

(19) REPUBLIKA SRBIJA

(12) Patentni spis

(11) 53646 B1



ZAVOD ZA
INTELEKTUALNU SVOJINU
BEOGRAD

(51) Int. Cl.
H 04 W 4/00 (2009.01)
H 04 W 28/10 (2009.01)
H 04 W 84/18 (2009.01)

(21) Broj prijave: P-2010/0533
(22) Datum podnošenja prijave: 07.12.2010.
(43) Datum objavljivanja prijave: 31.10.2011.
(45) Datum objavljivanja patenta: 30.04.2015.

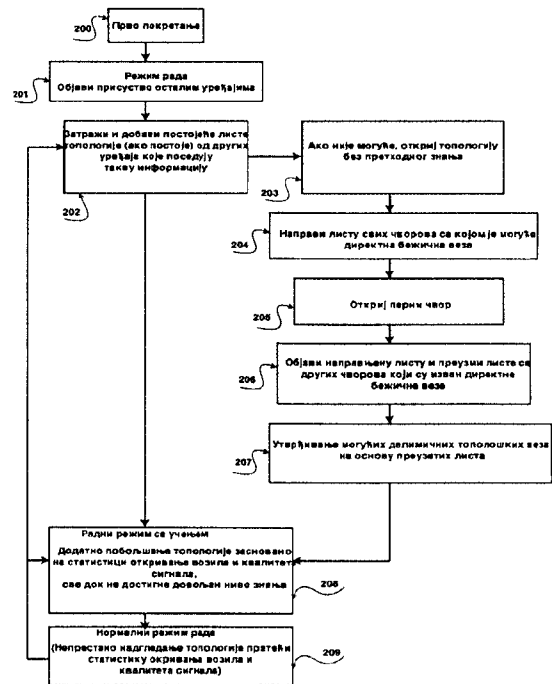
(73) Nosilac patenta:
RT-RK D.O.O.,
Fruškogorska 11, 21000 Novi Sad, RS
(72) Pronalazači:
TESLIĆ, Nikola, dr.;
COULON, Jean-Marc, Rene, Michel;
SAMARDŽIJA, Dragan, dr.;
TEMERINAC, Miodrag, dr.

(54) Naziv: **METOD ZA OTKRIVANJE
TOPOLOGIJE U SISTEMU ZA
OZNAČAVANJE IVICE PUTA**

(51) Int. Cl.
H 04 W 4/00 (2009.01)
H 04 W 28/10 (2009.01)
H 04 W 84/18 (2009.01)

(57) Apstrakt:

Metod za otkrivanje topologije u sistemu za označavanje ivice puta ima za novost automatsko otkrivanje topologije, naknadni prelazak u normalni radni režim 209, i upravljanje uređajima 300, odnosno čvorovima postavljenim na ivicama puta 301. Čvor uključuje svoja signalizaciona svetla samo ako su njegovi susjedni čvorovi poslali poruku, dok ignoriše poruke poslate sa čvorova koji mogu biti na većoj udaljenosti ili na susjednim putevima kao, na primer, na raskrsnici. Da bi pravilno ponašao po prijemu poruke, svaki čvor mora posedovati znanje o relativnim pozicijama drugih čvorova u okolini. Ovo je problem otkrivanja topologije, čije je rešenje predloženo u ovom pronalasku.



RS 53646 B1

Области технике на коју се проналазак односи

Проналазак припада области бежичних комуникација, паметних путева и инфраструктуре, интелигентним системима и вештачком расуђивању. Посебно, приказани проналазак предлаже метод за откривање топологије мреже и управљање, без људске контроле, уређаја који означавају ивицу пута при смањеној видљивости.

Према међународној класификацији патената (МКП) ознака је: H04W4/04 и H04W84/18.

Технички проблем

Предмет проналаска је да омогући решење почетног откривања топологије система, накнадни прелазак у нормални режим рада и управљање уређајима који су постављени уз ивице пута. Систем се састоји од низа чворова постављених са обе стране пута, на међусобном растојању од неколико десетина до неколико стотина метара. Сваки чвор се састоји од (i) светлосног подсистема за сигнализацију, (ii) сензорског подсистема за откривање возила, (iii) подсистема за бежичну комуникацију за размену порука између суседних чворова и (iv) енергетског подсистема са батеријом. Током дана, чворови допуњују своје батерије, док при смањеној видљивости или ноћи прелазе у пун радни режим омогућавајући откривање возила у пролазу и правовремено укључивање сигнализације. Након откривања возила, чвор шаље бежичну поруку. Након пријема поруке која указује да је чвор у близини открио возило, сигнализациона светла се укључују. Да би сачували енергију ускладиштену у батерији, сигнализација ће се искључити након унапред одређеног временског периода. Чвор укључује сигнализацију само ако је блиски сусед чвор послао поруку, док игнорише поруке чворова који могу бити на већим удаљеностима, или са суседних путева (нпр. на раскрсницама). Да би правилно реаговали на примљену поруку, сваки чвор мора поседовати знање о својој релативној позицији у односу на остале чворове у околини. Ово је проблем откривања топологије, чије је решење предложено овим патентом.

