

(19)



(10) **LT 6116 B**

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

- (11) Patent numeris: **6116** (51) Int. Cl. (2014.01): **G01S 5/00**
- (21) Paraiškos numeris: **2014 056**
- (22) Paraiškos padavimo data: **2014 04 04**
- (41) Paraiškos paskelbimo data: **2014 10 27**
- (45) Patent paskelbimo data: **2015 02 25**
- (62) Paraiškos, iš kurios dokumentas išskirtas, numeris: —
- (86) Tarptautinės paraiškos numeris: —
- (86) Tarptautinės paraiškos padavimo data: —
- (85) Nacionalinio PCT lygio procedūros pradžios data: —
- (30) Prioritetas: —
- (72) Išradėjas:  
**Evaldas POVILAITIS, LT**  
**Gintautas ŠALČIUS, LT**  
**Egidijus KAZANAVIČIUS, LT**  
**Agnius LIUTKEVIČIUS, LT**  
**Arūnas VRUBLIAUSKAS, LT**  
**Audronė JANAVIČIŪTĖ, LT**
- (73) Patent savininkas:  
**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS, K. Donelaičio g. 73, 44043**  
**Kaunas, LT**
- (74) Patentinis patikėtinis/atstovas:  
**Aurelija ŠIDLAUSKIENĖ, Dr. V. Šidlauskas ir partneriai, UAB, K. Būgos g. 29,**  
**LT-44326 Kaunas, LT**

- (54) Pavadinimas:  
**Belaidžio vietinio tinklo (WLAN) objektų vietos nustatymo patalpų viduje būdas**
- (57) Referatas:

Išradimas priklauso objektų vietos nustatymo patalpų viduje būdams naudojant radijo bangas. Pasiūlytas būdas aprašo belaidžio vietinio tinklo (WLAN) objektų, esančių patalpų viduje, vietos nustatymą. Kiekvienas objektas, kurio vieta yra nustatinėjama, turi WLAN modulį. Objekto vieta nustatoma pagal jo signalo stiprumo indeksą (RSSI), skirtingų WLAN prieigos taškų atžvilgiu. Serveris surenka informaciją iš visų vietos nustatymo sistemoje užregistruotų WLAN prieigos taškų apie jiems matomus WLAN objektus. Gaunama informacija yra objekto MAC adresas, RSSI reikšmės atitinkamų WLAN prieigos taškų atžvilgiu ir laikas kaip seniai objektas buvo

paskutinį kartą aptiktas. Vieno objekto vietai nustatyti reikia bent dviejų jį matančių prieigos taškų. Nustatant WLAN objekto buvimo vietą naudojamas vietos nustatymo algoritmas, kuris išmatuotas objekto signalo stiprumo reikšmės palygina su kiekvienam prieigos taškui, kuris matė objektą, apskaičiuotu signalo sklaidimo modeliu (žemėlapiu). Apskaičiuota objekto vieta išsaugoma atmintyje, kuri paskui patikslinama. Galutinė WLAN objekto vieta patikslinama atsižvelgiant į prieš tai surastas vietas naudojant vietos nustatymo patikslinimo metodą.

Išradimas priklauso objektų vietos nustatymo patalpų viduje būdams naudojant radijo bangas, būtent belaidį vietinį tinklą (WLAN).

Pasaulyje daugėjant įvairių intelektualųjų būsto valdymo sistemų, svarbi tampa būste esančių gyventojų, daiktų ir kitų objektų buvimo vieta patalpose. Šiuo metu populiari visuotinė padėties nustatymo sistema - GPS yra tinkama objektų vietos nustatymui atvirose vietose, o vietos nustatymui patalpų viduje ši technologija praktiškai netinkama. Šiuo metu plačiai nagrinėjamas WLAN technologijos panaudojimas vietos nustatymui patalpose. Tai viena tinkamiausių technologijų nešiojamų kompiuterių, išmaniųjų telefonų ar WLAN apyrankių (šios apyrankės gali būti susietos su konkrečiu žmogumi) vietos nustatymui patalpose. Tik šiuo atveju reikalingas buvimo vietos nustatymas ne iš vartotojo pusės, kaip dažnai daroma, bet iš tinklo infrastruktūros, kadangi informacija apie objektų vietas galės būti naudojama ne tik vartotojo navigacijos tikslais, o įvairių valdymo sistemų, kurioms svarbi WLAN objektų vieta patalpose. Taip pat atliekant vietos nustatymą iš infrastruktūros pusės yra lengviau nustatyti skirtingų belaidžių objektų vietas, kadangi matuojant iš prieigos taško yra mažesnis signalo stiprumo išsibarstymas tarp skirtingų įrenginių toje pačioje vietoje.

Žinomi analogai naudoja vietos šablono metodą. Tai vienas populiariausių ir geriausių rezultatus pateikiančių vietos nustatymo metodų, naudojamas kartu su WLAN technologija. Naudojant šį metodą prieš vietos nustatymą turi būti sudarytas signalo stiprumo reikšmių patalpose žemėlapis. Žemėlapis dažniausiai sudaromas atliekant eksperimentinius matavimus arba pasitelkiant teorinius metodus. Naudojant eksperimentinius matavimus yra atliekami kiekvieno WLAN prieigos taško signalo stiprumo indekso (RSSI) matavimai įvairiose patalpų vietose. Šie matavimai nereikalauja detalių žinių apie pastato išplanavimą ir struktūrą, tačiau sugaištama labai daug laiko matavimų atlikimui, ypač jei siekiama didesnio tikslumo. Atsiradus kokiems nors stipriai signalo sklaidimą įtakojančioms pokyčiams (pvz. prieigos taškas perstatomas į kitą vietą), matavimai turi būti atliekami iš naujo. Teorinis metodas naudoja įvairius signalo sklaidimo modelius signalo stiprumo žemėlapio sudarymui. Teoriniai metodai signalo slopimą vertina pagal atstumą, taip pat atsižvelgiama ir į sienų savybes bei signalo sklaidimo kelius. Naudojant teorinius metodus signalo stiprumo patalpose žemėlapio sudarymui dažnai reikalinga papildoma informacija apie tai, kaip sienos ir kiti objektai įtakoja signalo slopimą. Atsiradus stipriai signalo

sklidimą įtakojantiems pokyčiams yra reikalinga tik naudojamo matematinio modelio, kuris aprašo signalo slopimą, koeficientų korekcija ir modelio perskaičiavimas.

