

(19) REPUBLIKA SRBIJA

(12) Patentni spis

(11) 53536 B1



ZAVOD ZA  
INTELEKTUALNU SVOJINU  
BEOGRAD

(51) Int. Cl.

*H 04 Q 9/00* (2006.01)

*G 01 V 3/12* (2006.01)

*G 08 B 13/24* (2006.01)

*G 01 S 13/56* (2006.01)

*G 08 B 13/18* (2006.01)

*G 08 B 21/22* (2006.01)

(21) Broj prijave: **P-2011/0288**  
(22) Datum podnošenja prijave: **01.07.2011.**  
(43) Datum objavljivanja prijave: **29.02.2012.**  
(45) Datum objavljivanja patenta: **27.02.2015.**  
(30) Međunarodno pravo prvenstva:  
  
(61) Dopunski patent uz osnovni patent broj:  
(62) Izdvojen patent iz prvobitne prijave broj:

(73) Nosilac patenta:  
**RT-RK D.O.O.**  
**Fruškogorska 11, 21000 Novi Sad, RS**

(72) Pronalazači:  
**MRAZOVAC Bojan;**  
**BJELICA Milan;**  
**PAP Ištvan, dr;**  
**STEFANOVIĆ Dejan**

(74) Zastupnik:

(54) Naziv: **METODA I SISTEM ZA BEŽIČNU DETEKCIJU PRISUSTVA OSOBA U AUTOMATIZACIJI KUĆNIH ELEKTRIČNIH INSTALACIJA**

(51) Int. Cl.

*H 04 Q 9/00* (2006.01)

*G 01 V 3/12* (2006.01)

*G 08 B 13/24* (2006.01)

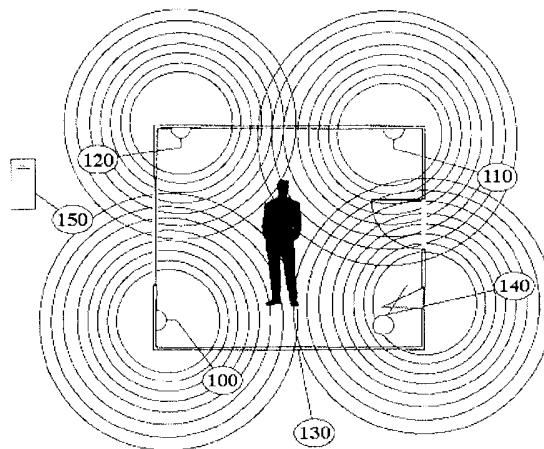
*G 01 S 13/56* (2006.01)

*G 08 B 13/18* (2006.01)

*G 08 B 21/22* (2006.01)

(57) Apstrakt:

Metoda i sistem za bežičnu detekciju prisustva osoba u automatizaciji kućnih električnih instalacija ima za novost to što unapređuje postojeće bežične pametne utičnice i bežične prekidače za osvetljenje da dodatno iskoriste komunikacione radio talase za detekciju prisustva ljudi, bez upotrebe senzorskih uređaja. Pronalazak je namenjen automatskom upravljanju osvetljenjem, ali se može primeniti i za upravljanje drugim električnim uređajima priključenim na bežične utičnice. Ulaskom osobe u uspostavljeno radio komunikaciono polje, unutar prostorije (130), dolazi do promena vrednosti indikatora snage radio signala koji se periodično očitava na svaku razmenu poruka između bežičnih utičnica (100, 110, 120) i bežičnog prekidača (140). Na osnovu detektovane promene u odnosu na inicijalno određene pragove detekcije (500, 510), na strani centralne upravljačke jedinice (150) generiše se naredba za upravljanje osvetljenjem ili električnim uređajem, koja se šalje bežičnom prekidaču (140) ili bežičnoj utičnici (100). Realizacija sistema uključuje najmanje dva bežična elementa (100,140) i centralnu upravljačku jedinicu (150).



RS 53536 B1

### Области технике на коју се проналазак односи

Проналазак генерално покрива једну од области савремене технологије која се најинтензивније развија: ефикасно управљање потрошњом електричне енергије у домаћинству, односно аутоматско управљање кућним и стамбеним електричним инсталацијама применом различитих алгоритамских и програмских решења, као и решења у облику физичке архитектуре, а у циљу смањења потрошње електричне енергије и повећања квалитета живота.

Конкретно са представљеним проналаском омогућено је аутоматско управљање кућним и стамбеним електричним инсталацијама (тзв. „паметне инсталације“) употребом постојеће бежичне технологије и праћења, односно обраде промена индикатора примљене снаге радио сигнала (енг. *Received Signal Strength Indicator - RSSI*) приликом комуникације између постојећих бежичних уређаја паметне електричне инсталације. Предложеним проналаском промена индикатора снаге радио сигнала се користи за детекцију присуства људи у просторијама, а у сврху успостављања интерактивности паметне електричне инсталације са окружењем. Проналазак је посебно усмерен на област интелигентног управљања расветом с циљем да се реализује концепт „паметних кућа“ једноставније и јефтиније од постојећих решења.

Ознака према међународној класификацији патената (МКП) је: **G08B 13/18, G01S 13/56, G01V 3/12, G08B 13/24, G08B 21/22.**

### Технички проблем

Представљени проналазак решава технички проблем детектовања присуства особа у просторији без употребе конвенционалних наменских сензора, а са циљем да се расвета, као интегрални сегмент паметне електричне инсталације чији се уређаји користе за детекцију на начин описан даље у проналаску, аутоматски прилагођава тренутном стању људског присуства у просторији. Када корисник уђе или борави у просторији, расвета се аутоматски укључује, стварајући ефекат лепо осветљеног дома који одговара корисниковим потребама, док се расвета аутоматски искључује уколико након дефинисаног времена нема присутних људи у тој просторији. Детекција присуства људи у просторији се обавља искључиво праћењем и обрадом промена снаге радио сигнала употребљених за уобичајену комуникацију између постојећих уређаја паметне електричне инсталације: паметних електричних утичница и паметних прекидача за осветљење.

