UPRAVLJANJE FAKTORA SNAGE PRETVARAČA NAIZMJENIČNO-ISTOSMJERNO PRIMJENOM NELINEARNIH ZAKONA UPRAVLJANJA.	Doc. dr Osman Mušić, dipl. ing. el.
11	UPRAVLJANJE VJETROGENERATORA SA DVOSTRANO NAPAJANOM MAŠINOM NA BAZI KLIZNIH REŽIMA	Vanr. prof. dr Nijaz Hadžimejlić, dipl. ing. el.
12	BRZO NUMERIČKO ODREĐIVANJE PRELAZNOG OTPORA PRI KVAROVIMA NA VODOVIMA EES	Doc.dr Jasna Pašić, dipl. ing. el.
13	ISTRAŽIVANJE METODA FORMALNE VERIFIKACIJE DIZAJNA UGRADBENIH SISTEMA NA ČIPU	Doc.dr Abdulah Akšamović, dipl. ing. el.

**Tema 1: Vanr. prof. dr Jasmin Velagić, dipl. ing. el.**

**Naslov teme:**

**Generiranje 3D prikaza okoline na temelju mjerenja toplotne kamere i 3D lasera**

**Predmet: Digitalna obrada signala i robotska vizija**

## **1. MOTIVACIJA I PREGLED PODRUČJA ISTRAŽIVANJA**

Gubici topline u stambenim zgradama i fabrikama predstavljaju značajne iznose korisne energije. Da bi se smanjili ovi gubici energije zahtijeva se precizan digitalni model distribucije topline i njenog protoka. S tim u vezi je neophodno kreirati trodimenzionalne prikaze okoline korištenjem distribucije toplotne energije, što predstavlja „state of art“ u području uštede energije u stambenim objektima. Trenutne tehnologije omogućuju dobivanje prikaza zidova prostorijske na temelju kojih se može dobiti precizna informacija o temperaturi, ali se ne mogu dobiti informacije o dimenzijama topline ili gubitka zraka. Obično su slike projicirane u 2D prostore i iz sekvence takvih prikaza je moguće rekonstruirati 3D prikaze. Ovi pristupi omogućuju gradnju struktura iz kretanja (SFM – structure from motion), pri čemu se ovaj problem najčešće rješava simultanom lokalizacijom i mapiranjem (SLAM – simultaneous localization and mapping) koja se temelji na rekonstrukciji 3D strukture okoline i pozicija i orijentacija senzora.

Budući da prihvatljiva rješenja zahtijevaju pristupe 3D rekonstrukcije, a oni trenutno još nisu razvijeni, u disertaciji se predlaže upotreba tehnike 3D laserskog skeniranja prostora. Metode laserskog skeniranja su dobro poznate i široko primijenjene u robotici. 3D laserski sistem za skeniranje daje precizne informacije o tačkama u trodimenzionalnom koordinatnom sistemu (3D point clouds). Skeniranje iz različitih poza omogućuje dobivanje digitaliziranog unutarnjeg prikaza kompletne okoline i rješavanja problema zadržavanja topline u njoj. Algoritmi registracije iz geodezije i robotike za automatsko poravnanje skeniranih prikaza iz različitih poza se uveliko koriste za ove svrhe [1].

Planiranje postavljanja senzora je neophodno za ciljno usmjerenu akviziciju 3D podataka. Relativno mali broj radova u ovoj oblasti planiranja lokacija senzora zasniva se korištenju dodatnih modaliteta, kao što su geometrija površina i temperatura [2]. Vizualizacija i simulacija toplotnih 3D modela trenutno nisu dostupni. Slični radovi su aktualni u inspekcijskoj robotici koji uključuju ljudsku detekciju sa toplotnim kamerama korištenjem toplotnih potpisa [3], [4]. Međutim, u novije vrijeme u fokusu su vanjske okoline i slikovno zasnovane (image-based) tehnike, kao što je SFM. U [5] je predstavljen sistem stereovizije korištenjem toplotnih kamera, ali je primijenjen na aplikacije u malim skaliranim sredinama. Metode gradnje 3D mapa okoline korištenjem 3D skenera su predmet istraživanja u [6], [7]. Međutim, na temelju dostupnih informacija, još nitko nije kombinirao 3D lasersko skeniranje i slike dobivene s termalne kamere za 3D prikaz okoline.

## **2. ZADACI I CILJEVI ISTRAŽIVANJA**

Osnovni cilj disertacije je konstruiranje preciznih toplotnih 3D modela unutarnjih prostora, na temelju kojih bi se mogli identificirati gubici topline u zgradama i fabrikama i na taj način ponudila

odgovarajuća rješenja koja bi omogućila uštedu potrošnje energije između 27-30% u gradnji objekata. Istraživanje se temelji na kreiranju 3D modela okoline koji sadrže dodatne informacije o njenoj temperaturi. Zadatak modeliranja je složen i uključuje brojne fundamentalne naučne pristupe.

Prvi zadatak, odnosno pristup, je gradnja mape okoline. Ručni proces konstrukcije mape je težak i tendiciozan posao. Otprilike je potrebno sedam dana za kreiranje 2D prikaza muzeja u Bonnu [8]. Općenito, mobilni robotski sistemi sa 3D laserskim skenerima, koji automatski obavljaju višestruke korake kao što su: skeniranje, mjerenje i automatska registracija, imaju potencijalno velike mogućnosti poboljšanja procesa gradnje mape prostora. Ovakvi sistemi automatskog mapiranja predmet su istraživanja u robotici posljednjih nekoliko godina. Korespondentni problem se naziva SLAM, odnosno metod simultane lokalizacije i mapiranja. Ako su položaji senzora dobro poznati, tada se lokalni podaci, kao što su lokalne mape, mogu registrirati u zajedničkom koordinatnom sistemu kako bi se kreirala mapa. Registracija opisuje proces postavljanja lokalnih podataka u referentni koordinatni sistem. Budući da su položaji senzora nepoznati tada se mjerni senzorski podaci koriste za kreiranje precizne globalne mape. Sistemi sa 2D mapiranjem, u ovom slučaju sistemi mapiranja zidova, su veoma razumljivi i dobro razvijeni u robotici. Inicijalni 3D sistemi mapiranja su razvijeni i ova tehnologija se tek uspostavlja. Budući da se mapa prostora gradi na temelju mjerenja toplotne kamere i lasera, prvi cilj disertacije je transfer algoritama iz robotike u ove senzore i primjena tih algoritama. Oprema kojom se rješava ovaj problem je A Riegl VZ-400 laserski skener i FLIR A20 ili A40 toplotna kamera.

Drugi pristup, odnosno zadatak, je rješavanje problema ponovne kalibracije 3D skenera i slika sa toplotne kamere. Budući da je ponovna kalibracija skenera sa normalnom kamerom u boji poznata, u disertaciji će se razviti proširenje ovih metoda na toplotne kamere. Kalibracija standardnih kamera se obavlja analizom slike koja sadrži uzorke kojima se identificiraju i koreliraju jednoznačna svojstva, na primjer korneri u uzorku sa tačnošću izraženom u dijelovima piksela [9]. Važno je napomenuti da toplotna kamera ne prepoznaje printane uzorke, pa je njihov pronalazak izazov u području toplotnih kamera.

Treći zadatak je generiranje modela okoline zasnovan na podacima dobivenim procesom mapiranja. Mapiranje daje 3D prikaze skupine tačaka, prikupljene 3D laserskim skenerom, i toplotne slike, dobivene toplotnom kamerom. Na temelju ovih podataka se računa 3D model, odnosno model površine. Ovom modelu se pridružuju informacije o temperaturi. Istraživački izazovi proizlaze iz nekonzistentnosti ili kontradiktornih podataka. Budući da su mjerenja zahvaćena šumom i postoje netačnosti u njihovom mjerenju, neophodno je razviti algoritam za gradnju ispravnog 3D toplotnog modela.

Vizualizacija i simulacija također nameću istraživačke izazove u polju računarske grafike i diskretnih simulacija [10]. Cilj je razviti standardno sučelje za potencijalnog korisnika korištenjem predloženih tehnologija i metodologija. S tim u vezi je potrebno razviti softver koji će ostvariti navedeni cilj. Softver će omogućiti kolekciju podataka i računanje 3D toplotnog modela okoline na temelju simulacije distribucije, odnosno prostiranja topline.

### **3. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA**

Za gradnju 3D modela predlaže se pristup koji kombinira EKF (Extended Kalman Filter), SLAM (Simultaneous Localization And Mapping) i MCA (Marching Cubes) algoritama. EKF algoritam se koristi za rukovanje neizvjesnostima u prikazu okoline i nelinearnostima izraženim u sceni tokom

kretanja [11]. Posebna pažnja se posvećuje detektiranju različitih značajki objekata i ekstrakciju rubova i kornera prostorija. Ovo omogućuje efektivan i robusan alat za reduciranje neizvjesnosti pozicije značajki i prikaza velikih prostora. Transformiranje tačaka slike u prikaze površina može se efikasno obaviti pomoću metoda mrežastih prikaza, u koje spada i MCA [12]. Pomoću ove metode je moguće detektirati veće ravnine u unutarnjim prostorima.

#### 4. IZVORNI ZNANSTVENI DOPRINOSI

Izvorni znanstveni doprinosi doktorske disertacije su:

EKF-SLAM-MCA metod generiranja 3D modela okoline iz 2D prikaza i 3D podataka prikupljenih sa toplotne kamere i laserskog skenera. Ovaj metod omogućuje da se interesantne tačke 2D segmenata ekstrahiraju iz slika, dok se 3D planarne strukture segmentiraju iz podataka područja (laserski skener). Fuzija različitih vrsta značajki čine izgrađenu 3D mapu prostora mnogo stabilnijom u različitim okolinama.

Algoritam transformiranja 3D skupine tačaka u 3D modele površina kojima su pridružene informacije o temperaturi, odnosno distribucije temperature duž površine.

Poopćenje pristupa ponovne kalibracije kamere u boji na toplotne kamere.

Softver za rekonstrukciju površina sa njihovim eksportiranjem u vanjske 3D preglednike (viewere) koji omogućuje pronalaženje defekata i razlika u površinama, kao što su: detekcija gubitaka topline u zidovima prostorija stambenih objekata, inspekcija pukotina na cijevima, lociranje i praćenje prekida u energetskim kablovima i podzemnim plinskim instalacijama, generiranje 3D modela prostora, ispitivanje lemnih spojeva, detekcija curenja uslijed adhezije, itd.

#### POPIS KORIŠTENE LITERATURE

1. D. O'Donohue, S. Mills, S. Kingham, P. Bartie & D. Park, "Combined thermal-LIDAR imagery for urban mapping," in Proc. of the IEEE Conference on Image and Vision Computing, Christchurch, New Zealand, pp. 1-6, 2008.
2. K. Arunachalam, P. Maccarini, T. Juang, C. Gaeta, and P. R. Stauffer, "Performance evaluation of a conformal thermal monitoring sheet (TMS) sensor array for measurement of surface temperature distributions during superficial hyperthermia treatments," International Journal on Hyperthermia, 24(4), 313–325, 2008.
3. S. Markov & A. Birk, "Autonomous Victim Detection in Rescue Operations by Modelbased Reproduction of 3D Scenes from 2D Thermal Images," in KI 2007: Advances in Artificial Intelligence, LNAI 4667, Springer, 2007.
4. L. Hoegner & U. Stilla, "Texture extraction for building models from IR sequences of urban areas," in 2007 Urban Remote Sensing Joint event: URBAN / URS, 2007.
5. S. Prakash, L.Y. Pei & T. Caelli, "3D Mapping of Surface Temperature Using Thermal Stereo," in Proc. of Int. Conf. on Control, Automation, Robotics and Vision, Dec. 2006.
6. A. Nuechter, *3D Robotic Mapping*, Springer Tracts in Advanced Robotics (STAR), Springer, 2009.
7. H. Surmann, A. Nuechter & J. Hertzberg, "An autonomous mobile robot with a 3D laser range finder for 3D exploration and digitalization of indoor environments," *Robotics and Autonomous Systems*, Elsevier Science: 45(3-4), 2003.
8. Sebastian Thrun et al., "MINERVA: A Second-Generation Museum Tour-Guide Robot," in:

Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA'99), 1999.

