



(12) **PATENT**

(19) NO

(11) **326039**

(13) **B1**

NORGE

(51) Int Cl.

H04Q 7/38 (2006.01)

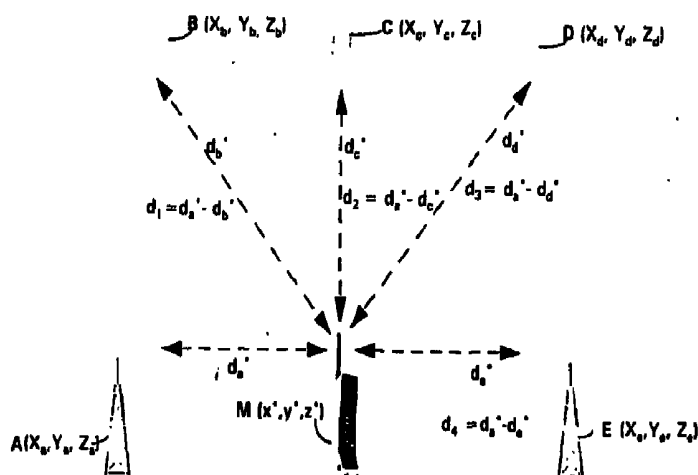
G01S 5/10 (2006.01)

H04Q 7/34 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	19975041	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	1996.05.01 PCT/GB96/01039
(22)	Inng.dag	1997.10.31	(85)	Videreføringsdag	1997.10.31
(24)	Løpedag	1996.05.01	(30)	Prioritet	1995.05.02, GB, 9508884
(41)	Alm.tilgj	1997.12.30			
(45)	Meddelt	2008.09.01			
(73)	Innehaver	O2 Holdings Ltd, Wellington Street, SL11 YP SLOUGH, BERKSHIRE, GB			
(72)	Oppfinner	Peter Robert Munday, Bracknell, Berkshire, England, GB Ian Goetz, Ipswich, Suffolk, England, GB Stephen Mark Gannon, Chesham, Buckinghamshire, England, GB			
(74)	Fullmektig	Bryn Aarflot AS, Postboks 449 Sentrum, 0104 OSLO			
(54)	Benevnelse	Celledelt radio-lokaliseringsystem			
(56)	Anførte publikasjoner	US 5293645, WO 9500821 A1			
(57)	Sammendrag				

Posisjonen til en mobilenhet (M) i et celledelt radiosystem blir bestemt ved å bestemme differansene i tid for et karakteristisk trekk ved utsendelsen av styrekanalen for hver basisstasjon (A, B, C, D, E) målt ved mobilenheten. Det karakteristiske trekk er fortrinnsvis det prøvesignal som allerede brukes av mobilenheten i celledelte systemer til å måle signalstyrke for å informere om overleveringsbestemmelser. Ved å bestemme differansene mellom ankomsttiden for utsendelser fra fire basisstasjoner (A, B, C, D), kan posisjonen i to dimensjoner bestemmes uten forutgående kjennskap til den aktuelle avstand til noen av basisstasjonene. En femte basisstasjon (E) gjør det mulig å bestemme posisjonen i tre dimensjoner.



Foreliggende oppfinnelse vedrører radio-lokaliseringssystemer. Et antall systemer er utviklet for å identifisere posisjonen til en mobil enhet ved bruk av radioforplantningsegenskaper. Et slikt system er det globale posisjonerings-system (GPS) hvor en bærbar enhet tilveiebringer en posisjonsfastsettelse ved bruk av radioutsendelser fra romsatellitter. Dette systemet er meget nøyaktig, men krever spesielt utstyr og er upålitelig på steder med dårlig sikt til himmelen, fordi flere bredt adskilte satellitter må være i siktlinje-forhold med håndsettet for at en posisjonsfastsettelse skal kunne oppnås.

Det er fremmet flere forslag til systemer som bruker radioforplantningsegenskapene i et celledelt radiosystem til å tilveiebringe en posisjonsfastsettelse for en celleradio-mobilenhet. Dette ville tillate mobilenheten selv å virke som en posisjonsfindende innretning. Som kjent tillater celledelte radiosystemer en bruker som har et bærbart håndsett («en mobilenhet»), å opprette og motta telefonsamtaler, enten til en annen mobilenhet eller til en konvensjonell fast terminal ved hjelp av en radioforbindelse. Radioforbindelsen blir opprettet mellom mobilenheten og en fast radiobasisstasjon i et nett av slike stasjoner fordelt over det området som skal dekkes. Systemet tillater enhver mobilenhet å kommunisere gjennom enhver av basisstasjonene; vanligvis vil mobilenheten kommunisere gjennom den basisstasjon som tilveiebringer det radiosignal som har best kvalitet.

Fordi mobilenheten kan bevege seg i løpet av en samtale, kan det bli nødvendig for den å bevege seg ut av området til den basisstasjon med hvilken samtalen opprinnelig ble etablert. Celledelte radiosystemer omfatter derfor overleveringssystemer (handover systems) for å tillate opprettelse av kommunikasjon med en annen basisstasjon, og sløyfen av den første, uten å avbryte selve samtalen slik det oppfattes av partene i samtalen. I det systemet som er kjent som GSM (Global System for Mobile Communications) overvåker mobilenheten ofte BCCHene (Broadcast Control Channels) til de omgivende basisstasjoner for å fastslå hvilken basisstasjon som gir det beste signal, og derfor gjennom hvilken basisstasjon en ny samtale bør opprettes, eller om en overlevering bør innledes. Denne prosessen skjer i både passiv og aktiv modus, d.v.s. at det ikke er nødvendig for brukeren å foreta et anrop.

Utviklinger i GPS-teknologi betyr at en meget nøyaktig synkroniseringskilde nå kan implementeres forholdsvis billig på stedet for hver basisstasjon. En god synkroniseringskilde har et antall fordeler, disse innbefatter: forbedret overlevering, evne til å redusere virkningen av interferens mellom nabo-
5 basisstasjoner og muliggjøring av meget nøyaktige utstrålingsfrekvenser på radiogrensesnittet. Det skal bemerkes at i motsetning til enkle kringkastings-tidssignaler tar GPS-synkroniseringssignalene posisjonen til GPS-mottakeren i betraktning, og kan derfor kompensere for den tidsforsinkelse som forårsakes av radiobølgenes endelige hastighet.

10 Europeisk patentsøknad EP0320913 (Nokia) beskriver et system hvor taktpulser utledet fra GPS-systemet blir sendt fra hver av tre eller flere basisstasjoner, og deres forskjellige ankomsttider ved mobilenheten blir brukt til å identifisere enhetens posisjon. Dette tidligere kjente systemet krever at mobilenheten må avspørre hver basisstasjon etter tur, noe som krever at den
15 overleverer kommunikasjon mellom de forskjellige basisstasjoner for å utføre denne avspørringen. Dette krever bruk av flere trafikkanaler, eller en ekstra kanal, og krever også at pålitelig radiokommunikasjon kan opprettes med hver nærliggende basisstasjon.

I internasjonal patentsøknad WO95/00821 (Omniplex) og US patent
20 5,293,645 (Sood) sender hver basisstasjon synkroniserte pakke-data-signaler. Mobilenheten overvåker alle basisstasjonenes pakke-data-kanaler samtidig, som enten krever en mobilenhet som er i stand til å motta flere radiofrekvenser samtidig, eller at alle basisstasjonene sender sine datapakker på den samme kanal. Ingen av disse egenskapene er konvensjonelle i et celledelt radiosystem.

25 Begge disse systemene krever også utsendelse av spesielle takt- eller synkroniseringspulser fra cellestedene (basisstasjonene) til mobilenheten, og gjenkjennelse av disse pulsene i mobilenheten. Dette kravet påfører ikke bare mobilenheten et signalkontrollsystem, men det krever i tillegg funksjonalitet i mobilenheten for å gjenkjenne taktpulsene.

30 I henhold til oppfinnelsen er det tilveiebrakt en fremgangsmåte for å bestemme posisjonen til en mobilenhet i et celledelt radiosystem som har et antall basisstasjoner, omfattende de trinn å bestemme differansene i tid mellom

basisstasjonenes utsendelser målt ved mobilenheten, å bestemme ut fra tidsdifferanse, differansene i avstand til mobilenheten fra hver av basisstasjonene, og å utlede mobilenhetens posisjon fra differansene i avstand som er bestemt på denne måten, karakterisert ved at tidsdelings-rammestrukturen til styrekanalene for minst

5 noen av basisstasjonene som er innenfor rekkevidde av mobilenheten, er synkronisert, og ved at mobilenheten bestemmer differansene i tid ved mobilenheten for et karakteristisk trekk ved tidsdelings-rammestrukturen som kringkastes over hver basisstasjons styrekanal.

Ved å bruke styrekanalen blir mobilenheten i stand til å anvende de eksisterende overvåkningssystemer for radioforbindelses-kvaliteten som brukes til å fastslå om en overlevering bør finne sted, og det behøves ikke å opprettes fullstendig kommunikasjon med noen av basisstasjonene.

10

Det karakteristiske trekk som brukes, er fortrinnsvis et trenings- eller prøvesignal som sendes ut av hver basisstasjon, som blir korrelert med et referanse-prøvesignal lagret av mobilenheten. Et slikt "synkroniseringsutbrudd" (SCH) og dets korrelasjonsprosess utgjør allerede en del av GSM-standarden for å karakterisere radioveien. Fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen kan derfor gjøre bruk av disse eksisterende signaler og korrelasjonsanalyse-programmeringen. For

15 posisjonsbestemmelse blir det imidlertid foretrukket at systemet skal bruke den første identifiserte korrelasjon av referansesignalet istedenfor det sterkeste som blir brukt til å bestemme overlevering. Dette sikrer at den mest direkte signalvei, istedenfor en sterkere, men mer indirekte vei, blir brukt til avstandsberegning.