## Стање технике

Паметне куће или зграде су конципиране тако да стамбени простор учине пријатнијим и једноставнијим за коришћење, односно да на природан начин омогуће прилагођавање ритму и стилу свакодневног живота корисника. Захваљујући интегрисаном управљачком систему оне генерално прилагођавају целокупну инфраструктуру, укључујући и постојеће електричне инсталације, тренутној ситуацији. Појам електричне инсталације у овом случају подразумева низ електричних утичника и прекидача за осветљење, који ће даље у тексту бити коришћени као бежични чворови сензори паметне електричне инсталације. Са представљеним методом и системом за бежичну детекцију присуства особа у аутоматизацији кућних електричних инсталација постиже се енергетска уштеда и повећава квалитет живота.

За разлику од досадашњих решења која подразумевају управљање расветом помоћу даљинског управљача, коришћењем контролне табле, мобилног телефона или ношењем додатних RF (енг. *Radio Frequency*) уређаја, представљени проналазак минимизује употребу физичке архитектуре. Такође по питању повећања квалитета живота, проналазак у потпуности елиминира тзв. „ноћне мисије“ провере искључености осветљења и других електричних уређаја омогућујући њихово аутоматско управљање по принципу детекције улаза и излаза, али без уобичајене употребе сензора присуства или покрета. Као адекватну замену по питању употребе сензорских уређаја за аутоматизацију управљања осветљењем у домаћинству, предложени проналазак аутоматску контролу осветљења реализује на основу детекције и праћења промена индикатора снаге примљеног радио сигнала при размени порука између бежичних чворова паметне електричне инсталације. Проналазак нуди једноставност и по питању употребе физичке архитектуре користећи само паметне утичнике и паметне прекидаче за осветљење који имају улогу чворова радио комуникације, али и детекције присуства људи. Овако инсталирани чворови елиминирају досадашњу употребу сензора попут: PIR (енг. *Passive Infrared*), 2D/3D камера, RFID беџева и других сензора за детекцију присуства; минимизују временски захтевно процесирање информација примљених са њих и поједностављују саму инсталацију унутар стамбеног простора. Као додатан допринос целокупном концепту паметних инсталација, оригинални концепт паметних утичника и прекидача остаје непромењен, у смислу праћења потрошње прикључених уређаја на дневном, месечном и годишњем нивоу, реакцијом на преоптерећење и контролом потрошње у зависности од тренутне тарифе уз могућност слања обавештења кориснику о промени стања, или реакцијом на основу унапред дефинисане наредбе.

На основу досадашњих истраживања анализиран је низ постојећих решења која контролишу осветљење унутар просторије посредством бежичних мрежних протокола. Аутоматска контрола осветљења постојећих решења је заснована на коришћењу неке од

постојећих сензорских технологија, за разлику од предложеног проналаска који користи искључиво промену индикатора снаге сигнала условљену присуством људи између два или више бежичних статичких примопредајника као контролну информацију за аутоматско управљање расветом. У даљем тексту наведена су нека од заштићених решења.

Патентна пријава CN 101521972 (A) објављена 2. септембра 2009. под називом *"Intelligent lighting control system based on ZigBee technology and LED light source and application thereof"*, описује модел интелигентног система за управљање осветљењем заснованог на коришћењу ZigBee технологије. Ово решење подразумева додатни модул на клијентској страни којим се контролише пријем порука и подешава ниво осветљења у зависности од примљене вредности интензитета осветљења очитане са светлосног сензора. За разлику од предложеног проналаска, наведено решење не уводи аутоматску контролу осветљења у зависности од присуства људи.

Патентна пријава KR 20100039047 (A) објављена 15. априла 2010. под називом *"Lamp control apparatus and method for easy configuration"* наводи да је у питању реализација централизованог прекидачког система за мануелно управљање осветљењем путем ZigBee протокола. Такође, наведено решење се разликује од предложеног проналаска зато што не уводи аутоматску контролу осветљења. Апликација KR 20090035809 (A), објављена 13. априла 2009. под називом *"Light control system using ZigBee"* је доста слична претходној. Описано решење обухвата додатни прекидачки контролни модул који управља осветљењем и бојом на основу команди које дефинише корисник. Такође, наведено решење се разликује од предложеног проналаска зато што не уводи аутоматску контролу осветљења. Када је у питању додатни контролни модул постоји још једна патентна пријава KR 20090068072 (A) објављена 25. јуна 2009. под називом *"Integrated electric light control device and the method thereof"* која такође ради по ZigBee стандарду уз додатак употребе би-дирекционе комуникационе спреге између главног управљачког контролера и контролера сваке појединачне светиљке. Иста разлика као и у случају претходно наведених патентних пријава у односу на предложени проналазак јесте уочена и у овом решењу, а то је непостојање аутоматске контроле осветљења у зависности од присуства или одсуства човека.

Патентна пријава CN 101662868 (A) објављена 3. марта 2010. под називом *"Wireless intelligent light control system"* је такође слична горе поменутих решењима с тим што обухвата један додатни конектор између главног контролера и контролера појединачне светиљке задужен за пренос и претварање контролне команде у команду издату светиљци. И у овом случају, не постоји реализација аутоматске контроле осветљења, за разлику од предложеног проналаска.

*Philips Electronics* патентна пријава WO 2007072285 (A1) објављена 28. јуна 2007. под називом *"Method and apparatus for lighting control"* описује решење за управљање осветљењем засновано на информацијама о присуству и просторној позицији корисника унутар просторије,

очитаној са сензора покрета. За разлику од предложеног проналаска који не захтева постојање како специфичног сензорског уређаја тако ни ношење додатног примопредајног уређаја (нпр. RFID беџа) ово решење захтева постојање сензора који емитује радио таласе и на основу повратне вредности триангулацијом одређује присуство и позицију корисника у просторији. У овом случају, захтева се ношење ултразвучних, инфрацрвених или RFID беџева који омогућују детекцију и локализацију корисника у просторији.

*Samsung* патентна пријава US 20100150041 (A1) објављена 17. јуна 2010. под називом *"Wireless communication apparatus having self sensing function"*, описује уређај за детекцију објеката по принципу анализе рефлектованог ZigBee сигнала, који се на пријемној страни конвертује у DC сигнал. Уређај се састоји од тзв. модула за буђење који комуницира са комуникационим модулом обавештавајући га о детекцији објекта на основу праћења промена рефлектованог сигнала. Апликација се разликује од предложеног проналаска јер уводи додатне функционалне модуле и користи DC анализу рефлектованог сигнала, уместо праћења само промене RSSI. По питању физичке архитектуре, постојеће решење захтева реализацију специфичних модула (конкретно модула за буђење) док предложено решење користи искључиво постојеће електричне инсталације и захтева само интегрисање додатне програмске подршке која проширује оригинални систем са могућношћу детекције присуства. Управљачке способности су једина сличност са постојећим решењем.