9. Z. Zhang, "A flexible new technique for camera calibration," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 22(11), 2000.
10. J. Weingarten & R. Siegwart, "EKF-based 3D SLAM for structured environment reconstruction," In Proc. IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS 05), pages 2089-2094, Edmonton, Alberta Canada, August 2005.
11. W. E. Lorensen & H. E. Cline, "Marching cubes: A high resolution 3D surface construction algorithm," In Proc. of ACM SIGGRAPH, 1987.
12. E.C.W. de Jong; J.A. Ferreira & P. Bauer, "Thermal design based on surface temperature mapping," *IEEE Power Electronics Letters*, 3 (4), pp. 125-129, 2005.

**Naslov teme:**

**Evolucijski pristup planiranja kretanja mobilnog robota u nestrukturiranim dinamičkim okruženjima zasnovan na metodi potencijalnih polja**

**1. MOTIVACIJA I PREGLED PODRUČJA ISTRAŽIVANJA**

Autonomni mobilni roboti imaju široko područje primjene u industriji, medicini, administraciji, vojnim i civilnim poslovima, itd., zbog posjedovanja vlastite pokretljivosti [1], [2]. Neke od njihovih sposobnosti su: automatsko pogonjenje, inteligentna isporuka materijala i lijekova, pomoć bolesnim, nepokretnim i hendikepiranim osobama, istraživanje prostora i gradnja mape okruženja, mogućnost samostalnog donošenja odluka bez intervencije čovjeka, omogućuju pristup sredinama koje su za čovjeka opasne (nuklearna postrojenja i hemijski procesi), bez zraka i jako udaljene ili nedostupne, podvodna istraživanja i inspekcija naftnih bušotina, prekookeansko postavljanje kablova, itd [3].

Da bi se ponašanje robota prilagodilo složenoj i dinamičkoj sredini, bez potrebe za kasnijom intervencijom čovjeka, robot mora biti sposoban prikupljati informacije iz okruženja, obrađivati i na temelju njih djelovati na okolinu u kojoj se kreće. Također, mobilni robot mora imati mogućnost efikasnog manevriranja u radnoj okolini postizujući svoje ciljeve uz istovremeno izbjegavanje pokretnih (dinamičkih) i nepokretnih (statičkih) prepreka. Zbog toga dinamičko planiranje kretanja igra važnu ulogu u mobilnoj robotici i predstavlja trenutno intenzivno područje znanstvenog istraživanja. Različite metode dinamičkog planiranja kretanja su razvijene, kao što su metode zasnovane na konfiguraciji, vremenu i prostoru [4], [5], metode planiranja kretanja u prostoru s vremenskom neovisnošću [6], kooperativni pristupi izbjegavanja prepreka i navigacije [7], [8], neizrazite metode [9], [10], pristupi izbjegavanja prepreka zasnovani na brzini kretanja [10]-[12], metode potencijalnih polja [13]-[18],...

Kod navigacije mobilnog robota postoje dva glavna problema: kretanje prema cilju i izbjegavanje prepreka tokom kretanja [1]. Važan pristup u navigaciji, odnosno planiranju kretanja, mobilnog robota je metod potencijalnih polja, kojeg je izvorno razvio Ossama Khatib [19]. Osnovna ideja ovog pristupa se sastoji u popunjavanju radne sredine robota umjetnim potencijalnim poljem tako da se robot kreće u smjeru vektora rezultantne sile, koji se dobiva zbrajanjem vektora privlačnih i odbojnih sila, pri čemu odbojne sile imaju negativan predznak. Ovaj metod je veoma atraktivan jer je konceptualno efikasan i jednostavan za implementaciju. Međutim, najnovija istraživanja ukazuju na probleme ovog pristupa u stacionarnim okruženjima kada se razmatra problem lokalnog minimuma [20]-[24]. Problem postaje složeniji kada se mobilni robot kreće u nestrukturiranom (unaprijed nepoznatom prostoru) dinamičkom okruženju s pokretnim preprekama. S tim u vezi se u disertaciji predlaže poboljšanje metode potencijalnih polja korištenjem evolucijske strategije simuliranog kaljenja koja obavlja adaptaciju parametara gradijentne metode na temelju referentnog modela ponašanja robota. Na ovaj način se generirala slijedeća akcija koju treba poduzeti mobilni robot da bi se mogao kretati u dinamičkom okruženju bez intervencije čovjeka.

**2. ZADACI I CILJEVI ISTRAŽIVANJA**

U disertaciji se razmatraju problemi planiranja i upravljanja kretanjem mobilnim robotom u dinamičkim nestrukturiranim sredinama gdje trajektorija kretanja mobilnog robota nije unaprijed poznata, budući da nisu poznate lokacije objekata u robotskoj okolini. Ono što je poznato jesu početna i krajnja lokacija robota. Ograničenja u stvarnom vremenu i sposobnost trenutne reakcije u bilo kojoj situaciji uzrokuju mnoge specifične probleme i složene zahtjeve koji traže nova tehnička i metodološka rješenja. Ovi zahtjevi diktiraju navigaciju robotskog sistema i prikaz njegovog znanja. Da bi se postigla brza reakcija, zahtijeva se posjedovanje jednostavnih opažanja koja ne zahtijevaju značajnu računarsku obradu. Ovi modaliteti se koriste za implementaciju reaktivnih ponašanja sistema, što osigurava sigurnu navigaciju. Također se zahtijeva da ova opažanja mogu robotu osigurati dobivanje lokalnih informacija. U radu će se koristiti neizrazita logika za interpretaciju mjerenja senzora i procjenu vjerovatnoće zauzetosti dijelova okoline, što je neophodno za postizanje veće robusnosti cjelokupnog sistema i vjernijeg prikaza sredine robotskog sistema. Upotreba neizrazite logike pruža veću robusnost i efikasan alat za rad sa neodređenošću koja prati sonarna mjerenja, a koja predstavlja veliki problem u svim drugim tehnikama mapiranja okoline sa ultrazvučnim sensorima. Dinamičkim prikupljanjem informacija i gradnjom mape okoline zaobilazi se većina nedostataka reaktivnih pristupa. Informacije o modelu okoline se lahko prikupljaju i modificiraju za vrijeme kretanja korištenjem memorijski nezahtjevnog algoritma koji nema naknadnu obradu podataka. Umjesto rekonstrukcije determinističkog modela okoline koristi se lokalni prikaz mape koji se inkrementalno generira metodom potencijalnih polja.

Na osnovu dobivene lokalne mape dijela okoline navigacija mobilnog robota se obavlja poopćenjem metode potencijalnih polja na dinamičke robotske sredine, to jest sredine koje osim statičkih sadrže i pokretne (dinamičke) prepreke. Standardni metod potencijalnih polja kojim se računa gradijent polja se poboljšava evolucijskim strategijama, u našem slučaju simulirano kaljenje, koje dinamički prepodešavaju parametre metoda potencijalnog polja korištenjem referentnog modela. Glavni cilj disertacije je pokazati kako se adaptivni evolucijski koncept može primijeniti u poboljšanju efikasnosti metode potencijalnih polja u dinamičkim okruženjima, pri čemu se istovremeno rješava i problem lokalnog minimuma koji predstavlja veliki problem kod potencijalnih polja. Predloženi metod potencijalnih polja + evolucijske strategije predstavlja brzi lokalni postupak koji se može obaviti u realnom vremenu i koji će omogućiti robotu postizanje dinamički generirane referentne trajektorije bez sudara sa okolnim objektima.

### **3. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA**

Metodologije istraživanja se temelje na teorijskim razmatranjima, simulaciji dobivenih rezultata i eksperimentalnoj verifikaciji predloženog koncepta navigacije, odnosno planiranja kretanja, u stvarnoj robotskoj sredini.

Za gradnju sistema navigacije mobilnog robota koriste se tehnike lokalizacije, gradnje mape prostora, upravljanje kretanjem i planiranje kretanja mobilnog robota. Interpretacija mjerenja sonarnih senzora i njihova fuzija obavljaju se korištenjem neizrazite logike. Određivanje pozicije i orijentacije robota u odnosu na okolne objekte zasniva se na proširenom Kalmanovom filtru (EKF). Istovremeni proces gradnje mape lokalne okoline i planiranje kretanja se ostvaruje metodom potencijalnih polja. Evolucijske strategije, kao metode optimizacije, koriste se za poboljšanje svojstava i funkcionalnosti metoda potencijalnih polja u navigaciji mobilnog robota, posebno u dinamičkoj nestrukturiranoj sredini.



#### 4. IZVORNI ZNANSTVENI DOPRINOSI

Izvorni znanstveni doprinosi doktorske disertacije su:

Metoda planiranja kretanja mobilnog robota u dinamičkim nestrukturiranim okruženjima zasnovana na pristupu potencijalnih polja čije mogućnosti se proširuju upotrebom evolucijske strategije simuliranog kaljenja..

Dinamičko prepodešavanje parametara metode potencijalnih polja i rješavanje problema lokalnog minimuma u stacionarnim i nestacionarnim robotskim sredinama.

Simulacijska i eksperimentalna verifikacija predložene metode planiranja kretanja mobilnog robota. Eksperimentalna provjera se obavlja na realnom modelu Pioneer 3DX mobilnog robota s diferencijalnim pogonom.