20

Den utledete posisjon kan også bli tidsmidlet for å minimalisere virkningene av falske resultater fra reflekterte signaler, noe som ville gjøre den tilsynelatende avstand mellom basisstasjonen og mobilenheten lenger enn den virkelig er.

25

Den utledete posisjonen kan kommuniseres via et celledelt radionett til en bruker som befinner seg langt borte, istedenfor til brukeren av mobilenheten. Et alarmsignal kan sendes hvis den utledete posisjon tilsvarer en forut posisjon.

I henhold til et annet aspekt ved oppfinnelsen er det tilveiebrakt en mobilenhet for bruk i et celledelt radiosystem, hvor mobilenheten omfatter et apparat for å

30

bestemme mobilenhetens posisjon; idet apparatet omfatter en anordning for å
 detektere tidsdifferanser for signaler mottatt fra forskjellige radiobasisstasjoner, og en
 anordning for å bestemme, ut fra tidsdifferansene, differansene i avstandene til
 mobilenheten fra hver av basisstasjonene; og en anordning for å utlede, fra
 5 avstandsdifferansene, posisjonen til mobilenheten, karakterisert ved at mobilenheten
 har en ordning for å bestemme differansene i tid ved mobilenheten for et
 karakteristisk trekk ved en tidsdelings-rammestruktur som kringkastes synkront over
 styrekanalen til hver basisstasjon.

10 Mobilenheten ifølge det annet aspekt av oppfinnelsen kan videre omfatte en
 anordning for å motta data fra den for tiden betjenende basisstasjon vedrørende
 basisstasjoner innenfor radioområdet til mobilenheten, der informasjon innbefatter
 basisstasjonenes geografiske posisjoner.

Det celledelte radionettet kan være komplementært til mobilenheten ifølge det
 annet aspekt ved oppfinnelsen, som definert ovenfor. Alternativt kan
 15 posisjonsbestemmelses-funksjonene utføres av cellenettet. Oppfinnelsen omfatter
 således i et tredje aspekt et celledelt radionett som omfatter et antall basisstasjoner
 som opererer med styrekanaler som kringkaster synkrone tidsdelings-
 rammestrukturer, en anordning for å identifisere hvilke av basisstasjonene som er
 innenfor radiorekkevidde av en spesifisert mobilenhet, en anordning for å identifisere
 20 differansen i tid mellom signaler som utsendes av basisstasjonene, målt ved
 mobilenheten; en anordning for å bestemme, ut fra tidsdifferansene, differansene i
 avstand til mobilenheten fra hver av basisstasjonene, og en anordning for å utlede,
 fra differansene i avstand, mobilenhetens posisjon, karakterisert ved at
 basisstasjonene har kringkastings-styrekanaler som opererer med synkroniserte
 25 tidsdelings-rammestrukturer med et karakteristisk trekk for deteksjon av
 mobilenheten, og ved at de har anordninger for å motta fra mobilenheten en
 indikasjon på ankomsttiden ved mobilenheten av det karakteristiske trekk som
 sendes fra hver basisstasjon.

I henhold til et ytterligere aspekt ved oppfinnelsen er det tilveiebrakt et apparat
 30 for å bestemme posisjonen av en mobilenhet som benytter et celledelt radiosystem
 med et antall basisstasjoner, hvilket apparat omfatter en anordning for å bestemme
 tidsdifferansene i taktstyringen av basisstasjonenes drift målt ved mobilenheten; en
 anordning for å bestemme, ut fra tidsdifferansene, differansene i avstand til
 mobilenheten fra hver av basisstasjonene; og en anordning for å utlede, ut fra
 35 differansene i avstand, mobilenhetens posisjon, karakterisert ved at apparatet
 omfatter anordninger i det celledelte radiosystemet for å synkronisere
 tidsdelings-rammestrukturen for styrekanaler som kringkastes av

minst et antall av basisstasjonene innenfor radiorekkevidde av mobilenheten, og ved en anordning i mobilenheten for å bestemme differansene i tid ved mobilenheten for et karakteristisk trekk ved tidsdelings-rammestrukturen som kringkastes av hver basisstasjons styrekanal.

- 5 Tidsdifferanse-måleanordning, avstandsdifferanse-bestemmelsesanordningen og den posisjonsutledende anordning kan her utgjøre en del av mobilenheten eller av det faste nett. Hvis de befinner seg i mobilenheten, kan denne enheten videre omfatte en anordning for å motta data fra den for tiden betjenende basisstasjonen. vedrørende basisstasjoner innenfor mobilenhetens radioområde, idet informasjonen
- 10 omfatter basisstasjonenes geografiske posisjoner.

- I eksisterende GSM-systemer sender hver basisstasjon en styrekanal (BCCH) med en TDMA-rammestruktur. Denne rammestrukturen er satt sammen av «multirammer» som hver er på 235,38 ms. Hver multiramme har en delstruktur på 51 rammer der hver ramme har åtte skurer. Hver skur er sammensatt av tre
- 15 «halebiter», 142 informasjonsbiter, ytterligere tre «halebiter» og en vaktperiode av varighet lik $8 \frac{1}{4}$ biter. Rammen har således en varighet lik $156 \frac{1}{4}$ biter, og hver bit har en varighet på omkring 3,9 mikrosekunder, slik at en skur har en varighet på 0,577 millisekunder. Rammene i hver multiramme er konvensjonelt nummerert fra 00 til 50, av hvilke fem er frekvens-styrerammer (FCCH), (00, 10, 20, 30 og 40); og fem er
- 20 synkroniseringsrammer (SCH); 01, 11, 21, 31, 41. Intervallet mellom synkroniseringsrammene er derfor generelt 46,15 ms (80 skurer), men intervallet mellom rammene 41 og 01 har en lenger varighet på 50,77 ms (88 skurer) på grunn av forekomsten av den ekstra rammen 50. Synkroniseringsrammene omfatter hver en prøvesekvens som i denne utførelsesform av oppfinnelsen blir brukt som det
- 25 karakteristiske trekk.

- I GSM betyr bruken av tidsdelt multiaksess (TDMA) at mobilstasjonen og den betjenende basisstasjon må være meget godt synkronisert. For at mobilenheten skal dekode identitetskoden BSIC til en basisstasjon, må den kort synkroniseres med vedkommende basisstasjon. Følgelig har mobilenheten alltid en indikasjon på hvilken
- 30 brøkdel av en ramme (d.v.s. hvor mange biter) hver av nabo-basisstasjonen skiller seg fra den betjenende basisstasjon, sett fra mobilenheten. Hvis rammesyklusene til alle basisstasjonene skulle være absolutt

synkronisert (d.v.s. at alle basisstasjonene samtidig sender den samme del av rammen), ville den størrelse som mobilenheten ville måtte forskyve sin rammestruktur (i forhold til den betjenende basisstasjon) for å dekode BSIC for de andre basisstasjonene, være en ren funksjon av forskjellen i veilengde mellom den betjenende basisstasjon og dens naboer. I eksisterende systemer blir mobilenheter synkronisert til sine betjenende basisstasjoner til bedre enn en kvart bit, 0,923 mikrosekunder, som ved lyshastigheten (3×10^8 m/s) tilsvarer en oppløsning på 277 meter. Denne nøyaktigheten kan forbedres betydelig for lokaliseringsformål ved å bruke de data som er til stede i mobilenhetens utjevner.

I GSM-praksis er rammestrukturen til hver basisstasjon i virkeligheten ikke synkronisert i absolutt mening, men bare i den relative mening at for hver basisstasjon er det et visst punkt i rammestrukturen som er synkronisert med det eksterne synkroniseringssignal. Tidsstyringen av rammestrukturen til basisstasjonene skiller seg således fra hverandre med en vilkårlig, men konstant størrelse, her benevnt «forskyvningen». Uttrykket «synkronisert» slik det brukes her, blir brukt i den relative betydning (d.v.s. atskillelse med en konstant størrelse), med mindre sammenhengen klart viser noe annet.

Det ville være mulig (selv om det er uønsket av andre grunner) å rekonfigurere GSM-systemet slik at basisstasjonene alle er synkronisert i den absolutte betydning.

I en fdriftsform blir imidlertid den respektive forskyvning for hver basisstasjon subtrahert fra adkomsttiden ved mobilenheten av det karakteristiske trekk ved rammen for å oppnå differansen mellom den avstand som basisstasjonen er fra mobilenheten, og den avstand den betjenende basisstasjon er fra mobilenheten. Disse beregningene kan utføres i den faste del av nettet, men i et mulig arrangement blir data vedrørende forskyvningen forbundet med hver basisstasjon, sendt fra den betjenende basisstasjon til mobilenheten, og tidsdifferansen blir bestemt av mobilenheten fra forskyvningsdataene og adkomsttidene for det karakteristiske trekk fra hver basisstasjon. Man kan således allikevel ha et celledelt radionett for bruk med de mobilenheter som er definert overfor, omfattende et antall basisstasjoner som opererer med styrekanaler som kringkaster synkrone tidsdelings-rammestrukturer, en anordning for å identifisere hvilken av

basisstasjonene som er i radioområdet til en spesiell mobilenhet, og en anordning for å sende data vedrørende posisjonen og synkroniseringsforskyvningene for hver slik basisstasjon til mobilenheten.

