



## (12) PATENTSKRIFT

Patent- og  
Varemærkestyrelsen

---

- (51) Int.Cl.: **G 01 S 5/06**
- (21) Patentansøgning nr: **PA 1990 00346**
- (22) Indleveringsdag: **1990-02-09**
- (24) Løbedag: **1988-07-28**
- (41) Alm. tilgængelig: **1990-02-09**
- (45) Patentets meddelelse bkg. den: **2002-10-21**
- (86) International ansøgning nr: **PCT/GB88/00617**
- (86) International indleveringsdag: **1988-07-28**
- (85) Videreførelsesdag: **1990-02-09**
- (30) Prioritet: **1987-08-10 GB 8718881 1988-02-18 GB 8803754**
- (73) Patenthaver: **CAMBRIDGE POSITIONING SYSTEMS LIMITED, 13 Station Road, Cambridge CB1 2JB, Storbritannien**
- (72) Opfinder: **Peter James Duffett-Smith, 41 Denmark Road, Cottenham, Cambridgeshire CB4 4QS, Storbritannien**
- (74) Fuldmægtig: **Hofman-Bang Zacco A/S, Hans Bekkevolds Allé 7, 2900 Hellerup, Danmark**
- 

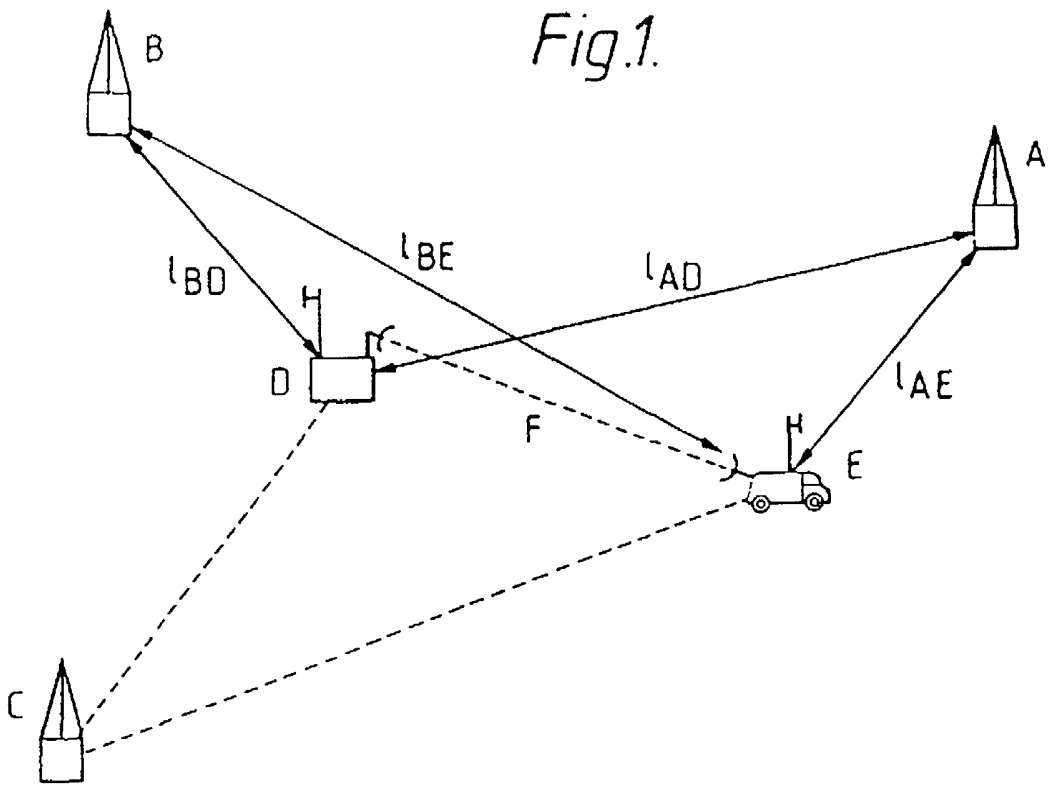
(54) Benævnelse: **Navigations- og springssystem**

(56) Fremdragne publikationer:  
**US A 4054880**

(57) Sammendrag:

Et navigations- og springssystem til overvågning af et bevægeligt objekts bevægelser, omfatter to modtagestationer (D, E), hvor den ene er anbragt på det bevægelige objekt, mens den anden er anbragt på en kendt position. Et antal uafhængige transmissionskilder (A, B, C) transmitterer signaler, hvor antallet af kilder mindst svarer til antallet af dimensioner, hvori bevægelser overvåges. En kobling (F) fører en repræsentation af det eller de modtagne signaler ved en af modtagestationerne (E) til den anden modtagestation (D) og midler (R, S, T, U) ved den anden modtagestation sammenligner signalrepræsentationen og bestemmer faseforskelle eller tidsforsinkelser mellem de modtagne signaler, og deraf ændringer i faseforskelle eller tidsforsinkelser af signalerne, mens objektet bevæges. Objektets bevægelser i forhold til transmissionskilden eller -kilderne og dermed dens position kan herved bestemmes.

