



F 1000105725B



SUOMI - FINLAND
(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

(12) PATENTTIJULKAISU
PATENTSKRIFT

(10) FI 105725 B

(45) Patenti myönnetty - Patent beviljats

29.09.2000

(51) Kv.lk.7 - Int.kl.7

G01S 1/02, 5/10

(21) Patentihakemus - Patentansökning

980807

(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag

08.04.1998

(24) Alkupäivä - Löpdag

08.04.1998

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig

09.10.1999

(73) Haltija - Innehavare

1 •Nokia Networks Oy, Helsinki, Keilalahdentie 4, 02150 Espoo, SUOMI - FINLAND, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1 •Ruutu, Ville, Uudenkaupungintie 5 B 14, 00350 Helsinki, SUOMI - FINLAND, (FI)

2 •Rantalainen, Timo, Meripuistotie 4 A 7, 00200 Helsinki, SUOMI - FINLAND, (FI)

(74) Asiamies - Ombud: Patenttisto Teknopolis Kolster Oy
Teknologiantie 4, 90570 Oulu

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

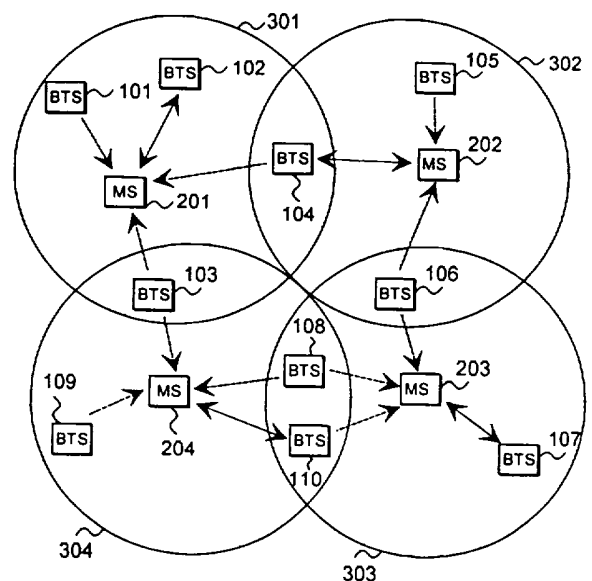
Laskentamenetelmä ja radiojärjestelmä
Beräkningsförfarande och radiosystem

(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

FI A 980724 (H04Q 7/38, Nokia Telecommunications Oy, 21.10.1999), US A 4268830 (G01S 1/24, Sanders Associates Inc., 19.5.1981), WO A 96/35306 (H04Q 7/38, Telecom Securicor Cellular Radio Ltd, 7.11.1996), WO A 89/04002 (G01S 5/00, Hughes Aircraft Company, 5.5.1989), WO A 99/55018 (H04B 17/00, Motorola Inc., 28.10.1999)

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Keksinnön kohteena on laskentamenetelmä ja radiojärjestelmä, joka käsittää joukon lähettäjiä (101-110), joukon vastaanottimia (201-204) ja mittausvälineet (10), jotka mittaavat lähettimien lähettämien signaalien vastaanottohetkien aikaeroa vastaanottimen vastaanottaessa signaaleja ja jotka laskevat lähettimien lähettämien signaalien geometrisen aikaeron. Radiojärjestelmä käsittää laskentavälineet (11), jotka muodostavat lähettimien lähettämien signaalien lähetyshetkien todellisen aikaeron vastaanottimen vastaanottamien signaalien aikaeromittauksen ja geometrisen aikaeron avulla ajan funktiona siten, että laskentavälineet (11) liittävät vastaanottohetkien perusteella saatuun aikaeroon geometrisen aikaeron. Lisäksi laskentavälineet (11) summaavat suoraan mitattuja todellisia aikaeroja ja summauksen avulla laskevat vastaanottimen kuuluvuusalueella olevien muiden lähettimien väliset todelliset aikaerot. Edelleen laskentavälineet (11) laskevat eri vastaanottimien kuuluvuusalueella olevien lähettimien väliset todelliset aikaerot käyttäen apuna jo laskettuja lähettimien välisiä aikaeroja.



Uppfinningen avser ett beräkningsförfarande och ett radiosystem, vilket omfattar ett antal sändare (101-110), ett antal mottagare (201-204) och mätton (10), vilka mäter tidsskillnaden mellan de av sändarna sända signalernas mottagningsögonblick då mottagarna mottager signaler och vilka beräknar en geometrisk tidsskillnad mellan de av sändarna sända signalerna. Radiosystemet omfattar räknedon (11), vilka med hjälp av de av mottagarna mottagna signalernas tidsskillnadsmätning och deras geometriska tidsskillnad bildar den verkliga tidsskillnaden mellan de av sändarna sända signalerna som en tidsfunktion på ett sådant sätt, att räknedonen (11) på basen av mottagningsögonblicken till den erhållna tidsskillnaden lägger till en geometrisk tidsskillnad. Dessutom summerar räknedonen (11) direkt mätta verkliga tidsskillnader och beräknar med hjälp av summeringen de verkliga tidsskillnaderna mellan övriga sändare, vilka befinner sig inom mottagarnas hörbarhetsområde. Räknedonen (11) beräknar ytterligare de verkliga tidsskillnaderna mellan sändare inom olika mottagares hörbarhetsområden med utnyttjande av de redan beräknade tidsskillnaderna mellan sändarna.

Laskentamenetelmä ja radiojärjestelmä

Keksinnön ala

Keksinnön kohteena on laskentamenetelmä, jota käytetään radiojärjestelmässä, joka koostuu joukosta lähettäjiä ja joukosta vastaanottimia, jissa radiojärjestelmässä mitataan lähettimien lähettämien signaalien vastaanottohetkien aikaero ja lasketaan lähetettyjen signaalien geometrinen aikaero.

Keksinnön tausta

Tunnetuissa radiojärjestelmissä lähettimeltä vastaanottimelle tulevan signaalin vastaanottohetkeä käytetään apuna määrittäessä tilaajapäätelaitteen sijainti radiojärjestelmässä. Eräässä tunnetun tekniikan mukaisessa menetelmässä mitataan lähettimien, esimerkiksi tukiasemien, lähettämien signaalien vastaanottohetkiä toisiinsa. Tästä signaalien mitatusta aikaerosta käytetään myös nimitystä havaittu aikaero eli OTD-aikaero (OTD = Observed Time Difference).

Yleensä lähettimet synkronoidaan siten, että radiojärjestelmän ylemmältä tasolta tulevalla synkronointisignaalilla synkronoidaan radiojärjestelmän alemmat tasot. Mikäli tukiasemat lähettävät signaalia synkronoidusti, niin havaittu aikaero saadaan pelkästään tukiasemien etäisyyksiä tarkastelemalla. Kahden synkronisesti toimivan lähttimen havaittu aikaero voidaan laskea siis ns. geometrisen aikaeron eli GTD-aikaeron avulla (GTD = Geometrical Time Difference). Mikäli lähettimien sijainti on kiinteä ja ennalta tunnettu, niin signaalien kulkuaikojen avulla voidaan helposti laskea tilaajapäätelaitteen todellinen sijainti radiojärjestelmässä. Kuitenkin käytännössä lähettimenä toimivat tukiasemat eivät ole täysin synkronissa keskenään, jolloin tilaajapäätelaitteiden sijainnin määrittämiseen tulee virheitä.