- Tidsdifferansene tilveiebringer differansene i veilengder mellom de forskjellige basisstasjoner, men de tilveiebringer imidlertid ikke en absolutt veilengde. I de tidligere kjente systemer som er beskrevet ovenfor, blir taktstyringssignalene fra minst tre basisstasjoner fastslått å være tilstrekkelig til å tilveiebringe en entydig posisjonsbestemmelse (i to dimensjoner). For å oppnå dette er det nødvendig å vite ikke bare forskjellen i ankomsttider for signalene fra de forskjellige basisstasjonene, men også deres absolutte ankomsttider i forhold til en viss fast tidsskala. Dette krever at mobilenheten må ha en klokke som er synkronisert med de i basisstasjonen. Basisstasjonene kan synkroniseres ved å bruke GPS-systemet, men mobilenhetene kan ikke synkroniseres til GPS-systemet med mindre de også innbefatter GPS-mottakere, noe som gjeninnfører den kompleksiteten som søkes unngått ved å bruke karakteristikkene til det celledelte radiosystemet.

- Det har tidligere blitt antydnet at taktfremføring kan brukes til å bestemme avstanden fra den betjenende basisstasjon. Taktfremføring er den størrelse med hvilken en mobilenhet blir instruert av den betjenende basisstasjon om å fremføre sine utsendelser i forhold til de signaler som mottas av mobilenheten, for å tillate utsendelsene fra mobilenheten å ankomme ved basisstasjonen ved det tildelte punkt i TDMA-rammen. Tidsfremføringen svarer til den tid det tar for radiobølger å dekke tur/retur-avstanden mellom basisstasjonen og mobilenheten, d.v.s. to ganger veilengden. Taktfremføringen blir imidlertid bare bestemt når en mobilenhet har et anrop på gang. Taktfremføringen blir videre bestemt for det sterkeste signal, som ikke nødvendigvis er det mest direkte hvis flerveisinterferens er til stede og dets nøyaktighet dermed er forholdsvis er grov.

- I et annerledes arrangement kan differansene i tid mellom minst fire basisstasjoner bli bestemt (konvensjonelt er disse differansene mellom den for tiden betjenende basisstasjon og hver av de tre nabostasjonene) for derved å tillate bestemmelsen av den absolutte posisjon for mobilenheten i to dimensjoner. Som beskrevet nedenfor gir bruken av fire

basisstasjoner et entydig resultat i to dimensjoner uten behov for en absolutt referanse i mobilenheten. I et annet arrangement blir tidsdifferansene mellom minst fem basisstasjoner (den betjenende basisstasjonen og fire andre) bestemt for derved å muliggjøre bestemmelse av mobilenhetens absolutte posisjon i tre dimensjoner.

- 5 Dette sistnevnte arrangement vil bli foretrukket hvis høydedifferansen til basisstasjonene og/eller mobilenheten er store i forhold til systemets totale nøyaktighet.

- Det er mulig å bruke taktfremføringsinformasjon til å supplere den grunnleggende fremgangsmåte i tilfeller hvor færre enn det minste antall
- 10 basisstasjoner blir detektert av mobilenheten. Annen supplerende informasjon kan også brukes når forholdene krever det, slik som informasjon vedrørende mobilenhetens retning i forhold til antennen. Hvis en eller flere av antallet basisstasjoner i det celledelte radiosystem har en meget begrenset rekkevidde, kan fremgangsmåten omfatte et ytterligere trinn hvor, hvis mobilenheten ansees å være
- 15 innenfor rekkevidden av en av basisstasjonene med begrenset rekkevidde, blir posisjonen til mobilenheten bestemt å være posisjonen til basisstasjonen med begrenset rekkevidde.

En utførelsesform av oppfinnelsen vil nå bli beskrevet under henvisning til tegningene, hvor:

- 20 Fig. 1 viser en del av et celledelt radiosystem;
- Fig. 2 er et skjema som illustrerer delen av systemet på figur 1 mer detaljert, og indikerer de forskjellige parametere som brukes ved de beregninger som utføres ifølge fremgangsmåten i henhold til oppfinnelsen;
- Fig. 3 illustrerer flerveis forplantning; og
- 25 Fig. 4 viser et diagram over korrelasjon som funksjon av tid for en prøvesekvens.

- Figur 1 viser et celledelt radiosystem som innbefatter en mobilenhet M, en basisstasjon A som for tiden betjener mobilenheten M, og seks nabo-basisstasjoner B, C, D, E, F, G. Hver basisstasjon er vist med et heksagonalt dekningsområde eller
- 30 «celle», men i praksis er cellene mer irregulære av topografiske grunner og på grunn av basisstasjonens plassering.

Forplantningskarakteristikkene til radiobølger betyr dessuten at dekningsområdene i praksis overlapper hverandre, og mobilenheten kan detektere signaler fra flere nærliggende basisstasjoner, selv om de er mindre sterke enn fra den for tiden betjenende basisstasjon A. For denne illustrasjonens skyld vil det bli antatt at mobilenheten M i det minste kan detektere BCCH (styrekanalen) til basisstasjonene A, B, C, D og E.

Dekningsområdet til basisstasjon A er vist inndelt i tre 120° sektorer A1, A2, A3, som hver blir betjent av en respektiv sektorantenne ved basisstasjon A, som har sin egen kanaltildeling.

Innenfor dekningsområdet til basisstasjon A er det også en mikrocelle H. Dette er en celle som har sin egen basisstasjon med lav effekt (og dermed kort rekkevidde), tilveiebrakt for å betjene et begrenset område med et stort behov for samtaletrafikk, og/eller som blir dårlig betjent av hovedcellestrukturen, for eksempel på grunn av høye bygninger.

På figur 2 er vist mobilenheten M og fem basisstasjoner A, B, C, D, E, her representert, sammen med sine koordinater i tre dimensjoner ($X_a, Y_a, Z_a; X_b, Y_b, Z_b; X_c, Y_c, Z_c; X_d, Y_d, Z_d; X_e, Y_e, Z_e$), og mobilenhetens avstand fra hver basisstasjon d_a, d_b, d_c, d_d, d_e , respektive. Mobilenhetens M ukjente koordinater er representert som (x, y, z) .

For illustrerende formål vil utførelsesformen bli beskrevet som opererende i henhold til GSM-standarden, ved bruk av GPS-data, men dette er ikke ment å være begrensende. I GSM inneholder hver basisstasjon (for eksempel basisstasjonen A) informasjon vedrørende seg selv og seks nærliggende basisstasjoner B, C, D, E, F, G. For formålet med foreliggende oppfinnelse blir bare fire nærliggende basisstasjoner B, C, D, E av de seks brukt, idet vedkommende fire vanligvis er de som gir det sterkeste signal ved mobilenheten M. Basisstasjonen sender dataene til mobilenheten M på sin BCCH (Broadcast Control Channel). Disse data omfatter radiofrekvensen til hver basisstasjons BCCH, noe som gjør det mulig for mobilenheten periodisk å sample signalkvaliteten til hver BCCH, og muliggjør overleveringer å finne sted basert på resultatene fra denne samplingen.

I denne utførelsesform av oppfinnelsen blir informasjon i tillegg til den som er nødvendig for GSM-systemet, sendt til mobilenheten, enten over BCCH eller i en separat datamelding. Denne informasjonen innbefatter posisjonen til hver av basisstasjonene A, B, C, D, E og deres relative rammeforskyvninger (som definert
 5 ovenfor). Denne forskyvningen indikerer hvordan taktstyringen av TDMA-rammestrukturen forholder seg til en referanse-tidsramme, som kan være tidsramme til den betjenende basisstasjon A, eller en universalreferanse.

Radioforbindelsen mellom mobilenheten M og basisstasjonen A er et tidsdelt multipel aksess system TDMA-system) der forskjellige mobilenheter
 10 kommuniserer med basisstasjonen A på den samme radiofrekvens, til forskjellige tider. Ved tidspunkter da basisstasjonen A sender til andre mobilenheter (ikke vist), overvåker mobilenheten M BCCH-frekvensene til de nærmeste basisstasjonene B, C, D, E (F, G) som er identifisert for denne av basisstasjonen A.

Hver basisstasjon sender periodisk en prøvesekvens (SCH). I GSM blir spesielt SCH sendt fem ganger i hver multiramme i BCCH, i TDMA-rammene 01, 11, 21, 31 og 41. Denne prøvesekvensen svarer til en sekvens som er lagret i mobilenheten, som er innrettet for å identifisere korrelasjoner mellom den lagrede sekvens og BCCH-utsendelsene, for derved å gjøre det mulig å synkronisere
 20 mobilenheten og basisstasjonen og å oppnå et estimat av signalkvaliteten.

Figur 3 illustrerer det fenomen som er kjent som «flerveisforplantning». I et typisk miljø kan radiosignaler forplante seg mellom en basisstasjon A og en mobilenhet M over et antall forskjellige veier, som et resultat av refleksjoner og refraksjoner forårsaket av bygninger og andre hindringer. Disse veiene har
 25 vanligvis forskjellig lengde; for eksempel er en direkte vei 41 kortere enn en vei 42 reflektert av en bygning 40. Korrelasjonen av prøvesekvensen kan derfor identifisere mer enn en korrelasjon som inntreffer til forskjellige tider. Dette er illustrert på figur 4 hvor der er en første korrelasjon 31 ved tiden t_{31} og en annen, sterkere korrelasjon 32 ved tiden t_{32} . Denne situasjonen kan inntreffe når
 30 direkteveien 41 er utsatt for demping, for eksempel av løvverk, og den indirekte banen 42 ikke er dempet. I eksempelet på figur 3 vil et sterkt indirekte signal 42 inntreffe hvis bygningen 40 er en god reflektor for radiobølger.

Med det formål å vurdere en egnet overlevering og synkronisering med en basisstasjon, ville den sterkeste korrelasjon 32 bli brukt, selv om denne tilsvarer en lengre vei 42 enn den tidligere, svakere korrelasjon 31. Når det gjelder å identifisere posisjonen er imidlertid den rettlinjede avstand fra basisstasjonen nødvendig, og dermed blir tidsankomsten for den første korrelasjon 31 brukt, og ikke den sterkeste korrelasjon 32. Den første korrelasjon kan selv vedrøre et reflektert signal hvis der ikke er noen direkte siktelinjer, men den vil likevel være det som er nærmest tidspunktet for ankomst av et direktesignal.