Патентна пријава KR 20100055267 под називом *"A lighting control system and method for controlling the same"* објављена 26. маја 2010 представља систем за интелигентно управљање осветљењем, помоћу праћења интензитета RSSI. Наиме, описани систем се састоји из ZigBee предајника који је реализован као уређај ношен од стране човека и ZigBee пријемника који је лоциран на страни светиљке. У зависности од удаљености човека од светиљке, долази до промене RSSI између претходно наведених пријемника и предајника, коју додатна контролна јединица на страни светиљке (пријемника) конвертује у интензитет осветљења. Разлика између предложеног проналаска и описаног постојећег решења је у томе што се у постојећем решењу детекција присуства (и растојање) човека обавља коришћењем специфичног ZigBee предајника који је неопходно да носи човек. У предложеном проналаску, за детекцију присуства човека није потребно носити никакав додатни уређај, пошто се детекција присуства врши праћењем промена RSSI уласком човека у постојеће радио поље успостављено између статичких бежичних чворова (паметних утичница и прекидача). Такође, постојеће решење је условљено кретањем човека у просторији док у предложеном проналаску човек може бити и статичан.

Патента пријава US 2010328074 A1, објављена 30. децембра 2010. под називом *"Human presence detection techniques"* представља систем за верификацију присуства људи (оператера на

одређеном систему) коришћењем конвенционалних сензорских технологија. Под појмом „конвенционалне сензорске технологије“ могу се подразумевати све сензорске технологије које су доступне на тржишту (аудио, видео, сензори покрета, акцелерометри, програмска решења везана за детекцију коришћења улазно/излазних јединица рачунара, итд.). Разлика између предложеног проналаска и постојећег решења је у томе што се у предложеном решењу не користе конвенционалне сензорске технологије, већ се искључиво прати промена вредности снаге радио сигнала којом се детектује присуство. Такође, примена предложеног проналаска јесте за контролу електричних инсталација (конкретно осветљења), док се постојеће решење користи за детекцију присуства људи испред одређене рачунарске јединице.

### **Излагање суштине проналаска**

У сврху континуираног развоја области паметних кућа уводе се нови алгоритми намењени проналажењу што једноставнијег начина реализације и имплементације оваквих система. Представљени проналазак као новост уводи могућност електричне инсталације у паметној кући да сама детектује присуство људи у просторији и на основу резултата детекције аутоматски прилагоди стање осветљења, поспешујући при том укупну уштеду електричне енергије. Детекција присуства људи не изискује инсталацију додатних сензорских уређаја нити ношење посебних примопредајних модула, већ користи постојеће комуникационе радио сигнале детектујући промену стања примљене снаге радио сигнала између статичких бежичних чворова паметне електричне инсталације, која се манифестује услед присуства људског тела унутар дефинисаног радио комуникационог поља. Самим тим, предложени проналазак наводи могућност смањења броја потребних уређаја физичке архитектуре уз очување високог степена аутономности система за процесе одлучивања (аутоматско укључивање или искључивање осветљења).

Представљена метода и систем за бежичну детекцију присуства људи у аутоматизацији кућних електричних инсталација анализира промену индикатора снаге радио сигнала условљену уласком или изласком особе, односно присуством те исте особе у просторији. На основу детектоване промене RSSI, која се пореди са праговима детекције (два прага по једној радио вези - линку) аутоматски одређеним при иницијализацији система, систем сам одлучује о генерисању функционалног стања. Под појмом систем овде се мисли на интелигентан систем који реализује особине сензора присуства. Систем је састављен од минимум два бежична стационарна чвора сензора (паметна утичница и паметни прекидач за осветљење) који међусобно размењују поруке у којима су садржане вредности тренутне снаге радио сигнала по свакој радио вези (детекционе поруке) и комуницирају са централном управљачком јединицом. Бежични чворови сензори заједно са централном управљачком јединицом реализованом у виду програмске подршке која се извршава на управљачком уређају (персонални или наменски рачунар), захтевају интегрисану

специфичну програмску подршку која успоставља неколико фаза неопходних за коректну детекцију присуства: 1. почетну фазу мерења иницијалне снаге радио сигнала и постављање прагова детекције за сваку радио везу појединачно на основу иницијалне варијације снаге радио сигнала када се у просторији не налазе присутне особе; 2. детекцију присуства људи у просторији на основу поређења промена снаге радио сигнала у односу на постављене прагове детекције; и као финални резултат, 3. генерисање управљачке наредбе која резултира једним од функционалних стања (светло ће бити укључено или искључено). Корисник сам (без употребе додатних сензорских уређаја или преносних модула) приликом уласка у просторију, односно успостављено поље радио сигнала размене комуникационих порука између бежичних чворова сензора, или изласка из ње ремети иницијализоване вредности снаге сигнала (прагове детекције) што наводи алгоритам да уђе у компаративну фазу користећи меморисане вредности прагова детекције и новопристигле вредности са успостављених радио веза и генерише излаз у облику контролног сигнала да се укључи или искључи осветљење.

#### **Кратак опис слика проналаска**

Следеће слике употпуњују опис проналаска:

**Слика 1:** Представља главну реализацију целокупног система проналаска

**Слика 2:** Описује алгоритам емитовања (енг. *broadcast*) и обраде комуникационих порука приликом прозивања једног бежичног чвора од стране централне управљачке јединице

**Слика 3:** Описује блокове програмске подршке бежичних чворова

**Слика 4:** Описује блокове програмске подршке централне управљачке јединице

**Слика 5:** Описује график временске промене RSSI-а са постављеним праговима

#### **Детаљан опис проналаска**

Представљени проналазак омогућује да елементи постојеће електричне инсталације у паметној кући, оспособљени за бежичну комуникацију, прошире своје уобичајене активности контроле и мерења потрошње електричне енергије са могућношћу детекције присуства људи што се може даље искористити за генерисање низа аутоматских управљачких инструкција које за циљ имају уштеду електричне енергије у домаћинству.