Fig.1.



Opfindelsen angår et navigations- og sporingssystem, som anvender af radiobølger eller andre former for rundspredte signaler.

5 Et navigationssystem er et middel, med hvilket en navigatørs position kan bestemmes, enten af navigatøren selv eller ved en anden lokalitet, hvorfra informationerne videregives til navigatøren eller anvendes til at korrigere hans bevægelse fremad. Et sporingssystem er et middel,  
10 med hvilket positionen af et fjernt, bevægeligt punkt kan spores ved en eller flere grundstationer, hvor koordinaterne, der definerer målets position kontinuerligt er tilgængelige for hver af grundstationerne. Der kendes mange forskellige systemer af den art.

15 Der kendes f.eks. konventionelle radionavigationssystemer, som anvender signaler fra to eller flere sæt af specielle radiosendere, hvor disse systemer falder inden for to adskilte kategorier: (1) med tidsreference og (2) med  
20 fasereference.

Systemer i den første kategori omfatter Long Range Navigation System (LORAN-C), hvilket anvendes af den amerikanske kystvagt. Radiotransmissionerne sker i form af radiopulser, hvis ankomsttid ved det bevægelige punkt kan  
25 måles præcist. Navigatøren anvender en speciel modtager til bestemmelse af tidsforskellen mellem modtagelsen af pulserne fra hver af et par af sådanne sendere. Denne information definerer en kurve, hvorpå han må befinde sig,  
30 hvor alle punkter langs kurven har samme afstandsforskel mellem de to sendere. Navigatøren måler derpå tidsforskellen mellem pulsmodtagelsen fra et andet, tilsvarende par af sendere. Informationen definerer en anden kurve og skæringspunktet mellem de to kurver er navigatørens position.  
35 Der er typisk mere end et skæringspunkt, men navigatøren kender sædvanligvis sin position i store træk og

kan således vælge det korrekte eller han kan vælge at anvende signaler fra et tredje par af sendere til entydig bestemmelse af sin position.

5 Systemer i den anden kategori omfatter Decca navigations-systemer. I sådanne systemer er radiotransmissionerne fra et par af sendere kohærente med hinanden, hvilket medfører, at de opretholder et forudbestemt faseforhold hele tiden. I det simpleste tilfælde kan der være tale om kon-  
10 tinuerlige, sinusformede signaler med præcis samme frekvens. De udsendte signaler danner så et interferensmønster, i hvilket kurver af minimum- og maksimumintensitet kan identificeres. Navigatøren måler fluktuationer i intensiteten, mens han bevæger sig rundt. Han måler også  
15 fluktuationer i intensiteten af signaler fra et andet par af kohærente signalsendere. Hvis han kender sin startposition, kan han bestemme sin position på et senere tidspunkt ved at tælle antallet af krydsede liniepar, og derved danne et lineskæringspunkt og derved tilvejebringe  
20 sin position i mønstret af skæringslinier. Et tilsvarende system er angivet i US patentskrift nr. 3 889 264, hvor det viste system består af sendere, som to og to danner gitre af hyperbolske isofaselinier, hvor der kræves to eller flere par (dvs. mindst 3 sendere) til sporing-formål.  
25 mål.

Andre systemer er afhængige af signaler afsendt af det bevægelige objekt, hvis position søges bestemt. US patentskrift nr. 4 651 156 angiver et system, i hvilket po-  
30 sitionen af et bevægeligt objekt måles ved at sammenligne fasen af et tonesignal afsendt fra det bevægelige punkt med et tilsvarende signal afsendt med en faststående sender. US patentskrift nr. 4 169 245 angiver et system til sporing af en bevægelig sender, ved at estimere forskellen i ankomsttid for signaler med to par fysisk adskilte  
35 len i ankomsttid for signaler med to par fysisk adskilte

modtagere, hvor systemet anvender frekvensspredningen, som er forbundet til modulationen af bærebølgen.

5 Det i US patentskrift nr. 3 774 215 angivne system anvender OMEGA-sendere (meget lave frekvenser), som sender til et bevægeligt objekt, hvis modtager detekterer faseforskellen mellem et referencesignal og det modtagne signal. Fasedifferencedata overføres til en kommunikationsstation, hvor de analyseres i en datamat, hvori der bestemmes  
10 positionsdata, som derefter sendes tilbage til det bevægelige punkts modtager.

US patentskrift nr. 4 054 880 angiver et system, der anvender tre sendere, hvor faserne af derfra udsendte signaler sammenlignes med et referencesignal fra en lokaloscillator, hvor de målte fasedifferencedata føres til en central station til korrektion af fasedrift i senderne og referenceoscillatorerne.

20 Formålet med den nærværende opfindelse er at løse den kendte tekniks ulemper, især med hensyn til kravet om særlige sendere og behovet for at tilvejebringe disse parvis.