Mobilenheten M identifiserer fra de respektive BCCH ankomsttidspunktene T_B, C_C, T_D, T_E for den første forekomst av prøvesekvensen fra hver nærliggende basisstasjon B, C, D, E, og sammenligner dem med ankomsttiden T_A for prøvesekvensen fra den betjenende basisstasjon A, for å identifisere tidsintervaller $T_1 = T_B - T_A; T_2 = T_C - T_A; T_3 = T_D - T_A; T_4 = T_E - T_A$. Disse intervallene kan måle nøyaktig ved å telle det antall digitale biter som inntreffer mellom ankomstene av disse signalene. Dette gir en nøyaktighet av størrelsesorden 1 mikrosekund. Intervallene vil være forskjellige, som et resultat av tre faktorer: forskjell i verdilengde; forskjellige relative rammeforskyvninger; og utsendelse i forskjellige rammer. Det er først nødvendig å eliminere de to sistnevnte faktorene for å bestemme forskjellene i veilengde.

Hver basisstasjon sender den samme synkroniseringsprøvesekvensen fem ganger i hver styrekanal-multiramme, dvs. med et tidsintervall t_f . Siden mobilenheten overvåker styrekanal-multirammer som en fremgangsmåte for forsynkronisering, vil den ikke alltid identifisere korrelasjoner fra alle basisstasjonene A, B, C, D, E på den samme del av multiramme-periodestrukturen. Tidsforskjellen t_f mellom synkroniseringsrammer (SCH) inne i styrekanal-multirammen er imidlertid, som tidligere nevnt, minst 46.15 ms, hvilket er lang nok tid til at en radiobølge vil forplante seg omkring 13800 km. Følgelig kan multipler av rammelengden lett elimineres.

De forskjellige forskyvninger av SCH i multirammen kan tas hensyn til ved å måle, ved hver basisstasjon, tiden for utsendelse av styrekanal-multirammesekvensen si forhold til en universal referanse, slik som GPS-synkroniseringssignalet. Den betjenende basisstasjon A sender over BCCH et

signal som representerer forskyvningene til nabo-basisstasjonen (i forhold til enten den universale referanse, eller, fortrinnsvis, i forhold til sin egne utsendelser) for således å gjøre det mulig å kompensere for disse forskyvningene.

- På denne måten kan en tidsdifferanse $t_1 = T_1 - (n_1 t_f + Q_b)$ utledes, vor Q_b er forskyvningen av basisstasjonen B i forhold til basisstasjon A, t_f er rammelengden, og n_1 er et heltall som under normale omstendigheter blir valgt slik at størrelsen av t_1 er et minimum. GPS tilveiebringer tidssignaler med nøyaktighet på 50 nanosekunder, og dette kan brukes i basisstasjonene til å levere den tidsinformasjon som er nødvendig for å bestemme forskyvningsverdiene Q .
- 10 Rammelengden t_f er en konstant i systemet. Nøyaktigheten av verdien av t_1 blir derfor stort sett stemt av den nøyaktighet med hvilken T_1 blir målt (typisk av størrelsesorden 1 mikrosekund, som allerede diskutert.

- Legg merke til at veriden av t_1 kan være negativ hvis basisstasjonen B er nærmere mobilenheten enn den betjenende basisstasjon A, noe som kan inntreffe
- 15 hvis basisstasjonen A har et sterkere signal ved mobilenheten enn basisstasjonen B, til tross for dens tørre avstanden, eller hvis ingen trafikkanal er tilgjengelig på basisstasjon B. Som nevnte ovenfor er mellomrommet mellom SCH-rammer enten 88 skurer eller 80, og dermed er det to mulige verider for t_f (46,15 eller 50,77 millisekunder). Posisjonen i multirammen kan lett bestemmes av
- 20 mobilenheten, og den viktige verdi t_f kan velges.

Verdier $t_2 = T_2 - (n_2 t_f + Q_c)$, $t_3 = T_3 - (n_3 t_f + Q_d)$ og $t_4 = T_4 - (n_4 t_f + Q_e)$ kan utlede på lignende måte.

- Verdiene t_1 , t_2 , t_3 og t_4 , frembringer når de multipliseres med forplanthastigheten for radiobølger, verdier d_1 , d_2 , d_3 og d_4 , som er
- 25 differansene mellom veilengden d_a og veilengdene d_b , d_c , d_d og d_e , respektive (se figur 1). Spesielt er $d_1 = d_a - d_b$; $d_2 = d_a - d_c$; $d_3 = d_a - d_d$; og $d_4 = d_a - d_e$.

Man vil forstå at mobilenheten ikke har noen mulighet til å detektere GPS-synkroniseringspulsen selv, ettersom den ikke er en GPS-mottaker.

- Ankomsttidene for prøvesekvensen kan derfor bare måles i forhold til hverandre,
- 30 ikke mot en absolutt tidsskala, og derfor er den tid t_a det tar prøvesignalet å nå mobilenheten M fra basisstasjonen A, ukjent. Avstanden d_a til mobilenheten M fra basisstasjonen A (som ganske enkelt er den avstand radiobølgene forplanter seg i

denne ukjente tiden t_a) kan ikke utledes direkte (og likeledes for basisstasjonene B, C, D, E). De relative ankomsttidene indikerer bare at basisstasjon B for eksempel, er lenger fra mobilenheten M enn basisstasjonen A med en avstand $d_a = d_a - d_b$.

- 5 For å gjøre mobilenheten i stand til å beregne sin posisjon, må den kjenne posisjonen til basisstasjonene i sitt område. Denne informasjonen kan overføres til mobilenheten ved enden og bruke en «cellekringkast»-melding eller en kortmeldingstjeneste (SMS) som er tilveiebrakt i noen celledelte systemer; begge har mulighet til meldingslengder opptil 160 tegn. Informasjon sendt til
- 10 mobilenheten fra en basisstasjon, ville innbefatte: basisstasjonens koordinater og informasjon om nabo-basisstasjonene, slik som deres posisjoner og deres forskyvninger (taktstyringen av prøvesekvensen i forhold til en universal standard, eller i forhold til den betjenende basisstasjon), et flagg for å indikere om en basisstasjon var
- 15 nøyaktig synkronisert, tidspunkt og dato.

- Den betjenende basisstasjon A sender ikke bare sine egen detaljer, men også detaljer om sine naboer B, C, D, E. Mobilenheten M kan så få all den informasjon den trenger uten å måtte overleveres til de andre basisstasjonene. Den hastighet som slik informasjon blir kringkastet med, ville måtte bli
- 20 dimensjonert for å tillate mobilenheten å beregne sin posisjon hurtig. Dette ville være særlig viktig hvis en sporingstjeneste skal gjøre bruk av informasjonen. «Kortmeldingstjenesten» (SMS) som er tilgjengelig i GSM-systemet, kunne brukes når en kunde innledningsvis ber tjenesten om å tilveiebringe autentisering og hindre uautorisert bruk. Straks en kunde er blitt godkjent som en bruker, kunne så
- 25 SMS sende en siffreringsnøkkel til mobilenheten for å tillate den å dekode cellekringkast-meldingen. Dette systemet ville være relativt sikkert ettersom meldingene som passerer over radiogrensesnittet, allerede er beskyttet av GSM's kodesystem.

- SMS kan istedet brukes av cellekringkast-systemet til å overføre all
- 30 informasjon om basisstasjonenes posisjon til en mobilenhet og tillate den å beregne sin posisjon. Denne metoden vil være mindre utsatt for svindel cellekringkasting, ettersom SMS er et punkt til punkt system. det største antall

meldinger som er nødvendig for å nå et potensielt stort antall mobilenheter, kan imidlertid vise seg å være for nettet. Et annet problem med et SMS-basert system, er å identifisere hvilke detaljer ved basisstasjonenes beliggenheter som skal sendes til en spesiell mobilenheten uten først å vite hvor mobilenheten er. En

5 mobilenhets betjenende basisstasjon-identitet ville derfor måtte være kjent av nettet før informasjonen vedrørende dens nabostasjoner kan sendes over SMS.

En springstjeneste ville kreve bruken av SMS som stammer fra mobilenheten hvis posisjonen skulle sendes inn til fjerntliggende sentral, for eksempel nødtjenestene eller en flytstyringssentral. Posisjonsinformasjon sendt

10 fra mobilenheten kan innbefatte et tidsstempel for å ta hensyn til forsinkelser i SMS-nettet og mobilenhetens bevegelse.

Posisjonsbestemmelsen ut fra tidsdifferanser vil nå bli beskrevet i detalj. Man vil av det følgende se at fem basisstasjoner er det minimum som er nødvendig for å sikre et utvetydig resultat i tre dimensjoner hvis absolutt avstand

15 ikke er kjent for noen av dem. Hvis bare to dimensjoner tas i betraktning, er det tilstrekkelig med fire basisstasjoner.

Figur 2 viser den informasjon som er tilgjengelig for mobilenheten. Verdiene X , Y og Z representerer mobilenhetens posisjon i tre dimensjoner, som skal beregnes. Verdiene X_a , o.s.v., indikerer de kjente posisjonene til

20 basisstasjonene, som er sendt til mobilenheten M og over BCCH.