#### POPIS KORIŠTENE LITERATURE

1. R. Siegwart & I. Nourbakhsh, *Introduction to Autonomous Mobile Robots*, MIT Press, Cambridge, 2004.
2. S.S. Gee & F. Lewis, *Autonomous Mobile Robots: Sensing, Control, Decision Making and Applications*, CRC Press, Boca Raton, USA, 2006.
3. J. Velagić, *Primjena metodologija mekog računarstva u navigaciji pokretnih objekata*, doktorska disertacija, ETF Sarajevo, 2005.
4. J. Sanborn & J. Hendler, "A model of reaction for planning in dynamic environments," *International Journal of Artificial Intelligence in Engineering*, 3(2), pp. 95-101, 1988.
5. K. Fujimura H. Samet, "A hierarchical strategy for path planning among moving obstacles," *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 5(1), pp. 61-69, 1989.
6. T. Fraichard, "Dynamic trajectory planning with dynamic constraints: a state-time space approach," In: *Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent robots and systems*, Yokohama, Japan, pp. 1393-400, 1993.
7. C. Ferrari, E. Pagello, J. Ota & T. Arai, "Multirobot motion coordination in space and time," *Robotics and Autonomous Systems*, 25(2), pp. 219-229, 1998.
8. A. Fujimori, Y. Ogawal & P.N. Nikiforuk, "A modification of cooperative collision avoidance for multiple mobile robots using the avoidance circle," *Proc. Instn Mech. Engrs, Part I: J. Systems and Control Engineering*, 216(3), pp. 291-299, 2002.
9. A. Fujimori, "Navigation of mobile robots with collision avoidance for moving obstacles," *Proc. IMechE, Part I: J. Systems and Control Engineering*, 219(11), 99-110, 2005.
10. M. Mucientes, R. Iglesias, C.V. Regueiro, A. Bugarín, P. Cariñena & S. Barro, "Fuzzy temporal rules for mobile robot guidance in dynamic environments," *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics - Part C: Applic. and Rev.*, 31(3), pp. 391-398, 2001.
11. A. Sgorbissa & R.C. Arkin, "Local navigation strategies for a team of robots," *Robotica*,

- 21(5), pp. 461-473, 2003.
12. K.M. [Krishna](#) & P.K. Kalra, "Detection, tracking and avoidance of multiple dynamic objects," *Journal of Intelligent and Robotics Systems*, 33, 371-408, 2002.
  13. P. Vadakkepat, K.C. Tan & M.L. Wang, "Evolutionary artificial potential fields and their application in real time robot path planning," In: Proceedings of the Congress on Evolutionary computation, San Diego, California, USA, pp. 256-263, 2000.
  14. S.S. [Ge](#) & Y.J. Cui, "Dynamic motion planning for mobile robots using potential field method," *Autonomous Robots*, 13(3), pp. 207-222, 1989.
  15. A. Poty, P. Melchior & A. Oustaloup, "Dynamic path planning for mobile robots using fractional potential field," In: Proceedings of the IEEE International Symposium on Control, communications and signal processing, Hammamet, Tunisia, pp. 557-561, 2004.
  16. S.R. Munasinghe, C. Oh, J.J. Lee & O. Khatib, "Obstacle avoidance using velocity dipole field method," In: International Conference on Control, automation, and systems, Kintex, Korea, pp. 1657-1661, 2005.
  17. M.G. Park & M.C. Lee, "Artificial potential field based path planning for mobile robots using a virtual obstacle concept," In Proceedings of the IEEE/ASME International Conference on Advanced intelligent mechatronics, Kobe, Japan, pp. 735-740, 2003.
  18. F.A. Cosío & M.-A.P. Castañeda, "Autonomous robot navigation using adaptive potential fields," *Mathematical and Computer Modeling*, 40(9-10), 1141-1156, 2004.
  19. O. Khatib, "Real-time obstacle avoidance for manipulators and mobile robots," *International Journal of Robotics Research*, 5(1), pp. 90-98, 1986.
  20. K.P. Valavanis, T. Hebert, R. Kolluru & N. Tsourveloudis, "Mobile robot navigation in 2-D dynamic environments using an electrostatic potential field," *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, Part A: Systems and Humans, 30(2), pp. 187-196, 2000.
  21. G.C. Luh & W.W. Liu, "Motion planning for mobile robots in dynamic environments using a potential field immune network," *Journal of Systems and Control Engineering*, 221(7), pp. 1033-1045, 2007.
  22. M.H. [Mabrouk](#) & C.R. [McInnes](#), "Solving the potential field local minimum problem using internal agent states", *Robotics and Autonomous Systems*, 56(12), pp. 1050-1060, 2008.
  23. Zeng Bi, Yang Yimin, Xu Yisan, "Mobile Robot Navigation in Unknown Dynamic Environment Based on Ant Colony Algorithm," *gcis*, vol. 3, pp.98-102, 2009 WRI Global Congress on Intelligent Systems, 2009.
  24. S.V. David, N. Malaval & S.A. Shamma, "Decoupling Action Potential Bias from Cortical Local Field Potentials", *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2010.

### **Tema 3: Red. prof. dr Adnan Salihbegović, dipl. ing. el.**

Elektrotehnički fakultet u Sarajevu  
Prof.dr Adnan Salihbegovic  
Sarajevo, 29/06/2010

Prijedlog teme doktorske disertacije u okviru predmeta

Sigurnosno integrisani sistemi ( Safety instrumented systems- SIS)

Radni naslov:

**„Doprinos razvoju hardversko-softverskih metoda gradnje sigurnosno-kritičnih sistema upravljanja na bazi visejezgrenih mikroracunarskih komponenti“**

*Motivacija istraživanja:*

Moderni tehnički sistemi koji nadziru i upravljaju sa sigurnosno kritičnim procesima, postaju sve kompleksniji kako u njihovu realizaciju prodiru ugrađeni sistemi bazirani na visejezgrenim mikroprocesorima i mikroracunarima i upravljani sa visestrukim real-time operativnim sistemima. Ovakva multi-core/multi OS arhitektura modernih sistema značajno komplikuje sigurnosne aspekte kod gradnje sistema koji su sigurnosno kritični, tj. onih sistema koji ne smiju otkazati ni pod kojim uslovima, kao što je to naprimjer sistem kontrole leta u avionu, sistem upravljanja kočionim podsistemom kod automobila, ili pacemaker ugrađen u pacijenta.

Zadovoljavajući parametri sigurnosti ovakvih sistema se postižu kombinacijom i sinergijom niza komponenata koje učestvuju u gradnji ovakvih sistema a uključuju: arhitekturu hardvera i softvera ugrađenih sistema, protokole i topologiju mreže, real-time performanse operativnih sistema i sistemsko i softversko inženjerstvo uključeno u dizajn i implementaciju ovakvih sistema.

Sve ove komponente su dobro definisane i specificirane u avio i automobilske industrije kao najkritičnijim na otkaze, kroz seriju standarda koji uključuju zahtjeve na analizu softverskih hazarda i verifikaciju sigurnosti softvera kao što su: MISRA, MIL-STD-882B, IEC 61508, DO-178B.

Osnovni cilj kod dizajna sigurnosno kritičnih sistema je da se eliminisu hazardi iz dizajna, ili ako to nije moguće ostvariti, da se minimizira rizik kroz modifikaciju dizajna tako da je vrlo mala vjerovatnoća da će se hazard pojaviti.

Da bi se demonstriralo da je sistem siguran, treba pokazati da rizik od greske ili otkaza koji može dovesti do nesreće mora biti eliminisan ili minimiziran koristeći procedure tolerancije gresaka ili procedure otkaza u sigurnu stranu ( fail safe ).

Ako nije moguće kompletno eliminisati hazarde, tada sa ciljem redukcije rizika, vrijeme izloženosti ( tj dužina vremena pojavljivanja ) hazarda mora minimizirati.

*Detaljniji program istraživanja i očekivani originalni rezultati:*

Posavši od prethodno izloženih metoda inženjeringa za gradnju pouzdanih i sigurnosno kritičnih sistema, analizirati i razviti metode i arhitekture hardverskih redundantnih i softverski odnosno real-time rasporedivih algoritama koji zadovoljavaju deadline, da se može postići zahtjevani nivo pouzdanosti i raspoloživosti sigurnosno kritičnog multiprocesorskog sistema. Pri tome koristiti metode hardverske i softverske tolerantnosti na greske. Ovo treba da uključi i mogućnost otkrivanja i onih stanja koja nisu programom predviđena da daju neki definisani odgovor na to stanje, ili odgovor na kombinaciju ulaza koja nije predviđena u organigramu programske strukture, što je do

sada bio razlog mnogih incidenata i sa katastrofalnim ishodom u avio i automobilskej industriji. Ono sto treba detaljnije istražiti u multiprocesorskom okruženju su tehnike softverske virtualizacije i hipervizora. Korištenjem ovih tehnika je moguće izvršavati gost operative sisteme na različitim jezgrama u okviru sigurnih particija što dozvoljava da se i nesigurni operativni sistemi i aplikacije mogu izvršavati na istom hardverskom sistemu kao i sigurnosno-kritične aplikacije, ostvarujući vremensku i prostornu separaciju kritičnih od nekritičnih aplikacija koje se izvršavaju na različitim jezgrama procesora. U ovome dijelu istraživanja se očekuje dostizanje i realizacija originalnih doprinosa disertacije.

Pri ovoj analizi i istraživanju je potrebno fokusirati se na gradnju sigurnosno kritičnih sistema u automobilskej industriji kao i gradnji medicinskih uređaja i na definisanje takvih sistema u relaciji sa standardom DO-178B koji se koristi u avio industriji.

Kratki pregled stanja u oblasti :

Metodologija razvoja softvera za sigurnosno-kritične sisteme koja je nazvana "safeware" proširuje osnovni proces gradnje sistemske sigurnosti koji uključuje digitalne komponente i softverski bazirane podsisteme. Kod ovog pristupa kod izgradnje sigurnosno-kritičnih sistema, umjesto da se pokušava proizvesti softver koji je korektan i koji će obezbjeđiti sigurnost sistema, pažnja se fokusira na eliminaciju ili kontrolu specifičnih softverskih ponasanja koja mogu dovesti do incidenata. Potencijalno hazardno ponasanje softvera se identifikira i analiziraju hazardi sistema i podsistema. Informacije koje se izvode iz ovih analiza se koriste da obezbjeđe sljedeće:

1. softverski zahtjevi su kompletni i specificiraju samo sigurna ponasanja
2. cjelokupan proces razvoja i održavanja softvera eliminira ili reducira mogućnost nesigurnog ili hazardnog ponasanja.

Postoji citav niz metoda za analizu sigurnosti koje uključuju sljedeće faze: preliminarna analiza sigurnosti (preliminary hazard analysis -PSA), preliminarna analiza hazarda (preliminary hazard analysis- PHA), detaljna analiza sigurnosti (detailed safety analysis –DSA) i nivoi integriteta sigurnosti (safety integrity levels –SIL ).

Primjer za ovo je standard koji se koristi u avio industriji pod oznakom DO-178B, dok se očekuje da će sličan standard uskoro biti definisan i za automobilske industrije ( ISO 26262 )

Ovi standardi zahtijevaju da se pažljivo kodira, ispituje, dokumentuje, testira, verificira i analizira svaki dio koda u sistemu. Ovim metodama se poboljšava kvalitet softvera u sigurnosno kritičnim sistemima, putem testiranja i eliminiranja ručno vođenih koraka u razvojnom procesu.

Metode i resursi

Za provedene istraživanja i testiranje performansi kao i eksperimentalni benchmarking te proračun sigurnosnih parametara će se koristiti odgovarajući hardverski visejezgreni sklopovi sa testnim funkcijama, te hardverske emulacione platforme i workbench softveri kod verifikacije i testiranja postignute softverske pouzdanosti i vjerovatnoće otkaza na zahtjev ( PFD).

Dio istraživanja i testiranja razvijenih hardversko softverskih rješenja baziranih na visejezgrenim arhitekturama mikroracunara se planira obaviti i na Departmentu: Computer Architecture and System Programming, Univerziteta Kassel, u Kasselu , Njemačka

Relevantna literatura

1. Applying Multi-core and Virtualization to Industrial and Safety-Related Applications  
White paper, Intel press, 2009

2. Thomas B. Berg  
“Maintaining I/O data coherence in embedded multicore systems”,  
IEEE Computer Society 0272-1732/09, 2009 IEEE
3. Schwarz M. H., Sheng H., Batchuluun B., Sheleh A. Chaaban W., J Borcsok  
“Reliable Software Development Methodology for Safety Related applications”, ICAT-2009,  
Sarajevo, October 2009
4. Naoyasu Ubayashi, Toshiki Seto, Hirotoshi Kanagawa, Susumu Taniguchi, Jun Yoshida  
“A Context Analysis Method for Constructing Reliable Embedded Systems”,  
*MiSE '08*, May 10–11, 2008, Leipzig, Germany
5. T. Erkkinen, M. Conrad, “Safety-Critical Software Development Using  
Automatic Production Code Generation“, The MathWorks, Inc. 2007
6. D. Abramson et al.,  
“Intel Virtualization Technology for Directed I/O,”  
Intel Technology J., vol. 10, no. 3, 10 Aug. 2006.
7. Juan R. Pimentel  
“ Designing safety-critical systems: A Convergence of Technologies”
8. Nancy G. Leveson  
“System Safety in Computer-Controlled Automotive Systems” , MITPress, 2006
9. J. Börcsök, M.H. Schwarz, “ Software in safety critical environments“,  
ESREL 2006, Safety and Reliability for Managing Risk pp. 1409-1415
10. Josef Borcsok  
“ Functional safety” , Huthig Verlag Heidelberg, 2006
11. I. Stürmer, D. Weinberg, M. Conrad, “Overview of Existing  
“Safeguarding Techniques for Automatically Generated Code“,  
Proc. Of 2nd Intl. ICSE Workshop on Software Engineering for Automotive Systems (SEAS'05),  
St. Louis, Missouri, USA, May. 21, pp. 1-6, 2005

## **Tema 4: Doc. dr Osman Mušić, dipl. ing. el.**

Elektrotehnički fakultet u Sarajevu

Doc. dr Osman Mušić, dipl.ing.el.