Основни задатак предложеног решења је да прикупи и потврди топологију, односно релативну позицију чворова у околини. Знање топологије ће омогућити сваком чвору да открије који чворови се налазе у непосредној близини или се налазе на суседним путевима, нпр. на раскрсници. На тај начин, чвор ће или реаговати или игнорисати поруке послате са појединих чворова у околини. Након режима откривања, систем прелази у нормални радни режим. Сваки чвор може поново ући у режим откривања периодично или након захтева. Додатни задатак је да омогући једноставну и брзу замену и касније увођење нових чворова у већ формирану мрежу и брз прелазак у нормалан радни режим. Одговарајући задатак је изабран на основу нивоа знања који чвор поседује о релативним позицијама других чворова у датој околини: (i) ако чвор не

поседује довољно знање (нпр. након постављања система); (ii) ако је знање о топологији већ постојало, али је застарело (нпр. када се нови чвор прикључује или се стари мења).

Додатно, предложено решење ће омогућити коришћење система у земљама где се вози или левом или десном страном пута. У оба случаја, откривена топологија ће бити прилагођена и одговарајућа светлосна сигнализација ће бити примењена током нормалног режима рада.

Стање технике

Постоји много различитих решења која се односе на откривање топологије, али већина њих се, у принципу, односе на Ethernet и класичне рачунарске мреже. Осим тога, постоје решења која су намењена за врло специфичне примене и ван области интересовања патента.

Патент WO2005080689 објављена 4. маја 2006. године под називом „*Method, system and devices related to mounted indicators for providing visual indications to approaching traffic*“ од компаније Spot Devices Inc описује сигнални уређај који у себи између осталог садржи и бежични примопредајник. Овај сигнални уређај има LED извор осветљаја, соларну ћелију и независно напајање. Сигнални уређаји су у стању да приме бежичну поруку, да укључе сигнално светло уколико је поруком адресиран уређај који је примио поруку и да проследи поруку даље. Међутим, сам патент се не бави успостављањем топологије мреже сигналних уређаја као предложено решење.

У патентној пријави US7366113 B1 објављеној 29. априла 2008. године под називом „*Adaptive topology discovery in communication networks*“ од компаније At & T Corporation, откривање топологије за сваки чвор се врши преко централне контролне јединице (координатора). Централна контролна јединица поседује све информације о мрежи. Он прослеђује информације о топологији чвору који је упутио захтев. За разлику од решења у патенту US7366113 B1, предложено решење је у потпуности децентрализовано, где су сви уређаји хијерархијски једнаки (тј. не постоји централни координатор).

Патентна пријава US7443833 B2 објављена 28. октобра 2008. године под називом „*Ad hoc network topology discovery*“ од компаније Sharp Laboratories Of America приказује откривање топологије за нецентрализоване (ad-hoc) мреже. Он дефинише методе за откривање топологије за мобилне уређаје који могу улазити и излазити из ad-hoc бежичне мреже. За разлику од решења предложеним у патенту US7443833 B2, предложено решење користи и квалитет бежичне везе и узајамне везе сензорских излаза између различитих чворова.

У патентној пријави US6990080 B2 објављеној 27. јануар 2006. године под називом „*Distributed topology control for wireless multi-hop sensor networks*“ од компаније Microsoft Corporation дат је метод за генерално успостављање топологије мреже мобилних чворова разменом сигнала и доношење одлуке о оптималној снази преноса порука. За разлику од решења

у патенту US6990080 B2, предложено решење нуди успостављање топологије непокретних чворова на основу јачине примљеног бежичног сигнала.

Излагање суштине проналаска

Проналазак предлаже интелигентан систем за откривање топологије и управљање, у мрежама састављеним од уређаја, тј. чворова за означавање ивица пута. Ово решење обухвата почетно монтирање чвора где се топологија мора у потпуности открити, омогућавајући брзо укључење у мрежу и прелазак у нормални радни режим. Ово је посебно значајно када се поковарени чворови мењају или нови додају.

Монтирање чворова треба да буде што једноставније и једнако брзо као монтирање класичних пасивних рефлектора светлости (катадиоптери) који се користе за означавање ивица пута. Свака потреба за посебним уносом података од стране човека током монтирања или одржавања као што је убацивања програма уређаја, би довело до значајног повећања времена монтирања и цене. Додатно, у систему са стотинама или хиљадама чворова, унета људска грешка у уређају, или још значајније у програму у само једном чвору може се пренети на цео систем. На пример, са већ дефинисаном топологијом, погрешно постављање једног чвора може довести до функционално погрешног рада система. Ово показује да је монтирање чворова заснованих на већ дефинисаној топологији крајње непожељна. Штавише, систем мора бити робустан на могуће грешке и отказивања појединих чворова. Он мора да омогући начин за брзу замену чворова и увођење нових. Да би уклонили горе наведене проблеме, у овом проналаску је предложен метод откривања топологије, омогућавајући паметну и робусну платформу за примену система у стварним условима у безбедности саобраћаја.

Сваки чвор може бити у неком од наведених стања: (i) режиму учења; (ii) радном режиму са учењем; и (iii) нормалном радном режиму (управљања). Док је у режиму учења, чвор прикупља информације о релативним положајима осталих чворова. У овом режиму прикупљене информације су првенствено засноване на квалитету бежичног сигнала између чвора и осталих суседних чворова у домету бежичног сигнала. Док се чвор налази у радном режиму са учењем, узајамне везе излаза сензора између различитих чворова се користе ради додатног побољшања знања о топологији. Након периода прикупљања знања о топологији, чворови ће прећи у нормални радни режим. Такође, током нормалног рада, могуће промене у топологији мреже се откривају на основу квалитета бежичне везе и узајамне везе излаза сензора различитих чворова.