Tunnetuissa radiojärjestelmissä voidaan lähettimien ja vastaanotinten sijaintitietojen perusteella lasketun GTD-aikaeron ja vastaanotinten mitaaman OTD-aikaeron perusteella määrittää radiolähttimen todellinen aikaero (Real Time Difference), eli aikaero kahden lähttimen lähetysajoissa. Kahden signaalin geometrinen aikaero määritetään kummankin signaalin kulkeman matkan erotuksesta ja signaalin etenemisnopeudesta. Tunnetuissa radiojärjestelmissä tilaajapäätelaitteen sijainnin määrittäminen perustuu vastaanottimien vastaanottamiin signaaleihin, joita lähettimet ovat lähettäneet. Vastaanottimen vastaanottamien signaalien perusteella saadaan informaatiota lähettimien

keskinäisestä synkronoitumisesta. Tunnetuissa radiojärjestelmissä on käytännössä useita vastaanottimia, jolloin ongelmaksi muodostuu vastaanottimien vastaanottamien signaalien perusteella muodostetun aikaeroinformaation prosessointi siten, että eri lähettimien välinen todellinen aikaero ja synkronointi
5 saataisiin helposti selville.

Keksinnön lyhyt selostus

Keksinnön tavoitteena on siten kehittää menetelmä ja menetelmän toteuttava laitteisto siten, että yllä mainitut ongelmat saadaan ratkaistua. Tämä saavutetaan johdannossa esitetyn tyyppisellä menetelmällä, jolle on tunnus-
10 omaista, että muodostetaan kutakin vastaanotinta palvelevan lähettimen ja mainitun lähettimen naapurilähettimen lähettämien signaalien lähetyshetkien todellinen aikaero signaalien vastaanottohetkien välisen aikaeromittauksen ja geometrisen aikaeron avulla ajan funktiona siten, että vastaanottohetkien perusteella saatuun aikaeroon liitetään geometrinen aikaero, summataan suoraan mitattuja todellisia aikaeroja vastaanottimen kuuluvuusalueella olevien
15 muiden lähettimien välisten todellisten aikaerojen laskemiseksi, lasketaan eri vastaanotinten kuuluvuusalueella olevien lähettimien väliset todelliset aikaerot käyttäen apuna jo laskettuja lähettimien välisiä aikaeroja.

Keksinnön kohteena on lisäksi radiojärjestelmä, joka käsittää joukon
20 lähettämiä, joukon vastaanottimia ja mittausvälineet, jotka mittaavat lähettimien lähettämien signaalien vastaanottohetkien aikaeroa vastaanottimen vastaanottaessa signaaleja ja jotka laskevat lähettimien lähettämien signaalien geometrisen aikaeron.

Radiojärjestelmälle on tunnusomaista se, että radiojärjestelmä kä-
25 sittää laskentavälineet, jotka muodostavat lähettimien lähettämien signaalien lähetyshetkien todellisen aikaeron vastaanottimen vastaanottamien signaalien aikaeromittauksen ja geometrisen aikaeron avulla ajan funktiona siten, että laskentavälineet liittävät vastaanottohetkien perusteella saatuun aikaeroon geometrisen aikaeron, laskentavälineet summaavat suoraan mitattuja todellisia
30 aikaeroja ja summauksen avulla laskevat vastaanottimen kuuluvuusalueella olevien muiden lähettimien väliset todelliset aikaerot, ja laskentavälineet laskevat eri vastaanotinten kuuluvuusalueella olevien lähettimien väliset todelliset aikaerot käyttäen apuna jo laskettuja lähettimien välisiä aikaeroja.

Keksinnön edulliset suoritusmuodot ovat epäitsenäisten patentti-
35 vaatimusten kohteena.

Keksintö perustuu siihen, että mitataan lähettimien välisiä lähetysaikaeroja, joiden perusteella määritetään todellinen aikaero myös sellaisten lähettimien välille, jotka lähettävät signaalia eri vastaanottimiin.

Keksinnön mukaisella menetelmällä ja järjestelmällä saavutetaan useita etuja. Keksinnön mukaisessa menetelmässä muodostetaan aikaeroarvoista vektoreita, jolloin aikaeroarvojen yhdistäminen on helppoa. Lisäksi menetelmässä käytetään laskenta-algoritmia, jonka avulla on mahdollista määrittää nopeasti kaikkien radioverkossa olevien lähettimien väliset aikaeroarvot. Menetelmä voidaan toteuttaa helposti esimerkiksi ohjelmiston avulla. Menetelmän avulla voidaan määrittää lähettimien synkronointierot.

Kuvioiden lyhyt selostus

Keksintöä selostetaan nyt lähemmin edullisten suoritusmuotojen yhteydessä, viitaten oheisiin piirroksiin, joista:

- 15 Kuvio 1 esittää keksinnön mukaisen radiojärjestelmän;
- Kuvio 2 esittää radiojärjestelmässä käytettävää vastaanotinta;
- Kuvio 3 esittää radiojärjestelmää;
- Kuvio 4 esittää matriisimuodossa olevaa aikaeroarvotaulukkoa;
- Kuvio 5 esittää taulukkoa, jonka arvot muodostavat vektoreita.

Keksinnön yksityiskohtainen selostus

20 Kuvio 1 esittää keksinnön mukaisen radiojärjestelmän, joka käsittää joukon lähettäjiä 101-110 ja vastaanottimia 201-204. Radiojärjestelmässä vastaanotin 201 muodostaa kuuluvuusalueen 301, vastaanotin 202 muodostaa kuuluvuusalueen 302, vastaanotin 203 muodostaa kuuluvuusalueen 303 ja vastaanotin 204 muodostaa kuuluvuusalueen 304. Jokaisen vastaanottimen on mahdollista vastaanottaa signaalia omalta kuuluvuusalueeltaan. Kuviosta 25 nähdään, että kuuluvuusalueet limittyvät hieman. Vastaanottimet voivat olla tilaajapäätelaitteita, esimerkiksi matkapuhelimia. Vastaanottimet sijoitetaan edullisesti sellaisiin paikkoihin, joiden sijainti tiedetään.

Radiojärjestelmässä lähetin 104 sijaitsee kuuluvuusalueen 301 ja 30 kuuluvuusalueen 302 limittyvällä osalla. Lähetin 103 sijaitsee kuuluvuusalueiden 301, 304 limittyvällä osalla. Lähetin 106 sijaitsee kuuluvuusalueiden 302, 303 limittyvällä osalla. Lähettimet 108,110 sijaitsevat kuuluvuusalueiden 303, 304 limittyvällä osalla. Kuvion mukaisessa radiojärjestelmässä jokaisella vastaanottimella on ainakin yksi yhteinen lähetin jonkin toisen vastaanottimen 35 kanssa.

Kuvion mukaisessa radiojärjestelmässä vastaanotinta palvelevan lähettimen muodostamaa signaalia kuvataan yhtenäisellä viivalla. Katkoviivalla kuvataan vastaanotinta palvelevan lähettimen naapurilähettimien signaaleja. Kuviossa 1 esitetyt lähettimet voivat olla esimerkiksi tukiasemia. Lisäksi vastaanottimet voivat sijaita tukiasemissa tai esimerkiksi erillisessä paikannuskeskuksessa.