Yra žinomas vietos nustatymo būdas, įrenginys ir sistema, kur pagerinamas objekto vietos nustatymo tikslumas įvertinant ar radijo signalas tarp prieigos taško ir objekto buvo paveiktas atspindžių ar kliūčių, šiam įvertinimui atlikti išmatuotas RSSI reikšmės iš prieigos taškų lygina su slenkstine riba apskaičiuota naudojant signalo sklaidimo modelį. Objekto koordinatų nustatymas atliekamas matuojant radijo signalo sklaidimo laiką (TOA) arba sklaidimo laiko skirtumą (TDOA) (žiūrėti išradimo aprašymą pagal Europos patento paraišką EP 2 650 693 A2, 2012).

Žinomas vietos nustatymo būdas, įrenginys ir sistema tikslesniam vietos nustatymui bando išvengti signalų, kurie paveikti atspindžių, tačiau tai pasiekti yra sudėtinga patalpų viduje dėl didelio skaičiaus įvairių kliūčių (sienų, baldų ir t.t.). Objekto koordinatų nustatymui naudojamas radijo signalo sklaidimo laiko matavimas, kuris reikalauja specializuotos ir brangios įrangos. Taip pat yra nekaupiama judėjimo istorija ir surasta objekto vieta papildomai nepatikslinama.

Yra žinoma pastatų viduje veikianti radijo signalais pagrįsta vartotojo vietos nustatymo ir sekimo sistema (RADAR), kur objekto vietos nustatymą atlieka iš tinklo infrastruktūros pusės, naudoja signalo sklaidimo modeliavimą ir rankinį signalo stiprumo įvedimą signalo sklaidimo žemėlapių sudarymui (žiūrėti straipsnį: P. Bahl, V. N. Padmanabhan, RADAR: an in-building RF-based user location and tracking system, in INFOCOM 2000. Nineteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Proceedings. IEEE, 2000, vol. 2, pp. 775-784 vol.2.). Žinoma pastatų viduje veikianti radijo signalais pagrįsta vartotojo vietos nustatymo ir sekimo sistema nepasiekia didesnio tikslumo, kadangi signalo sklaidimo žemėlapio sudarymas daugiausia pagrįstas rankiniu signalo stiprumo reikšmių matavimu, o naudojami signalo sklaidimo modeliai supančią aplinką įvertina minimaliai, nenaudojami apskaičiuotos vietos patikslinimo metodai, nekaupiama judėjimo istorija, neįvertinamas signalo stiprumo išsibarstymas, ypač tuo atveju, kai sekamas objektas yra arti prieigos taško.

Išradimo tikslas sukurti WLAN objektų vietos nustatymo patalpų viduje būdą, kuris atlieka objektų vietos nustatymą iš WLAN tinklo infrastruktūros pusės ir kuriuo siekiama padidinti vietos nustatymo tikslumą bei pagerinti sistemos efektyvumą, sumažinant vietos nustatyme naudojamos perteklinės įrangos kiekį.

Tikslas pasiekiamas tuo, kad naudojamas vietos nustatymo algoritmas, pagal kurį atlieka signalo sklidimo modelio atitikimo su realiu signalų sklidimu įvertinimą, po to nustato ar objektas yra arti prie kurio nors iš vietos nustatyme naudojamo WLAN prieigos taško, o po atlikto nustatymo, jei objektas yra arti WLAN prieigos taško, objekto vietą skaičiuoja nenaudodamas konkrečios to prieigos taško išmatuotos RSSI reikšmės, bet pagal signalo sklidimo modelį suranda galimą objekto buvimo zoną apie tą prieigos tašką, naudojamas buvimo vietos patikslinimo metodas, sudarytas iš ne mažiau kaip dviejų etapų, kaupiantis pasirinkto dydžio kiekvieno objekto buvimo vietų istoriją, šią judėjimo istoriją toliau naudoja galimam objekto vietos patikslinimui.

Vietos nustatymo algoritme atliekant signalo sklidimo modelio atitikimo su realiu signalų sklidimu įvertinimą, yra matuojama kiekvieno vietos nustatymo sistemoje naudojamo prieigos taško RSSI reikšmė iš visų kitų vietos nustatymo sistemoje naudojamų WLAN prieigos taškų, išmatuotos RSSI reikšmės palyginamos su atitinkamomis RSSI reikšmėmis, esančiomis signalo sklidimo modelyje, toje vietoje, kur realiai yra prieigos taškas, palyginimo metu atitinkamų RSSI reikšmių skirtumui viršijus nustatytą ribą, informuoja vietos nustatymo sistemos vartotoją apie signalo sklidimo modelio neatitikimą realybei ir būtinybę atlikti duomenų pataisymą, kurie naudojami sudarinėjant signalo sklidimo modelį.

Vietos nustatymo algoritme nustato ar objektas yra arti prie kurio nors iš vietos nustatyme naudojamo WLAN prieigos taško atsižvelgiant į objekto skleidžiamą signalo stiprumą ir sudarytus signalo sklidimo modelius.

Vietos nustatymo patikslinimo metodas, apima šiuos etapus: a) atsitiktinio signalo stiprumo išsibarstymo įvertinimą, jei naujai apskaičiuota ir prieš tai surasta vieta skiriasi didesniu nei nurodytu atstumu, tai naują vietą perskaičiuoja ta pačia kryptimi kaip prieš tai surastą, bet neviršijant nurodyto atstumo, b) surastą vietą tikslina remiantis turima surastų vietų istorija, kaupia nurodyto dydžio paskutinių kiekvieno objekto rastų vietų istoriją, o patikslinimą atlieka taikant deterministinius ir/arba tikimybinus metodus. Vietos nustatymo sistemos konfigūravimo etape yra sudaromi signalo sklidimo modeliai kiekvienam prieigos taškui. Signalo sklidimo modelių sudarymui yra sudaromas patalpų žemėlapis, išmatuojama kaip kiekviena siena slopina signalą. Atitinkamam prieigos taškui skirtame patalpų žemėlapyje pažymima tikra jo buvimo vieta. Remiantis visa surinkta informacija yra atliekamas signalo sklidimo modelio sudarymas kiekvienam prieigos taškui.