Приказано решење би уклонило грешке изазване људским фактором, скратило време монтирања и одржавања као и цену, на тај начин остварујући паметну и робусну платформу за примену у стварним условима у безбедности у саобраћају.

Кратак опис слика проналаска

Поједини аспекти проналаска су објашњени у односу на даљи текст и посматрани у вези са пратећим цртежима:

Слика 1 – приказује дијаграм стања

Слика 2 – приказује блок дијаграм функционалног тока

Слика 3 – приказује типичан пут и раскрсницу са монтираним чворовима

Слика 4 – приказује домет бежичне комуникације и одлуку о парном чвору на два суседна пута

Слика 5 – приказује откривање топологије на примеру раскрснице

Слика 6 – приказује откривање чворова који нису у бежичном опсегу и прослеђивање порука при детекцији возила

Слика 7 – приказује пример откривања информације о топологији.

Детаљан опис проналаска

Детаљан опис уређаја, нпр. монтирање чворова, могуће ситуације и решења су приказана у приложеним сликама.

Дијаграм прелаза стања је приказан на слици 1. Након почетног активирања система, чвор 300 пролази кроз сва стања 100, 101, 102 прибављајући све неопходне информације о топологији, након чега се завршава у нормалном радном режиму 103. У случају када се открије промена у топологији, чвор 300 се може вратити у предходна стања у зависности од потребе за освежавањем топологије. На пример, уколико је промена у топологији значајна (нпр. суседна секција пута је активирана), чвор 300 се враћа у почетно стање учења.

Блок дијаграм функционалног тока је дат на слици 2, приказује кораке предложеног решења за откривање топологије. Као што се види, постоје две гране, у зависности од предходног знања о топологији. Након монтирања 200, чворови 300 су у режиму 101 учења. Режим 101 учења одговара периоду када чворови 300 прикупљају знање о осталим чворовима 300 који их окружују. Чворови 300 су или у непосредном бежичном домету или ван њега, где се у том случају до таквих чворова може доћи у више скокова преко осталих чворова. Након почетног активирања означеног са 200, сваки чвор 300 се оглашава 201 осталим чворовима 300 у суседству. Након тога, чвор 300 затражи информације о топологији 202 која је већ откривена од стране суседних чворова 300. Ако је чвор 300 намењен да замени старији покварен чвор 300, овакав захтев и добијање познате структуре топологије ће убрзати његов улазак у мрежу и бржи прелазак у нормални радни режим 209. Уколико информација о топологији није доступна, или је застарела, чвор 300 сам мора открити 203 топологију без претходног знања. Након тога, чвор прави 204 листу свих чворова са којима је могућа директна бежична веза. Затим, чвор открива 205 парни чвор, објављује 206 листу

и преузима листе од других чворова који су изван директне бежичне везе и утврђује 207 могуће тополошке везе на основу преузетих листи.

Да би описали топологију, сваки чвор ствара 204 листу чворова 300 са којима је могуће непосредно комуницирати, укључујући информацију о квалитету бежичне везе нпр. јачине примљеног сигнала. Осим тога, сваки уређај тј. чвор 300 ствара и шаље поруке по откривању возила у проласку. Ове поруке и временски интервали између порука о откривању возила се користе за одређивање релативне позиције сваког чвора 300 у околини. Статистичка анализа и методе вештачког расуђивања се користе за откривање веза између чворова 300, на тај начин вршећи откривање топологије, где чворови 300 припајају радном режиму 208 са учењем.

Сваки чвор 403 мора открити свој парни чвор 401 који се налази са друге стране пута. Ова информација је садржана у листи. Парни уређај тј. чвор 403 је првобитно откривен на основу најбољег примљеног квалитета сигнала, у односу на квалитет сигнала са осталих чворова 402. Такође, парни чворови 401 се могу открити на основу најмање временске разлике када два чвора открију пролазеће возило. На пример ако два чвора 403 и 401 открију пролазеће возило и размене одговарајуће бежичне поруке током предефинисаног временског периода. У супротном, ако је квалитет сигнала висок, али откривање пролазећег возила од стране једног чвора 401 није праћено или претходило откривању возила од стране другог чвора 403, ово ће значити да чворови припадају различитим путевима, нпр. на раскрсници. Веза између квалитета сигнала, нпр. јачине сигнала, и узајамни временски односи откривања пролазећег возила, биће коришћена за одређивање парних чворова 401. Одређивање парног чвора 401 ће бити основа референтног односа и користиће се као почетна тачка за даље откривање топологије. Након потпуног стварања листе, сваки чвор 403 објављује своју и прихвата листе које потичу од осталих чворова.

Чвор 300 прво шаље захтев 202 за већ постојећим листама чворовима који се налазе у физичком опсегу бежичне везе. Након прибављања доступних листа, чвор 300 обрађује добијене информације и ствара стабло делимичних веза почевши од себе као почетне тачке. Како се број добијених и обрађених листа повећава, стабло почиње делимично да личи на физички распоред чворова мреже. Раст дрвета је ограничен на одређену раздаљину, симетрично се ширећи од почетног чвора 300.

Штавише, користећи овај приступ, могуће је одредити да чворови 405, који се налазе у физичком домету, припадају суседним путевима. На пример, када је чвор на једном путу открио возило, чвор на суседном путу га неће открити. Ово ће бити коришћено да се утврди да ли чворови припадају истим или суседним путевима.