Kuviosta 1 nähdään, että vastaanotinta 201 palvelee lähetin 102. Vastaanottimen 201 kuuluvuusalueella olevat lähettimet 101, 103, 104 ovat lähettimen 102 naapurilähettimiä. Vastaanottimien 201, 202 kuuluvuusalueiden limittyvällä alueella sijaitseva lähetin 104 palvelee vastaanotinta 202. Vastaanottimen 202 kuuluvuusalueella olevat lähettimet 105, 106 ovat lähettimen 104 naapurilähettimiä. Vastaanottimien 203 kuuluvuusalueella sijaitseva lähetin 107 palvelee vastaanotinta 203. Kuuluvuusalueella 303 olevat lähettimet 106, 108, 110 ovat lähettimen 107 naapurilähettimiä. Vastaanottimien 203, 204 kuuluvuusalueiden limittyvällä alueella sijaitseva lähetin 110 palvelee vastaanotinta 204. Kuuluvuusalueella 304 olevat lähettimet 103, 108, 109 ovat vastaanotinta 204 palvelevan lähettimen 110 naapurilähettimiä. Kuviossa 1 esitetyn radiojärjestelmän vastaanottimen on mahdollista muodostaa yhteys myös muihin radiojärjestelmän vastaanottimiin, tai erityiseen verkkoelementtiin, jonka tehtävänä on määrittää eri lähetinten väliset todelliset aikaerot.

Radiojärjestelmän vastaanottimet vastaanottavat vastaanotinta palvelevan lähettimen lähettämiä signaaleita ja palvelevan lähettimen naapurilähettimien lähettämiä signaaleita. Kuviossa 2 esitetään vastaanotin, joka käsittelee mittausvälineet 10, jotka mittaavat lähettimien lähettämien signaalien vastaanottohetkien aikaeroa. Mikäli esimerkiksi kuviossa 1 esitetyn lähettimen 101 lähettämä signaali vastaanotetaan vastaanottimessa 201 ajanhetkellä t_1 ja lähettimen 102 lähettämä signaali saapuu samaan vastaanottimeen 201 ajanhetkellä t_2 , niin OTD-aikaeroksi tulee $t_2 - t_1$. OTD-aikaero on myös mahdollista määrittellä siten, että naapurisolusta saapuvan signaalin saapumisajasta vähennetään naapurisolusta saapuvan signaalin saapumisaika.

Mittausvälineet 10 voivat laskea lähettimen lähettämien signaalien geometrisen aikaeron. Geometrisen aikaeron laskeminen voidaan myös tehdä jossakin muussa verkkoelementissä, jonne vastaanotin lähettää OTD-mittaus tuloksensa, identiteettinsä tai koordinaattinsa ja OTD-mittausta vastaavien lähettimien identiteetit tai koordinaatit. Edellä mainittu verkkoelementti voi olla esimerkiksi RTD-laskentakeskus. Mittausvälineet 10 käyttävät siirtotien pituuk-

sia apuna laskiessaan geometrista aikaeroa. Oletetaan, että siirtotien pituus lähettimen 101 ja vastaanottimen 201 välillä on d_1 . Oletetaan vielä, että lähettimen 102 ja vastaanottimen 201 välisen siirtotien pituus d_2 . Edellä mainitussa tilanteessa geometriseksi aikaeron laskennassa käytetään seuraavaa kaavaa:

5

$$\text{GTD} = (d_1 - d_2)/c, \text{ missä } c \text{ on signaalin etenemisnopeus.}$$

Radiojärjestelmän vastaanotin käsittää edelleen laskentavälineet 11, jotka muodostavat lähettämien signaalien lähetyshetkien todellisen aikae-
 10 ron eli RTD-aikaeron. Laskentavälineet 11 voivat myös sijaita erityisessä RTD-laskentakeskuksessa, jossa geometrisen aikaeron määrittäminen on tapahtunut, ja jonne OTD-mittaustulokset on lähetetty. Mikäli oletetaan, että lähettimen 101 lähettää signaalia ajanhetkellä t_3 ja lähettimen 102 lähettää signaalia ajanhetkellä t_4 , niin lähettimien todellinen aikaero on $t_3 - t_4$. Käytännössä todellinen aikaero
 15 lasketaan käyttäen apuna vastaanottimen vastaanottamien signaalien aikae-romittausta ja signaalien geometrista aikaeroa. Todellinen aikaero lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$\text{RTD} = \text{OTD} - \text{GTD}$$

20

Mikäli radiojärjestelmän alueella on paljon lähettimiä, niin yksi vastaanotin ei kykene mittaamaan kaikkia radiojärjestelmän lähettimiä. Tämä tarkoittaa sitä, että lähettimien lukumäärän ollessa suuri, on myös mittauksia tekeviä vastaanottimia oltava entistä enemmän. Koska vastaanottimia on oltava
 25 useita, niin eri vastaanotinten mittaustulokset on yhdistettävä. Mittaustulosten yhdistäminen mahdollistaa sen, että jokaisen lähettimien todellinen aikaero verrattuna jokaiseen muuhun lähettimeen on mahdollista määrittää. Laskentavälineet 11 muodostavat todellisen aikaeron siten, että laskentavälineet 11 liittävät vastaanottohetkien perusteella saatuun aikaeroon geometrisen aikae-
 30 ron. Liittäminen tehdään käytännössä esimerkiksi siten, että mitatusta aikae-rostosta vähennetään geometrinen aikaero. Geometrisen ajan laskemisessa tarvittava vastaanottimen sijainti voidaan määrittää esimerkiksi GPS-menettelmän (GPS = Global Positioning System) avulla.

Lisäksi laskentavälineet 11 yhdistävät lähettimien lähetyshetkien
 35 todelliset aikaeroarvot. Edelleen laskentavälineet 11 määrittävät lähettimen todellisen lähetyshetken aikaeron verrattuna muiden lähettimien lähetyshetkiin.

Mikäli solukkoradiojärjestelmä käsittää tilaajapäätelaitteen, jossa on mittausvälineet 10 OTD-arvojen mittaamiseksi, voidaan vastaavat RTD-arvot yhdistää näihin tietoihin GTD-arvojen määrittämiseksi. GTD-arvot määrittävät hyperbelejä, joiden avulla voidaan määrittää tilaajapäätelaitteen sijainti.

5 Laskentavälineet 11 määrittävät vastaanotinta palvelevan lähettimen todellisen aikaeron verrattuna vastaanottimen kuuluvuusalueella oleviin muihin lähettäjiin. Eri lähettimien lähettämien signaalien vastaanottohetkien erotuksen (OTD) mittaus ei välttämättä rajoitu mittauksiin, joita tehdään palvelevan lähettimen ja naapurilähettimen välillä. Myös esimerkiksi kahden naapurilähettimen välinen OTD-arvo voidaan mitata vastaanottimessa. Lisäksi 10 kahden palvelevan lähettimen, jotka ovat esimerkiksi CDMA-järjestelmässä, välinen OTD-arvo voidaan mitata vastaanottimessa. Kuitenkin useimmiten on edullisinta, kun OTD-mittaus tehdään naapurilähettimen ja palvelevan lähettimen välillä. Laskentavälineet 11 määrittävät lisäksi todellisen aikaeron sellaisten lähettimien välillä, joista ei ole suoraa OTD-mittausta. Mikäli lähetin sijaitsee useamman vastaanottimen kuuluvuusalueella, niin saman lähettimen lähettämää signaalia mitataan eri vastaanottimissa olevilla mittausvälineillä 10.