Vietos nustatymo procese yra naudojama informacija surinkta iš prieigos taškų. Informacija apie prieigos taškų aptiktus WLAN objektus yra perduodama iš kiekvieno vietos nustatymo sistemoje veikiančio prieigos taško į serverį per vietinį tinklą. Kiekvieną objektą turi matyti bent du prieigos taškai. Objekto RSSI kiekvieno jį matančio prieigos taško atžvilgiu yra palyginamas su signalo sklidimo modeliu (žemėlapiu) sugeneruotu tam prieigos taškui.

Detaliau išradimas paaiškinamas brėžiniais, kuriuose pavaizduota:

FIG. 1 Vietos nustatymo būdo panaudojimo struktūrinė schema, kurioje pateiktas patalpų planas, įranga naudojama vietos nustatymui ir vartotojo belaidis įrenginys, kurio vieta ir yra nustatinėjama.

FIG. 2 - Patentuojamo būdo pagrindinė veiksmų seka. FIG. 3 - WLAN objekto veikimo schema.

FIG. 4 - WLAN prieigos taško veikimo schema. FIG. 5 - Vietos nustatymo algoritmo veiksmų seka.

FIG. 6 - Vietos nustatymo patikslinimo metodo veiksmų seka.

FIG. 7 - WLAN objektų vietos nustatymo būdo panaudojimo pavyzdys.

Siūlomas WLAN objektų vietos nustatymo patalpų viduje būdas buvo atliktas naudojant tokią sistemą sudarytą iš: a) vietos nustatymo serverio (1), kuris atlieka informacijos surinkimą iš prieigos taškų ir aptiktų objektų buvimo vietų apskaičiavimą. Serveris iš anksto nustatytais laiko intervalais kreipiasi į prieigos taškus, kuris pagal WLAN objektų signalų stiprumus, gautus iš prieigos taškų, apskaičiuoja WLAN objektų vietas, t.y. vietos nustatymas yra atliekamas iš WLAN tinklo infrastruktūros pusės, b) belaidžių prieigos taškų (2), kurie palaiko ir veikia monitoriaus režime. Tai reiškia, kad kiekvienas vietos nustatymo sistemai priklausančias prieigos taškas turi gebėti klausytis eteryje sklindančių WLAN paketų (visų WLAN paketų), kaupti informaciją apie juos ir esant pareikalavimui perduoti šią informaciją vietos nustatymo sistemos serveriui. Kaupiama informacija yra aptikto WLAN objekto MAC adresas, jo signalo stiprumo indeksas, toliau tiesiog RSSI, taip pat prieš kiek laiko objektas buvo aptiktas. Buvimo vietos skaičiavimui naudojama ne senesnė nei nustatyta informacija. Kiekvienam prieigos taškui turi būti sudarytas signalo sklidimo modelis, t.y. reikalinga turėti informaciją apie konkretaus prieigos taško signalo stiprumo reikšmes įvairiose patalpų vietose. Efektyviam ir greitam šio signalo sklidimo modelio

sudarymui yra naudojami matematiniai metodai, tokie kaip daugiasienis ar Naujasis empirinis modelis (K.- W. Cheung, J. H.-M. Sau, R. D. Murch, "A new empirical model for indoor propagation prediction," Veh. Technol. IEEE Trans., vol. 47, no. 3, pp. 996-1001, 1998.), kurie įvertina ne tik signalo slopimą, kurį įtakoja nukeliautas atstumas, bet ir sienų slopinimą, c) WLAN objektų (3), kurių buvimo vietos yra nustatinėjamos. Tai prietaisai ar bet kokie objektai su prie jų pritvirtintais WLAN moduliais. Pagrindinis reikalavimas šiems prietaisams, kad jų WLAN moduliai pastoviai, vienodais laiko intervalais ištransliuoti į eterį WLAN duomenų paketą. Toks veiksmas yra būtinas, kad WLAN modulį aptiktų vietos nustatymo sistemą sudarantys prieigos taškai. Konkretus WLAN modulis, tiksliau prietaisas arba objektas, bus identifikuojamas pagal MAC adresą.

Vietos nustatymo būdas tinkamas naudoti patalpose (4), kuriose gali būti sienos, koridoriai, laiptai ir kt. Belaidžiai prieigos taškai (2) ir vietos nustatymo serveris (1) tarpusavyje sujungti per vietinį kompiuterių tinklą (5) naudojant Ethertnet (IEEE 802.3) protokolą,

Vietos nustatymo būde veiksmai atliekami penkiais pagrindiniais etapais:

1 etapas. Iš kiekvieno vietos nustatymo sistemoje naudojamo WLAN prieigos taško vietos nustatymo serveris atsiųsiančia visą reikalingą informaciją vietos nustatymui (6). Tarp atsiųstos informacijos apie WLAN objektą, kurio vieta toliau yra nustatoma, yra: a) objekto signalo stiprumo indeksas - RSSI b) objekto MAC adresas c) laikas nurodantis kaip seniai objektas buvo paskutinį kartą užfiksuotas. Šią informaciją prieigos taškai surenka pagal FIG. 2 atlikdami tokius veiksmus: a) pradėjus veikti vietos nustatymo sistemai, prieigos taškas pereina į monitoriaus režimą (12), WLAN monitoriaus režimas suteikia galimybę analizuoti visus į prieigos tašką per anteną gaunamus paketus, tiek prisijungusių prie prieigos taško, tiek ir kitų aplinkui esančių įrenginių, b) prieigos taškui veikiant monitoriaus režimu toliau klausomasi WLAN radijo eterio (13) ir kai tik aptinkamas iš WLAN objekto išsiųstas duomenų paketas (14), paketo gavimo informacija, tokia kaip RSSI, gavimo laikas, siuntėjo MAC adresas nedelsiant išsaugoma (15). Kad prieigos taškai galėtų aptikti WLAN objektus, kurių buvimo vieta patalpoje nustatinėjama, objektai turi atlikti pagal FIG. 3 tokius veiksmus: a) pradėjus veikti WLAN objektui ir praėjus tam tikram konfigūruojamam laiko tarpui (16), yra iš siunčiamas į WLAN radijo eterį duomenų paketas (17), kuriame yra WLAN objekto MAC adresas ir atsitiktinė informacija,

padidinti duomenų kiekį siekiant patikimesnio duomenų paketo aptikimo, b) duomenų paketų siuntimas kas nustatytą laiko tarpą vykdomas tol kol norima nustatinėti WLAN objekto buvimo vietą, WLAN objekte papildomi skaičiavimo ar kiti apdorojimo veiksmai neatliekami, todėl reikalingos mažos energijos sąnaudos WLAN objekto veikimui.