Sarajevo, 27/06/2010

Prijedlog teme doktorske disertacije u okviru predmeta

HIBRIDNI INTELIGENTNI SISTEMI

na Odsjeku za automatiku i elektroniku

### **1.Radni naslov**

MODEL EVOLUIRAJUĆEG NEURO-FUZZY INFERENTNOG SISTEMA NA BAZI  
GENETIČKOG ALGORITMA S DINAMIČKOM PROMJENOM OPERATORA MUTACIJE

### **2.Motivacija i cilj istraživanje**

Modeliranje i implementacija inteligentnih sistema je vrlo složen proces i zahtijeva znanja i vještine iz oblasti operacionih istraživanja, sistema upravljanja, statistike, optimizacije, a posebno iz vještačke inteligencije. Autonomnost i adaptivnost inteligentnih kontrolera omogućava njihovu praktičnu primjenu u okruženjima sa strogim ograničenjima vezanim za performansu sistema, ali se pri tome zahtijeva da njihov razvoj bude jednostavan i visoko efikasan u pogledu upotrebe resursa. Modeliranje evoluirajućeg neuro-fuzzy sistema optimiziranog u skladu sa strogim ograničenjima prije konkretne implementacije na određenom problemu, omogućava da se unaprijed predvide i izbjegnju konfliktne situacije u dinamičkom okruženju.

Polazni cilj je da se definiše pristup za modeliranje evoluirajućeg neuro-fuzzy sistema primjenom genetičkog algoritma s dinamičkom promjenom operatora mutacije, zatim da se načini model i simulacija i na kraju da se izvrši validacija sistema na bazi ovog algoritma u okruženju s promjenljivim parametrima.

### **3. Kratak pregled stanja u oblasti**

Fuzzy sistemi genetički optimizirani u hibridizaciji sa neuralnim sistemima koji su takođe genetički optimizirani predstavljaju najčešće tipove sistema izgrađenih u domenu vještačke inteligencije. Fuzzy-neuro sistem [6] nam omogućava da sistem posmatramo i kao fuzzy i kao neuro, i da koristimo u određenim situacijama prednosti strukture jednog s fusijom metode treniranja(učenja) iz drugog. Klasični genetički algoritam [2,1,10] omogućava treniranje [4] fuzzy-neuro sistema, a genetički algoritam s mehanizmom za kontrolu promjene operatora mutacije u skladu s vrijednostima fitnesa elitne jedinice omogućava bržu i precizniju konvergenciju globalnom optimumu. Postojeći pristupi se uglavnom baziraju na izgradnji fuzzy [10,5] ili neuro sistema [8] kao nezavisnih sistema ili podsistema, intuitivno ili primjenom genetičkog algoritma, odnosno nekog vida optimizacije modela. Takav pristup je spor i nije problemski nezavisan. Spajanjem fuzzy strukture i neurometoda učenja u jedan vid sistema dobija se mogućnost istovremenog korištenja prednosti i jednog i drugog. Da bi pristup bio problemski nezavisan model evoluirajućeg fuzzy-neuro sistema može biti definisan na osnovu dimenzionalnog modela baze podataka po kojoj bi sistem bio treniran.

### **4. Zadaci i programski sadržaj**

1.Uvodna analiza i definicije:

1. definisanje specifičnog modela fuzzy-neuralnog sistema
2. definisanje specifičnosti u primjeni genetičkog algoritma
3. teoretska analiza cjelokupnog sistema

2. Analiza uticaja dinamičke promjene operatora mutacije na run-genetičkog algoritma

3. Implementacija razmatranog mehanizama u polazni genetički algoritam.

4. Analiza uticaja modifikovanog genetičkog algoritma na evoluirajuću fuzzy- neuralnu strukturu.
7. Implementacija definitivnog algoritma i primjena u optimizaciji fuzzy-neuralnog sistema.
8. Ostvarenje koraka od 1-7 bilo bi demonstrirano na konkretnim primjerima, što ne bi umanjilo generalnost pristupa, već pokazalo praktičnu primjenjivost pristupa. Zato će se kod izbora testnih primjera voditi računa da imaju i praktičnu primjenu sa poboljšanim rezultatima u odnosu na klasične tehnike.

## 5. Metode i resursi

Za ova istraživanja koristit će se metode i znanja iz oblasti vještačke inteligencije, fuzzy sistema, evoluirajućih konekcionističkih sistema, evolucionih (genetičkih) algoritama i optimizacije. Od softverskih alata potrebni su MATLAB, Fuzzy Logic Toolbox, Neural Network Toolbox, Genetic algorithm Toolbox, FlexCi i Neural-Genetic Optimizer. Modeliranje i simulacija evoluirajućeg GA-fuzzy–neuralnog sistema će se izvršiti u Laboratorij ICL(ETF-Sarajevo) ili u nekoj laboratoriji na stranim univerzitetima (School of Innovation, Design and Engineering, Mälardalen University u Švedskoj).

## 6. Potencijalni doprinosi

Potencijalni doprinosi bi bili:

1. definisanje specifičnog pristupa izgradnje GA-fuzzy-neuralnog sistema primjenom GA sa dinamičkom promjenom operatora mutacije,
2. razvoj algoritma koji bi realizovao ovaj pristup i
3. jednostavniji dizajn adaptivnih sistema pri rješavanju kompleksnih problema u dinamičkom okruženju.

## 7. Referentni naučni izvori

- [1] N. Kasabov, *Evolving connectionist systems*, Springer, Berlin, 2003.
- [2] Jesus Rubio Avila Martinez, J.P. Ramirez, A.F. An evolving neuro-fuzzy recurrent network , Mexico City, 2009
- [3] P. Angelov , D.P. Filev, N. Kasabov, *Evolving Intelligent Systems: Methodology and Applications*, Joh Wiley & Son, Inc...Hoboken, New Jersey, 2010
- [4] Francisco Herrera, Frank Hoffmann, Luis Magdalena, *Genetic Fuzzy Systems*, World Scientific Publishing Co. – 2001 – Singapore
- [5] Michio Sugeno, *Industrial Applications of Fuzzy Control*, Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam – 1985;
- [6] Horia-Nicolai Teodorescu, Abraham Kandel, Lakhmi C. Jain, *Fuzzy and Neuro-Fuzzy Systems in Medicine*, CRC Press, New York, 1999
- [7] *Fuzzy Logic Toolbox User's Guide*, Matlab®, The MathWorks Inc. – 2009
- [8] Raouf N.G. Naguib, Gajanan V. Sherbet, *Artificial Neural Networks in Cancer Diagnosis, Prognosis, and Patient Management*, CRC Press New York – 2001
- [9] Ralph Kimball, Margy Ross, *The Data Warehouse Toolkit, Second Edition, The Complete Guide to Dimensional Modeling*, John Wiley & Sons, Inc. – 2002;
- [10] D. Driankov, H. Hellendoorn, M. Reinfrank *An Introduction to Fuzzy Control*, D. Driankov, H. Hellendoorn, M. Reinfrank, Springer-Verlag Berlin – 1996.

## **Tema 5: Doc. dr Mustafa Musić, dipl. ing. el.**

Elektrotehnički fakultet u Sarajevu  
Doc. dr Mustafa Musić, dipl.ing.el.  
Sarajevo, 27/06/2010

Prijedlog teme doktorske disertacije u okviru predmeta  
SISTEMI REALNOG VREMENA  
na Odsjeku za automatiku i elektroniku

### **1.Radni naslov**

RAZVOJ FUZZY MONITORA ZA PODRŠKU UZAJAMNOM ISKLJUČIVANJU PROCESA U  
OPERATIVNOM SISTEMU REALNOG VREMENA

### **2.Motivacija i cilj istraživanje**

Da bi smo procijenili valjanost nekog sistema kao sistema u realnom vremenu morat ćemo se upoznati s vremenskim trajanjem njegovih operacija, odnosno vremenskim trajanjem njegovih taskova. Nekada su takva vremena dio specifikacije sistema pa ih je dovoljno testirati, a u slučaju da nisu dio specifikacije sistema tada ih je potrebno odrediti. Efikasna upotreba kritičnih sekcija, dijeljenog koda ili drugih resursa je ovisna o poznavanju tih vremena i zato je potreban mehanizam u okviru operativnog sistema koji će nadgledati proces uzajamnog isključivanja procesa, taskova ili threadova prilikom izvršenja korisničkih aplikacija. Operativni sistemi to čine sakrivajući detalje o hardveru nudeći nam virtuelni interfejs koji obezbjeđuje servise aplikacijama. Međutim, ta virtuelnost (apstrakcija) koju nudi operativni sistem zahtijeva procesorsko vrijeme. Zbog toga među primarne ciljeve u razvoju operativnih sistema spadaju smanjenje kompleksnosti i minimizacija utroška procesorskog vremena. To je ujedno i glavni razlog zbog kojeg upotreba metoda vještačke inteligencije u operativnim sistemima nije još uvijek pronašla svoje mjesto.

Cilj ovog istraživanja jeste pokazati kako se metode vještačke inteligencije, tj., fuzzy logika, može iskoristiti za optimizaciju upotrebe resursa u različitim uslovima, bez po-većanja kompleksnosti ili degradacije performansi samog jezgra. Konkretna imple-mentacija fuzzy sistema za inteligentnu klasifikaciju taskova po prioritetima i detekciju vrste redova čekanja u koje će se raspoređivati taskovi bi trebala omogućiti ostvarenje ovog cilja.

### **3. Kratak pregled stanja u oblasti**

Teorija fuzzy logike( fuzzy skupovi, fuzzy algoritmi, aproksimativno rezonovanje i sl.) dobro je opisana u literature, ali s aspekta aplikacija u automatskom upravljanju[9]. Teorija raspoređivanja procesa u operativnim sistemima [10]. Principi raspoređivanja procesa u UNIX operativnim sistemima, opis raspoređivača prvih verzija UNIX sistema, single-task i multi-task sistemi, klasične metode (politike) raspoređivanja procesa u sistemima u realnom vremenu bilo da se radi o raspoređivanju procesa na jednoproc-sorskim i višeproc-sorskim mašinama, takođe su dobro obrađeni u literaturi[2, 4, 7, 10].

Opis algoritma raspoređivanja procesa u operativnom sistemu Linux 2.6.25 (eng. CFS, *Completely Fair Scheduler*) i opis principa "pravednog raspoređivanja" (eng. *fair scheduling*) su detaljno prikazani u literature [1, 3, 5, 6, 8]. Pregled prethodnih istraživanja u oblasti primjene vještačke inteligencije u operativnim sistemima dat je u literaturi[10]. U aktuelnim operativnim sistemima svi mehanizmi za kontrolu uzajamnog isključivanja(semaphori, monitori) baziraju se na klasičnim proceduralnim tehnikama koje se baziraju na različitim vrstama redova čekanja za grupacije taskova po prioritetim što troši znatna vremena kad su u pitanju zone prebacivanja, odnosno dobivanje kritičnog koda za upotrebu.