Kuviossa 3 esitetään radiojärjestelmä, jossa RTD-mittaukset kuvataan graafin avulla. Lähettimet ovat graafin solmupisteitä (vertices), ja mitatut 20 RTD arvot sen välejä (edges). Välit ovat siis esimerkiksi edellä kuvatulla tavalla lähettimien lähettämien signaalien vastaanottohetkien erotuksen mittauksen (OTD) ja geometrisen aikaeron (GTD) avulla määritettyjä todellisia aikaeroja (RTD). Esimerkiksi lähettimien 101, 102 välistä RTD-mittausta kuvataan merkinnällä $RTD(101,102)$. Esimerkin mukaisessa tilanteessa lähetin 102 on vastaanotinta palveleva lähetin, ja lähetin 101 on lähettimen 102 naapurilähetin. 25 Mikäli lähetin 102 lähettää signaalia ennen lähetintä 101, niin $RTD(102,101)$ on suurempi kuin nolla. Edellä mainitussa tilanteessa $RTD(101,102)$ on pienempi kuin nolla. Edellä mainitussa tilanteessa $RTD(101,102) = -RTD(102,101)$.

30 Graafien välejä summaamalla on mahdollista määrittää eri lähettimien väliset todelliset lähetysaikaerot. Tällöin on otettava huomioon välien etumerkit, eli että $RTD(x,y)=-RTD(y,x)$. Esimerkiksi kuvassa 3 lähettimien 101,109 välinen todellinen aikaero saadaan sopivia RTD-arvoja yhdistämällä. Seuraavassa lasketaan lähettimien 101,109 välinen todellinen lähetysaikaero.

$$\text{RTD}(101,109) = - \text{RTD}(102,101) + \text{RTD}(102,103) - \text{RTD}(110,103) + \text{RTD}(110,109)$$

Mikäli oletetaan, että kunkin välin pituus tai painokerroin on yksi, niin lähettimien 101, 109 välisen reitin pituus on neljä. Lähettimien 101, 109 välinen lähetysaikaero on myös mahdollista laskea seuraavassa esitettyä reittiä pitkin, jonka pituus on kuusi.

$$\text{RTD}(101,109) = - \text{RTD}(102,101) + \text{RTD}(102,104) + \text{RTD}(104,106) - \text{RTD}(107,106) + \text{RTD}(107,110) + \text{RTD}(110,109)$$

10

Mikäli kahden lähettimen välillä on useita reittejä, niin laskentavälineet 11 valitsevat lyhimmän reitin, jonka perusteella aikaerot lasketaan, koska silloin vähennetään mahdollisten mittausepä-tarkkuuksien vaikutuksia. Mikäli lähettimien väliset reitit ovat yhtä pitkiä, niin aikaerot lasketaan eri reittien keskiarvon tai esimerkiksi ensimmäisenä löydetyn reitin perusteella.

15

Laskentavälineet 11 sijoittavat laskemiensa lähettimien lähetysshetkien todelliset aikaerot matriisiin, jonka käyttäminen helpottaa aikaerojen prosessointia. Tämän jälkeen laskentavälineet 11 voivat määrittää laskettujen aikaerojen perusteella todellisen aikaeron myös sellaiselle lähettimelle, jolle ei ole tehty suoraa aikaeromittauksia.

20

Kuviossa 4 esitetään matriisimuodossa oleva taulukko, johon laskentavälineet 11 sijoittavat lähettimien lähetysshetkien todelliset aikaeroarvot. Kuviossa matriisin rivit vastaavat vastaanotinta palvelevaa lähetintä. Matriisin sarakkeet vastaavat palvelevan lähettimen naapurilähetintä. Laskentavälineet 11 täyttävät matriisin lävistäjän nolilla, koska lähettimen todellinen aikaero itseensä on aina nolla. Tämän jälkeen laskentavälineet 11 sijoittavat aikaeroarvot samalle puolelle matriisin lävistäjää. Kuvion mukaisessa matriisissa aikaeroarvot on sijoitettu lävistäjän yläpuoliseen matriisin osaan.

25

Laskentavälineet 11 voivat käyttää erilaisia hakumenetelmiä lähettimien aikaeroarvojen määrittämiseksi. Hakumenetelmissä käytetään esimerkiksi Mooren- tai Dijkstran-algoritmia, joiden avulla löydetään eri lähettimien väliset lyhimät reitit, joiden perusteella määritetään lähettimien aikaeroja. Edellä mainittuja algoritmeja on selitetty tarkemmin esimerkiksi kirjassa Erwin Kreyszig: *Advanced Engineering Mathematics*, kappale 22, *Graphs and Combinatorial Optimization*, sivut 1112 -1119, John Wiley & Sons, 1993, joka otetaan tähän viitteeksi.

35

Seuraavassa Mooren-algoritmia sovelletaan kuviossa 4 esitettyyn taulukkoon. Algoritmin avulla määritetään lyhin reitti esimerkiksi lähettimeltä 101 kaikkiin muihin radioverkon lähettämiin. Määrittäminen aloitetaan muodostamalla kaksi vektoria, joista ensimmäinen vektori käsittää tiedon reitin pituudesta lähettimestä 101 muihin radioverkon lähettämiin. Toinen vektori käsittää RTD-arvot lähettimeltä 101 muihin lähettämiin.

Kuviossa 5 esitetään taulukko, johon sijoitetaan Mooren-algoritmista saatuja arvoja, jotka muodostavat vektoreita. Aluksi taulukkoon asetetaan lähettimen 101 kohdalle nollat. Tämän jälkeen sijoitetaan kuvassa 5 esitetyn taulukon RTD-riville kaikki suoraan mitatut RTD arvot. Näitä vastaavat reitin pituusarvot saavat arvon yksi, koska kyseessä ovat suoraan mitatut lähettimen 101 ja muiden lähettimien väliset arvot. Kuvasta 3 havaitaan, että ainoa suora mittaus lähettimestä 101 on lähettimeen 102. Siten kuvassa 5 esitettyyn taulukkoon sijoitetaan reitin pituudeksi 1 lähettimen 102 kohdalle, ja RTD arvoksi $RTD(101,102)=-RTD(102,101)$.