Betrakt fem basisstasjoner:

- Basisstasjon A ved (X_a, Y_a, Z_a) : avstand til mobilenheten er d_a
- Basisstasjon B ved (X_b, Y_b, Z_b) : avstand til mobilenheten er d_b
- Basisstasjon C ved (X_c, Y_c, Z_c) : avstand til mobilenheten er d_c
- 25 Basisstasjon D ved (X_d, Y_d, Z_d) : avstand til mobilenheten er d_d
- Basisstasjon E ved (X_e, Y_e, Z_e) : avstand til mobilenheten er d_e

Mobilenheten avsøker basisstasjonene og måler tidsdifferansene t_1, t_2, t_3, t_4 mellom den betjenende basisstasjon og hver omgivende basisstasjon, som beskrevet ovenfor. Disse tidsdifferansene er direkte proporsjonale med

30 veilengde-forskjellene $d_i = t_i c$, hvor c er forplantningshastigheten for radiobølger, tilnærmet 300 meter pr mikrosekund. Dermed kan mobilenheten beregne d_i til d_4 , hvor:

$$d_1 = d_a - d_b$$

$$d_2 = d_a - d_c$$

$$d_3 = d_a - d_d$$

$$d_4 = d_a - d_e$$

- 5 De følgende fem ligninger representerer mobilenhetens posisjon, basert på ligningen for en kule:

$$(x - X_a)^2 + (y - Y_a)^2 + (z - Z_a)^2 = d_a^2 \quad \text{- ligning (1)}$$

$$(x - X_b)^2 + (y - Y_b)^2 + (z - Z_b)^2 = d_b^2 \quad \text{- ligning (2)}$$

$$(x - X_c)^2 + (y - Y_c)^2 + (z - Z_c)^2 = d_c^2 \quad \text{- ligning (3)}$$

$$10 \quad (x - X_d)^2 + (y - Y_d)^2 + (z - Z_d)^2 = d_d^2 \quad \text{- ligning (4)}$$

$$(x - X_e)^2 + (y - Y_e)^2 + (z - Z_e)^2 = d_e^2 \quad \text{- ligning (5)}$$

Nå er $d_1 = d_a - d_b$. Omskrevet som $d_1 - d_a = -d_b$, og kvadrering av begge sider gir:

$$d_1^2 - 2d_1d_a + d_a^2 = d_b^2 \quad \text{Ligning (6)}$$

15

Sett (1) og (2) inn i (6):

$$d_1^2 - 2d_1d_a + (x - X_a)^2 + (y - Y_a)^2 + (z - Z_a)^2 = (x - X_b)^2 + (y - Y_b)^2 + (z - Z_b)^2$$

- 20 Omordning for å sette kjente variable på høyre side, gir:

$$-d_1d_a - x(X_a - X_b) + y(Y_a - Y_b) + z(Z_a - Z_b) = k_1/2 \quad \text{Ligning (7a)}$$

Hvor k_1 består av de kjente verdiene:

$$k_1 = -d_1^2 - X_a^2 - Y_a^2 - Z_a^2 + X_b^2 + Y_b^2 + Z_b^2$$

25

For enkelthets skyld definerer vi:

$$X_{ab} = X_a - X_b,$$

$$Y_{ab} = Y_a - Y_b,$$

og $Z_{ab} = Z_a - Z_b,$

30

Ligning 7A blir

$$-d_1d_a - xX_{ab} - yY_{ab} - zZ_{ab} = k_1/2 \quad \text{Ligning (7)}$$

Gjentakelse av denne prosessen med ligningene (3) til (5) gir:

Basisstasjon A og C

$$-d_2d_a - xX_{ac} - yY_{ac} - zZ_{ac} = k_2/2 \quad \text{Ligning (8)}$$

5 Hvor: $k_2 = -d_2^2 - X_a^2 - Y_a^2 - Z_a^2 + X_c^2 + Y_c^2 + Z_c^2$

Basisstasjon A og D

$$-d_3d_a - xX_{ad} - yY_{ad} - zZ_{ad} = k_3/2 \quad \text{Ligning (9)}$$

Hvor: $k_3 = -d_3^2 - X_a^2 - Y_a^2 - Z_a^2 + X_d^2 + Y_d^2 + Z_d^2$

10

Basisstasjon A og E

$$-d_4d_a - xX_{ae} - yY_{ae} - zZ_{ae} = k_4/2 \quad \text{Ligning (10)}$$

Hvor: $k_4 = -d_4^2 - X_a^2 - Y_a^2 - Z_a^2 + X_e^2 + Y_e^2 + Z_e^2$

15 Omordning av ligning (7) uttrykt ved d_a :

$$d_a = -1/d_1(k_1/2 + xX_{ab} + yY_{ab} + zZ_{ab}) \quad \text{Ligning (11)}$$

Innsetting av (11) i (8) leder til:

Ligning (12)

$$x(X_{ab}d_2 - X_{ac}d_1) + y(Y_{ab}d_2 - Y_{ac}d_1) + z(Z_{ab}d_2 - Z_{ac}d_1) - (d_1k_2 - d_2k_1/2) = 0$$

20

Innsetting av (11) i (9) leder til:

Ligning (13)

$$x(X_{ab}d_3 - X_{ad}d_1) + y(Y_{ab}d_3 - Y_{ad}d_1) + z(Z_{ab}d_3 - Z_{ad}d_1) - (d_1k_3 - d_3k_1/2) = 0$$

Innsetting av (11) i (10) leder til

Ligning (14)

25 $x(X_{ab}d_4 - X_{ae}d_1) + y(Y_{ab}d_4 - Y_{ae}d_1) + z(Z_{ab}d_4 - Z_{ae}d_1) - (d_1k_4 - d_4k_1/2) = 0$

For todimensjonal posisjonering kan alle z-koordinatene ignoreres. Dette vil innføre en feil fordi de fire basisstasjonene og mobilenheten sannsynligvis ikke alle vil være i nøyaktig samme plan. Spesielt er basisstasjonene om mulig

30 montert på båser eller høye konstruksjoner (bygninger eller master bygd for formålet) for å forbedre deres rekkevidde, mens mobilenheter vanligvis opererer nær bakkenivå. Når imidlertid differansene i høyde over havet er små (av

størrelsesorden lik systemets nøyaktighet som en helhet) vil feilen være ubetydelig.

Underkastet disse begrensningene kan vi nå løse i to dimensjoner ved å overse z-koordinatene fra ligningene og fra beregningen av uttrykkene k_1, k_2 ,

5 o.s.v. Ligning (12) blir da:

$$x(X_{ab}d_2 - X_{ac}d_1) + y(Y_{ab}d_2 - Y_{ac}d_1) - (d_1k_2 - d_2k_1)/2 = 0$$

og ligning (13) blir:

$$x(X_{ab}d_3 - X_{ac}d_1) + y(Y_{ab}d_3 - Y_{ac}d_1) - (d_1k_3 - d_3k_1)/2 = 0$$

10

Begge disse ligningene representerer rette linjer i x, y-planet. Det punkt hvor disse to linjene krysser hverandre, representerer mobilenhetens posisjon. Dette punktet kan finnes ved å innsette en ligning i den annen.

I tre dimensjoner representerer ligningene (12), (13) og (14) hver plan i
15 rommet. Skjæringen mellom to plan representerer en rett linje, dermed er alle tre ligningene nødvendig for å finne mobilenhetens posisjon (x, y, z) entydig.

Den generelle ligning for et plan er: $Ax + By + Cz + D = 0$

For ligning (12): $A = X_{ab}d_2 - X_{ac}d_1$; $B = Y_{ab}d_2 - Y_{ac}d_1$; $C = Z_{ab}d_2 - Z_{ac}d_1$; og
 $D = -(d_1k_2 - d_2k_1)/2 = 0$

20

For å løse skjæringen mellom de tre plan, må ligningene settes i hessiansk form. For ligning (12):

$$25 \quad n_1^2 = \frac{A^2}{A^2 + B^2 + C^2} \quad n_2^2 = \frac{B^2}{A^2 + B^2 + C^2}$$

$$30 \quad n_3^2 = \frac{C^2}{A^2 + B^2 + C^2} \quad p^2 = \frac{D^2}{A^2 + B^2 + C^2}$$

Planet kan nå ganske enkelt representeres som en vektor:

$$n = -p, \text{ hvor: } n = n_1i + n_2j + n_3k$$

Når alle planene er representert på denne formen, kan skjæringen
35 beregnes.

Det skal bemerkes at meget av den programvare som er nødvendig for å behandle tidsdifferanse-informasjon allerede finnes i mobilenheter. Som nevnt tidligere kan informasjonen om ankomsttid kommuniseres fra mobilenheten til nettet, hvilket tillater at posisjonsbestemmelsesfunksjonen kan utføres av nettet.

- 5 Alternativt kan posisjonsberegningen utføres i selve mobilenheten med meget liten nettadministrasjon. Dette systemet ville kunne understøtte et stort antall brukere ettersom det ikke gjør det nødvendig å foreta anrop, bortsett fra innledende autentiserende SMS-meldinger. Et slikt system ville imidlertid kreve tillegg av spesiell programvare i mobilenheten for å utføre de nødvendige
- 10 beregninger. Forbedringer i signalbehandlingen, for eksempel ved å bruke data hentet fra mobilenhetens utjevner, kan også brukes til å oppløse til bedre enn den $\frac{1}{4}$ biten (0,923 mikrosekunder, ekvivalent med 277 meter) som er nødvendig bare til bitsynkronisering. De data som befinner seg i utjevneren i mobilenheten bør tillate oppløsning til 4 % av en bit, ekvivalent med omkring 50 meter.

- 15 Faktorer slik som flerveis forplantning, radioskygge og fading kan få nøyaktigheten av posisjonsberegningen til å variere med tiden. Det er derfor ønskelig å bruke tidsmidling i posisjonsberegningssalgoritmen for å forbedre nøyaktigheten.