Интелигентна расвета, као један од кључних елемената паметних електричних инсталација, осмишљена кроз реализацију представљеног проналаска, подразумева у првом кораку постојање бежично повезаних паметних прекидача 140 за светло и паметних утичница 100, 110, 120 који представљају бежичне чворове сензоре 100, 110, 120, 140, неопходне за детекцију промене индикатора снаге сигнала у просторији 130. Један од захтева проналаска јесте да минималан број бежичних чворова сензора 100, 110, 120, 140 буде два, с тим да величина и

облик просторије одређује и број чворова сензора (на Слици 1 представљена су 4 инсталисана чвора сензора 100, 110, 120, 140). Најмање два бежична чвора сензора (нпр. 120 и 140) који међусобно комуницирају радио таласима су неопходна да би се могла успоставити радио комуникациона веза, чији се електромагнетни таласи у присуству човека апсорбују или расипају о молекуле воде људског тела, уводећи значајне варијације индикатора снаге радио сигнала на пријемној страни (нпр. чвор 120 је предајник, а чвор 140 је пријемник), у односу на случај када се између чворова сензора 120, 140 не налази човек и тада су варијације снаге радио сигнала на пријемној страни занемарљиве. Бежични чворови сензори 100, 110, 120, 140 захтевају инсталацију програмске подршке 310, описане даље у тексту која обезбеђује специфичну радио комуникацију неопходну за реализацију могућности детекције присуства људи. Поред наведених бежичних чворова сензора 100, 110, 120, 140 систем подразумева и постојање централне управљачке јединице 150, која синхронизује комуникацију између бежичних чворова сензора 100, 110, 120, 140, обрађује податке пристигле са сваког чвора сензора и генерише функционална стања, односно управља целокупним системом интелигентне расвете. Централна управљачка јединица 150 је реализована у виду засебног модула 400 програмске подршке која се извршава на персоналном рачунару или наменском уређају (нпр. контролна табла). У даљем тексту биће детаљније објашњена детекција присуства људи описаним системом, реализована кроз комуникацију бежичних чворова сензора 100, 110, 120, 140 и централне управљачке јединице 150.

Присуство људи се детектује алгоритмом 200 обраде података који добавља, а потом и обрађује вредности индикатора снаге примљеног радио сигнала са сваког бежичног чвора сензора 100, 110, 120, 140. Алгоритам 200 обраде података је подељен на два дела: агрегациони који се извршава на сваком бежичном чвору сензору 100, 110, 120, 140, обезбеђујући континуалан доток RSSI података централној управљачкој јединици 150; и извршни који се извршава на централној управљачкој јединици 150, а који пристигле RSSI податке обрађује и на основу добијених резултата генерише функционално стање. Алгоритам 200 обраде података се састоји из две фазе: фаза 201 иницијализације која комбинује агрегациони и извршни део алгоритма 200 обраде и извршна фаза која представља извршни део алгоритма 200 обраде података. Обе фазе раде на сличан начин, користећи „прозивке“, тачније корак 202 прозивке доступних бежичних чворова сензора 100, 110, 120, 140 и корак 209 прозивке суседних чворова с тим што се приликом фазе 201 иницијализације подразумева да се одређени временски период 205 систем истренира без присуства човека да би у наредној, извршној фази (корак 209 прозивке суседних чворова, корак 210 обраде емитоване детекционе поруке, корак 211 детектовања присуства) могао да се експлоатише за конкретна функционална стања. Пре иницијалног корака 202 прозивке доступних бежичних чворова сензора 100, 110, 120, 140 битно је кораком 203 провере прага јачине снаге



сигнала утврдити на основу јачине снаге радио сигнала са бежичних чворова сензора 100, 110, 120, 140, да ли је она већа од предефинисане вредности снаге радио сигнала коју монтажер сам одређује мерењем у зависности од величине и облика просторије 130, тј. да ли су сви бежични чворови сензори 100, 110, 120, 140 у адекватном домету радио сигнала и уколико јесу, дате адресе бежичних чворова сензора 100, 110, 120, 140 се верификују кораком 204 генерисања листе чворова детекције на страни централне управљачке јединице 150. Кораком 204 генерисања листе чворова детекције се уједно и прикупља вредности индикатора примљене снаге сигнала додељене уз адресу сваког појединачног бежичног чвора сензора 100, 110, 120, 140, зарад одређивања прагова детекције 500, 510.

Корак 202 иницијализације бежичних чворова сензора 100, 110, 120, 140 се обавља на следећи начин: централна управљачка јединица 150 прозива сваки бежични чвор сензор 100, 110, 120, 140 понаособ који јој шаље одговор у виду измерене снаге сигнала између тог чвора (нпр. 100) и свих осталих бежичних чворова сензора 110, 120, 140. Подразумева се да се листа адреса бежичних чворова сензора 100, 110, 120, 140 верификована кораком 204 генерисања листе чворова детекције по којој се врши периодична прозивка, како иницијална тако и извршна, налази на страни централне управљачке јединице 150 и да је дефинисана приликом монтаже система, с тим да је уважен домет радио таласа са сваког бежичног чвора сензора 100, 110, 120, 140 ка осталима и ка самој централној управљачкој јединици 150. Након што је прозван, одређени чвор сензор (нпр. 100) комуницира кораком 204 генерисања листе чворова детекције са централном управљачком јединицом 150, док сви остали бежични чворови сензори 110, 120, 140 “ослушкују” постојећу ситуацију у циљу освежавања својих табела мерења. Сваки бежични чвор сензор 100, 110, 120, 140 генерише табелу, односно вектор мерења снаге радио сигнала између њега и свих осталих (N-1) чворова, где је N укупан број чворова сензора монтираних у једној просторији 130. Централна управљачка јединица 150 сакупља фазом 204 генерисања листе чворова детекције у табелу  $N \times (N-1)$  мерења са свих бежичних чворова сензора 100, 110, 120, 140. Ради уштеде меморијског простора на страни централне управљачке јединице 150 и оптимизације процесирања, увек се чува средња вредност снаге сигнала током одређеног временског периода 205. Након што истекне временски период 205 потребан за фазу 201 иницијализације, дефинишу се прагови детекције 500, 510 у кораку 206 одређивања прага детекције, и то два прага: горњи праг 500 и доњи праг 510. Фаза 201 иницијализације завршава се кораком 207 краја иницијализације и из ње се прелази у извршну фазу 208 учитавања прага детекције где се учитавају претходно утврђени прагови детекције, а потом и наставља обрада примљених вредности снаге радио сигнала кораком 209 прозивке суседних чворова.