#### 4. Zadaci i programski sadržaj

1. Opis principa i metoda uzajamnog isključivanja i raspoređivanja procesa (taskova, threadova) u operativnim sistemima. Analiza rada monitora u operativnom sistemu.
2. Prijedlog razvoja metode za optimizaciju vremena uzajamnog isključivanja procesa upotrebom fuzzy logike.
3. Razvoj fuzzy sistema za klasifikaciju procesa u vanjskom redu čekanja
4. Razvoj fuzzy sistema za interni red čekanja i izdavanje ključa
5. Razvoj fuzzy algoritma za dinamičku raspodjelu prioriteta procesa u internim redovima čekanja za konkretne resurse (kritične sekcije). Definisanje načina kombinovanja izlaza prethodna dva fuzzy sistema kroz treći fuzzy sistem u cilju dobijanja vrijednosti prioriteta za svaki proces. Definisanje funkcija pripadnosti i pravila fuzzy logike, potrebnih za realizaciju novog fuzzy sistema.
5. Implementacija navedenih fuzzy algoritama kroz programski kod.
6. Evaluacija algoritama sa aspekta poboljšanja performansi i odziva sistema.
7. Analiza rezultata, zaključci i prijedlozi za dalji razvoj i moguća poboljšanja predstavljenih algoritama.

#### 5. Metode i resursi

Za ova istraživanja koristit će se metode i znanja iz oblasti operativnih sistema za rad u realnom vremenu, a posebno mehanizmi raspoređivanja, uzajamnog isključivanja, sinhronizacije i komunikacije između procesa (taskova). Na veličinu vremenskog kvanta se kod UNIX i Linux operativnih sistema može uticati promjenom vrijednosti parametra "finoće". Radi se o mehanizmu promjene prioriteta procesa koji korisniku sistema omogućava da bude "fin" prema drugim korisnicima, tako što će potrebne operacije izvršavati sa sniženim prioritetom. Ovaj mehanizam omogućava dinamičku promjenu prioriteta procesa, a time i favorizaciju procesa koji su značajni za neku vrstu primjene. Druga važna oblast je vještačka inteligencija koja će obezbijediti znanja i metode iz fuzzy logike. Upotrebom fuzzy logike za praćenje ponašanja procesa moguće je izvršiti klasifikaciju procesa na interaktivne, batch i real-time procese. Analizom brojnih parametara u radu sistema može se napraviti procjena namjene procesa za radnu stanicu ili server.

Od softverskih alata potrebni su Real Time Operating System tipa, Linuxa, Qunixa ili OsX, MATLAB i Fuzzy Logic Toolbox.

Modeliranje i simulacija fuzzy monitora će se izvršiti u Laboratorij ICL(ETF-Sarajevo) ili u nekoj laboratoriji na stranim univerzitetima (School of Innovation, Design and Engineering, Mälardalen University u Švedskoj).

#### 6. Potencijalni doprinos

Potencijalni doprinosi bi bili:

1. definisanje pristupa izgradnje fuzzy monitora za dinamičko određivanje prioriteta procesa prema aktuelnom opterećenju CPU-a.
2. razvoj algoritma koji bi realizovao ovaj pristup i
3. razvoj i primjena opisanih fuzzy algoritama trebali bi dovesti do bolje raspodjele prioriteta procesa, a na taj način će se poboljšati odziv sistema u slučaju interaktivnih procesa i obezbijediti manji utrošak procesorskog vremena kod batch procesa.

#### 7. Referentni naučni izvori

1. Josh Aas. Understanding the Linux 2.6.8.1 CPU Scheduler. [http://josh.trancesoftware.com/linux/linux\\_cpu\\_scheduler.pdf](http://josh.trancesoftware.com/linux/linux_cpu_scheduler.pdf), Feb 2005.
2. Maurice J. Bach. The Design of the UNIX Operating System. Prentice Hall, 1986.

3. Jonathan Corbet. Fair user scheduling and other scheduler patches.
4. <http://lwn.net/Articles/254711/>, Oct 2007.
5. Marshall Kirk McKusick et al. The Design and Implementation of the 4.4BSD Operating System. Addison-Wesley Professional, 1996.
6. M. Tim Jones. Inside the Linux scheduler. <http://www.ibm.com/developerworks/linux/library/l-scheduler/>, Jun 2006.
7. Avinesh Kumar. Multiprocessing with the Completely Fair Scheduler. <http://www.ibm.com/developerworks/linux/library/l-cfs/>, Jan 2008.
8. Robert Love. Linux Kernel Development. Novell Press, second edition, 2005.
9. Ingo Molnar. Description of the design of the Linux Completely Fair Scheduler. <http://people.redhat.com/mingo/cfs-scheduler/sched-design-CFS.txt>, May 2007.
10. Michael Negnevitsky. Artificial Intelligence: A Guide to Intelligent Systems. Addison Wesley, second edition, 2004.
11. Andrew S. Tanenbaum. Operating Systems Design and Implementation. Prentice Hall, 1987.

## **Tema 6: Red.prof. dr. Mujo Hebibović dipl. ing. el.**

Elektrotehnički fakultet u Sarajevu  
Doc. dr. Mustafa Musić, dipl.ing.el.  
Sarajevo, 27/06/2010

Prijedlog teme doktorske disertacije u okviru predmeta

### **MODELIRANJE I SIMULACIJA BIOMEDICINSKIH SISTEMA** na Odsjeku za automatiku i elektroniku

#### **Radni naslov:**

**„METODA KLASIFIKACIJE I INTERPRETACIJE ELEKTRIČNE AKTIVNOSTI  
MOZGA SLIJEPOM SEPARACIJOM IZVORA NA BAZI WAVELET  
TRANSFORMACIJE I NEURONSKIH MREZA“**

#### **Motivacija i ciljevi istraživanja**

EEG (elektroencefalogram) signal je fiziološki signal električne aktivnosti mozga. Ovaj signal je kompleksan i izrazito stohastičan po svojoj prirodi i sadrži značajne informacije o stanju i aktivnostima mozga. EEG se konzistentno mijenja sa promjenom funkcionalnog stanja mozga, od stanja mira do stanja stresa, od reaktivnih stanja do odmaranja, stanja hipnoze ili spavanja. Analiza EEG signala se koristi u neurologiji, u istraživanjima kognitivnih sposobnosti čovjeka, kognitivne psihologije, psihofiziologije i istraživanjima naprednih interfejsa čovjek-mašina. Većina metoda analize EEG se koriste u kontekstima istraživanja i nisu još dovoljno standardizirane za korištenje u kliničkom kontekstu.

#### **Kratak pregled stanje u oblasti**

Slijepa separacija signala je novo područje istraživanja, moguće je bazirati ga na različitim metodama. Većina metoda je uspješno primjenjiva kod jednostavnijih primjera, ali se kod kompleksnih i dinamičkih modela često pokazuje mnogo nedostataka čime se umanjuje mogućnost primjene. Analiza nezavisnih komponenti (engl. Independent Component Analysis- ICA) je metoda opšte namjene, bazirana je na statističkim tehnikama analize slučajnih podataka, i ima za cilj transformisanje tih podataka u nezavisne komponente [1]. Ova metoda dobiva sve veći značaj i fokus kod istraživanja [1].

Većina primjera primjene ICA algoritama je primejna u vremenskom i frekventnom domenu signala, a u skorije vrijeme počinju se razvijati i ispitivati ICA algoritmi u domenu wavelet transformacije signala [2]. ICA se pokazala uspješnom kod separacije vještački formiranih mikstura signala – kao kad su u pitanju zvuk ili slike, ali te iste metode nisu dale uspješne rezultate kada se primijene na signale koji su izmješani prirodnim putem [2].

Primjena slijepe separacije signala kod biomedicinskih signala, kao na primjeru EEG, nije jednostavan problem, kako zbog niskog nivoa električnih signala mozga kada se mjere neinvazivno (red veličine  $\mu V$ ), tako i zbog različitih inherentnih šuma u vidu električnih komponenti signala uzrokovanih pokretima oka i mišića. Prije primjene separacije izvora neophodno je prethodno ukloniti nepoželjne komponente signala, tako da se problem separacije komponenti dodatno usložnjava. Za potiskivanje nepoželjnih komponenti signala različite metode su bile predmet istraživanja, koji bi uključivale algoritme analize signala ili algoritme vještačke inteligencije, a najčešće su se uspješnim pokazali hibridni pristupi [3].

#### **Zadaci i programski sadržaj**

1. Istraživanje i opis teoretskih principa postojećih metoda koje se koriste za rješavanje postavljenog zadatka.
2. U cilju procjene uspješnosti primjene predložene metode, potrebno je nad istim skupom ispitnih podataka, izvršiti klasifikaciju komponenti EEG signala jednom tradicionalnom metodom koja nije bazirana na slijepoj separaciji signala i metodom na bazi slijepe separacije signala, ali korištenjem statističkih algoritama.
3. Primjena predložene metode i to u dva koraka – u prvom koraku se separacijom izvora signala trebaju izdvojiti nepoželjne komponente iz signala, a zatim nad dobivenim skupom podataka u drugom koraku ponoviti izdvajanje nezavisnih komponenti i izvršiti njihovu klasifikaciju.

## Metode i resursi

Sa računarski baziranom obradom i analizom EEG signala ostvarene su predispoziciji ne samo za unaprijeđenje dotadašnjih konvencionalnih metoda analize EEG već se omogućilo korištenje EEG signala i informacija dobijenih obradom u potpuno novim oblastima primjene, kao što su na primjer interfejs mozak – računar.

Ciljevi analize EEG signala u značajnoj mjeri utiču i na metode i tehnike koje se primjenjuju. Gruba podjela ciljeva obrade EEG signala bi bila na kliničku dijagnostiku i istraživanja funkcije mozga. Pošto se nove tehnike i područja primjene stalno razvijaju, u jednom trenutku se može dati samo okvirna klasifikacija ciljeva:

- izdvajanje klinički relevantnih podataka
- podrška vizuelnom čitanju i tumačenju EEG
- automatiziranje standardne analize
- izdvajanje relevantnih podataka sa ciljem klasifikacije
- uklanjanje artefakata iz EEG signala kao EKG, EMG i sl.
- razumijevanje električnih aktivnosti koje su u osnovi različitih stanja i funkcija mozga

Metod slijepe separacije signala je postupak odvajanja niza nezavisnih signala iz niza pomiješanih signala, u slučaju kada se ima vrlo malo ili nimalo informacija o izvornim signalima. Slijepa separacija signala je izazovno područje istraživanja jer se očekuju rezultati koji bi se mogli uspješno primijenjivati u različitim i značajnim oblastima, kao na primjer: obradi biomedicinskih signala, telekomunikacijama, analizi ekonomskih i socijalnih procesa.

Upravo zbog velike raznolikosti primjena postoji mnoštvo različitih metoda za slijepu separaciju. U ovom radu se predlaže pristup slijepe separacije izvora signala izdvajanjem nezavisnih komponenti EEG signala na bazi hibridne metode waveleta i neuronskih mreža.

## Potencijalni doprinos

Cilj rada je da se razvije metoda klasifikacije i interpretacije električne aktivnosti mozga slijepom separacijom izvora na bazi wavelet transformacije i neuronskih mreža i da se ispita da li ovaj pristup daje bolje rezultate od postojećih metoda. Takođe dobijeni rezultati trebaju biti i osnov za opširniju analizu primjenjivosti predložene metode u realnom okruženju s obzirom na potrebne resurse za njeno uspješno izvođenje.