Слика 3 приказује типичан пут 301 и типичну раскрсницу 304 са чворовима 300. Сваки чвор 300 је постављен близу ивице пута 301, где је удаљеност између чворова 300 који се налазе на различитим странама пута 301 одређена ширином 303 пута 301. Та удаљеност се очекује да буде мања од удаљености 302 између два чвора 300 са исте стране пута 301. На раскрсници 304

чворови 300 су постављени на исти начин као на типичном путу 301, осим где се путеви укрштају, када су чворови 300 постављени директно на раскрсници 304.

Слика 4 приказује домет бежичне комуникације и одлуку о парном чвору на два суседна пута. Сваки чвор 400, 401, 402, 403, 404, 405 има свој физички домет бежичне комуникације. На пример, домет је представљен као круг 406 за чвор 403. Чвор 402 и 401 представља уређај који је у непосредном бежичном домету чвора 403. Чворови 400 и 404 представљају уређаје који се налазе ван бежичног домета уређаја 403. Бежични домет обухвата, осим чворова на једном путу, такође и чворове који се налазе на суседном путу 301. Као почетни корак у откривању топологије потребно извршити откривање парних чворова 401 и 403.

Ова листа такође садржи информацију о квалитету бежичне везе између чвора 401 и 403 и осталих чворова у домету. Квалитет бежичне везе је мера слабљења простирања сигнала услед карактеристика средине. Удаљеност између чвора који прима и који шаље директно утиче на слабљење сигнала. Како су удаљености између чворова 401 и 403 значајно мање у односу на удаљености чвора 403 са другим чворовима у окружењу, што је приказано испрекиданим линијама, закључује се да су чворови 403 и 401 парни уређаји и на слици су повезани пуном линијом.

Слика 5 приказује откривање топологије у случају раскрснице. Чвор 501 покушава да одреди свој парни чвор. Његов бежични домет је приказан као 500. Чвор 501 открива да постоји више чворова са којима је повезан пуном линијом који имају значајно већи квалитет сигнала у односу на остале чворове са којима је повезан испрекиданом линијом. Како није у могућности да одреди свој парни чвор, чвор 501 закључује да се налази на раскрсници са остала три чвора. Уколико је квалитет сигнала велики, али откривање пролазећег возила од стране једног чвора није предходило или пратило откривањем возила од стране другог, ово ће значити да чворови припадају различитим путевима, нпр. налазе се на раскрсници. Веза између квалитета сигнала, нпр. јачине сигнала, и узајамних временских интервала између откривања возила различитих чворова, биће коришћена за одређивање парног чвора 502.

Слика 6 приказује радни режим са учењем где сваки чвор прати могуће промене топологије. На слици је представљена физичка област која представља област 406 бежичне комуникације и област 601 логичке комуникације. У датим областима чворови размењују своје листе топологије, пружајући информације о релативним позицијама својих суседних чворова. Сваки чвор 403 са бежичним дометом 406 размењује своју листу са осталим чворовима који су у домету. Крећући од те листе, ствара се делимична информација о топологији. Листе се размењују са осталим чворовима 404 који нису у непосредном домету. Област у којој се листе размењују може бити ограничена на физичку област 601.

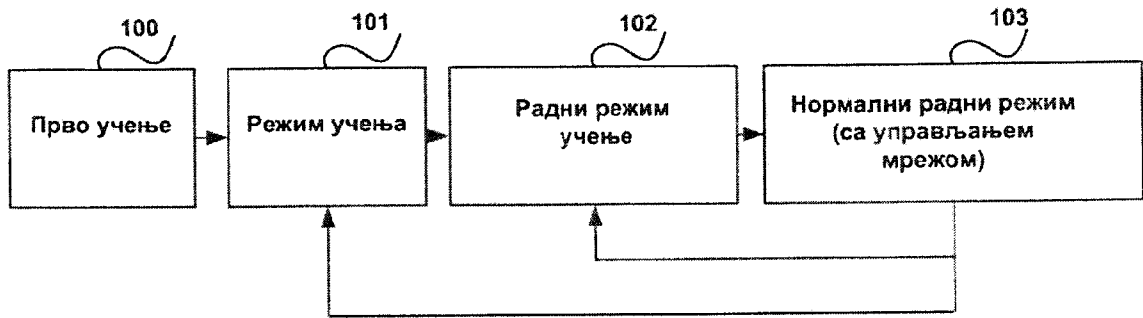
Након што је возило 600 откривено од стране чвора 403 на путу 301, чвор 403 шаље поруку о откривеном возилу 600 чворовима у бежичном домету 406. Чворови у непосредној близини ће

проследити ту поруку осталим чворовима у свом домету. Сви чворови морају припадати логичкој области 601. Од овог корака па даље, сви чворови додатно преправљају информацију о топологији све док се промене откривају. Чворови који су на суседном путу 602 ће примати поруке о проласку возила, али никада неће сами открити возило. Дата информација ће бити коришћена како би се утврдило да чворови 403 и 404 припадају различитим путевима.