2 etapas. Iš surinktos informacijos analizuojama ar WLAN objektas buvo užfiksuotas bent dviejų WLAN prieigos taškų (7). Toliau nustatinėjama tik tų objektų buvimo vietos, kurie yra matomi ne mažiau kaip dviejų prieigos taškų. Jei WLAN objektas buvo aptiktas mažiau negu dviejų prieigos taškų, tai jo vieta nenustatinėjama (8).

3 etapas. Nustatant WLAN objekto buvimo vietą (9) naudojamas vietos nustatymo algoritmas.

4 etapas. Surasta objekto vieta išsaugoma atmintyje (10), kuri paskui bus naudojama vietos patikslinimo metode.

5 etapas. Galutinė WLAN objekto vieta patikslinama atsižvelgiant į prieš tai surastas vietas (11) naudojant vietos nustatymo patikslinimo metodą,

Taip surandamos buvimo vietos visų WLAN modulį turinčių objektų, kurių kiekvienas yra matomas bent dviejų prieigos taškų. Vietos nustatymo intervalas gali būti keičiamas, tačiau įprastai vietos nustatymas vyksta nepertraukiamai kas 1 sekundę. Galutinė vieta pateikiama koordinatėmis metrais, centimetrų tikslumu.

#### Vietos nustatymo algoritmas

Vietos nustatymo algoritmas naudoja prieigos taškų signalų sklaidimų patalpoje modelius ir informaciją, gautą iš prieigos taškų apie aptiktus WLAN objektus ir jų RSSI reikšmes. Pasinaudojant turima informacija rezultate yra nustatomos aptiktų WLAN modulį turinčių objektų buvimo vietos. Šis procesas turi tokius keturis etapus:

1 etapas. Siekiant sumažinti tolimesnių skaičiavimų kieki, analizuojamas ne visas kiekvieno konkretų objektą aptikusio prieigos taško signalo sklaidimo žemėlapis, o surandama aptikto objekto buvimo erdvė atmetant visas vietas kur šis objektas tikrai negalėtų būti (18). Atmetimas atliekamas atmetant tų prieigos taškų matymo zonas, kurie nemato objekto, kurio vieta yra skaičiuojama. Nustatius objekto buvimo

erdvę ir remiantis objektą matančių prieigos taškų signalų sklaidimo modelių reikšmėmis toje erdvėje ir taip kaip objekto signalo stiprumą (RSSI) mato kiekvienas prieigos taškas, sekančiuose etapuose apskaičiuojama objekto vieta.

2 etapas. Jei WLAN objektas yra per arti kurio nors prieigos taško, tai surandama galima WLAN objekto buvimo zona prie prieigos taško (19), išmatuota RSSI reikšmė iš atitinkamo prieigos taško, yra nenaudojama toliau skaičiuojant Euklido atstumą (20). Buvimo zona prie prieigos taško nustatoma pagal išmatuotą RSSI reikšmę, o zonos forma panaši į apskritimo. Objekto vietą patikslins kiti prieigos taškai. Ar WLAN objektas yra per arti prieigos taško nustatoma pagal objekto signalo stiprumą, kuri mato atitinkamas prieigos taškas. Jei šis stiprumas viršija nustatytą ribinę reikšmę tai laikoma, kad objektas yra per arti prieigos taško. Atstumo tarp WLAN objekto ir prieigos taško įvertinimas yra reikalingas dėl didelio WLAN signalo stiprumo reikšmių išsibarstymo mažais atstumais.

3 etapas. Galutinės buvimo vietos nustatymui apskaičiuojamas Euklido atstumas tarp prieigos taškų išmatuotų WLAN objekto RSSI ir atitinkamų signalo sklaidimo modelio reikšmių (20). Naudojama formulė:

$$d = \sqrt{\sum_{i=1}^n (q_i - p_i)^2}$$

$q_i$  -  $i$ -ojo prieigos taško išmatuota WLAN objekto signalo stiprumo reikšmė,  $p_i$  -  $i$ -ojo prieigos taško signalo sklaidimo modelyje esanti reikšmė,  $n$  - prieigos taškų skaičius naudojamas vietos nustatymo sistemoje. Euklido atstumų bus paskaičiuota tiek kiek signalo stiprumo reikšmių patenka į galimą įrenginio buvimo vietą signalo sklaidimo modelyje.

4 etapas. Surandamas mažiausias Euklido atstumas ir įsimenama matricos (signalų sklaidimo modelio) eilutės ir stulpelio indeksai, kurie atitinka mažiausio atstumo reikšmę (21). Pagal gautą eilutės indeksą ir stulpelio indeksą apskaičiuojama vieta metrais. Koordinatės  $x$  ir  $y$  metrais apskaičiuojamos taip:

$$x = \frac{\text{patalpos ilgis metrais}}{\text{matricos stulpelių skaičius}} \times \text{stulpelio indeksas}$$

$$y = \frac{\text{patalpos plotis metrais}}{\text{matricos eilučių skaičius}} \times \text{eilutės indeksas}$$

### Vietos nustatymo patikslinimo metodas

Surastos vietos patikslinimo metodas naudojamas prieš tai apskaičiuotų WLAN objekto vietų istoriją, patikslins apskaičiuotą dabartinę vietą. Vietos nustatymo patikslinimas gali būti atliekamas pasitelkiant įvairius matematinius metodus. Šie metodai yra skirstomi į deterministinius (Weighted K-nearest neighbor (WKNN), K-nearest neighbor (KNN) ir kt.) ir tikimybinis (Histogram, Kemel, Gaussian, Log-normal, Inverse function ir kt.). Toliau pateikiamas vietos nustatymo patikslinimo metodas, kurio metu naudojamas KNN algoritmas. Metodas atliekamas penkiais etapais:

1 etapas. Veikdama vietos nustatymo sistema visą laiką kaupia duomenis apie visų aptiktų WLAN objektų vietas. Prieš pradėdant vietos nustatymo patikslinimą, patikrinama ar yra išsaugotų įrenginio surastų vietų (22). Jei WLAN objektas, kurio vieta tikslinama, neturi surastų vietų istorijos, tai dabartinė vieta įrašoma į istoriją ir baigiamas algoritmas (23). Tokiu atveju dabartinė vieta yra laikoma patikslinta galutine vieta. Jei WLAN objekto surastų vietų istorija nėra tuščia, tai įvertinama dabartinė vieta atsižvelgiant į nustatytą maksimalų judėjimo atstumą (24).