У кораку 209 прозивке суседних чворова циклично се добављају вредности снаге радио сигнала коришћењем сличног алгоритма као што су алгоритми из корака 202 прозивке доступних чворова из фази 201 иницијализације. Након што пристигну подаци снаге радио сигнала са сваког од бежичних чворова сензора 100, 110, 120, 140, извршава се корак 210 обраде емитоване поруке у којој се новопрстигле вредности снаге радио сигнала пореде са утврђеним праговима детекције 500, 510. Уколико су новопрстигле вредности индикатора примљене снаге радио сигнала по вредности ван интервала ограниченог праговима детекције 500, 510 обавља се корак 211 детектовања присуства, а уколико су у оквиру интервала ограниченог праговима детекције 500, 510 онда нема детектованог присуства и алгоритам 200 обраде података даље наставља цикличну фазу 209 прозивке суседних чворова. Описана комуникација односно протокол по коме бежични чворови сензори 100, 110, 120, 140 комуницирају је погодан због добре координације и елиминисања вероватноће колизије порука, пошто у једном тренутку само један чвор сензор (нпр. 100) шаље детекциону поруку ка свим осталима бежичним чворовима сензорима 110, 120, 140 који су монтирани у истој просторији 130 детекције, укључујући и централну управљачку јединицу 150 која је у одговарајућем домету радио сигнала. Поједини аспекти програмске реализације имплементирани у бежичним чворовима сензорима 100, 110, 120, 140 и централној управљачкој јединици 150, објашњени су у тексту који следи.

Сваки од бежичних чворова сензора 100, 110, 120, 140 интегрише програмску подршку 310 која омогућује пријем порука са централне управљачке јединице 150, као и емитовање поруке ка осталим бежичним чворовима сензорима 110, 120, 140 и централној управљачкој јединици 150, на упит од стране нпр. чвора 100. Сет основних блокова програмске подршке једног бежичног чвора сензора 100 чине: блок 330 за контролу мерења потрошње прикљученог уређаја, блок 350 за интерпретацију примљених наредби, блок 360 за бежичну комуникацију, примопредајник 370, блок 320 за припрему и емитовање RSSI као и централна процесорска јединица 340 за синхронизацију рада и међублоковску комуникацију.

Централна управљачка јединица 150 је релизована у облику модула 400 програмске подршке која се може извршавати на рачунару или другом наменском уређају, скромнијих процесних ресурса. Централна процесорска јединица 340 је у спрези са бежичним примопредајником 370 преко којег комуницира са бежичним чворовима сензорима 100, 110, 120, 140. RSSI модул 406 за процесирање преко централне процесорске јединице 340 за синхронизацију свих модула и комуникационог модула 407 за спрегу са примопредајником 370 комуницира са бежичним чвор сензорима 100, 110, 120, 140, прикупља податке и обрађује их за потребе детекције присуства. Интерпретер скриптова 405 понашања реализује интерактивност система и аутоматизацију, тј. на детекцију да у просторији 130 нема присутних људи дуже од

неког времена, генерише наредбу да се угаси светиљка. Скриптови 405 понашања омогућују да се једноставно дефинише реакција система на спољне догађаје (као нпр. детекције присуства) без потребе за изменом постојећих модула централне управљачке јединице 150. Ниво 404 адаптације омогућује спрегу са корисничком спрегом 402, путем које корисник у сваком тренутку добија информације од важности (нпр. детектовано је присуство у одређеној просторији). Мрежна спрега 403 омогућује везу са било интерном или екстерном базом 401 у којој се чувају прагови детекције 500, 510 одређени у фази 201 иницијализације.

Алгоритам обраде вредности RSSI потребан за одређивање прагова детекције 500, 510 дат је у наставку. Иницијална фаза поставке система подразумева празну просторију 130 у којој се врши израчунавање почетне снаге  $P_0$  у неком тренутку  $t$ , фактора снаге слабљења услед растојања  $P_d$  и фактора снаге слабљења услед препрека  $P_a$ . Након овог периода израчунава се укупна снага у неком тренутку  $t$  и тренутку  $t+1$  и њихова разлика  $\Delta P$  одсликава промену индуковану услед уласка односно изласка особе из просторије 130. Поред изласка/уласка такође се детектује и промена снаге сигнала услед присуства односно одсуства особе у просторији 130 односно из ње, дата изразима (1), (2) и (3):

$$\Delta RSSI = P(t + 1) - P(t) \quad (1)$$

$$P(t) = P_0 - P_d(t) - P_a(t) \quad (2)$$

$$P(t + 1) = P_0 - P_d(t + 1) - P_a(t + 1) \quad (3)$$

$P_d(t)$  је снага слабљења сигнала услед растојања измерена у тренутку  $t$ , а  $P_a(t)$  је снага слабљења услед препрека (атенуација) такође у тренутку  $t$ . Захваљујући аутоматским мерењима приликом иницијалне фазе 201 поставке система, систем дефинише вредности прагова доњи праг 500  $Th1$  и горњи праг 510  $Th2$ . Оба прага дефинишу интервал у коме варијација индикатора снаге сигнала, тј. RSSI, означава понашање радио сигнала у просторији у којој нема присуства људи. Пошто снага сигнала незнатно варира и у просторији 130 у којој нема присуства човека, и то услед рефлексије о зидове или намештај, фаза поставке прагова 500,510 детекције служи управо да одреди које су минималне и максималне вредности у оквиру којих снага радио сигнала уобичајено варира, а да при томе нема присуства особе. Доњи праг 500  $Th1$  представља вредност промене снаге сигнала  $\Delta RSSI$  када особа улази у празну просторију или излази из празне просторије. Горњи праг 510  $Th2$  служи за разликовање  $\Delta RSSI$  у случајевима када постоји присуство или одсуство особа у просторији. За наведене прагове важи следећа табела одлучивања (4), која може бити подељена на три основна случаја:

$$\Delta RSSI = \begin{cases} \text{детекција уласка или изласка} & \Delta RSSI(t) > Th1 \\ \text{детекција присуства или одсуства} & Th1 > \Delta RSSI(t) > Th2 \\ \text{стационарни случај – празна просторија} & \Delta RSSI(t) < Th1 \end{cases} \quad (4)$$