- Det finnes et antall mulige tjenester som kan tilveiebringes som supplement
- 20 til en posisjoneringstjeneste. Store pengesummer blir svindlet fra mobiltelefonindustrien ved ulovlige handlinger, slik som kloning, som er den ulovlige praksis å gi en mobilenhet, vanligvis en som er stjålet, den elektroniske identiteten til en annen, lovlig enhet. Samtaler foretatt fra «klonen» blir så av cellenettet fakturert på den lovlige bruker. Forekomsten av en klon blir vanligvis
- 25 bare detektert når den lovlige bruker får sin regning, eller hvis både klonen og den lovlige bruker forsøker å få tilgang til systemet samtidig. Frembringelse av en innebygd lokaliseringstjeneste ville bety at en stjålet eller ellers mistenkelig mobilenhet, hurtig kan lokaliseres og gjenfinnes.

- Likeledes ville en mobilenhet innebygd i et kjøretøy gjøre det mulig å
- 30 lokalisere kjøretøyet hvis det skulle bli stjålet. For at slike tjenester skal bli effektive, vil programvaren for posisjonsbestemmelsen måtte åpnes ved fjernstyring, enten av de offisielle eiere eller av politiet.

Nøyaktig posisjonsinformasjon ville vise seg uvurderlig for utrykningstjenesten på andre måter. Tjenestene ville gjøre det mulig å dirigere hjelp hurtig og effektivt til en person i nød som ringer inn en nødsamtale fra en mobilenhet som er slik utstyrt. Det kan være ønskelig at kunden har styring over om tjenesten er aktivert, for å unngå at en kunde skal få følelsen av å være under overvåkning av myndigheten. Utrykningstjenestene og andre organisasjoner med store feltstyrker, slik som kommunale tjenesteselskaper, kan selv gjøre bruk av det celledelte nettet istedenfor et privat mobilnett (PMR), og sporingstjenesten ville tillate en kontrollør å overvåke fordelingen av sitt personale i feltet.

10 En sporingstjeneste kan også brukes til å overvåke forflytningen av verdifulle eller følsomme varer. Systemet kan være innrettet for å varsle om avvik fra en forut bestemt rute. En annen anvendelse vil være en alarmtjeneste for å varsle trette togreisende når de når sin hjemmestasjon.

Som fastslått ovenfor, må et signal mottas fra fire basisstasjoner for å tilveiebringe en posisjonsbestemmelse i to dimensjoner (fem basisstasjoner for tre dimensjoner). Det finnes noen tilfeller da færre basisstasjoner er innenfor rekkevidde. I disse tilfeller kan forskjellige supplerende metoder brukes til å oppnå en posisjonsbestemmelse.

I et mulig arrangement kan mobilenheten bli tvunget til overlevering fra den aktuelle betjenende basisstasjonen A til en nabo-basisstasjon, for eksempel basisstasjonen B (se figur 1). Denne basisstasjonen vil ha en annen «naboliste» enn basisstasjonen A (selv om listen vil ha flere basisstasjoner felles). Mellom de to nabolistene kan det være tilstrekkelig basisstasjoner innen rekkevidde av mobilenheten til at en bestemmelse kan foretas. Basisstasjonene i hver naboliste vil hver ha sine forskyvninger bestemt i henhold til den respektive basisstasjon A eller B, men dette kan tas hensyn til fordi forskyvingen for en basisstasjon B i forhold til basisstasjon A er kjent, siden de er i hverandres nabolister.

Andre supplerende fremgangsmåter kan også anvendes. For eksempel kan den absolutte avstand til den aktuelle betjenende basisstasjon utledes fra taktfremføringen; d.v.s. den størrelse med hvilken mobilenhetens utsendelser må fremskyndes i forhold til de signaler som mottas fra basisstasjonen, slik at de ankommer ved basisstasjonen i den korrekte tidsluke. Dette er bare nøyaktig til

omkring 600 meter, og taktfremskyndingen blir normalt bare beregnet når en samtale er i gang, ikke når mobilenheten er i ventestilling.

Som vist på figur 1 for basisstasjon A, kan en eller flere celler være sektorinndelt, d.v.s. at basisstasjonen har flere antenner som hver betjener et
5 begrenset asimutområde, typisk 60 eller 120°. Identifikasjon av sektoren A1 som betjener mobilenheten, kan brukes til å identifisere hvilken løsning av ligningene som er korrekt. Denne fremgangsmåten er imidlertid ikke praktisk når basisstasjonen har en allrettet antenne, eller når to eller flere mulige resultater alle
inntreffer i samme sektor A1. Siden sektorinndelingen er asimutal, vil den spesielt
10 ikke løse en tvetydighet i z-koordinaten (høyde). Det er videre en mulighet for at en side- eller bak-lobe for sektorantennen kan detekteres.

En ytterligere mulighet er å identifisere, fra de mulige løsninger, den som er nærmest den tidligere identifiserte posisjon av mobilenheten som den som mest sannsynlig er den nye. Dette kan være rimelig pålitelig hvis mobilenheten
15 forflytter seg langsomt sammenlignet med tiden mellom posisjonsoppdatering.

Figur 1 viser også en mikrocelle H. Mikroceller er meget små celler som betjenes av basisstasjoner med lav effekt, ofte montert godt under taknivå eller endog innendørs for å tilveiebringe ytterligere dekning på steder med meget stor etterspørsel. Det er meget sannsynlig at en GPS-mottaker ikke ville virke i en slik
20 basisstasjon ettersom den ikke vil være litt synlig for satellittene, samtidig som omkostningene forbyr det. Fordi antennen til mikrocellen H dessuten med stor sannsynlighet befinner seg ved et lavt nivå eller innendørs, er det sannsynlig at en mobilenhet innen rekkevidde av en mikrocelle-basisstasjon ikke er innenfor radiorekkevidden av så mange som fire basisstasjoner, og er kanskje ikke
25 innenfor rekkevidden til andre basisstasjoner enn den som betjener mikrocellen H. Fordi mikrocellen H bare dekker et meget lite område, kan den informasjon at mobilenheten M er innenfor området til mikrocellen H, gi tilstrekkelig nøyaktighet til å lokalisere mobilenheten med den samme nøyaktighet som det grunnleggende system.

30 Alle disse supplerende prosessene har mulighet for systematiske feil og mindre nøyaktighet enn det grunnleggende system, og krever også ytterligere behandling, men de kan brukes enkeltvis eller i kombinasjon for å opprettholde

tjenesten når færre basisstasjoner enn de minst fire (fem) er innenfor mobilenhetens rekkevidde.

GPS-systemet har systematiske feil som resulterer i en nøyaktighet på omkring 100 meter. For noen anvendelser, slik som oppmåling, er det nødvendig med større nøyaktighet, og et system kjent som «differensiell GPS» er blitt utviklet for å oppnå dette. Dette medfører anbringelse av en GPS-mottaker ved en nøyaktig kjent «radiofyr»-posisjon og måling av feilen i dettes posisjon målt ved hjelp av GPS. Idet denne feilverdien så blir sendt til andre brukere, posisjonsbestemmelssystemet ifølge foreliggende oppfinnelse krever at et betydelig antall basisstasjoner er utstyrt med GPS-mottakere for å tilveiebringe nøyaktige synkroniseringssignaler. Siden basisstasjonenes posisjoner i det celledelte systemet er fast, kan de bestemmes ved hjelp av andre midler med stor nøyaktighet, noe som gjør at de kan brukes til å tilby en slik differensiell GPS-radiofyr-tjeneste.

PATENTKRAV

1. Fremgangsmåte for å bestemme posisjonen til en mobilenhet (M) i et celledelt radiosystem som har et antall basisstasjoner (A, B, C, D, E), omfattende
5 de trinn å bestemme differansene i tid mellom basisstasjonenes utsendelser målt ved mobilenheten (M), å bestemme ut fra tidsdifferansene, differansene i avstand til mobilenheten (M) fra hver av basisstasjonene, og å utlede mobilenhetens (M) posisjon fra differansene i avstand som er bestemt på denne måten, karakterisert ved at tidsdelings-rammestrukturen til styrekanalene for
10 minst noen av basisstasjonene (A, B, C, D, E) som er innenfor radiorekkevidde av mobilenheten (M), er synkronisert, og at mobilenheten (M) bestemmer differansene i tid ved mobilenheten (M) for et karakteristisk trekk ved tidsdelings-rammestrukturen som kringkastes over styrekanalen til hver basisstasjon.
- 15 2. Fremgangsmåte i henhold til krav 1, karakterisert ved at hvis færre enn det minste antall basisstasjoner (A, B, C, D, E) for unik definisjon av dens posisjon, blir detektert av mobilenheten (M), blir den taktfremskyvning som er nødvendig for kommunikasjon med den betjenende basisstasjon (A), brukt til å utlede avstanden mellom mobilenheten (M)
20 og den betjenende basisstasjon (A).
3. Fremgangsmåte i henhold til krav 2, karakterisert ved at hvis færre enn det minste antall basisstasjoner (A, B, C, D, E) for unik definisjon av dens posisjon, blir detektert av mobilenheten (M),
25 blir informasjon vedrørende retningen av mobilenheten (M) i forhold til en eller flere av basisstasjonene (A, B, C, D, E) i tillegg brukt til å identifisere den korrekte posisjon.
4. Fremgangsmåte i henhold til noen av de foregående krav, karakterisert ved at det karakteristiske trekk som brukes er et
30 prøvesignal utsendt av hver basisstasjon, og at mobilenheten (M) identifiserer

korrelasjoner mellom de signaler som mottas fra hver basisstasjon (A, B, C, D, E), med et referanse-prøvesignal som er lagret i mobilenheten (M).

5. Fremgangsmåte i henhold til krav 4,

- 5 karakterisert ved at det celledelte radiosystem opererer i henhold til GSM-standarden, og at prøvesignalet er den synkroniseringsskur (SCH) som utsendes i henhold til denne standarden.