Seuraavaksi laskentavälineet 11 käyvät läpi kaikki lähettimen 101 naapurilähettimet, joihin reitin pituus on yksi. Esimerkissä vain lähettimen 102 on sellainen. Mooren algoritmin mukaisesti etsitään kaikki lähettimen (solmupisteiden) 102 suorat naapurit, paitsi solmu 101, josta on tultu solmuun 102. Lähettimen 102 suoria naapureita ovat solmupisteet 103 ja 104. Näihin lyhimmän reitin pituus lähettimestä 101 on 2. Siten lähettimien 103 ja 104 kohdalle reitin pituus vektoriin merkitään 2. Vastaavat RTD arvot lasketaan summaamalla yllä kuvatulla tavalla RTD arvoja, eli

$$RTD(101,103) = -RTD(102,101) + RTD(102,103) \text{ ja}$$

$$RTD(101,104) = -RTD(102,101) + RTD(102,104).$$

Seuraavaksi etsitään lähettimien 103 ja 104 lähimmät naapurit, joissa ei vielä ole käyty, ja toimitaan kuten aiemmin. Samaa prosessia toistetaan, kunnes kuvan 5 RTD- ja reitinpituustaulukot on täytetty, ja lähettimen 101 todelliset aikaerot muihin lähettämiin on määritetty. Puuttuvat arvot voidaan sijoittaa kuvan 4 matriisiin tyhjiin kohtiin. Vastaavasti etsitään muiden lähettimien todelliset aikaerot toisiin lähettämiin, kunnes kaikki tarpeelliset RTD-arvot on määritetty.

Vaikka keksintöä on edellä selostettu viitaten oheisten piirustusten mukaiseen esimerkkiin, on selvää, ettei keksintö ole rajoittunut siihen, vaan sitä voidaan muunnella monin tavoin oheisten patenttivaatimusten esittämän keksinnöllisen ajatuksen puitteissa.

Patenttivaatimukset

1. Laskentamenetelmä, jota käytetään radiojärjestelmässä, joka koostuu joukosta lähettäjiä (101-110) ja joukosta vastaanottimia (201-204), jossa radiojärjestelmässä mitataan lähettäjien (101-110) lähettämien signaalien vastaanottohetkien aikaero ja lasketaan lähetettyjen signaalien geometri-
5 nen aikaero, t u n n e t t u siitä, että

muodostetaan kutakin vastaanotinta (201-204) palvelevan lähettimen ja mainitun lähettimen naapurilähettimen lähettämien signaalien lähetys-
10 hetkien todellinen aikaero signaalien vastaanottohetkien välisen aikaeromitta-
uksen ja geometrisen aikaeron avulla ajan funktiona siten, että vastaanotto-
hetkien perusteella saatuun aikaeroon liitetään geometrinen aikaero,

summataan suoraan mitattuja todellisia aikaeroja vastaanottimen
kuuluvuusalueella olevien muiden lähettäjien välisten todellisten aikaerojen
laskemiseksi,

15 lasketaan eri vastaanotinten (201-204) kuuluvuusalueella olevien
lähettäjien väliset todelliset aikaerot käyttäen apuna jo laskettuja lähettäjien
välisiä aikaeroja.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä,
että muodostetaan lähetyshetkien todellinen aikaero kahden naapurilähetti-
20 men lähettämien signaalien vastaanottohetkien välisen aikaeromittauksen ja
geometrisen aikaeron avulla.

3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä,
että muodostetaan lähetyshetkien todellinen aikaero kahden palvelevan lähetti-
timen lähettämien signaalien vastaanottohetkien välisen aikaeromittauksen ja
25 geometrisen aikaeron avulla.

4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä,
että määritetään vastaanotinta (201-204) palvelevan lähettimen ja mainitun lä-
hettimen naapurissa olevan lähettimen lähettämien signaalien vastaanottohet-
kien erotuksen perusteella lähettäjien synkronointi toisiinsa.

30 5. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä,
että määritetään kahden naapurilähettimen ja/tai kahden palvelevan lähetti-
men lähettämien signaalien vastaanottohetkien erotuksen perusteella lähetti-
mien synkronointi toisiinsa.

6. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä,
35 että mitataan eri vastaanottimiin saapunutta signaalia, joka on lähetetty sa-

masta lähettimestä, mikäli lähetin sijaitsee useamman vastaanottimen kuuluvuusalueella.

7. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että mitataan kunkin vastaanottimen (201-204) kuuluvuusalueella olevien lähettimien lähettämiä signaaleja, ja käytetään jokaiselta kuuluvuusalueelta vastaanotettujen signaalien perusteella laskettuja todellisia aikaeroja eri kuuluvuusalueella olevien lähettimien välisten aikaerojen laskemisessa.

8. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että muodostetaan lähettimien (101-110) ja niiden välisten todellisten aikaerojen perusteella graafeja, joissa lähettimet ovat solmupisteitä ja suoraan mitatut todelliset aikaerot viivoja, etsitään reittejä lähettimestä toisiin lähettämiin, ja summataan lähettimien välisiä todellisia aikaeroja ennestään tuntemattomien todellisten aikaerojen määrittämiseksi.

9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että mikäli lähettimien välillä on useita reittejä, niin valitaan summattavaksi lyhimmän reitin aikaeroarvot.

10. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että käytetään todellista aikaeroa hyväksi radiojärjestelmässä olevan tilaaja-päätelaitteen paikannuksessa, kun mitataan havaittuja aikaeroja lähettimistä saapuvien signaalien saapumisajoissa.

11. Radiojärjestelmä, joka käsittää joukon lähettämiä (101-110), joukon vastaanottimia (201-204) ja mittausvälineet (10), jotka mittaavat lähettimien lähettämien signaalien vastaanottohetkien aikaeroa vastaanottimen vastaanottaessa signaaleja ja jotka laskevat lähettimien lähettämien signaalien geometrisen aikaeron, tunnettu siitä, että

radiojärjestelmä käsittää laskentavälineet (11), jotka muodostavat lähettimien lähettämien signaalien lähetyshetkien todellisen aikaeron vastaanottimen vastaanottamien signaalien aikaeromittauksen ja geometrisen aikaeron avulla ajan funktiona siten, että laskentavälineet (11) liittyvät vastaanottohetkien perusteella saatuun aikaeroon geometrisen aikaeron,

laskentavälineet (11) summaavat suoraan mitattuja todellisia aikaeroja ja summauksen avulla laskevat vastaanottimen kuuluvuusalueella olevien muiden lähettimien väliset todelliset aikaerot, ja

laskentavälineet (11) laskevat eri vastaanotinten kuuluvuusalueella olevien lähettimien väliset todelliset aikaerot käyttäen apuna jo laskettuja lähettimien välisiä aikaeroja.

12. Patenttivaatimuksen 11 mukainen radiojärjestelmä, tunnettu siitä, että laskentavälineet (11) muodostavat lähetyshetkien todellisen aikaeron kahden naapurilähettimen lähettämien signaalien vastaanottohetkien välisen aikaeromittauksen ja geometrisen aikaeron avulla.

5 13. Patenttivaatimuksen 11 mukainen radiojärjestelmä, tunnettu siitä, että laskentavälineet (11) muodostavat lähetyshetkien todellisen aikaeron kahden palvelevan lähettimen lähettämien signaalien vastaanottohetkien välisen aikaeromittauksen ja geometrisen aikaeron avulla.

10 14. Patenttivaatimuksen 11 mukainen radiojärjestelmä, tunnettu siitä, että laskentavälineet (11) määrittävät kahden naapurilähettimen ja/tai kahden palvelevan lähettimen lähettämän signaalin vastaanottohetkien erotuksen perusteella lähettimien synkronoitumisen toisiinsa.