Како израчунате вредности снаге радио сигнала никада не представљају идеално глатку криву, са становишта обраде сигнала када се врши израчунавање вредности снаге у тренутку  $t$ , пожељно је урадити одређену врсту тзв. "гладња" сигнала применом ниско пропусног рекурзивног филтра (5):

$$RSSI(t) = (1 - \alpha)RSSI(t - 1) + \alpha mRSSI(t) \quad \text{где је} \quad 0 < \alpha < 1 \quad (5)$$

где  $mRSSI$  представља средњу вредност индикатора снаге сигнала посматрану за  $n$  временских тренутака (6):

$$mRSSI(t) = \sum_{t=1}^n \frac{RSSI(t)}{n} \quad (6)$$

Израз (6), са аспекта разматрања  $n$  различитих временских тренутака, изискује додатне меморијске захтеве. Да би се ово избегло, изрази (5) и (6) се могу писати у форми (7) и (8).

$$\Delta RSSI(t) = (1 - \alpha_1)RSSI(t) + \alpha_1 \Delta RSSI(t - 1) \quad (7)$$

$$\Delta RSSI(t) = (1 - \alpha_2)RSSI(t) + \alpha_2 \Delta RSSI(t - 1) \quad (8)$$

Изразом (7) се описује промена у снази индикатора примљеног сигнала  $\Delta RSSI$  на барем једном бежичном чвор сензору која се глаци у предефинисаном временском интервалу  $T_1$ . При томе усвојена вредност коефицијента заборављања  $\alpha_1$  омогућава брзу промену  $\Delta RSSI$ . Слично томе, израз (8) описује промену у снази примљеног сигнала  $\Delta RSSI$  на бар једном бежичном чвор-сензору која се глаци у предефинисаном временском интервалу  $T_2$ . При томе, усвојена вредност коефицијента заборављања  $\alpha_2$  омогућава спору промену  $\Delta RSSI$ , за  $T_1 < T_2$ .

### Начин индустријске и друге примене проналаска

Поступци и технике обраде сигнала у области покривеној електромагнетним таласима који се оригинално користе за бежичну комуникацију, а представљеним проналаском се додатно могу користити и за детекцију присуства људи, могу се имплементирати на физичкој архитектури (ASIC, FPGA) програмски (у вишим програмским језицима: C/C++, Java, Actionscript, HTML, JavaScript, Lua), или комбиновано (DSP, микропроцесори) тако да омогућавају извршавање описаних техника из овог проналаска. Детаљи отривени у опису овог проналаска омогућавају било ком стручњаку у овој области да генеричке принципе овог проналаска може имплементирати у другим системима за бежичну детекцију присуства особа у простору, чиме се не излази из оквира овог проналаска.

С обзиром да начин на који се детектује присуство људи у просторији представљеним проналаском не изискује инсталацију додатних сензорских уређаја нити ношење посебних примопредајних модула, трошкови инсталације и одржавања једног таквог система су прилично ниски у односу на постојећа решења. Примена представљеног проналаска не мора бити стриктно везана само за паметне електричне инсталације. Дато решење се може применити на било који систем који захтева постојање сензора за детекцију људског присуства или кретања, а да при том

садржи модуле који су оспособљени за бежичну комуникацију да би могли успоставити поље радио сигнала унутар којег се детектује присуство људи. У даљем тексту, проналазак ће бити усмерен на систем интелигентне расвете, реализован у оквиру система паметне електричне инсталације, али без ограничења да се дати проналазак примени и на друге системе сличних функционалности као на пример: системи за надзор и заштиту од провалника, контрола различитих електричних уређаја у зависности од присуства људи, и слично.

## Патентни захтеви

1. Метод за бежичну детекцију присуства особа у аутоматизацији кућних електричних инсталација дефинисан за аутоматску контролу осветљења у просторији 130 у присуству бежичне комуникационе мреже са најмање два бежична чвора сензора 100, 140 на непроменљивим позицијама и са централном управљачком јединицом 150 који бежичном везом размењују поруке између себе где барем један чвор 140 може утицати да се укључи или искључи осветљење, **назначен тиме**

да када се човек налази у успостављеном пољу електромагнетних таласа долази до варијације индикатора примљене снаге радио сигнала, који је наведен као део комуникационе поруке коју прозвани чвор (100) емитује ка осталим чворовима (110, 120, 140), а уједно и ка централној управљачкој јединици (150) која тренутно стање примљене снаге радио сигнала прозваног чвора (100) са бежичних комуникационих спрега ка околним чворовима (110, 120, 140) пореди са иницијално одређеним праговима (500, 510) сачуваним у оквиру програмске подршке централне управљачке јединице (150), на начин

да у снази примљених сигнала између наведених бежичних чворова сензора (100, 140) детектује промену индикатора снаге радио сигнала у односу на иницијално одређене прагове детекције (500, 510), на барем једном радио линку који је придружен неком од наведених бежичних чворова сензора (100, 140), на начин

да ако је промена индикатора снаге радио сигнала у току разматраног првог временског интервала  $T_1$  изнад првог задатог доњег прага (500)  $Th_1$  и светло је искључено, онда ће се светло укључити; или

да ако је промена индикатора снаге радио сигнала у току разматраног првог временског интервала  $T_1$  изнад првог задатог доњег прага (500)  $Th_1$  и ако је промена индикатора снаге радио сигнала у току разматраног другог временског интервала  $T_2$  испод другог задатог горњег прага (510)  $Th_2$  и светло је укључено, онда ће се светло искључити; и

за све друге односе промена индикатора снаге радио сигнала у односу на прагове (500, 510) у току разматраних временских интервала  $T_1$  и  $T_2$ , тренутно стање осветљења се неће мењати.

