

Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду

На седници Наставно-научног већа Електротехничког факултета Универзитета у Београду одржаној 24.4.2012. године именовани смо за чланове комисије за оцену и прихватање предложене теме докторске дисертације Немање Илића, дипломираног инжењера електротехнике – мастера, под насловом *Алгоритми дистрибуиране детекције и естимације засновани на консензусу*. Након увида у достављени материјал подносимо Наставно-научном већу следећи

Извештај

Подаци о кандидату

Немања Илић је рођен 1984. године у Крушевцу, где је завршио основну школу и гимназију природно-математичког смера. Електротехнички факултет Универзитета у Београду је уписао 2003. године. Основне студије на одсеку за Физичку електронику, смер Биомедицински и еколошки инжењеринг, завршио је 2007. године, са просечном оценом 9.77, као најбољи дипломирани студент на смеру (*Siemens Prize*). Мастер студије на истом смеру је завршио 2008. године, са просечном оценом 9.83. Мастер рад *Рекурентне неуралне мреже у компоновању музике* је одбранио под менторством професора Срђана Станковића, са оценом 10.

Школске 2008/2009 је уписао докторске студије на студијском подручју Управљање системима и обрада сигнала, где је положио све испите, са просечном оценом 10, и одрадио све обавезе предвиђене наставним планом за прве две године докторских студија. Заједно са ментором објавио је неколико радова у реномираним иностраним часописима из области обраде сигнала. Један рад, под насловом *Consensus based distributed change detection using Generalized Likelihood Ratio methodology*, је као први аутор публиковао у часопису *Signal Processing* (Vol. 92, 2012, pp. 1715–1728). Презентовао је радове на више домаћих и иностраних конференција. Области којима се тренутно бави укључују дистрибуирану естимацију, детекцију и праћење покретних циљева. На основу датих биографских података комисија констатује да Немања Илић испуњава услове за рад на предложеној теми.

Предмет и циљ истраживања и полазне хипотезе

Дистрибуирана детекција и естимација су међу најзначајнијим задацима колаборативног процесирања сигнала у сложеним системима. Ови проблеми у скорашње време привлаче велику пажњу истраживача.

Нарочито, у великим и комплексним системима постоји потреба за умреженим и децентрализованим естиматорима за детекцију и изолацију отказа (*fault detection and isolation, FDI*). Упркос томе, постоји јако мали број децентрализованих FDI опсервера који су практично применљиви, и скоро сви поседују елементе централизације, обично у виду јаког центра фузије сигнала (*fusion center*). Потпуно децентрализована FDI стратегија заснована на консензус алгоритму која не захтева ниједан центар фузије је веома пожељна са аспекта

примене у пракси (Srdjan Stanković, Nemanja Ilić, Željko Djurović, Miloš Stanković, Karl Henrik Johansson, *Consensus based overlapping decentralized fault detection and isolation*, Proc. Conf. on Control and Fault-Tolerant Systems SysTol, 2010, pp. 570–575).

Такође, дистрибуирано праћење покретних циљева, као специфичан задатак дистрибуиране естимације, где се естимира стање покретне мете, је у фокусу великог броја истраживача, у првом реду због изразите практичне примене узроковане скорашњим развојем сензорских мрежа које се могу користити у ове сврхе. Проблем који привлачи велику пажњу је праћење помоћу сензорских мрежа које се састоје из сензора са ограниченим дометом мерења (*limited sensing range, LSR*). Последица коришћења LSR сензора је мали број сензора који у датом тренутку опсервирају мету тако да се јавља потреба за адаптацијом шеме дистрибуиране естимације која би то узела у обзир. Потпуно дистрибуиран алгоритам заснован на адаптивној консензус шеми (Nemanja Ilić, Srdjan Stanković, Miloš Stanković, *Consensus Based Distributed Tracking in Sensor Networks With Limited Sensing Range*, Proc. 55th ETRAN Conference 2011) би требало да пружи напредак у односу на постојеће алгоритме где се проблем LSR сензора решава слањем релативно велике количине додатних података између сензора (R. Olfati-Saber, N. F. Sandell, *Distributed tracking in sensor networks with limited sensing range*, Proc. American Control Conference, 2008, pp. 3157–3162).

Са друге стране, дистрибуиране шеме за детекцију, усмерене на детекцију промене у резидуалима који представљају излаз горе поменуте децентрализоване FDI стратегије, али и на широку примену у сензорским мрежама, до скоро нису биле ефикасно применљиве у реалном времену. Значајни помак представља увођење такозваног текућег консензуса (*running consensus* - P. Braca, S. Marano, V. Matta, *Enforcing consensus while monitoring the environment in wireless sensor networks*, IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 56, pp. 3375–3380, 2008), где се динамика детектора у паралели комбинује са консензус динамиком. Примена и генерализација ове методологије на рекурзију усмерену ка детекцији промене сигнала, која би омогућила потпуно децентрализовану детекцију промене у реалном времену која не захтева центар фузије (Srdjan Stanković, Nemanja Ilić, Miloš Stanković, Karl Henrik Johansson, *Distributed Change Detection Based on a Consensus Algorithm*, IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 59, pp. 5686–5697, 2011; Nemanja Ilić, Srdjan Stanković, Miloš Stanković, Karl Henrik Johansson, *Consensus based distributed change detection using Generalized Likelihood Ratio methodology*, Signal Processing, vol. 92, pp. 1715–1728, 2012), је задатак који се наставља на скорашње напретке у области дистрибуиране детекције у сензорским мрежама и пружа смернице за даљи развој.