15 15. Patenttivaatimuksen 11 mukainen radiojärjestelmä, tunnettu siitä, että laskentavälineet (11) määrittävät vastaanotinta palvelevan lähettimen ja mainitun lähettimen naapurissa olevan lähettimen lähettämän signaalin vastaanottohetkien erotuksen perusteella lähettimien (101-110) synkronoitumisen toisiinsa.

20 16. Patenttivaatimuksen 11 mukainen radiojärjestelmä, tunnettu siitä, että eri mittausvälineet (10) mittaavat saman lähettimen lähettämää signaalia, mikäli lähetin sijaitsee useamman vastaanottimen kuuluvuusalueella.

25 17. Patenttivaatimuksen 11 mukainen radiojärjestelmä, tunnettu siitä, että laskentavälineet (11) määrittävät vastaanotinta (201-204) palvelevan lähettimen todellisen aikaeron verrattuna vastaanottimen kuuluvuusalueella oleviin muihin lähettämiin.

30 18. Patenttivaatimuksen 11 mukainen radiojärjestelmä, tunnettu siitä, että laskentavälineet (11) muodostavat matriisin, jonka rivit vastaavat vastaanotinta palvelevaa lähetintä ja jonka sarakkeet vastaavat palvelevan lähettimen naapurilähetintä, ja laskentavälineet käyttävät matriisia apuna lähettimien lähetyshetkien todellisten aikaerojen laskemisessa.

35 19. Patenttivaatimuksen 11 mukainen radiojärjestelmä, tunnettu siitä, että laskentavälineet (11) sijoittavat laskemiensa lähettimien lähetyshetkien todelliset aikaerot matriisiin, jonka jälkeen laskentavälineet (11) määrittävät laskettujen aikaerojen perusteella todellisen aikaeron lähettimelle ilman, että mittausväline (10) olisi suoraan mitannut lähettimen lähettämää signaalia.

20. Patenttivaatimuksen 11 mukainen radiojärjestelmä, tunnettu siitä, että laskentavälineet (11) muodostavat lähettimien (101-110) ja niiden välisten todellisten aikaerojen perusteella graafeja, joissa lähettimet ovat solmupisteitä ja suoraan mitatut todelliset aikaerot viivoja, jonka jälkeen
5 laskentavälineet (11) etsivät reittejä lähettimistä toisiin lähettämiin ja laskentavälineet (11) summaavat lähettimien välisiä todellisia aikaeroja ennestään tuntemattomien todellisten aikaerojen määrittämiseksi.

21. Patenttivaatimuksen 20 mukainen radiojärjestelmä, tunnettu siitä, että mikäli lähettimien välillä on useita valinnaisia reittejä, niin
10 laskentavälineet (11) valitsevat lyhimmän reitin, jonka perusteella aikaero määritetään.

22. Patenttivaatimuksen 11 mukainen radiojärjestelmä, tunnettu siitä, että todellista aikaeroa käytetään hyväksi vastaanottimen paikannuksessa siten, että paikannettavan vastaanottimen, kuten tilaajapääte-
15 laitteen, mittaamasta signaalien vastaanottohetkien aikaerosta vähennetään vastaava todellinen aikaero.

23. Patenttivaatimuksen 11 mukainen radiojärjestelmä, tunnettu siitä, että laskentavälineet (11) muodostavat matriisin, jonka rivit vastaavat lähetintä, johon verrataan toisen lähettimen aikaeroa, ja jonka sarakkeet edustavat toista lähetintä, ja jossa laskentavälineet (11) käyttävät matriisia apuna lähettimien lähetyshetkien todellisten aikaerojen laskemisessa.
20

24. Patenttivaatimuksen 11 mukainen radiojärjestelmä, tunnettu siitä, että vastaanotin on tilaajapäätelaitte kuten esimerkiksi matkapuhelin.

Patentkrav

1. Beräkningsförfarande, vilket används i ett radiosystem som består av en mängd sändare (101 - 110) och en mängd mottagare (201 - 204), vid vilket radiosystem tidsskillnaden mellan mottagningstidpunkterna för signalerna som sändarna (101 - 110) sänt och den geometriska tidsskillnaden för de sända signalerna beräknas, k ä n n e t e c k n a t av att

den verkliga tidsskillnaden bildas för sändningstidpunkterna mellan signalerna som sänds av sändaren som betjänar varje mottagare (201 - 204) och signalerna som sänds av grannsändaren till nämnda sändare medelst tidsskillnaden mellan tidsskillnadsmätningen för signalernas mottagningstidpunkter och den geometriska tidsskillnaden som en funktion av tiden på så sätt att till tidsskillnaden som erhållits på basen av mottagningstidpunkterna fogas den geometriska tidsskillnaden,

de direkt mättna verkliga tidsskillnaderna summeras för beräkning av de verkliga tidsskillnaderna mellan de övriga sändarna som befinner sig på mottagarens hörbarhetsområde,

de verkliga tidsskillnaderna mellan sändarna som befinner sig på hörbarhetsområdet för de olika mottagarna (201 - 204) beräknas med hjälp av redan uträknade tidsskillnader mellan sändarna.

2. Förfarande enligt patentkrav 1, k ä n n e t e c k n a t av att den verkliga tidsskillnaden mellan sändningstidpunkterna bildas medelst tidsskillnadsmätningen mellan mottagningstidpunkterna för signalerna som två grannsändare sänt och den geometriska tidsskillnaden.

3. Förfarande enligt patentkrav 1, k ä n n e t e c k n a t av att den verkliga tidsskillnaden mellan sändningstidpunkterna bildas medelst tidsskillnadsmätningen mellan mottagningstidpunkterna för signalerna som två betjänande sändare sänt och den geometriska tidsskillnaden.

4. Förfarande enligt patentkrav 1, k ä n n e t e c k n a t av att sändarnas synkronisering till varandra definieras på basen av skillnaden mellan mottagningstidpunkterna för signalerna som sändaren som betjänar mottagaren (201 - 204) och signalerna som sändaren som befinner sig som granne till nämnda sändare sänt.

5. Förfarande enligt patentkrav 1, k ä n n e t e c k n a t av att sändarnas synkronisering till varandra definieras på basen av skillnaden mellan mottagningstidpunkterna för signalerna som två grannsändare och/eller två betjänande sändare sänt.

6. Förfarande enligt patentkrav 1, k ä n n e t e c k n a t av att en signal som ankommit till olika mottagare mätes, vilken signal har sänts från samma sändare om sändaren befinner sig inom hörbarhetsområdet för flera mottagare.

5 7. Förfarande enligt patentkrav 1, k ä n n e t e c k n a t av att signalerna som sänts av sändare som befinner sig på hörbarhetsområdet för varje mottagare (201 - 204), och de verkliga tidsskillnaderna som beräknats på basen av signaler som mottagits från varje hörbarhetsområde används vid beräkningen av tidsskillnaderna mellan sändare som befinner sig på olika hörbarhetsområde.

10 8. Förfarande enligt patentkrav 1, k ä n n e t e c k n a t av att på basen av sändarna (101 - 110) och de verkliga tidsskillnaderna mellan dessa bildas grafer, i vilka sändarna är noder och de direkt mättna verkliga tidsskillnaderna linjer, rutter sökes från en sändare till andra sändare, och de verkliga tidsskillnaderna mellan sändarna summeras för definiering av förut okända verkliga
15 tidsskillnader.