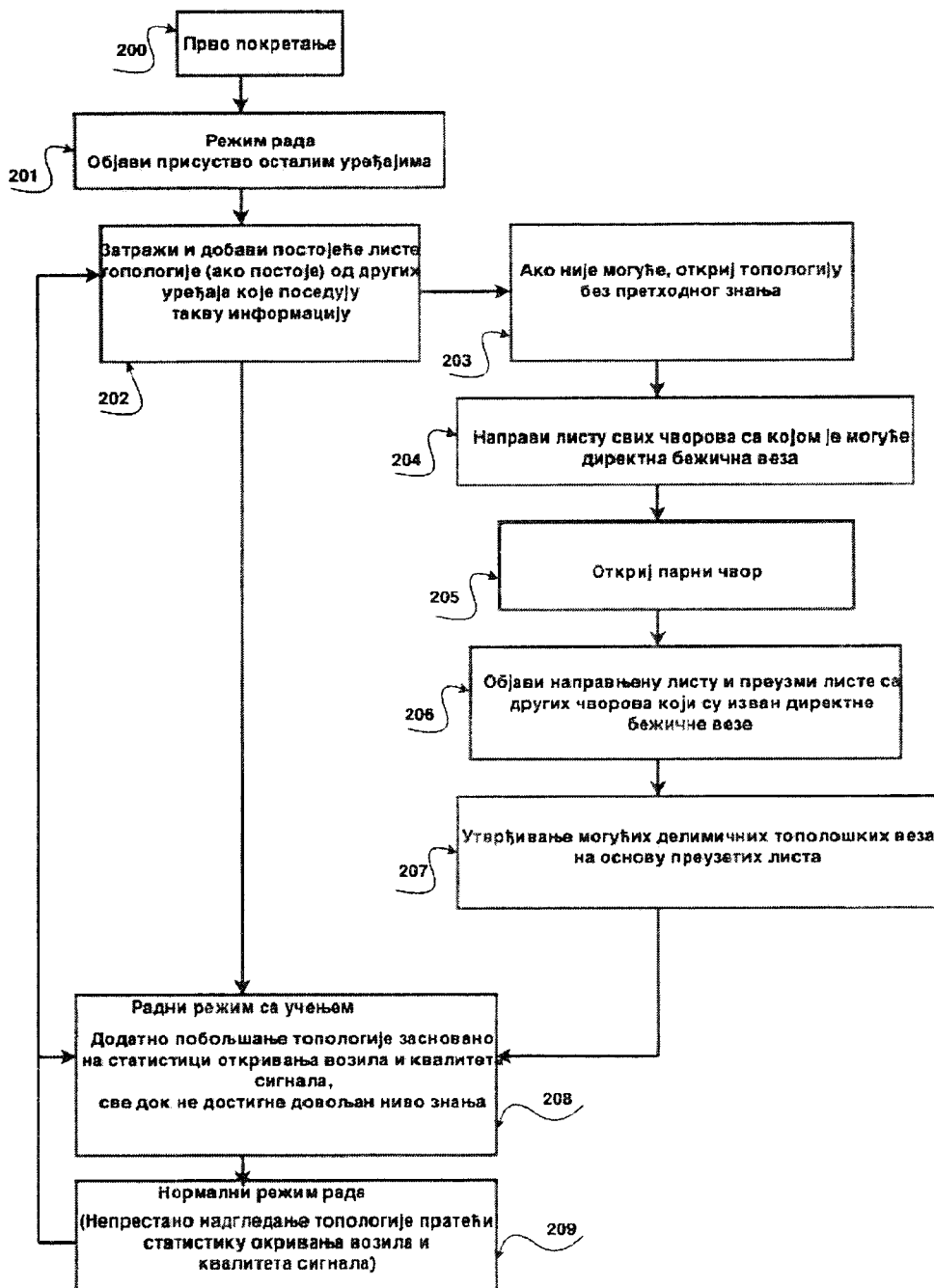
Слика 7 приказује детаљне информације о проласку возила 600. Кругови 703, 704, 705 описују поруку, где први круг 705 представља најкаснији догађај у времену. Слика се може тумачити као временска оса, са лева на десно. Прво, возило 600 путује горњим путем 301, затим чвор 700 открива возило 600 и шаље поруку обавештавајући остале чворове о откривању возила. Остали чворови прослеђују поруку ограниченом броју чворова који припадају кругу 705. Након одређеног временског интервала 706, возило 600 је откривено од стране чвора 701 који такође шаље поруку о откривању возила 600. Та порука се даље прослеђује. Овај процес се такође понавља и за чвор 702, где је временски интервал између чвора 701 и 702 приказан као 707. Обрађујући поруке и временске интервале између њих, сваки чвор може одредити своју позицију у односу на остале чворове. Чворови који се налазе на суседном путу 602 ће примити те поруке, али неће укључити своју сигнализацију, односно одбациће их.