6. Fremgangsmåte i henhold til krav 4 eller 5,

- 10 karakterisert ved at den først identifiserte korrelasjon for referansesignalet som svarer til den mest direkte signalvei, blir brukt til avstandsberegning.

7. Fremgangsmåte i henhold til noen av de foregående krav,

- 15 karakterisert ved at den utledede posisjon blir tidsmidlet.

8. Fremgangsmåte i henhold til noen av de foregående krav,

- karakterisert ved at en eller flere av antallet basisstasjoner i det celledelte radiosystem har en meget kort rekkevidde, og at hvis mobilenheten (M) 20 blir funnet å være innenfor området til en av basisstasjonene med begrenset rekkevidde, blir mobilenhetens (M) posisjon bestemt som posisjonen til vedkommende basisstasjon med begrenset rekkevidde.

9. Mobilenhet for bruk i et celledelt radiosystem der mobilenheten (M) omfatter

- 25 et apparat for å bestemme mobilenhetens (M) posisjon; idet apparatet omfatter en anordning for å detektere tidsdifferanser for signaler mottatt fra forskjellige radio-basisstasjoner, og en anordning for å bestemme, ut fra tidsdifferansene, differansene i avstand til mobilenheten fra hver av basisstasjonene; og en anordning for å utlede, fra avstandsdifferansene, posisjonen til mobilenheten (M), 30 karakterisert ved at mobilenheten (M) har en anordning for å bestemme differansene i tid ved mobilenheten (M) for et karakteristisk trekk ved

en tidsdelings-rammestruktur som kringkastes synkront over styrekanalen til hver basisstasjon.

10. Mobilenhet i henhold til krav 9,

- 5 karakterisert ved en anordning for å utlede avstanden mellom mobilenheten (M) og den betjenende basisstasjon (A) fra den taktfremskynding som er nødvendig for kommunikasjon med den betjenende basisstasjon (A), hvis færre enn det minste antall basisstasjoner (A, B, C, D, E) for unik identifisering av dens posisjon, blir detektert av mobilenheten (M).

10

11. Mobilenhet i henhold til krav 10,

karakterisert ved en anordning for å bestemme retningen av mobilenheten (M) i forhold til en eller flere av basisstasjonene (A, B, C, D, E) hvis færre enn det minste antall basisstasjoner (A, B, C, D, E) for unik identifisering av
15 dens posisjon, blir detektert av mobilenheten (M).

12. Mobilenhet i henhold til krav 10 eller 11,

karakterisert ved en anordning for å motta data vedrørende basisstasjonenes posisjon.

20

13. Mobilenhet i henhold til noen av kravene 9-12,

karakterisert ved at den opererer i henhold til GSM-standard, og ved at det karakteristiske trekk er den synkroniseringsskur (SCH) som utsendes i henhold til denne standarden.

25

14. Mobilenhet i henhold til noen av kravene 9 til 13,

karakterisert ved en anordning for å identifisere de basisstasjoner (A, B, C, D, E) som er innenfor mobilenhetens (M) radiorekkevidde.

- 30 15. Mobilenhet (M) i henhold til noen av kravene 13 eller 14, i kombinasjon med et celledelt radionett, hvor radionettet omfatter et antall basisstasjoner (A, B, C, D,

E) som opererer med styrekanaler som kringkaster synkrone tidsdelings-rammestrukturer,

karakterisert ved en anordning for å identifisere hvilken av basisstasjonene (A, B, C, D, E) som er innenfor radiorekkevidde av mobilenheten (M),

- 5 og en anordning for å sende data vedrørende posisjonen og hver slik basisstasjons (A, B, C, D, E) synkroniseringsforskyvning til mobilenheten (M).

16. Celledelt radionett omfattende et antall basisstasjoner (A, B, C, D, E) som opererer med styrekanaler som kringkaster synkrone tidsdelings-rammestrukturer,

- 10 en anordning for å identifisere hvilke av basisstasjonene (A, B, C, D, E) som er innenfor radiorekkevidde av en spesifisert mobilenhet (M), en anordning for å identifisere differansen i tid mellom signaler som utsendes av basisstasjonene, målt ved mobilenheten (M); en anordning for å bestemme, ut fra tidsdifferansene, differansene i avstand til mobilenheten (M) fra hver av basisstasjonene, og en
- 15 anordning for å utlede, fra differansene i avstand, mobilenhetens (M) posisjon, karakterisert ved at basisstasjonene (A, B, C, D, E) har kringkastings-styrekanaler som opererer med synkroniserte tidsdelings-rammestrukturer med et karakteristisk trekk for deteksjon av mobilenheten (M), og ved at de har anordninger for å motta fra mobilenheten (M) en indikasjon på ankomsttiden ved
- 20 mobilenheten (M) av det karakteristiske trekk som sendes fra hver basisstasjon.

17. Radionett i henhold til krav 16,

karakterisert ved at det er innrettet for å operere i henhold til GSM-standarden, og ved at det karakteristiske trekk er synkroniseringsskuren (SCH)

- 25 som utsendes i henhold til denne standarden.

18. Radionett i henhold til krav 17,

karakterisert ved en anordning for å utlede mobilenhetens (M) avstand fra den betjenende basisstasjonen (A) ut fra den taktfremskyndelse som er

30 nødvendig for kommunikasjon med den betjenende basisstasjon, hvis færre enn det minste antall basisstasjoner for unik identifisering av dens posisjon, blir detektert av mobilenheten (M).

19. Radionett i henhold til krav 17 eller 18,

karakterisert ved en anordning for å bestemme mobilenhetens (M) retning i forhold til en eller flere av basisstasjonene (A, B, C, D, E) hvis færre enn det minste antall basisstasjoner for unik identifisering av dens posisjon, blir detektert av mobilenheten (M).

20. Apparat for å bestemme posisjonen av en mobilenhet (M) som benytter et celledelt radiosystem med et antall basisstasjoner (A, B, C, D, E), idet apparatet omfatter en anordning for å bestemme tidsdifferansene i taktstyringen av

basisstasjonenes drift målt ved mobilenheten (M); en anordning for å bestemme, ut fra tidsdifferansene, differansene i avstand til mobilenheten (M) fra hver av basisstasjonene; og en anordning for å utlede, ut fra differansene i avstand, mobilenhetens posisjon,

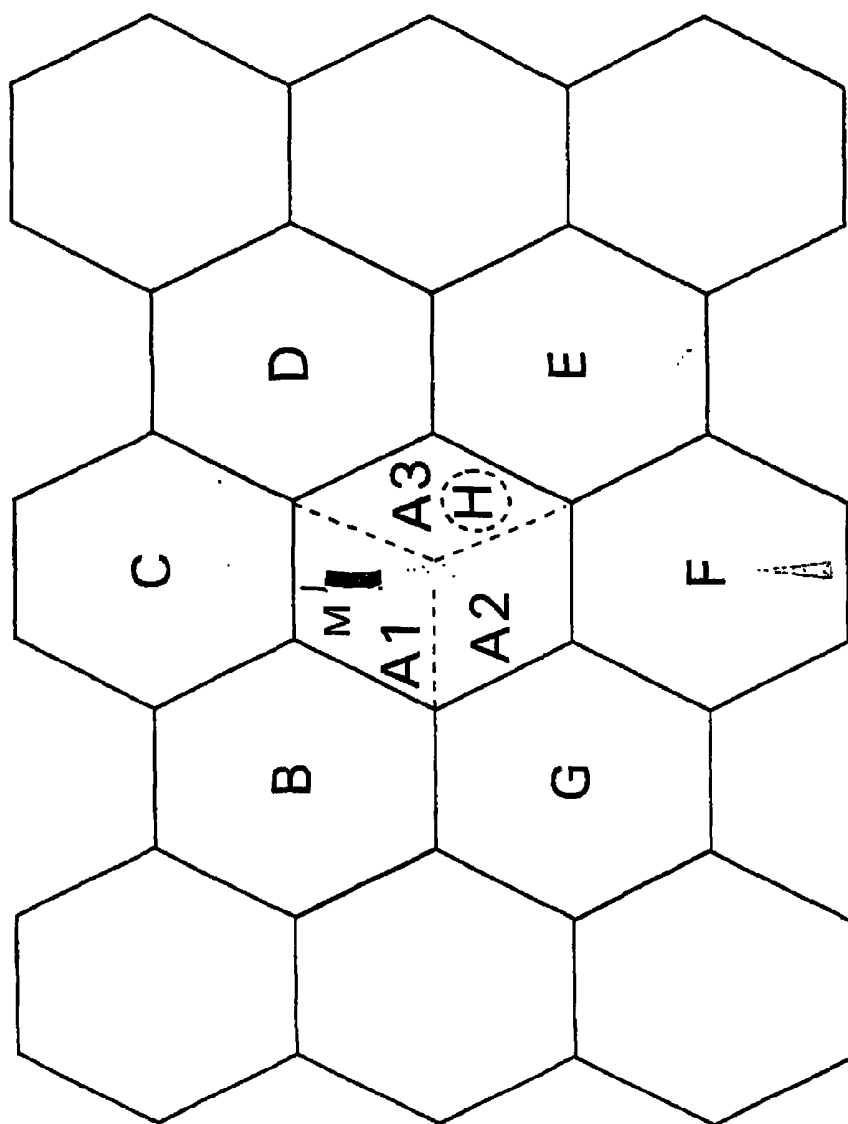
karakterisert ved at apparatet omfatter anordninger i det celledelte radiosystemet for å synkronisere tidsdelings-rammestrukturen for styrekanaler som kringkastes av minst et antall av basisstasjonene (A, B, C, D, E) innenfor radiorekkevidde av mobilenheten (M), og ved en anordning i mobilenheten for å bestemme differansene i tid ved mobilenheten (M) for et karakteristisk trekk ved tidsdelings-rammestrukturen som kringkastes av hver basisstasjons styrekanal.