9. Förfarande enligt patentkrav 8, k ä n n e t e c k n a t av att om det föreligger flera rutter mellan sändarna väljs tidsskillnadvärdena för den kortaste ruten att summeras.

20 10. Förfarande enligt patentkrav 1, k ä n n e t e c k n a t av att den verkliga tidsskillnaden utnyttjas för lokalisering av en abonnentterminal som befinner sig i radiosystemet då de konstaterade tidsskillnaderna mäts för ankomsttiderna hos signalerna som ankommer från sändarna.

25 11. Radiosystem, omfattande en mängd sändare (101 - 110), en mängd mottagare (201 - 204) och mätorgan (10), vilka mäter tidsskillnaden mellan mottagningstidpunkterna för signalerna som sändarna sänt varvid mottagaren mottager signaler, och vilka beräknar den geometriska tidsskillnaden för de signaler som sändarna sänt, k ä n n e t e c k n a t av att

radiosystemet omfattar beräkningsorgan (11), vilka bildar den verkliga tidsskillnaden för sändningstidpunkterna av signalerna som sändarna sänt
30 medelst tidsskillnadsmätningen för signalerna som mottagaren mottagit och den geometriska tidsskillnaden som en funktion av tiden på så sätt att beräkningsorganen (11) fogar till tidsskillnaden som erhållits på basen av mottagningstidpunkterna den geometriska tidsskillnaden,

beräkningsorganen (11) summerar de direkt mättna verkliga tidsskillnaderna och beräknar genom summeringen de verkliga tidsskillnaderna mellan
35 de övriga sändarna som befinner sig på mottagarens hörbarhetsområde,

beräkningsorganen (11) beräknar de verkliga tidsskillnaderna mellan sändarna som befinner sig på hörbarhetsområdet för de olika mottagarna med hjälp av de redan uträknade tidsskillnaderna mellan sändarna.

5 12. Radiosystem enligt patentkrav 11, k ä n n e t e c k n a t av att beräkningsorganen (11) bildar den verkliga tidsskillnaden mellan sändningstidpunkterna medelst tidsskillnadsmätningen mellan mottagningstidpunkterna för signalerna som två grannsändare sänt och den geometriska tidsskillnaden.

10 13. Radiosystem enligt patentkrav 11, k ä n n e t e c k n a t av att beräkningsorganen (11) bildar den verkliga tidsskillnaden mellan sändningstidpunkterna medelst tidsskillnadsmätningen mellan mottagningstidpunkterna för signalerna som två betjänande sändare sänt och den geometriska tidsskillnaden.

15 14. Radiosystem enligt patentkrav 11, k ä n n e t e c k n a t av att beräkningsorganen (11) definierar sändarnas synkronisering till varandra på basen av skillnaden mellan mottagningstidpunkterna för signalerna som två grannsändare och/eller två betjänande sändare sänt.

20 15. Radiosystem enligt patentkrav 11, k ä n n e t e c k n a t av att beräkningsorganen (11) definierar sändarnas synkronisering till varandra på basen av skillnaden mellan mottagningstidpunkterna för signalerna som sändaren som betjänar mottagaren (201 - 204) och signalerna som sändaren som befinner sig som granne till nämnda sändare sänt.

25 16. Radiosystem enligt patentkrav 11, k ä n n e t e c k n a t av att olika mätorgan (10) mäter en signal som samma sändare sänt om sändaren befinner sig inom hörbarhetsområdet för flera mottagare.

17. Radiosystem enligt patentkrav 11, k ä n n e t e c k n a t av att beräkningsorganen (11) definierar den verkliga tidsskillnaden för sändaren som betjänar mottagaren (201 - 204) i förhållande till övriga sändare som befinner sig på mottagarens hörbarhetsområde.

30 18. Radiosystem enligt patentkrav 11, k ä n n e t e c k n a t av att beräkningsorganen (11) bildar en matris i vilken raderna motsvarar sändaren som betjänar mottagaren och i vilken kolumnerna motsvarar grannsändaren till den betjänande sändaren, och beräkningsorganen använder matrisen som hjälp vid beräkning av de verkliga tidsskillnaderna för sändarnas sändningstidpunkter.

35 19. Radiosystem enligt patentkrav 11, k ä n n e t e c k n a t av att beräkningsorganen (11) placerar de verkliga tidsskillnaderna för sändningstidpunkterna för de sändare som de räknat ut i en matris, varefter beräkningsorga-

nen (11) definierar på basen av de beräknade tidsskillnaderna den verkliga tidsskillnaden för sändaren utan att mätorganet (10) direkt skulle ha mätt den signal som sändaren sänder.

20. Radiosystem enligt patentkrav 11, k ä n n e t e c k n a t av att beräkningsorganen (11) bildar på basen av sändarna (101 - 110) och de verkliga tidsskillnaderna mellan dessa grafer, i vilka sändarna är noder och de direkt mätta verkliga tidsskillnaderna linjer, varefter beräkningsorganen (11) söker rutter från en sändare till andra sändare, och beräkningsorganen (11) summerar de verkliga tidsskillnaderna mellan sändarna för definiering av förut okända verkliga tidsskillnader.

21. Radiosystem enligt patentkrav 20, k ä n n e t e c k n a t av att om det föreligger flera valbara rutter mellan sändarna väljer beräkningsorganen (11) den kortaste ruten på basen av vilken tidsskillnaden definieras.

22. Radiosystem enligt patentkrav 11, k ä n n e t e c k n a t av att den verkliga tidsskillnaden utnyttjas vid lokaliseringen av en mottagare på så sätt att från tidsskillnaden för mottagningstidpunkterna för signaler som mätts av mottagaren som skall lokaliseras, såsom en abonnentterminal, subtraheras motsvarande verklig tidsskillnad.

23. Radiosystem enligt patentkrav 11, k ä n n e t e c k n a t av att beräkningsorganen (11) bildar en matris i vilken raderna motsvarar sändaren med vilken tidsskillnaden för en annan sändare jämföres, och i vilken kolumnerna motsvarar en annan sändare och där beräkningsorganen (11) använder matrisen som hjälp vid beräkandet av de verkliga tidsskillnaderna för sändarnas sändningstidpunkter.

24. Radiosystem enligt patentkrav 11, k ä n n e t e c k n a t av att mottagaren är en abonnentterminal, såsom t.ex. en mobiltelefon.