## Kratki pregled literature

1. Hyvärinen, J. Karhunen, E. Oja Independent Component Analysis, New York: Wiley, 2001.
2. Ranjan Acharyya, A New Approach for Blind Source Separation of Convulsive Sources - Wavelet Based Separation Using Shrinkage Function, VDM Verlag, Saarbrücken, Germany 2008.

3. François-Benoit Vialatte et al., EEG windowed statistical wavelet scoring for evaluation and discrimination of muscular artifacts, *Physiological Measurement*, Volume 29, Number 12, IOP Publishing, Bristol, UK, 2008.
4. Bertrand Rivet et al, Wavelet De-noising for Blind Source Separation in Noisy Mixtures, *Lecture Notes in Computer Science* , Springer Berlin / Heidelberg, Germany, 2004.
5. Richard Everson and Stephen Roberts. *Independent Component Analysis, Principles and Practice*, chapter, Particle filters for non-stationary ICA, pages 280–298. Cambridge University Press, New York, USA, 2001.
6. Niedermeyer E., Lopes da Silva F. H., *Electroencephalography: basic principles, clinical applications, and related fields*, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, USA, 2004

## **Tema 7: Doc. dr Samim Konjicija, dipl. ing. el.**

Elektrotehnički fakultet u Sarajevu  
Doc. dr Samim Konjicija, dipl.ing.el.  
Sarajevo, 7.7.2010.

Prijedlog teme doktorske disertacije u okviru predmeta  
VIŠEKTERIJALNO OPTIMALNO UPRAVLJANJE  
na Odsjeku za automatiku i elektroniku

### **1.Radni naslov**

NESTACIONARNA VIŠEKTERIJALNA PROBLEMSKA SITUACIJA KAO MODEL  
INTERAKCIJE DINAMIČKOG SISTEMA SA OKOLINOM

### **2.Motivacija i cilj istraživanje**

Modeli interakcije dinamičkih sistema sa okruženjem koji se uglavnom koriste su strogo definirani, što je diktirano zahtjevima pristupa koji se primjenjuju za sintezu zakona upravljanja ovakvim sistemima. Ovakva stroga definicija interakcije nameće i ograničenja u pogledu njenih dozvoljenih varijacija koje obezbjeđuju validnost zakona upravljanja.

Nestacionarna višekriterijalna problemska situacija omogućava modeliranje interakcije dinamičkog sistema sa okruženjem u puno širem opsegu, što otvara mogućnost sinteze robusnijeg zakona upravljanja.

Polazni cilj ove doktorske disertacije je definiranje pristupa modeliranju interakcije dinamičkog sistema sa okruženjem na bazi nestacionarne višekriterijalne problemske situacije, te pristupa rješavanju problema optimalnog upravljanja definiranog na bazi ovakvog modela interakcije. Za rješavanje će biti primjenjen višekriterijalni evolucioni algoritam.

### **3. Kratak pregled stanja u oblasti**

Evolucionni algoritmi su metaheuristički algoritmi koji već niz desetljeća izazivaju veliku pažnju istraživača, zbog svoje robusnosti i svojstva konvergencije ka globalnom optimumu. Genetički algoritam [1], kao tipičan predstavnik evolucionih algoritama, je do sada primjenjen u nizu problema optimalnog upravljanja [2].

U zadnje dvije decenije se fokus istraživanja prenosi na primjenu evolucionih algoritama za rješavanje višekriterijalnih problemskih situacija, što je rezultiralo razvojem niza višekriterijalnih evolucionih algoritama sa jako dobrim svojstvima [3][4][5].

Drugi pravac istraživanja se u posljednjoj deceniji fokusira na primjenu evolucionih algoritama za rješavanje dinamičkih problema [6][7][8].

Nestacionarna višekriterijalna problemska situacija obuhvata obje klase problemskih situacija i omogućava obuhvatanje daleko šireg problemskog domena [9][10]. Posljednjih godina se u literaturi može pronaći niz primjera korištenja različitih višekriterijalnih evolucionih algoritama za rješavanje ovakvih problemskih situacija [11][12].

### **4. Zadaci i programski sadržaj**

1. Uvodna analiza i definicije:

- definiranje nestacionarne višekriterijalne problemske situacije
- teorijska analiza višekriterijalnih evolucionih algoritama i njihove primjene za rješavanje nestacionarnih i višekriterijalnih problema
  - teorijska analiza varijacija interakcije dinamičkog sistema i njegovog okruženja

2. Analiza svojstava populacije tokom izvršavanja evolucionog algoritma pri rješavanju nestacionarnog problema
3. Modeliranje interakcije dinamičkog sistema i njegovog okruženja i definiranje zadaće optimalnog upravljanja na bazi ovog modela
4. Primjena višekriterijalnog evolucionog algoritma za rješavanje nestacionarne zadaće optimalnog upravljanja

## 5. Metode i resursi

Za ova istraživanja koristit će se metode i znanja iz oblasti automatskog upravljanja, optimalnog upravljanja, vještačke inteligencije i inteligentnog upravljanja, heurističkih i evolucionih algoritama. Kao osnovni softverski alat će se koristiti Matlab/Simulink sa odgovarajućim toolbox-ima, kao i fizički modeli procesa.

Modeliranje i simulacija će biti provedeni u Laboratoriji za automatiku Elektrotehničkog fakulteta u Sarajevu ili u nekoj laboratoriji na stranim univerzitetima sa kojima Elektrotehnički fakultet ima ostvarenu ili ostvari saradnju.

## 6. Potencijalni doprinosi

Potencijalni doprinosi bi bili:

- definiranje specifičnog pristupa modeliranju interakcije dinamičkog sistema sa njegovim okruženjem,
- definiranje metodologije za primjenu višekriterijalnog evolucionog algoritma za rješavanje nestacionarnog problema optimalnog upravljanja i
- razvoj modela ponašanja populacije višekriterijalnog evolucionog algoritma tokom rješavanja nestacionarnog problema optimalnog upravljanja.

## 7. Referentni naučni izvori

- [1] Goldberg, David E.: "Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning", Addison-Wesley 1989, 20th Printing, 1999
- [2] Mo Jamishidi, Leandro dos Santos Coelho, Renato A. Krohling, Peter J. Fleming: "Robust Control Systems with Genetic Algorithms", CRC Press, 2003
- [3] Coello, Carlos A. Coello, Van Veldhuizen, David A., Lamont, Gary B.: "Evolutionary Algorithms for Solving Multi-Objective Problems", Kluwer Academic Publishers, New York, 2002
- [4] Deb, Kalyanmoy: "Multi-Objective Optimization using Evolutionary Algorithms", John Wiley & Sons, Ltd, West Sussex, 2001/2002
- [5] Fonseca, Carlos M.: "Multiobjective Genetic Algorithms with Application to Control Engineering Problems", PhD dissertation, Department of Automatic Control and Systems Engineering, University of Sheffield, 1995
- [6] Branke, Jürgen: "Evolutionary Optimization in Dynamic Environments", Kluwer Academic Publishers, 2002
- [7] Bui, Lam T., Branke, Jürgen, Abbass, Hussein A.: "Multiobjective Optimization for Dynamic Environments", Project Technical Report TR-ALAR-200504007, The Artificial Life and Adaptive Robotics Laboratory, Canberra, 2005
- [8] Elshamli, Ahmed, Abdullah, Hussein A., Areibi, Shawki: "Genetic Algorithm for Dynamic Path Planning", Proceedings of the IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering 2004, CCECE 2004-CCGEI 2004, Niagara Falls, Canada, 2004
- [9] Victoria Aragon, Susana Esquivel, Carlos C. Coello: "Evolutionary Multiobjective Optimization in Non-stationary Environments", Journal of Computer Science & Technology, Vol. 5, Issue 3, October 2005
- [10] Z. Avdagić, S. Konjicija, S. Omanović: "Evolutionary Approach to Solving Non-stationary Dynamic Multiobjective Problems", in Foundations of Computational Intelligence Vol. 3: Global Optimization, Springer, 2009

- [11] Konjicija, S, Avdagić, Z. "Evolutionary multi-objective approach to control of mobile robot in unknown environment", ICAT 2009 - 2009 22nd International Symposium on Information, Communication and Automation Technologies ,  
Sarajevo, 2009
- [12] Trihatmo, Sardjono, Jarvis, R. A.: "Short-Safe Compromise Path for Mobile Robot Navigation in a Dynamic Unknown Environment", Proceedings of the Australasian Conference on Robotics and Automation 2003, ACRA 2003, Brisbane, Australia, 2003



## **Tema 8: Doc. dr Sead Kreso, dipl. ing. el.**

Elektrotehnički fakultet u Sarajevu  
Doc.dr Sead Kreso

Sarajevo, 15.09.2010.

Prijedlog teme doktorske disertacije

Radni naslov:

„Algoritmi zaštite distribuiranih generatora od ostrvskog rada“

Motivacija i cilj istraživanja

U današnje vrijeme sve je više malih hidroelektrana(MHE) i vjetroelektrana(VE) u pogonu. Kako je konfiguracija sredjenaponske mreže uglavnom radijalna to u slučaju kvara na SN odvodu može doći do ostrvskog rada elektrane što treba prepoznati i zaustaviti rad elektrane. Za prepoznavanje ove situacije ima više algoritama (promjena napona ili frekvencije).

Motivacija bi bila definisati skup karakterističnih konfiguracija i kvarova koji dovode do ostrvskog rada sistema sa ciljem definiranja pouzdanog algoritma koji prepoznaje stanje mreže.

Cilj istraživanja je analiza ponašanje malih generatorskih jedinica u trenutku „ostrvskog rada“, analiza skupa algoritama koji prepoznaju nastalu situaciju sa ciljem doprinosa u izboru „najboljeg“.

Kratki pregled literature

Pregled literature je slijedeći:

1.E. Sortomme, G.J. Mapes, B.A. Foster, S.S. Venkata: “Fault Analysis and Protection of a Microgrid”, IEEE NAPS 2008, Calgary, November 2009

2.X.Lin ,X. Dong, Y. Lu: “Application of Intelligent Algorithm In Island Detection of Distributed Generation”, IEEE PES 2010, New Orleans, LA, USA, Juny 2010

3.L. Li, Y. Liu, H. Mu and Z. Yu: “Out-of-Step Splitting Scheme Based on PMUs”, IEEE DRPT 2008, Nanjuing, May 2008

R. Diao, V. Vittal, K. Sun, S. Kolluri, S.Mandal, F. Galvan: “Decision Tree Assisted Controlled Islanding for Preventing Cascading Events”, IEEE PSCE 2009, Seattle, WA, April 2009

Group Authors: “Application of Islanding Protection for Industrial and Commercial Generators – An IEEE Industrial Application Society Working Group Report”,

N. Senroy, G.T. Heydt, and V. Vittal: “Decision Tree Assisted Controlled Islanding”, IEEE Transactions on Power Systems, vol. 21, no. 4, november 2006

#### 4. Metode i resursi

Istraživanja uglavnom se odnose na numeričke simulaciju sistema u okviru programskih paketa MATLAB-SIMULINK, EMTP.

Student će u tu svrhu na raspolaganju imati navedene softverske pakete.

Istraživanja su predviđena na Elektrotehničkom fakultetu u Sarajevu.

#### 5. Osnovni očekivani doprinos

Vrednovanje algoritama i razvoj algoritma koji ima zadovoljavajuće performanse u prepoznavanju ostrvskog rada.