21. Apparat i henhold til krav 20,

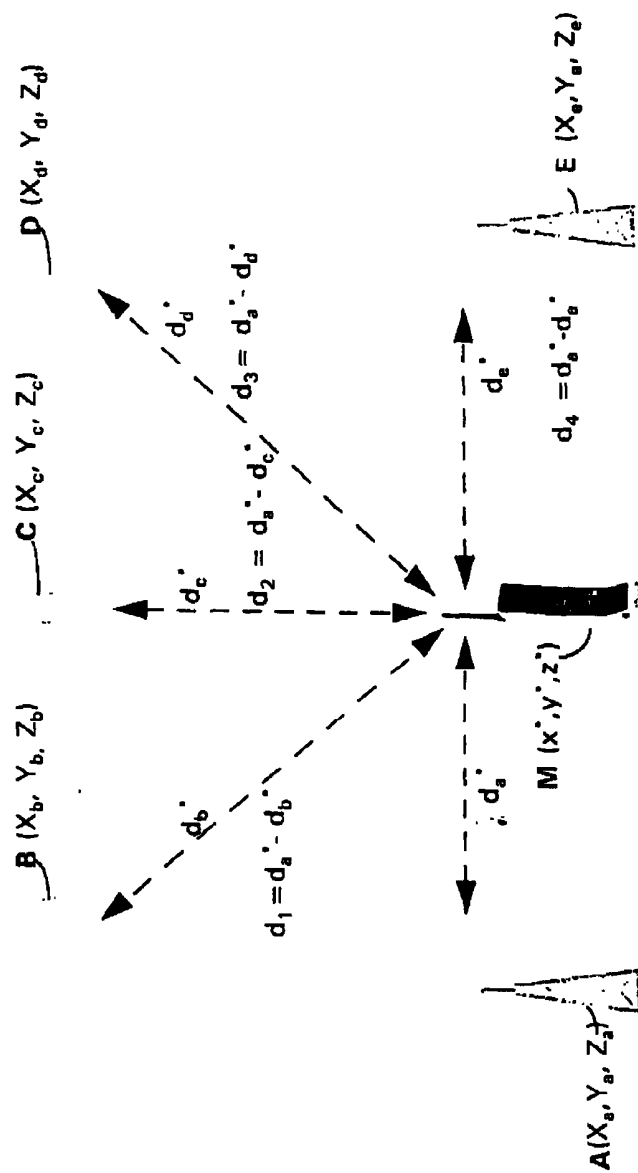
karakterisert ved at anordningen for måling av tidsdifferanser, anordningen for måling av avstandsdifferanser og anordningen for utledning av posisjon utgjør en del av mobilenheten (M).

22. Apparat i henhold til krav 21,

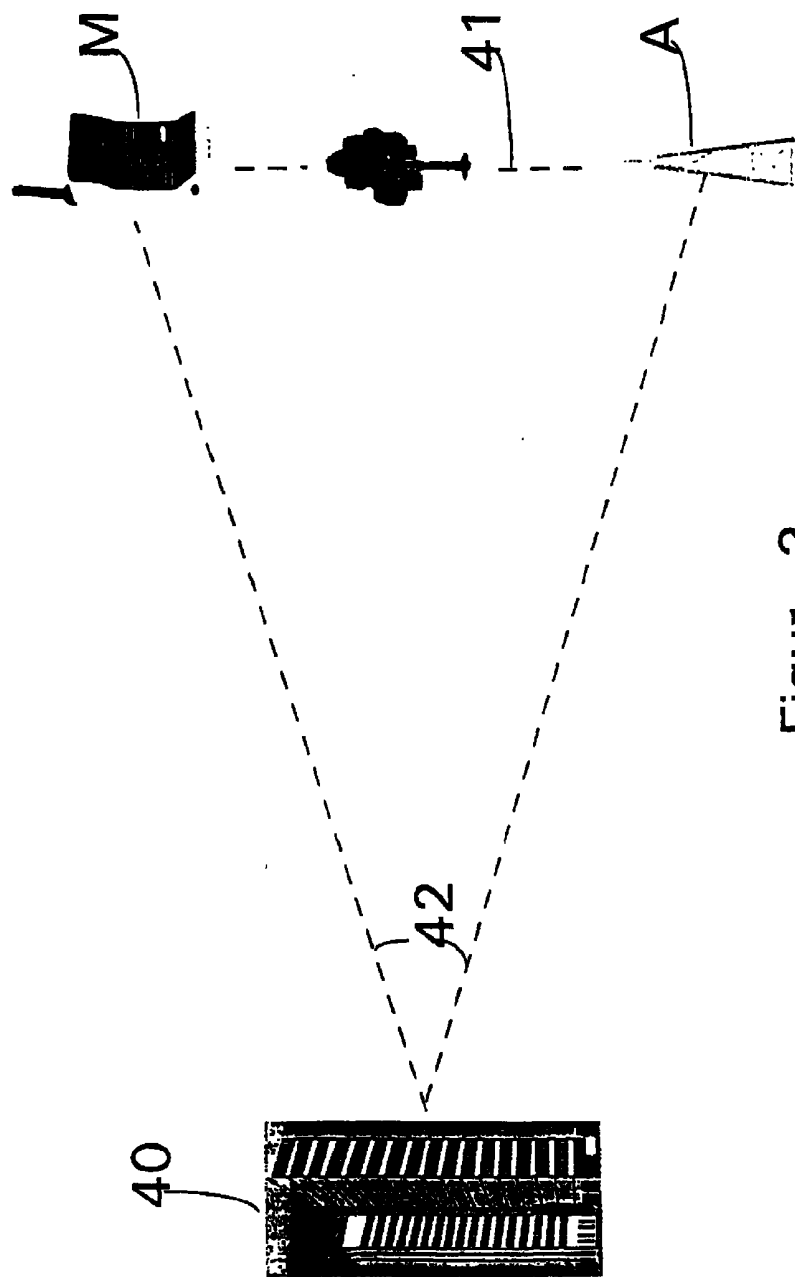
karakterisert ved en anordning for å identifisere de basisstasjoner (A, B, C, D, E) som er innenfor radiorekkevidde av mobilenheten (M), og en anordning for å sende data til mobilenheten (M) vedrørende basisstasjonenes geografiske posisjoner.



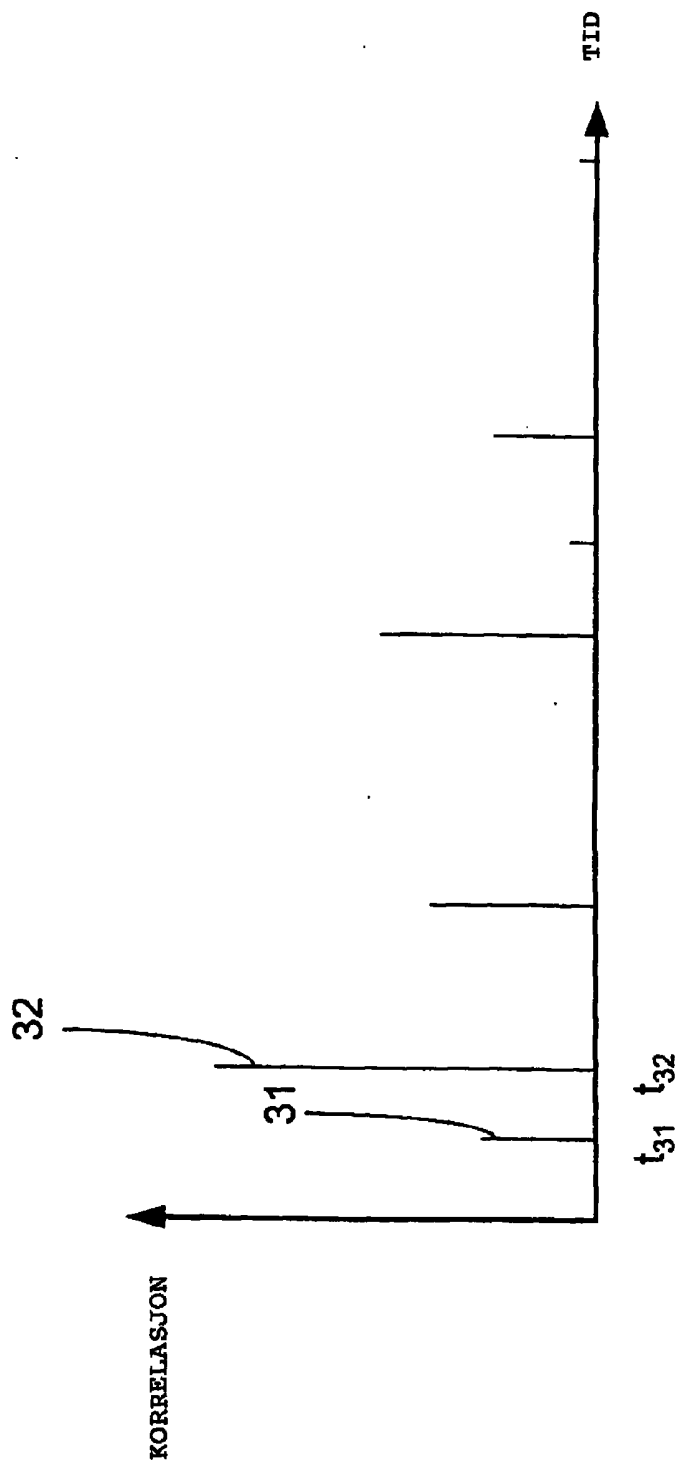
FIGUR 1



FIGUR 2



Figur 3



Figur 4