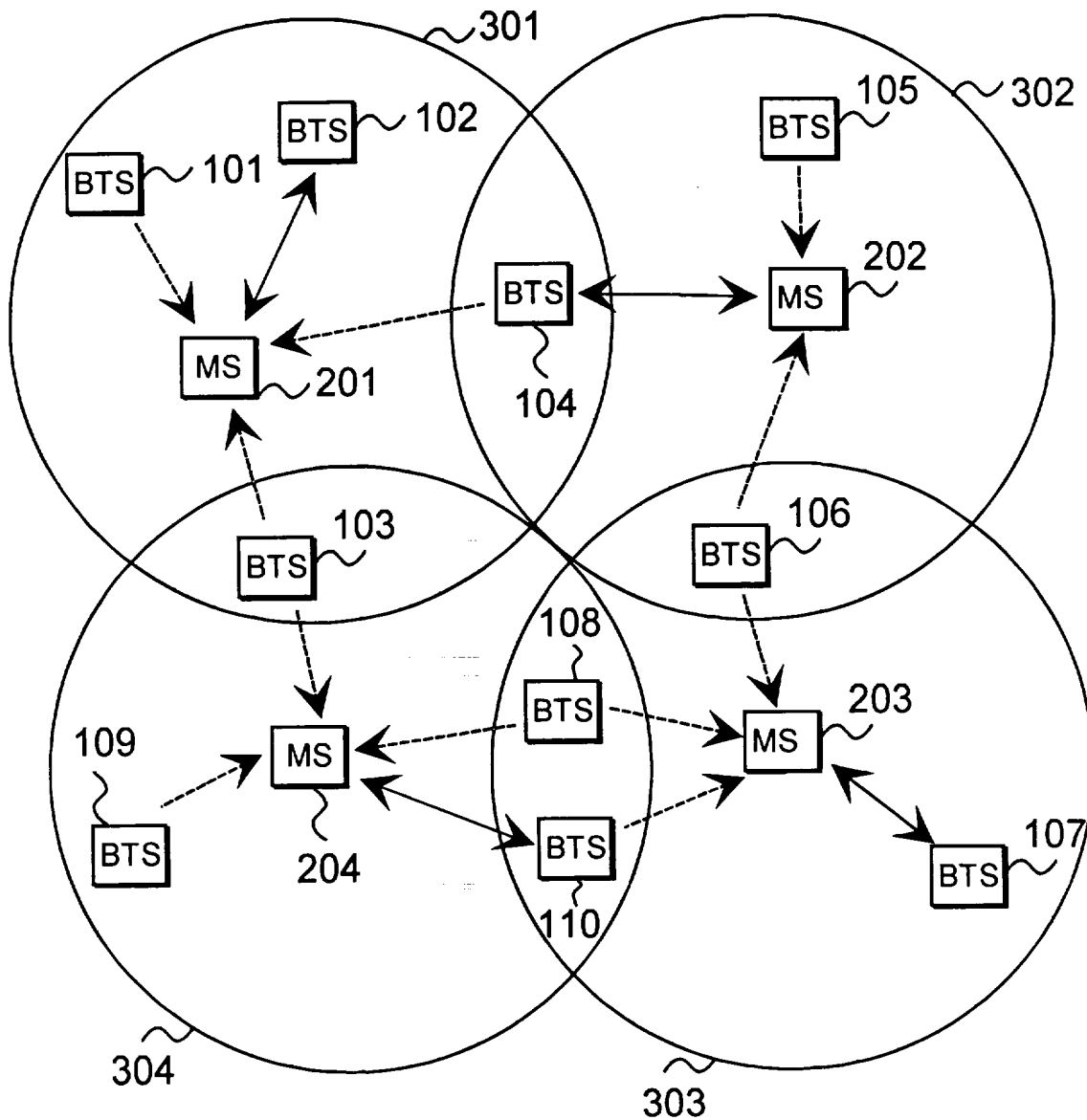
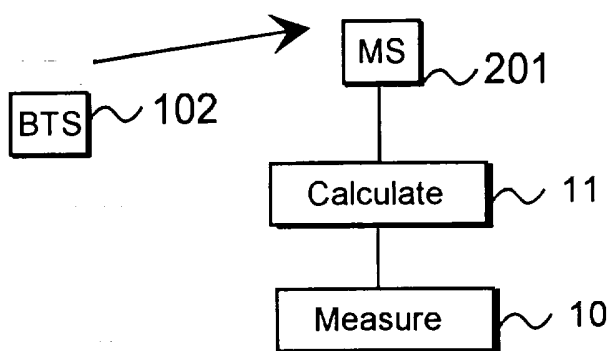


Fig. 1

Fig. 2



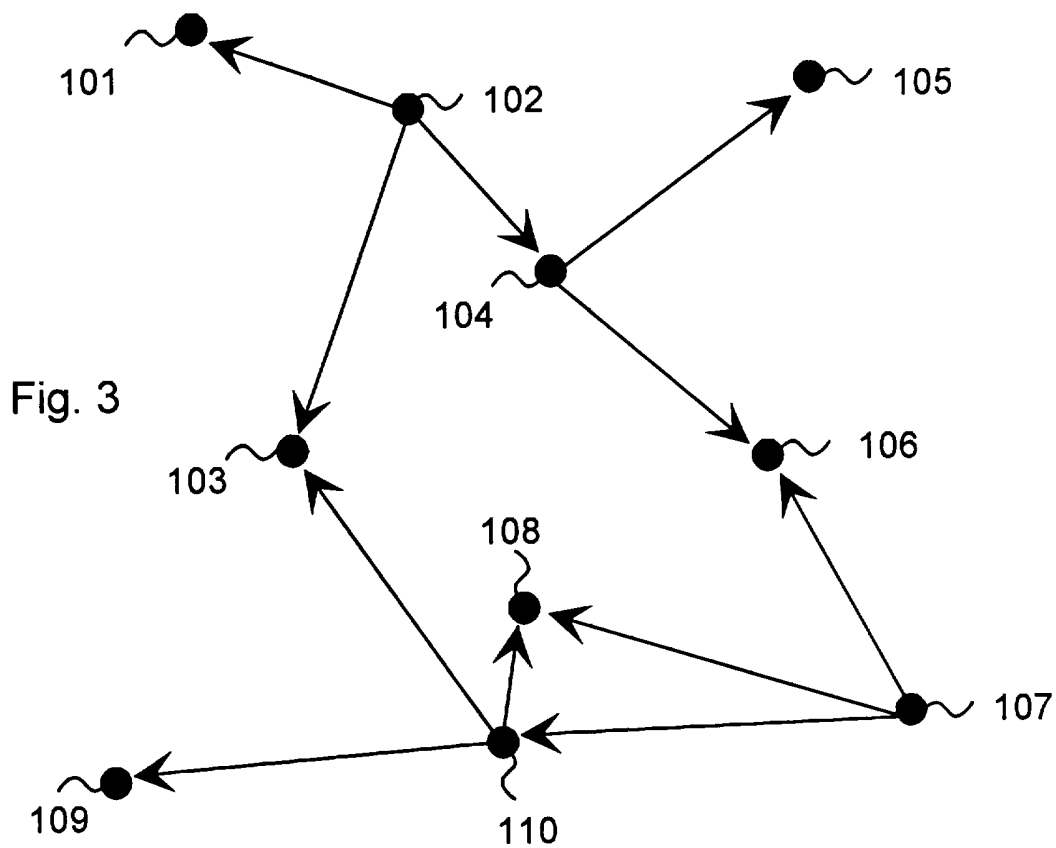


Fig. 3

Fig. 4 3/3

	neighbor BTS									
	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
101	0	- 102,101								
102	102,101	0	102,103	102,104						
103			0							- 110,103
104				0	104,105	104,106				
105					0					
106						0	- 107,106			
107						107,106	0	107,108		- 107,110
108								0		- 110,108
109									0	- 110,109
110			110,103					110,108	110,109	0

Fig. 5

	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
path lenght	0	1	2	2	3	3	4	4	4	3
RTD	0	101,102	101,103	101,104	101,105	101,106	101,107	101,108	101,109	101,110