2 etapas. Palyginama ar dabartinė apskaičiuota vieta yra nenutolusi daugiau kaip per nustatytą atstumą nuo prieš tai apskaičiuotos vietos (25). Jei viršijamas nustatytas maksimalus atstumo skirtumas tarp dabartinės ir prieš tai apskaičiuotos vietos, dabartinė vieta pakoreguojama (26). Surastos vietos koordinatės pakeičiamos į tokias, kad būtų neviršytas maksimalus judėjimo atstumas. Pakeičiant buvimo vietą nekeičiama pati judėjimo kryptis, tik sumažinamas atstumas nuo prieš tai buvusios iki dabartinės vietos. 3 etapas. Dabartinė vieta įrašoma į istoriją (27). Ji gali būti nekoreguota jei nebuvo tenkinama (25) sąlyga arba koreguota, jei (25) sąlyga tenkinta.

4 etapas. Tolimesniems skaičiavimams paimama paskutinės minutės (ar trumpesnio laiko tarpo, jei dar nepraėjo tiek laiko arba per kitokį laiko tarpą surinkta buvimo vietų istorija) buvimo vietos (28). Tame tarpe yra paimama ir dabartinė vieta.

5 etapas. Surandamas tankiausias apskaičiuotų vietų klasteris naudojant klasterizavimo algoritmą, su nurodytu kiekiu klasterių (29). Surandamas apskaičiuoto tankiausio klasterio centroidas ir įsimenamos jo koordinatės (30). Klasterio centroido koordinatės pateikiamos kaip patikslinta objekto vieta (31).

FIG. 7 yra pateiktas vietos nustatymo būdo panaudojimo pavyzdys, kuriame naudojami 3 WLAN prieigos taškai (32), pažymėti API, AP2, AP3 ir vyksta 4 skirtingų WLAN objektų vietos nustatymas. Šie WLAN objektai yra atitinkamai 4 vietose - A(33), B(34), C(35) ir D(36). Vietos nustatymą vykdant 10 minučių ir palyginus visas surastų vietų koordinates su realiomis (vietos nustatymas buvo vykdomas 1 sekundės intervalu, tad per 10 minučių buvo surasta po 600 koordinatžių kiekvienoje iš 4 buvimo vietų), apskaičiuotos vietos nustatymo tikslumo paklaidos, kurios pateiktos I-oje lentelėje.

1 lentelė. Vietos nustatymo rezultatų paklaidos

|              | Didžiausia<br>Paklaida m | Mažiausia<br>Paklaida m | Vidurkis m | Standartinis<br>nuokrypis m |
|--------------|--------------------------|-------------------------|------------|-----------------------------|
| Vieta A (33) | 2,98                     | 0,94                    | 1,41       | 0,64                        |
| Vieta B (34) | 2,16                     | 0,27                    | 0,62       | 0,50                        |
| Vieta C (35) | 1,40                     | 0,17                    | 0,52       | 0,43                        |
| VietaD (36)  | 2,57                     | 0,11                    | 1,33       | 1,08                        |

**IŠRADIMO APIBRĖŽTIS**

1. WLAN objektų vietos nustatymo patalpų viduje būdas, apimantis vietos nustatymo metodą, kuris naudoja WLAN radijo signalų stiprumo parametą, vietos nustatymą atlieka iš tinklo infrastruktūros pusės, apimantis vietos nustatymo algoritmą, kuris WLAN objekto vietos nustatymui naudoja signalo sklaidimo žemėlapius ir skaičiuoja Euklido atstumą, besiskiriantis tuo, kad naudojamas vietos nustatymo algoritmas, kuris atlieka signalo sklaidimo modelio atitikimo su realiu signalų sklaidimu įvertinimą, po to nustato ar objektas yra arti prie kurio nors iš vietos nustatyme naudojamo WLAN prieigos taško, o po atlikto nustatymo, jei objektas yra arti WLAN prieigos taško, objekto vietą skaičiuoja nenaudodamas konkrečios to prieigos taško išmatuotos RSSI reikšmės, bet pagal signalo sklaidimo modelį suranda galimą objekto buvimo zoną apie tą prieigos tašką, naudojamas buvimo vietos patikslinimo metodas, sudarytas iš ne mažiau kaip dviejų etapų, kaupiantis pasirinkto dydžio kiekvieno objekto buvimo vietų istoriją, šią judėjimo istoriją toliau naudoja galimam objekto vietos patikslinimui.

2. WLAN objektų vietos nustatymo patalpų viduje būdas pagal 1 punktą, besiskiriantis tuo, kad vietos nustatymo algoritme atlieka signalo sklaidimo modelio atitikimo su realiu signalų sklaidimu įvertinimą, matuojant kiekvieno vietos nustatymo sistemoje naudojamo prieigos taško RSSI reikšmę iš visų kitų vietos nustatymo sistemoje naudojamų WLAN prieigos taškų, išmatuotas RSSI reikšmės palygina su atitinkamomis RSSI reikšmėmis, esančiomis signalo sklaidimo modelyje, toje vietoje; kur realiai yra prieigos taškas, palyginimo metu atitinkamų RSSI reikšmių skirtumui viršijus nustatytą ribą, informuoja vietos nustatymo sistemos vartotoją apie signalo sklaidimo modelio neatitikimą realybei ir būtinybę atlikti duomenų pataisymą, kurie naudojami sudarinėjant signalo sklaidimo modelį.

3. WLAN objektų vietos nustatymo patalpų viduje būdas pagal 1 punktą, besiskiriantis tuo, kad vietos nustatymo algoritme nustato ar objektas yra arti prie kurio nors iš vietos nustatyme naudojamo WLAN prieigos taško atsižvelgiant į objekto skleidžiamą signalo stiprumą ir sudarytus signalo sklaidimo modelius.