## **Tema 9: Doc. dr Sead Kreso, dipl. ing. el.**

Elektrotehnički fakultet u Sarajevu  
Doc.dr Sead Kreso

Sarajevo, 15.09.2010.

Prijedlog teme doktorske disertacije

Radni naslov:

„Osjetljivost zaštita na poremećaje u srednjenaponskoj mreži EESa“

Motivacija i cilj istraživanja

Srednjenaponska mreža predstavlja vrlo bitan segment EES-a. Sa jedne strane ima se niskonaponska mreža na koju su priključeni različiti potrošači, kao i veći potrošači direktno priključeni na SN. U današnje vrijeme sve je više obnovljivih izvora električne energije i isti su uglavnom spojeni na SN mrežu. Međusobna interakcija više subjekata na istoj mreži može dovesti do određenih poremećaja koji utiču i na rad sistema zaštita.

Motivacija bi bila definisati karakteristične poremećaje u sistemu, kao i skup zaštita na srednjenaponskoj mreži koja treba korektno da „odgovori“ na poremećaje.

Cilj istraživanja je analiza određenog skupa poremećaja u sistemu na pojedine zaštite odnosno analizirati algoritme zaštite i dati svoj doprinos u redukciji poremećaja na rad zaštita.

Kratki pregled literature

Pregled literature koja služi kao polazna osnova je slijedeća:

S.J. Haslam, P.A. Crossley, N. Jenkins: “Design and Field Testing of a Source Based Protection Relay for Wind Farms”, IEEE Transaction on Power Delivry, vol. 14, issue: 3, August 1999.

D.A. Tziouvaras, D.Hou: “Out-of-Step Protection Fundamentals and Advancements”

D.Tziouvaras: “Relay Performance During Major System Disturbances”, IEEE Conference Protective Relay Engineers, Octobar 2004

T. Keil, J. Jaeger, N. Schaefer, T. Degner: “Dynamic Influences on Protection Systems in Distribution Networks with Distributed Generation”, IEEE CICED 2008, Guangzhou, August 2008

A.P. Apostolov, D.Weinbach: “A Universal System Protection Device with Object-Oriented Graphical Protection Architecture”, IEEE ISAP 1996, Orlando, FL, August 2002

## Metode i resursi

Istraživanja uglavnom se odnose na numeričke simulaciju sistema u okviru programskih paketa MATLAB-SIMULINK, EMTP.

Student će u tu svrhu na raspolaganju imati navedene softverske pakete, kao i srednjenaponske zaštite.

Istraživanja su predviđena na Elektrotehničkom fakultetu u Sarajevu.

## Osnovni očekivani doprinos

Analiza poremećaja u SN mreži i analiza algoritama srednjenaponske zaštite iz kojih proizilaze algoritmi zaštite koji redukuju uticaj poremećaja EES-a na rad zaštita.

## **Tema 10: Doc. dr Osman Mušić, dipl. ing. el.**

Elektrotehnički fakultet u Sarajevu  
Doc.dr Osman Mušić

Sarajevo, 20.08.2010

Prijedlog teme doktorske disertacije

Predmet : Upravljanje energetskih pretvarača

Radni naslov:

**Upravljanje faktora snage pretvarača naizmjenično-istosmjerno primjenom nelinearnih zakona upravljanja.**

### Motivacija i cilj istraživanja

Tokom posljednjih dvadeset godina sve više se pažnje obraća na kvalitet struje koju potrošači povlače iz distribucione mreže, na harmonički sadržaj struja u mreži i nivo faktora snage. Nizak faktor snage povećava gubitke u mreži a visok sadržaj harmonika u mrežnoj struji dovodi do problema kao što su elektromagnetna interferencija, i interferencija preko mrežne impedanse između različitih potrošača. Nekoliko standarda su nametnule stroga ograničenja na sadržaj harmonika u distributivnoj mreži [1], [2], [3]. Osnovni razlog zbog kojeg se ova ograničenja nameću, je sve šira paleta primjena pretvarača naizmjenično-istosmjerno. Oni se, kao ulazni stepen, koriste u sklopovima za napajanje elektronskih uređaja, kućnim aparatima, punjačima baterija, upravljanim pogonima i u većini pretvarača energetske elektronike.

Ispravljači, govorimo o diodnim i fazno upravljanim tiristorskim ispravljačima, povlače nesinusoidalne struje iz mreže i preko njene unutrašnje impedanse dovode do distorzije napona te ugrožavaju ostale potrošače. Postojanje viših harmonika u struji ispravljača ima za posljedicu smanjenje faktora snage a time i smanjeno iskorištenje mreže.

Konvencionano rješenje ovog problema zasniva se na primjeni pasivnih LC mreža koje reduciraju harmonike i popravljaju (povećavaju) faktor snage. Glavni nedostaci ovog rješenja su dimenzije pasivnih komponenti i fiksni karakter kompenzacije. Ovakav pristup se susreće kod pretvarača malih snaga, reda nekoliko stotina Wata i donekle kod kompenzacije induktivnih tereta (motorni pogoni) većih snaga.

Pristup rješenju ovog problema koji se danas koristi, uglavnom kod ispravljača snaga do desetak KW, je da se ispravljač izvede kao upravljeni pretvarač (koriste se upravljivi prekidači, IGBT, GTO, IGTC) koji povlači približno sinusoidalnu struju iz mreže, u fazi sa ulaznim naponom. Na taj se način reduciraju harmonici i ostvari se faktor snage blizak jedinici. Ovakvi sklopovi/pretvarači nose naziv sklopovi/pretvarači za korekciju faktora snage (PFC).

Za korekciju faktora snage najčešće se koristi pretvarač za podizanje napona, boost pretvarač, ali se koriste i druge strukture, SEPIC, Ćukov i Vienna pretvarač. Iako se boost pretvarač najčešće

koristi , posljednjaj dva tipa pretvarača mogla bi da pokriju širi opseg primjena i snaga L[4], L[5] . Kad se ima u vidu Čukov pretvarač njegova primjena bi bila posebno zanimljiva u onim slučajevima kad se postavljaju strogi zahtjevi na dinamiku sistema koji uključuje PFC i pretvarač na istosmjernom izlazu.

U okviru ovog rada treba da se analizira mogućnost primjene dva tipa pretvarača za korekciju faktora snage za pretvarače snage do deset kW. Pri tome treba analizirati .

- zahtjeve koji se postavljaju na upravljane prekidače
- zahtjeve koji se postavljaju na pasivne komponente
- dinamičko ponašanje pretvarača upravljanih konvencionalnim metodima kao što su upravljanje vršne struje ( peak current control), upravljanje srednje struje ( average control), histerežno upravljanje .
- dinamičko ponašanje pretvarača upravljanih uvođenjem kratanja u kliznom režimu.

Analiza dinamike će se izvršiti na modelu, računarski primjenom MATLAB-a i na fizičkom modelu jednog od dva pretvarača koji će biti realiziran i testiran u laboratoriji.

Krajnji cilj ovog istraživanja je da se evaluiira ponašanje ova dva pretvarača upravljana na konvencionalni način i uvođenjem kretanja u kliznom režimu na osnovu kvantitativnih pokazatelja odredjenih simulacijom i eksperimentalno.

#### Kratki pregled stanja u oblasti

Problem upravljanja pretvarača za korekciju faktora snage je predmet istraživanja već više od deset godina. Kao rezultat pojavila su se i integralna kola koja omogućavaju realizaciju upravljanja PFC pretvarača . Koristi se upravljanje vršnom strujom, upravljanje srednje struje i histerežno upravljanje a u dva slučaja predloženo je uvođenje kliznog režima L[4] , L[7] . Konvencionalna rješenja koja se i koriste u praksi imaju jednu zajedničku karakteristiku , odziv na brze promjene napona mreže je spor a i odziv na promjene tereta na izlazu nije u svim slučajevima zadovoljavajući. Pri tome treba imati u vidu spektar pretvarača , uključujući i trofazne pretvarače, koji se mogu koristiti za ove namjene i spektar snaga. Imajući ovo u vidu opravdano je izučiti ponašanje PFC pretvarača upravljanih primjenom nelinearnih zakona , prije sve ga Vienna pretvarača .

#### 25. Metode i resursi

Istraživanja koji se odnosi na numeričku simulaciju vještački proizvednih defekata obaviti će se u laboratorijama Elektrotehničkog fakulteta u Sarajevu korištenjem programa MATLAB i PSIM.

Eksperimentalna istraživanja će biti provedena na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Mariboru , a ukoliko se ograničenja koja sad postoje otklone u dogledno vrijeme u laboratoriji Elektrotehničkog fakulteta u Sarajevu.

#### 4. Očekivani doprinos

Ovim istraživanjem će se proširiti znanja o mogućnostima primjene kliznih režima na upravljanje ne samo pretvarača istosmjerno-istosmjerno nego i pretvarača istosmjerno – naizmjenično.

## Literatura

- [1] Recommended Practices and Requirements for Harmonics Control in Electrical Power Systems, IEEE 519, 1993.
- [2] Limits for Harmonics Current Emissions (Equipment Input Current  $< 16$  A Per Phase), IEC 1000-3-2 International Standard, 1995.
- [3] Limits for Harmonic Current Emissions (Equipment Input Current up to and Including 16 A Per Phase), IEC 61000-3-2 International Standard, 2000.
- [4] L. Rossetto, G. Spiazzi, P. Tenti, , "Control techniques for Power Factor Correction Converters," PEMC Conf. Proc., 1994
- [5] A.D. Pathak, R. E. Locher, H.S. S. Mazumdar, "3-Phase Power Factor Correction, Using Vienna Rectifier Approach and Modular Construction for Improved Overall Performance, Efficiency and Reliability"
- [6] D. S. L. Simonetti, J. Sebastian and J. Uceda, "A Small-Signal Model for Sepic, Cuk and Flyback Converters as Power Factor Preregulators in Discontinuous Conduction Mode", PESC Conf. Proc., 1993, pp. 735-741.
- [7] J. B. Williams, "Design of Feedback Loop in Unity Power Factor AC to DC Converter," PESC Conf. Proc., 1989, pp. 959-967.
- [8] B.R. Lin, S.C. Tsay and M.S. Liao "Integrated Power Factor Controller Based on Sliding Mode Control" Electric Power Applications, IEE Proceedings, Vol 148, May 2001
- [9] C. K. Tse "Circuit theory of power factor correction in switching converters" Int. J. Circ. Theor. and Appl. 2003; 31:157–198 (DOI: 10.1002/cta.216)
- [10] K.M. Tsang and W.L. Chan "Adaptive control of power factor correction converter using nonlinear system identification", IEE Proc., Electr. Power Appl., May 2005 Vol. 152, Issue 3, p.627–633
- [11] A. Muthuramalingam and S. Himavathi, "Evaluation of Power Factor Corrected AC - DC Converters and Controllers to meet UPS Performance Index ", International Journal of Electronics, Circuits and Systems 3:1 2009
- [12] Yu Rong Nan, Na Meng "Three-Phase Power Factor Correction Converter Based on One-Cycle Control in Aircraft Electric Power System", Journal Advanced Materials Research (Volumes 97 – 101) , 2010
- [13] Stuart Hodge Jr., "SiC Schottky Diodes in Power Factor Correction", Power Electronics Technology, Aug . 2004

## **Tema 11: Vanr. prof. dr Nijaz Hadžimejlić, dipl. ing. el.**

Elektrotehnički fakultet u Sarajevu  
Prof.dr Nijaz Hadžimejlić

Sarajevo, 06.09.2010.