Патентни захтеви

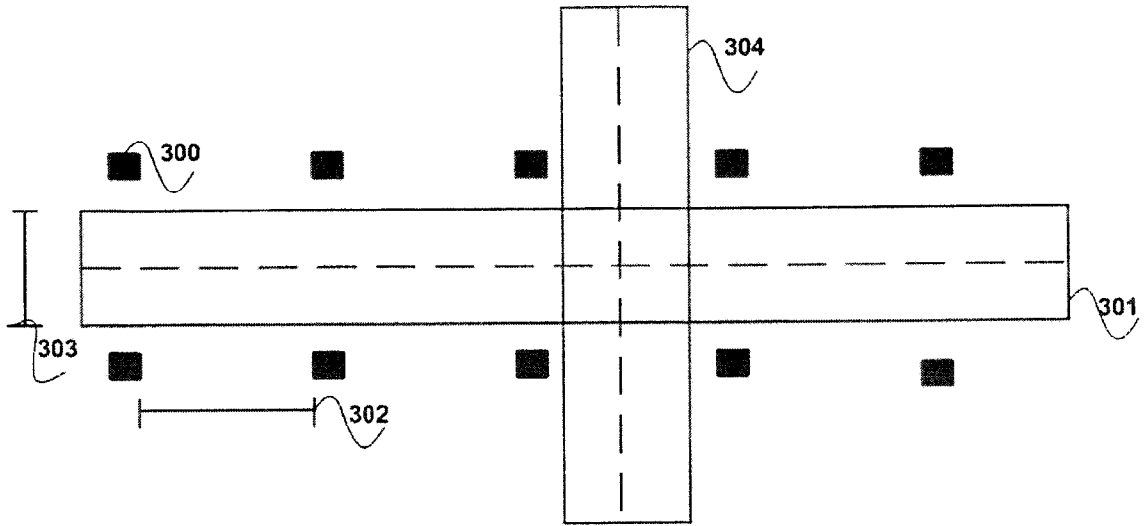
1. Метод за откривање топологије у систему за означавање ивице пута у форми бежичне мреже сигналних уређаја који се састоје од: кућишта, средства за претварања енергије из спољних извора у електричну енергију, средства за прикупљање и складиштење електричне енергије, микро-контролера, подсистема за бежичну комуникацију, сензорског подсистема и уграђене интелигенције,
карактерисан тиме, да приликом првом покретања уређај (300) објављује своје присуство осталим уређајима, након чега уређај (300) захтева постојеће листе топологије од других уређаја, и када добије захтеване листе прелази у радни режим (208) са учењем, а уколико не добије захтеване листе уређај (300) прави листу свих чворова са којима је могућа директна безична веза, открива парни чвор, објављује направљену листу и преузима листу од других чворова који су изван директне бежичне везе, затим уређај (300) утврђује тополошке везе на основу преузетих листи и прелази у режим (208) са учењем, а потом у режим (209) нормалног рада.
2. Метод дефинисан према захтеву 1, карактерисан тиме да уређај (300) открива парни чвор на основу најбољег примљеног квалитета сигнала у односу на квалитет сигнала осталих чворова и на основу најмање временске разлике када два чвора открију пролазеће возило (600).
3. Метод дефинисан према захтеву 1, карактерисан тиме, да су сви сигнални уређаји хијерархијски једнаки.
4. Метод дефинисан према захтеву 1, карактерисан тиме, да се на основу квалитета сигнала и информацијама о детектованим возилима утврђује да ли уређај (300) припада истом или суседном путу.
5. Метод дефинисан према захтеву 1, карактерисан тиме, да се на основу квалитета сигнала и информација о детектованим возилима утврђује да ли уређај (300) припада раскрсници и на основу те информације активира се светлосна сигнализација.
6. Метод дефинисан према захтеву 3, карактерисан тиме да се светлосна сигнализација укључује само ако је бежична порука потекла од сигналног уређаја (300) који припада суседном путу (301).