4. WLAN objektų vietos nustatymo patalpų viduje būdas pagal 1 punktą, besiskiriantis tuo, kad vietos nustatymo patikslinimo metodas, apima šiuos etapus: a) atsitiktinio signalo stiprumo išsibarstymo įvertinimą, jei naujai apskaičiuota ir prieš tai surasta vieta skiriasi didesniu nei nurodytu atstumu, tai naują vietą perskaičiuoja ta

pačia kryptimi kaip prieš tai surastą, bet neviršijant nurodyto atstumo, b) surastą vietą tikslina remiantis turima surastų vietų istorija, kaupia nurodyto dydžio paskutinių kiekvieno objekto rastų vietų istoriją, o patikslinimą atlieka taikant deterministinius ir/arba tikimybinus metodus.

5. WLAN objektų vietos nustatymo patalpų viduje būdas pagal 1 punktą, besiskiriantis tuo, kad informacija apie prieigos taškų aptiktus WLAN objektus perduoda iš kiekvieno vietos nustatymo sistemoje veikiančio prieigos taško į serverį per vietinį tinklą.

6. WLAN objektų vietos nustatymo patalpų viduje būdas pagal bet kurį iš 1-4 punktų, besiskiriantis tuo, kad objekto vietos nustatymui naudoja prieigos taškų signalo sklaidimo žemėlapius, kuriems sudaryti naudoja empirinius signalo sklaidimo modelius.

7. WLAN objektų vietos nustatymo patalpų viduje būdas pagal bet kurį iš 1-4 punktų, besiskiriantis tuo, kad objekto buvimo vietą nustato, jei tas objektas buvo aptiktas ne mažiau kaip dviejų prieigos taškų.