Prijedlog teme doktorske disertacije

Radni naslov:

„Upravljanje vjetrogeneratora sa dvostrano napajanom mašinom na bazi kliznih režima“

Motivacija i cilj istraživanja

U proizvodnji električne energije u svijetu, na sadašnjem stepenu razvoja, dominantno je prisustvo termoelektrana, nuklearnih elektrana i hidroelektrana.

Međutim, poslednjih godina je evidentno nastojanje skoro u svim državama u svijetu da se dodatno koriste alternativni izvori energije (L1). Među takvima alternativnim izvorima dominantno mjesto zauzimaju vjetroelektrane (L2).

Struktura vjetrogeneratora je standardna: vjetroturbina i električni generator sa poluprovodničkim pretvaračima za vezu na energetske sistem. Problem je tehničkih karakteristika vjetra promjenjive snage i brzine, a sa druge strane u energetske mreži mora da se održava konstantna frekvencija. Usklađivanje karakteristika izvora sa jedne i energetske mreže sa druge strane je problem koji se može rješavati na različite načine: regulacijom zakretanja lopatica elise za održavanje konstantne brzine i korištenje asinhronog generatora direktno spojenog na energetske mrežu (L3); moguće je koristiti i turbinu promjenjive brzine ali se tada moraju koristiti poluprovodnički pretvarači za regulaciju snage sistema pri čemu se mogu koristiti različite vrste mašina (Asinhroni generator sa kratkospojenim rotorom, sinhroni generator sa permanentnim magnetom ili dvostrano napajana mašina) (L4).

U ovom radu je potrebno proučiti ponašanje sistema: izvor snage – vjetar, dvostrano napajana mašina, poluprovodnički pretvarač, energetske mreže, pri čemu će se primijeniti mikroprocesorski baziran kontroler. Algoritmi za regulaciju tokova snage će biti bazirani na diskretnim kliznim režimima.

Kratki pregled literature

Pregled literature, koja je vezana za problematiku analize rada sistema kakav je ovdje predložen, pokazuje da niko nije analizirao kompletan sistem kako se ovdje predlaže.

Radovi su vezani za pojedine podsisteme: u (L3) je predložen i analiziran sistem sa različitim vrstama mašina i sa višenivovskim pretvaračem upravljanim korištenjem vektorske širinskoimpulsne modulacije; u prijedlogu doktorske disertacije Senada



Huseinbegovića na Elektrotehničkom fakultetu u Sarajevu pod radnim naslovom „Upravljanje inverterima obnovljivih izvora električne energije pomoću diskretnih kliznih režima“, predviđeni sistem je sa DC mašinom sa permanentnim magnetom; u doktorskoj disertaciji Rizaha Memiševića sa Elektrotehničkog fakulteta u Tuzli „Prilog istraživanju mogućnosti regulacije napona i frekvencije asinhronog generatora u autonomnom radu“, analiziran je sistem sa dvostrano napajanom mašinom sa linearnim regulatorima napona i frekvencije.

## Metode i resursi

Dio istraživanja koji se odnosi na numeričku simulaciju sistema: izvor snage – vjetar, dvostrano napajana mašina, poluprovodnički pretvarač, energetska mreža, obaviti će se u laboratorijama Elektrotehničkog fakulteta u Sarajevu.

Student će u tu svrhu na raspolaganju imati slijedeće softverske pakete: MATLAB-SIMULINK, PSIM.

Eksperimentalna istraživanja će biti provedena na maketi u zavisnosti od mogućnosti realizacije makete.

Istraživanja su predviđena kako na Elektrotehničkom fakultetu u Sarajevu, tako i na Fakultetu Elektrotehnike Univerziteta u Mariboru.

## Osnovni očekivani doprinos

Razvijen sistem upravljanja dvostrano napajane mašine na bazi diskretnih kliznih režima.

Izvršena analiza karakteristika upravljanog sistema: izvor snage – vjetar, dvostrano napajana mašina, poluprovodnički pretvarač, energetska mreža-

## Polazna literatura:

1. Dr. Rudolf Rechsteiner (Author/Responsibility for this report), “Wind Power in Context – A clean Revolution in the Energy Sector”, Energy Watch Group, Germany, 2008.
2. Božidar Matić: Predavanja na postdiplomskom studiju na odsjeku za Automatiku i elektroniku, dio – „**Kriterijalna osnova za obnovljive izvore energije**“, Elektrotehnički fakultet Sarajevo 2008. godine.
3. T.Barton, D.Sharpe, N.Jenkins, E.Bossanyi: „**WIND ENERGY Handbook**“, John Wiley & Sons, LTD, England, 2001.
5. R. Erickson, S. Angkitittrakul, O. Al-Naseem, G. Lujan, “Novel Power Electronics Systems for Wind Energy Applications: Final Report, University of Colorado, USA, 2004.

## **Tema 12: Doc.dr Jasna Pašić, dipl. ing. el.**

### **Radni naslov: BRZO NUMERIČKO ODREĐIVANJE PRELAZNOG OTPORA PRI KVAROVIMA NA VODOVIMA EES**

#### Motivacija i cilj istraživanja:

Prelazni otpor predstavlja komponentu od uticaja na određivanje udaljenosti mjesta kvara i ugla impedance voda u kvaru, te njegovo poznavanje doprinosi tačnosti lokacije kvara i položaja vektora impedance u kompleksnoj ravni.

U slučajevima kvarova na granici zone prorade, otpor električnog luka može biti presudan u donošenju (pogrešne) odluke za isključenje.

Stoga blagovremena i brza identifikacija iznosa prelaznog otpora na mjestu kvara doprinosi selektivnosti djelovanja zaštite i često, očuvanju stabilnosti elektroenergetskog sistema.

#### Kratak pregled literature

- A.G.. Phadke, J.S. Thorp: "Computer Relaying for Power Systems", J.Willey & Sons Inc, New York 1988.
- "Prilog određivanja udaljenosti mjesta kvara na vodovima EES", J. Pašić, dr. disert. Sarajevo, januar 2005.
- Radovi proistekli iz pretraživanja u oblasti zaštite i automatike EES

#### Metode i resursi:

Metode obuhvataju matematički opis uslova prilikom kvara, te sintetiziranje i testiranje računarskih modela, kako samog segmenta EES u uslovima kvara, tako i modela numeričkog sistema za određivanje prelaznog otpora na mjestu kvara.

#### Osnovni očekivani doprinos:

Model numeričkog sistema za brzo određivanje prelaznog otpora na mjestu kvara.

### **Tema 13: Doc.dr Abdulah Akšamović, dipl. ing. el.**

#### **Radni naslov: ISTRAŽIVANJE METODA FORMALNE VERIFIKACIJE DIZAJNA UGRADBENIH SISTEMA NA ČIPU**

Dizajn ugradbenih sistema postaje s obzirom na brz razvoj tehnologije gradnje IC (Integrirani krug) sve atraktivniji. Razvoj mikroelektronike određen Mooreovim zakonom omogućio je gradnju IC sa preko nekoliko stotina miliona tranzistora na čipu. FPGA čipovi omogućuju korisniku da u polju primjene realizira vlastitu aplikaciju koristeći standardizirane jezike za opis hardvera kao što su VHDL i Verilog. Kod realiziranja ovako kompleksnih sistema nameće se pitanje njihovog funkcionalnog testiranja. U tom kontekstu uvodi se procedura verifikacije kao procesa provjere koliko je neki dizajn ispravan s obzirom na njegove specifikacije. Sama specifikacija može biti data u više različitih formi – ona može biti data samo kao dizajnerova namjera, može biti napisana govornim jezikom ili to mogu biti izrazi napisani formalnim jezikom. Verifikacija postaje usko grlo u procesu dizajniranja ugradbenih (*embedded*) sistema i sistema na čipu (SoC). Jedan od glavnih razloga za ovo je što poznate metode za dizajn ugradbenih sistema nisu u stanju pratiti sve veću kompleksnost dizajna koja se javlja zbog porasta broja tranzistora na čipu.

Alati za opis hardvera su opremljeni modulima za simulaciju koja omogućuje djelimičnu provjeru implementiranih funkcija sa ciljem verifikacije realiziranog dizajna. Ova provjera je limitirana zahtjevom da korisnik sam kreira simulacionu proceduru što u slučaju složenih sistema postaje vrlo komplicirano. Potpunu verifikaciju ovakvog dizajna moguće je izvesti samo nad sistemima koji operišu sa ulazima definiranim nad konačnim skupom ulaznih stanja te konačnim skupom izlaznih stanja, jednostavnim generiranjem svih ulaza i provjerom odziva sistema na zadate ulaze. Jasno je da i pri imalo ozbiljnijem dizajnu (složenijem) broj mogućih stanja ulaza je toliki da bi provjera funkcionalnosti na ovaj način bila praktično neizvodiva, kako zbog dužine trajanja tako i zbog složenosti generiranja testnih procedura. Treba napomenuti da ovakvi sistemi u pravilu imaju bar jedan procesor, te da za provjeru funkcionalnosti treba koristiti pripadni program čiji kod sam po sebi unosi nedosljednost u testnu proceduru. Istraživanje treba da ukaže na probleme koji se pojavljuju pri funkcionalnom testiranju sistema, da definiše sisteme kod kojih je ta verifikacija moguća u potpunosti, na primjer korištenjem formalnih analiza zasnovanih na funkcionalnom opisu sistema, da razmotri sisteme kod kojih to nije moguće, te da predloži formalne metode koje mogu djelimično ili potpuno verificirati ovakve sistema, i da predloži algoritme koji mogu dovesti do efikasnog testiranja. Treba odgovoriti na pitanje da li dva formalno korektna dizajna (komponente) u kompoziciji čine takođe formalno korektan dizajn, ili koje uslove mora zadovoljiti takva kompozicija da bi sistem bio formalno korektan. Odgovor na ovo pitanje daće pravila dekompozicije dizajna složenih sistema pri analizi kao i pri sintezi sa ciljem gradnje sistema od komponenti koje su analitički opisive i čije formalno dokazivanje korektnosti je moguće.

#### **Literatura:**

1. "Modeling formalisms for embedded system design", Luis Gomes, Joao Paulo Barros, Aniko Costa, Embedded system handbook, 2006
2. T. Weigert and R. Reed. Specifying Telecommunications Systems with UML. In UML for Real: Design of Embedded Real-Time Systems, L. Lavagno, G. Martin, and B. Selic, Eds. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2003.

3. D. Hatley and I. Pirbhai. *Strategies for Real-Time System Specification*. Dorset House, New York, 1987.
4. F. Balarin, E. Sentovich, M. Chiodo, P. Giusto, H. Hsieh, B. Tabbara, A. Jurecska, L. Lavagno, C. Passerone, K. Suzuki, and A. Sangiovanni-Vincentelli. *Hardware–Software Co-design of Embedded Systems — The POLIS Approach*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1997.
5. „Statecharts: A Visual Formalism For Complex Systems“, David Harel, Department of Applied Mathematics, The Weizmann Institute of Science, Rehovot, Israel, 1987
6. L. Lavagno, G. Martin, and B. Selic, Eds. *UML for Real: Design of Embedded Real-Time Systems*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2003.
7. J. Buck and R. Vaidyanathan. Heterogeneous modeling and simulation of embedded systems in El Greco. In *Proceedings of the International Conference on Hardware Software Codesign*, May 2000.
8. R.P. Kurshan. *Automata-Theoretic Verification of Coordinating Processes*. Princeton University Press, Princeton, NJ, 1994.
9. Rolf Ernst. *MPSOC Performance Modeling and Analysis*. Paper Presented at the 3rd International Seminar on Application-Specific Multi-Processor SoC, Chamonix, France, 2003.