2. Метод дефинисан према захтеву **1**, назначен тиме да се под бежичном сензорском мрежом подразумева бежични комуникациони стандард IEEE.802.15, односно IEEE.802.15.4, односно ZigBee.
3. Метод дефинисан према захтеву **1**, назначен тиме да су бежични чворови сензори паметни прекидачи (140) и/или паметне утичнице (100, 110, 120) повезани у бежичну комуникациону мрежу са особинама бежичне сензорске мреже, који интегришу модуле програмске подршке (310) неопходне за достављање информација о вредности снаге радио сигнала на успостављеним радио спрегама са околним бежичним чворовима сензорима и на централној управљачкој јединици (150).
4. Метод дефинисан према захтеву **1**, назначен тиме да у просторији (130) у којој је успостављена бежична сензорска мрежа, централна управљачка јединица (150) циркуларно прозива сваки бежични чвор сензор (100, 110, 120, 140) који јој шаље одговор са табелом измерених вредности снага сигнала између тог чвора сензора и свих околних чворова сензора, а да при том остали чворови сензори освежавају своје табеле мерења индикатора снаге радио сигнала са текућим вредностима индикатора снаге радио сигнала на радио вези успостављеној са прозваним чвор сензором који истовремено емитује табелу мерења како централној управљачкој јединици (150) тако и осталим чворовим сензорима у бежичној сензорској мрежи.
5. Метод дефинисан према захтеву **1**, назначен тиме да се промене у наведеној снази примљених сигнала обрађују ниско пропусним филтром на страни централне управљачке јединице (150).
6. Систем за бежичну детекцију присуства особа у аутоматизацији кућних електричних инсталација за аутоматску контролу осветљења на основу детекције кретања или присуства особа без употребе постојећих сензорских уређаја за детекцију кретања или присуства у просторијама у присуству бежичне сензорске мреже са најмање два бежична чвора сензора 100, 140 и једном централном управљачком јединицом 150, који размењују поруке бежичном везом од којих бар један чвор сензор 140 може укључити/искључити осветљење, **назначен тиме**

да су чворови сензори реализовани у виду паметних бежичних утичница (100, 110, 120) и прекидача за светло (140), а централна управљачка јединица (150) периодично прозива бежичном комуникационом везом сваки од чворова сензора који емитује детекциону поруку осталим бежичним чворовима сензорима и централној управљачкој јединици (150),

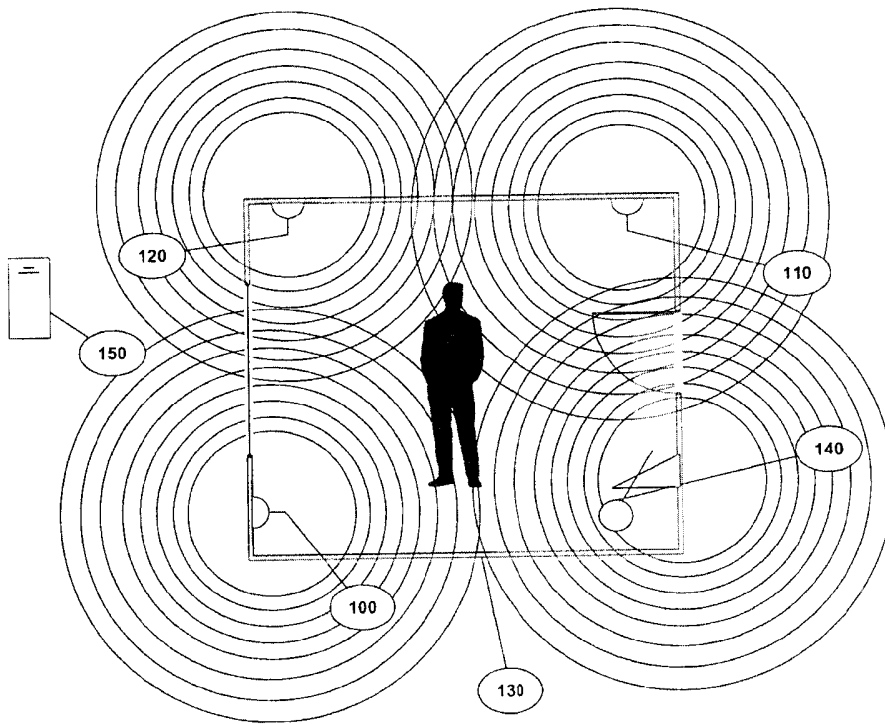
## 53536 B1

где детекциона порука садржи информацију о промени индикатора снаге радио сигнала у односу на иницијално одређене прагове детекције (500, 510), на барем једној радио спреси која је придружена неком од наведених бежичних чворова сензора (100, 110, 120, 140),

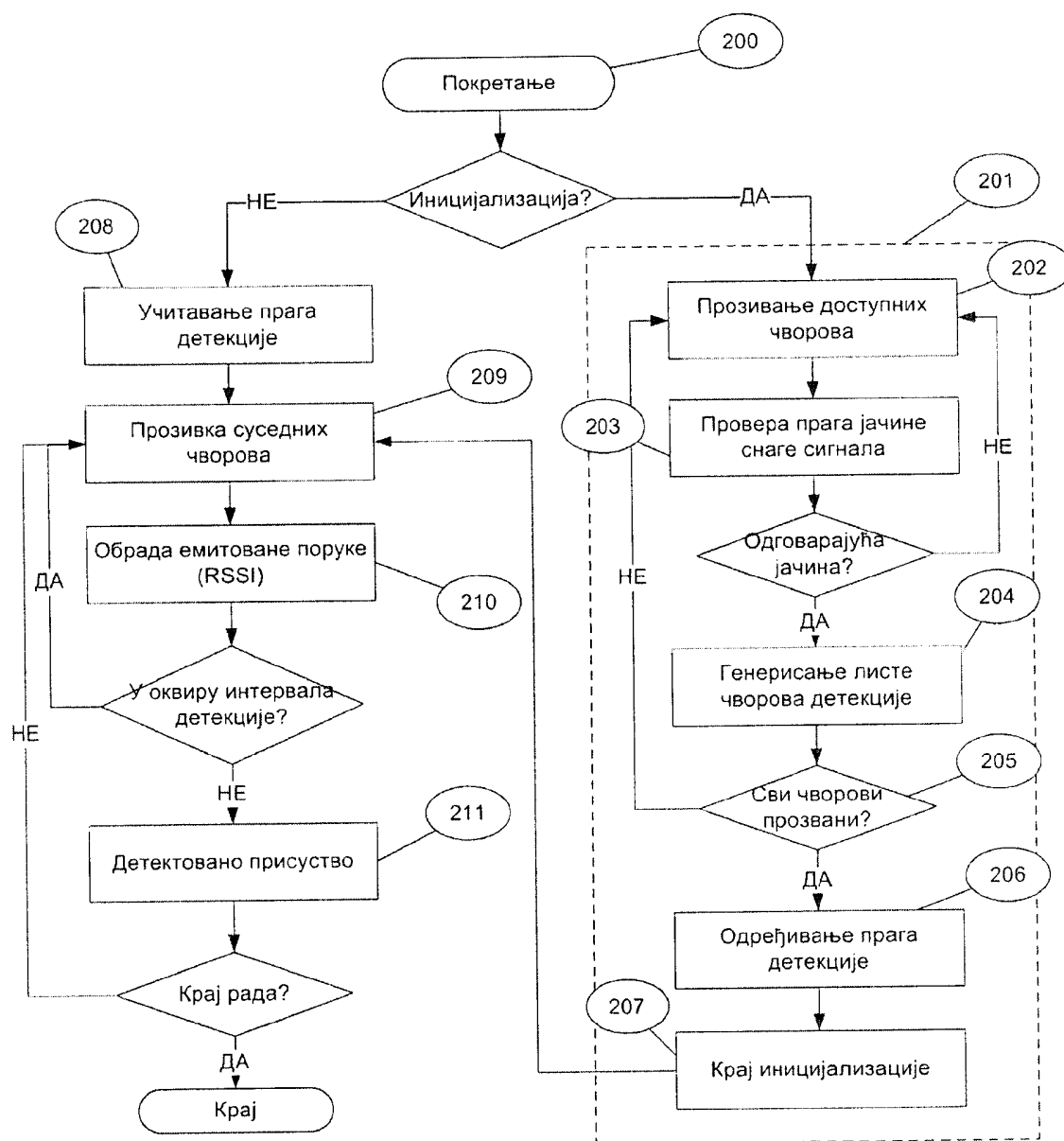
а где централна управљачка јединица (150) на основу примљене детекционе поруке о промени индикатора снаге радио сигнала и трајања временског интервала промене индикатора снаге радио сигнала шаље прекидачу за светло (140) управљачку наредбу за промену стања осветљења.