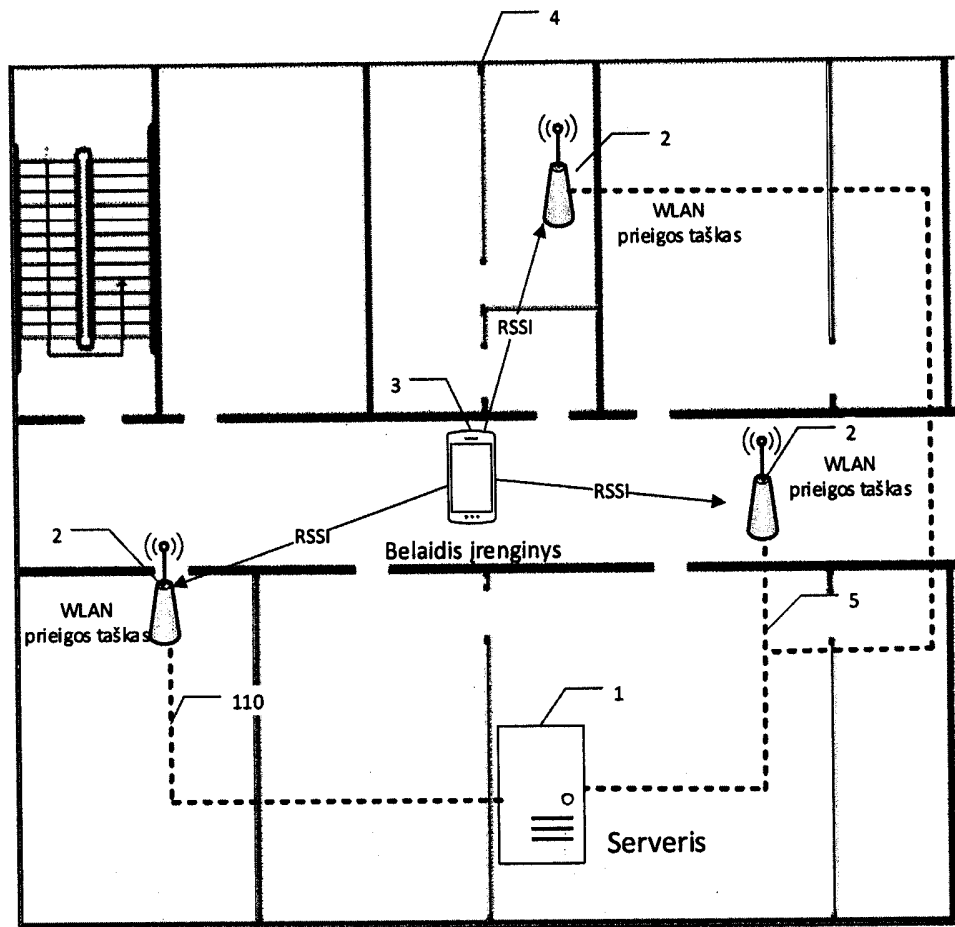


FIG. 1

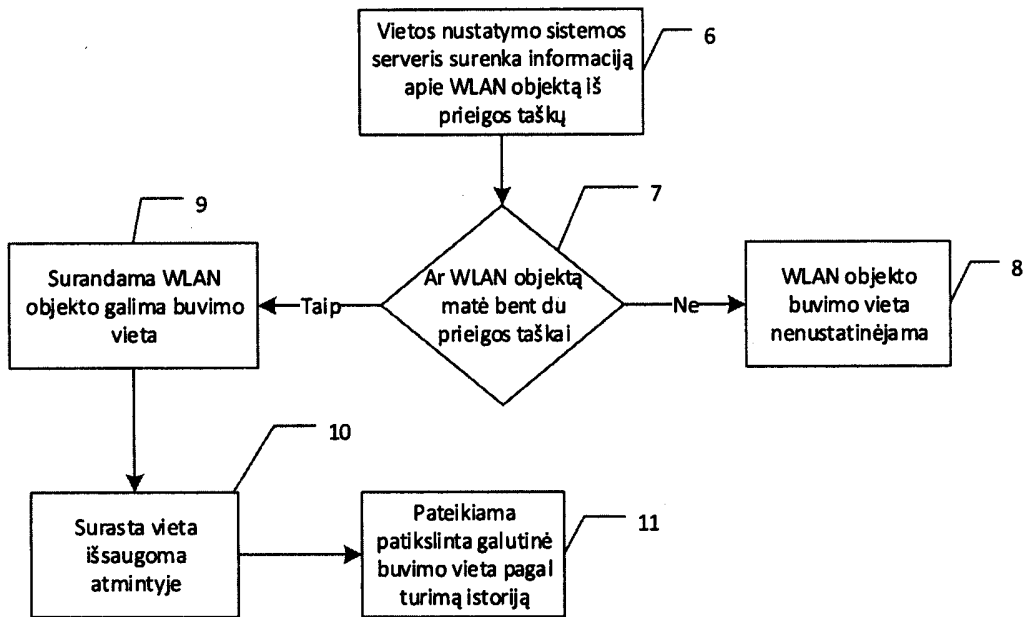


FIG. 2

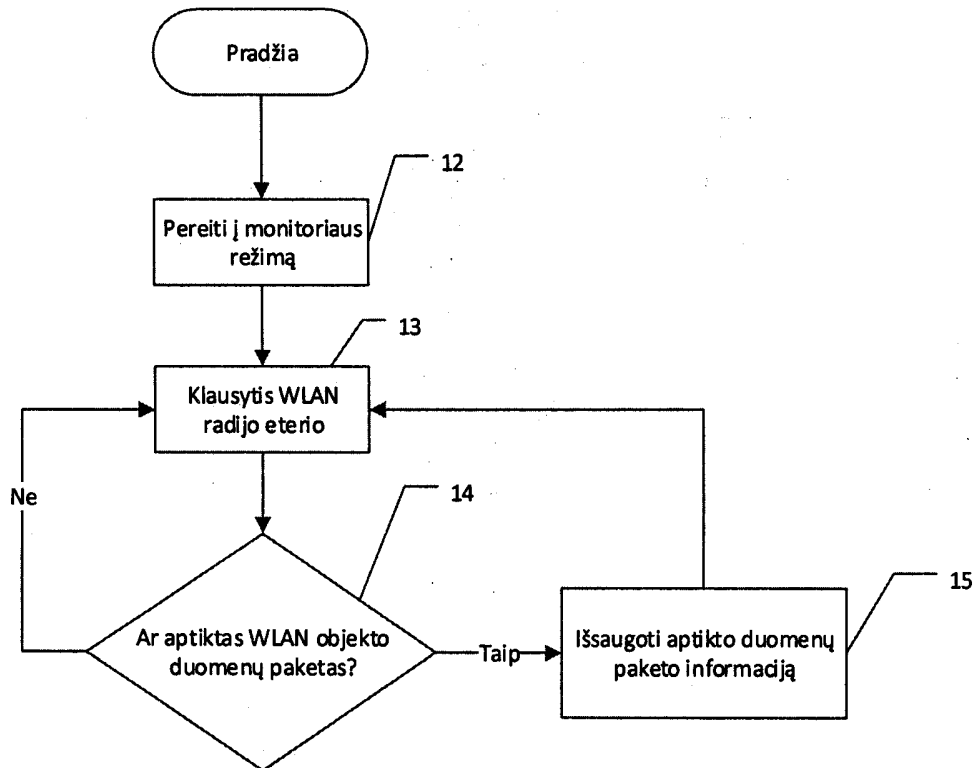


FIG. 3

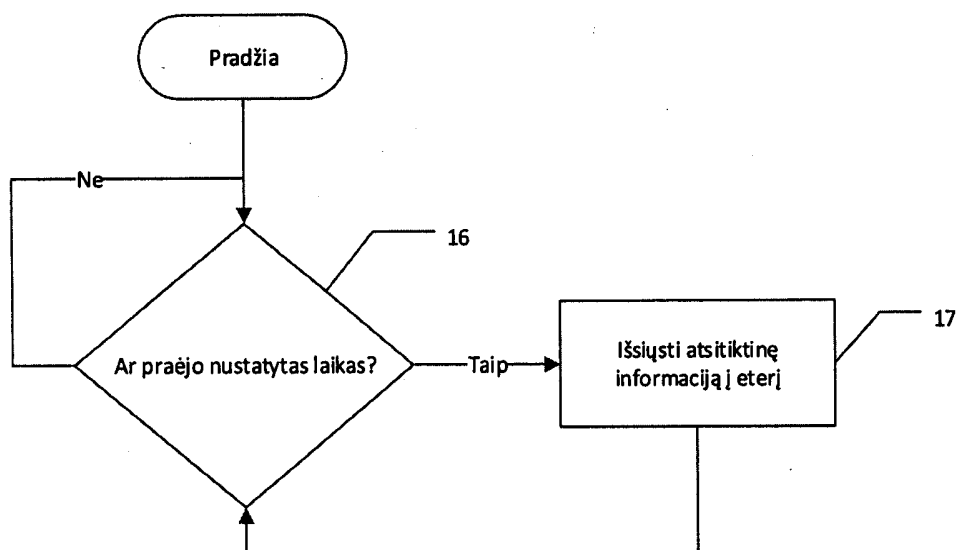