Научне методе истраживања

Приликом израде предложене дисертације комбиноваће се теоријске и симулационе методе. После прегледа релевантних постојећих алгоритама дистрибуиране естимације и детекције биће формулисани нови предложени алгоритми. Верификација ефикасности предложених алгоритама биће урађена адекватном теоретском анализом њихових особина, што ће бити потврђено и

одговарајућим симулацијама помоћу програмског пакета MATLAB. Кроз симулације ће се и поредити перформансе предложених алгоритама са постојећим релевантним алгоритмима из литературе.

Очекивани научни допринос

- Развој новог FDI опсервера у форми мулти-агент мреже засноване на комбинацији локалних оптималних стохастичких FDI опсервера и динамике консензуса. Избор локалних опсервера је последица њихове робусности у односу на модел система. Очекивано је да предложени алгоритам генерише резидуале који пружају, под општим условима везаним за локалне моделе и топологију мреже, високу ефикасност, скалабилност и робусност целе шеме естимације.

- Развој новог алгоритма за дистрибуирано праћење покренних циљева помоћу сензорских мрежа засновано на консензусу, са децентрализованом адаптацијом на сензорске мреже са LSR сензорима. Додатна анализа би требало да покаже да је подешавање параметара консензус шеме од суштинског значаја за добијање једноставних али и ефикасних алгоритама. Такође, размена додатне бинарне информације између чворова о томе да ли је чвор опсервирао мету, заједно са информацијом о естимацијама стања, би требало да буде довољна да би се добио робустан и ефикасан алат за праксу.

- Развој новог дистрибуираног рекурзивног алгоритма за детекцију промене сигнала у реалном времену, било резидуала генерисаних мрежом опсервера из прве тачке, било сигнала који се јављају код сензорских мрежа усмерених ка детекцији. Алгоритам је заснован на комбинацији локалних геометријских покретних просека контролних табела (*geometric moving average (GMA) control charts*), који генеришу локалне статистике, и глобалне консензус стратегије. Предложени алгоритам не захтева никакав центар фузије, тако да се коначна одлука може донети тестирањем стања било ког чвора у мрежи у односу на заједнички праг.

Теоретска анализа, фокусирана на однос централизованог решења, дефинисаног као тежинска сума локалних статистика, и статистика генерисаних консензус шемом, би требало да покаже да предложени алгоритам генерише статистике које су асимптотски довољно близу централизованом решењу. Анализа би требало да укључи константне и временски променљиве насумичне асиметричне консензус матрице, као и константне и временски променљиве факторе заборављања у коришћеним рекурзијама. Асиметричне консензус матрице, као и њихов дизајн који је решење проблема линеарног програмирања, нису раније разматрани у консензус шемама у контексту детекције.

Проблем детекције непознатог скока у средњој вредности и варијанси посматраног случајног процеса, коришћењем генерализованог количника веродостојности (*Generalized Likelihood Ratio, GLR*), би требало да се размотри у контексту усложњавања генерисаних статистика и одговарајуће теоретске анализе.

План истраживања и структура рада

Истраживање на изради предложене дисертације ће се састојати из анализе релевантних постојећих алгоритама дистрибуиране детекције и естимације,

формулације нових алгоритама, теоретске анализе очекиваних перформанси предложених нових алгоритама, као и симулација које би требало да потврде теоретске анализе и покажу побољшање у перформансама предложених алгоритама у односу на постојеће алгоритме.

Рад би требало да има три главне структурне целине:

- предлог новог FDI алгоритма дистрибуиране естимације у форми мулти-агент мреже засноване на комбинацији локалних оптималних стохастичких FDI опсервера и динамике консензуса;

- предлог новог алгоритма за дистрибуирано праћење покрених циљева помоћу сензорских мрежа засновано на консензусу, са децентрализованом адаптацијом на сензорске мреже са LSR сензорима;

- предлог новог дистрибуираног рекурзивног алгоритма за детекцију промене сигнала у реалном времену, било резидуала генерисаних мрежом опсервера из прве тачке, било сигнала који се јављају код сензорских мрежа усмерених ка детекцији.

Закључак и предлог

На основу свега горе наведеног може се закључити да тема пријављене докторске дисертације *Алгоритми дистрибуиране детекције и естимације засновани на консензусу* има све предуслове да се њеном реализацијом остваре значајни научни, стручни и практични доприноси из области управљања системима и обраде сигнала.

Комисија констатује да Немања Илић испуњава све формалне и суштинске услове за приступање изради докторске дисертације. Стога предлажемо Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду да одобри израду докторске дисертације кандидата Немање Илића под насловом *Алгоритми дистрибуиране детекције и естимације засновани на консензусу*.

У Београду, 2.5.2012. године

Комисија

Срђан Станковић, проф. Емеритус
Електротехнички факултет Универзитета у Београду

Др Жељко Ђуровић, ред. проф.
Електротехнички факултет Универзитета у Београду

Др Милорад Станојевић, ред. проф.
Саобраћајни факултет Универзитета у Београду