7. Систем дефинисан према захтеву 6, назначен тиме да централна управљачка јединица (150) представља скуп модула (400) програмске подршке који се могу имплементирати на наменском уређају физичке архитектуре или на персоналном рачунару, где чвор сензор може бити било који други бежични уређај који ради у оквиру истог бежичног комуникационог стандарда као и постојећи тренутно активни бежични чворови сензори (100, 110, 120, 140) и централна контролна јединица (150), а у који се може интегрисати представљена програмска подршка (310) која омогућава детекцију кретања и присуства особа.
8. Систем дефинисан према захтеву 6, назначен тиме да на основу примљене детекционе поруке о промени индикатора снаге радио сигнала и трајања временског интервала промене индикатора снаге радио сигнала, централна управљачка јединица (150) аутоматски мења функционално стање осветљења у зависности од присуства особа.





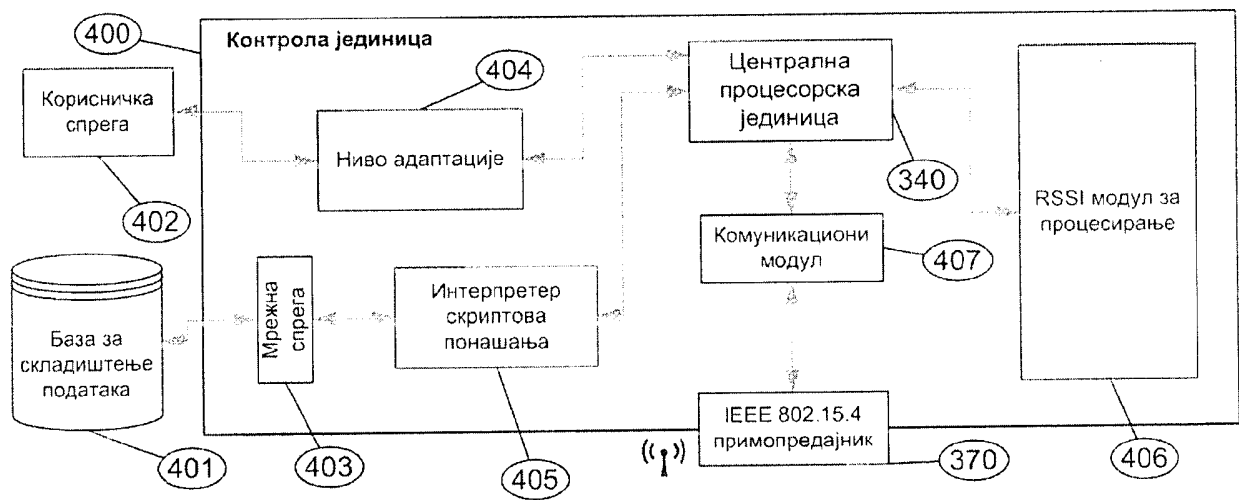
Слика 1.



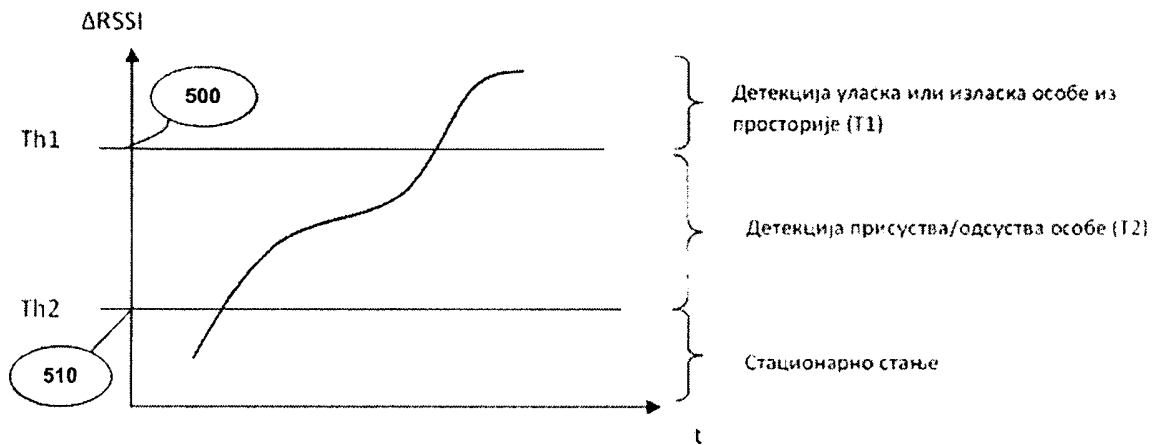
Слика 2.



Слика 3.



Слика 4.



Слика 5.