FIG. 4

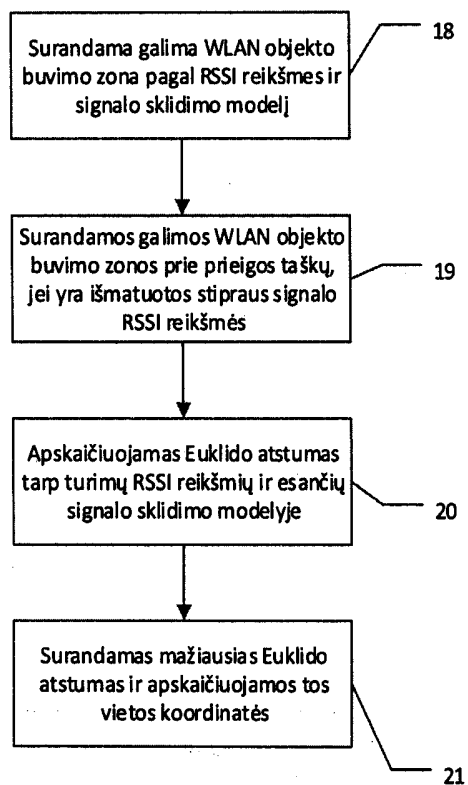


FIG. 5

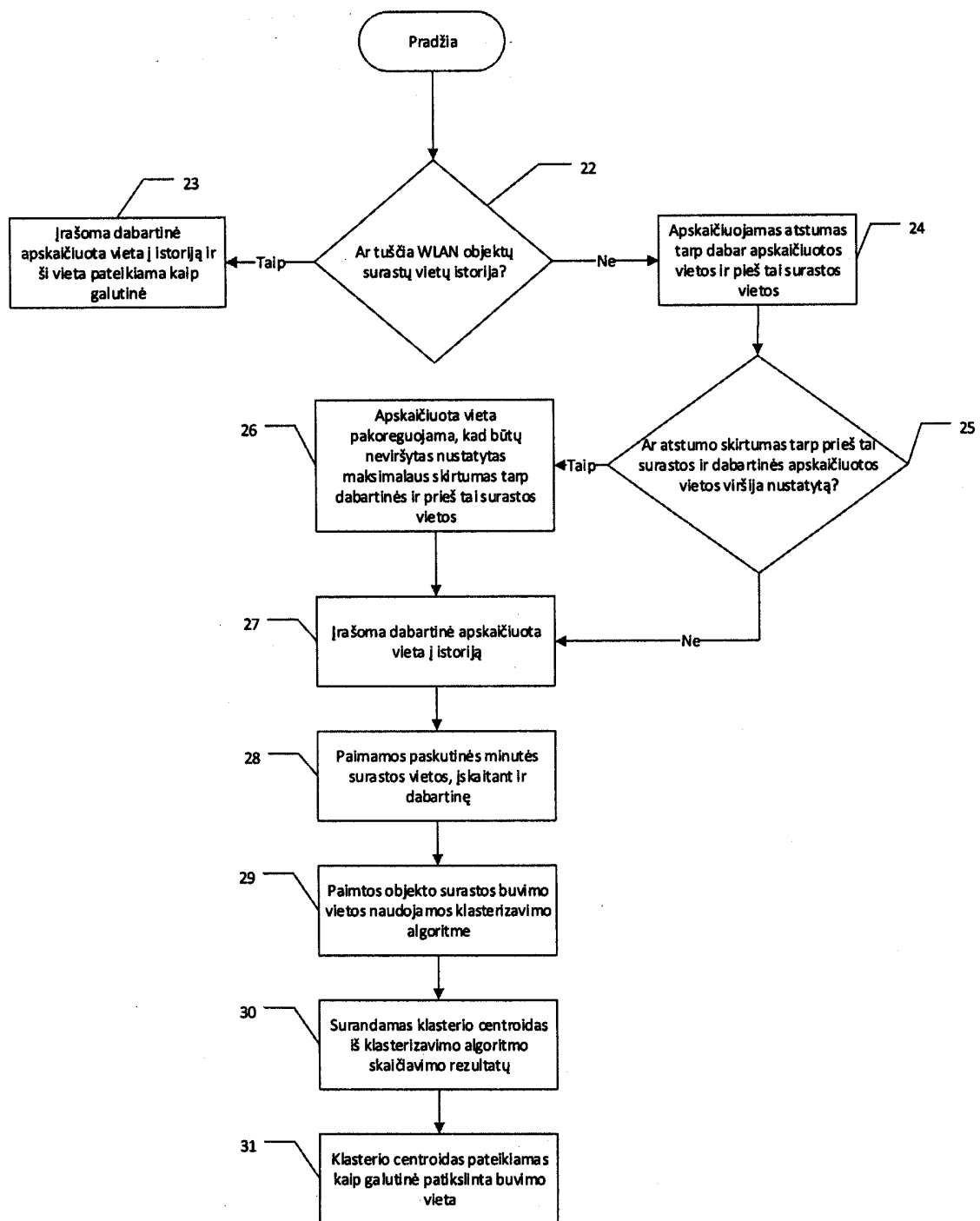


FIG. 6

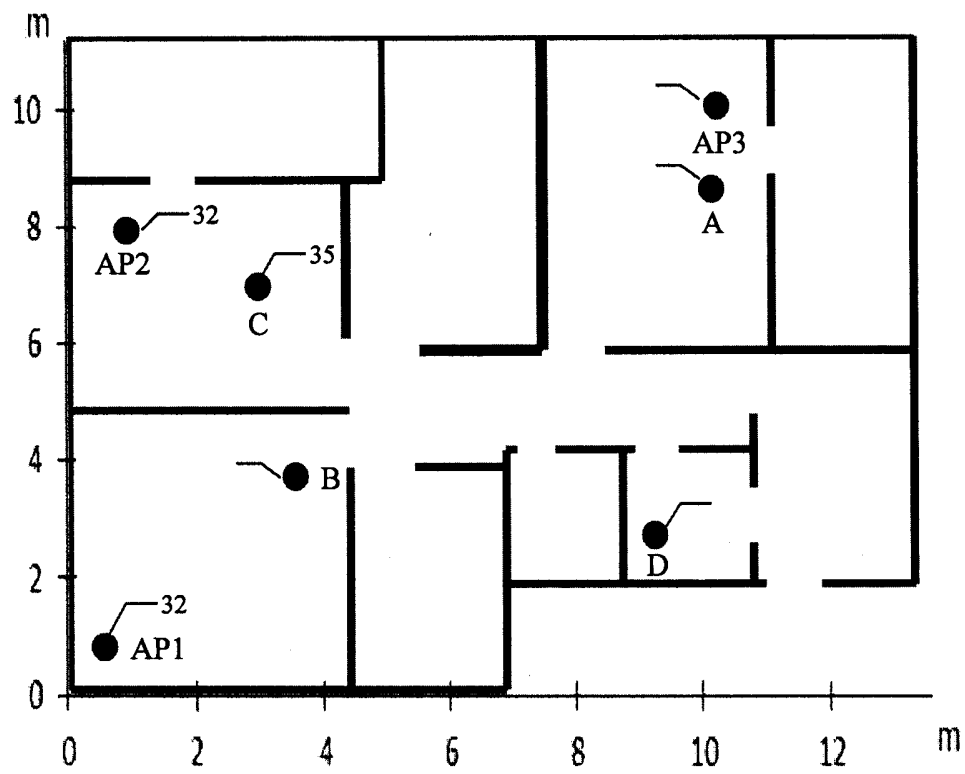


FIG. 7