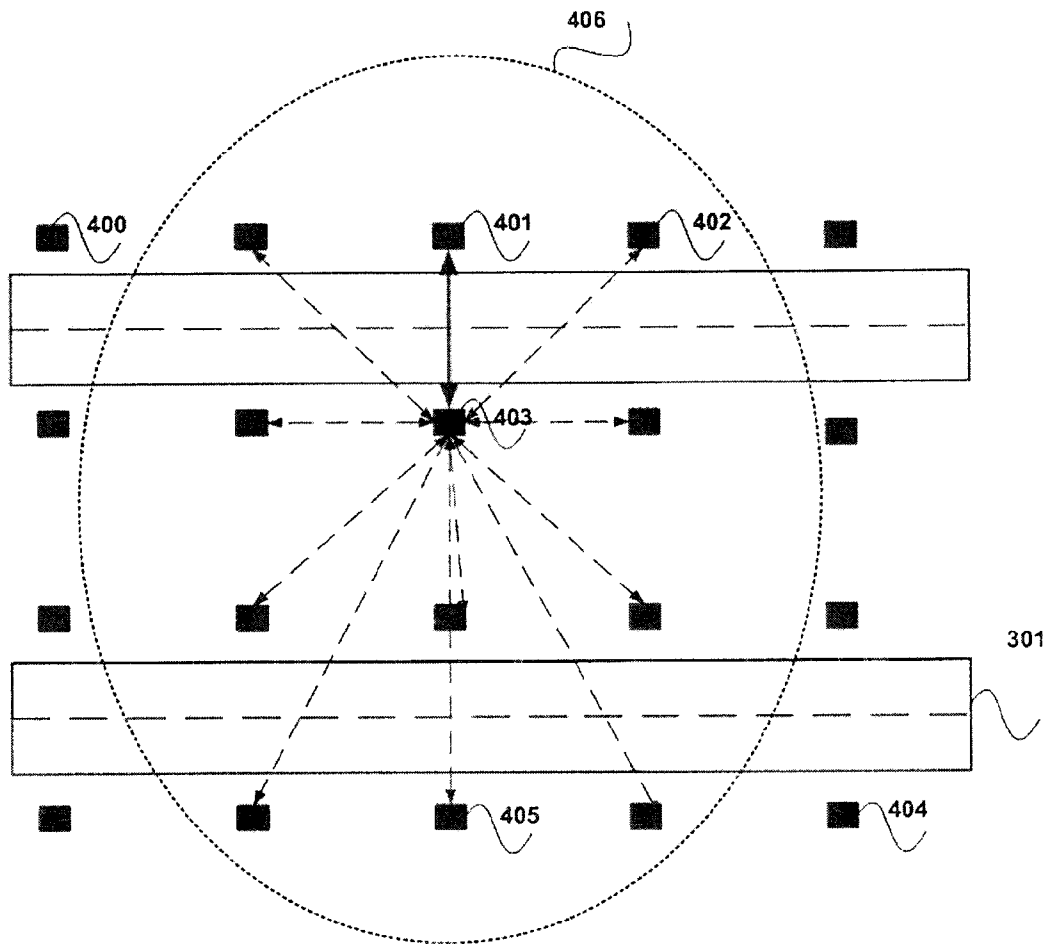
Слика 1



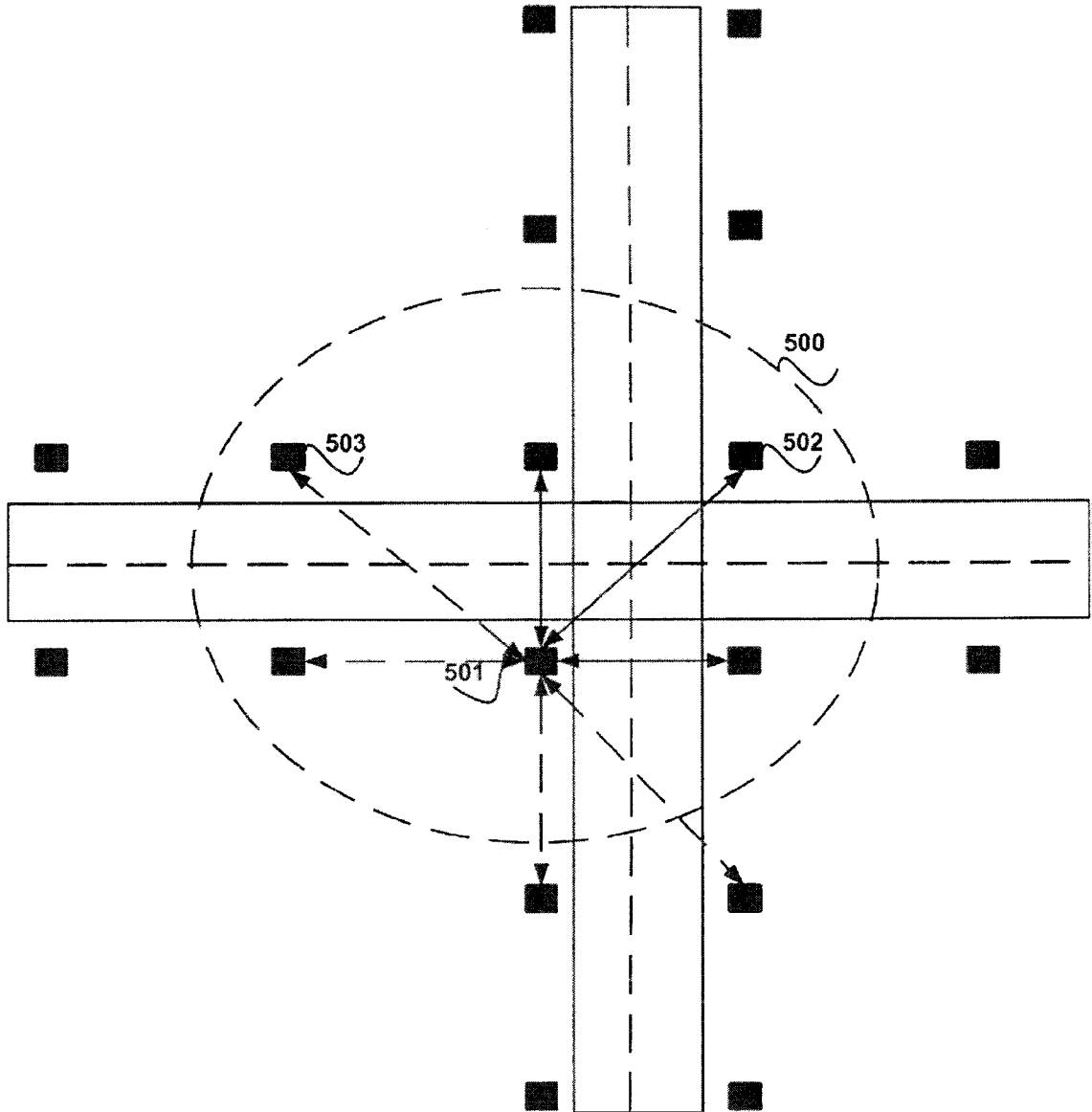
Слика 2



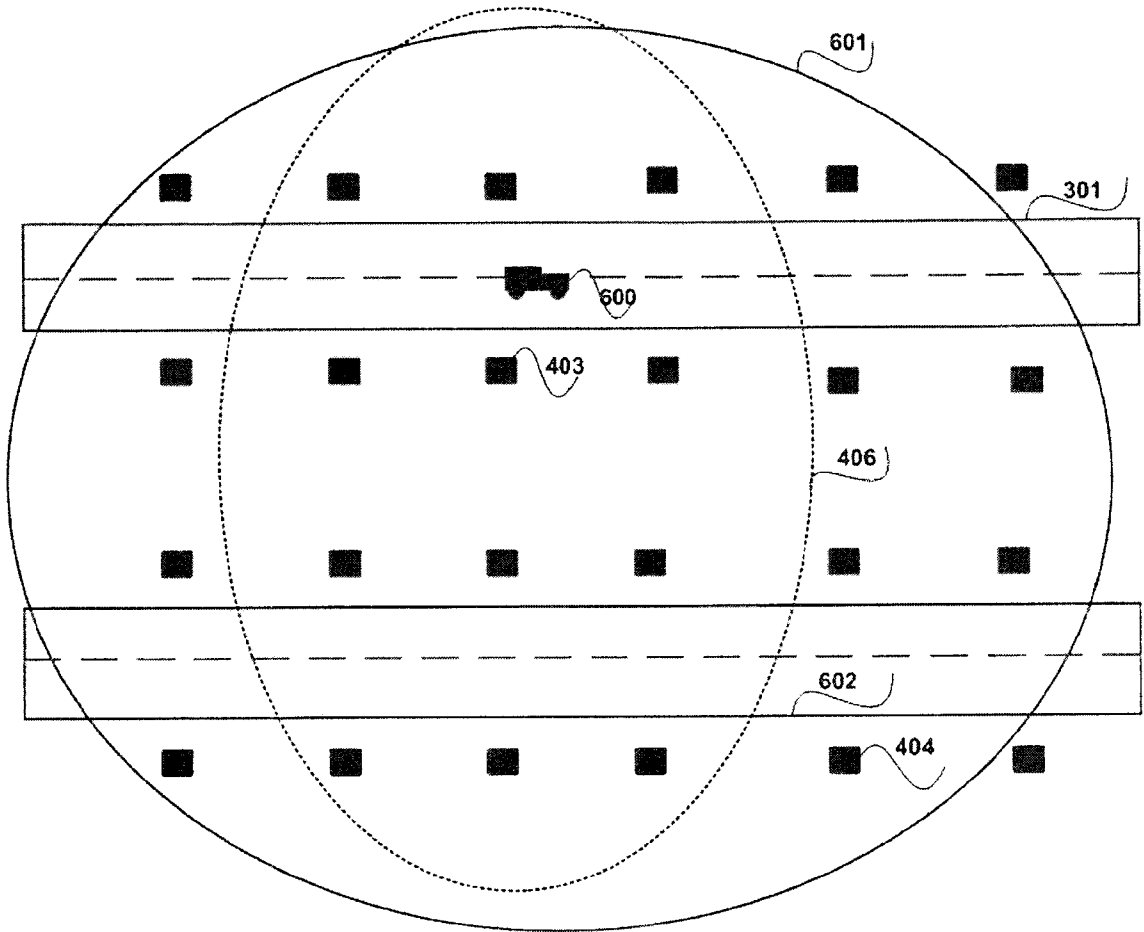
Слика 3



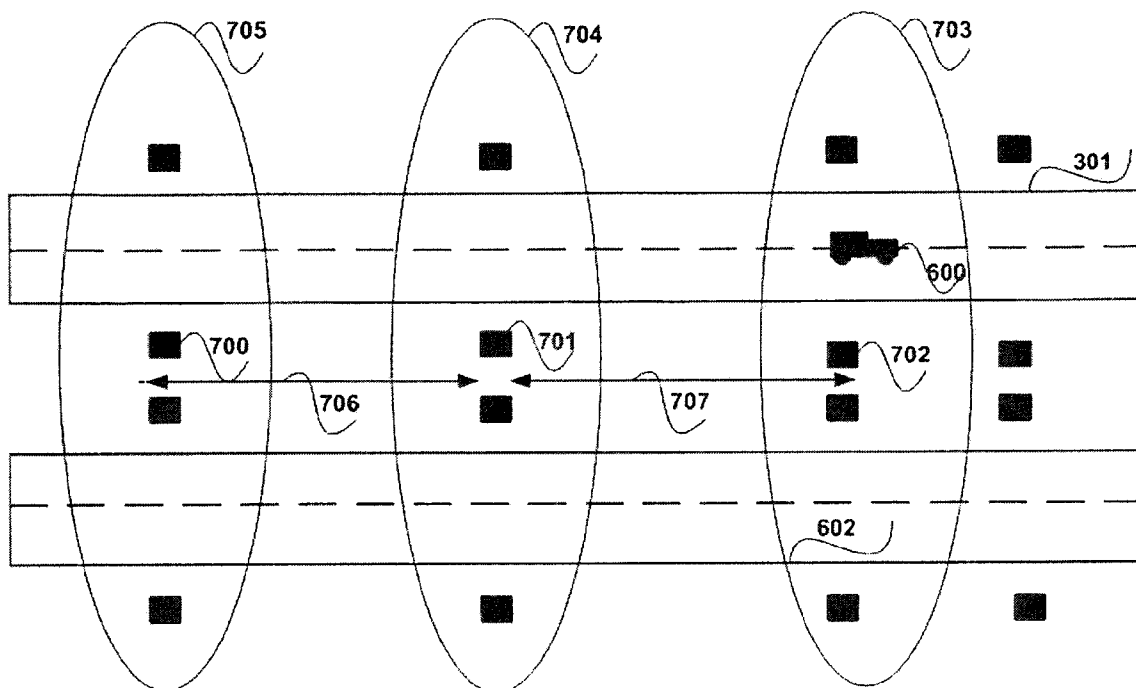
Слика 4



Слика 5



Слика 6



Слика 7