25 Dette formål opnås ifølge opfindelsen med et navigations- og sporingssystem til overvågning, som er indrettet til at modtage signaler afsendt af et antal transmissionskilder, hvilket antal er større end eller lig med antallet af dimensioner i hvilken bevægelsen af et mobilt objekt  
30 overvåges, der er karakteristisk ved, at systemet omfatter et par af modtagestationer, hvor den ene af modtagestationerne under brug findes på en kendt position, og den anden er anbragt på det mobile objekt; midler til at overføre et koblingssignal fra en af modtagestationerne  
35 til den anden modtagestation, hvor koblingssignalet indeholder information om de transmitterede signaler, der

modtages ved den ene modtagestation, ud fra hvilke faseforskellen eller tidsforsinkelsen mellem de respektive ved modtagestationen modtagne signaler fra transmissionskilderne kan bestemmes; midler ved den anden modtagestation for sammenligning af informationen, der modtages 5 fra den første modtagestation med information om respektive signaler, der modtages direkte fra respektive transmissionskilder, og til bestemmelse af faseforskelle eller tidsforsinkelser mellem de respektive transmitterede signaler der modtages af begge modtagestationerne og på baggrund heraf bestemmelse af ændringen i faseforskellen eller tidsforsinkelsen af signalerne, således at ændringer i position eller positionen af det mobile objekt kan bestemmes.

15

Systemet ifølge opfindelsen adskiller sig således fra kendte systemer, som f.eks. de i indledningen omtalte, ved, (i) at en eller flere sendere anvendes enkeltvis i stedet for parvis, (ii) at signalerne modtages ved to 20 punkter i stedet for ved et, (iii) at det ved det ene punkt modtagne signal overføres til det andet og sammenlignes der til bestemmelse af deres faseforskel eller tidsforskydning, (iv) at der i hovedsagen kan anvendes vilkårlige radiosendere til dette formål, under forudsætning af, at deres position er kendt.

25

Når faseforskelle måles, bestemmes positionen af det mobile objekt ikke absolut, men kun i forhold til en kendt startposition. Desuden må faserne overvåges kontinuerligt, så at de kan spores gennem flertydige cykler af 30 360°. Hver fejl på en cyklus introducerer en positionsfejl, som mindst er i størrelsesordenen 1 bølgelængde. En særlig fordel ved det beskrevne system er, at de anvendte sendere kan have en vilkårlig spektral karakteristik, forudsat at signalerne er kontinuerlige (i betydningen, 35 at signalerne ikke omfatter lange gab - pulssignaler til-

lades, hvis repetitions hastigheden er tilstrækkelig høj). Kontinuerlige, umodulerede bølgeformede signaler vil derfor være tilstrækkelige. Principielt kræves der to sendere til navigation og sporing over et plan, men i praksis  
5 behøves der tre, da den ukendte og variable forskydning mellem referenceoscillatorerne ved modtagestationerne også må måles.

Når signalerne fra senderne er modulerede, gør frekvensspredningen inden for modulationsbåndbredden det muligt  
10 at bestemme den tidsmæssige forsinkelse mellem det transmitterede signal, der modtages ved de to modtagestationer, samt at anvende forsinkelsen i stedet for eller som supplement til fasedifferensmålinger.

15 Hvis systemet primært er et navigationssystem, vil sammenlignings- og positionsbestemmelsesmidlerne med fordel være placeret i modtagestationen på det mobile objekt, men hvis det er placeret i grundstationen, kan positionen  
20 af det mobile objekt signaleres tilbage dertil. Hvis systemet primært er et sporingssystem, er der ikke behov for, at positionen af det mobile objekt signaleres tilbage til objektets modtagestation.

25 Til trods for at transmissionskilderne med fordel kan være radiokilder, især hvis systemet anvendes til sporing af køretøjer, er transmissioner ved enhver frekvens mulige og alle typer bølgeenergi kan anvendes, såsom lyd-signaler, som f.eks. kan anvendes i laboratoriesystemer.

30 I et landbaseret system til positionsbestemmelse inden for et bestemt område af jordens overflade, vil det mindst være påkrævet at anvende to sendekilder, men systemet kan anvendes til bestemmelse af et objekts tilbage-  
35 gelagte afstand, når objektet tvinges til at bevæge sig

ad en forudbestemt vej, hvor der i dette tilfælde kun kræves en enkelt sendekilde.

Når der udføres målinger af faseforskelle, kan de to mod-  
5 tagestationer med fordel konvertere de modtagne signaler  
til grundbåndssignaler ved anvendelse af lokaloscillato-  
rer, som er faselåste til lokalfrekvensstandarder eller  
referenceoscillatorer, og grundbåndssignalet fra en af  
10 modtagestationerne sendes til den anden modtagestation. I  
dette tilfælde er det fordelagtigt, at systemet omfatter  
en yderligere sendekilde til måling af driften af refe-  
renceoscillatorerne eller frekvensstandarderne, men det  
er også muligt at låse referenceoscillatorerne indbyrdes  
ved at anvende transmissionsforbindelsen mellem de to  
15 modtagestationer.

Systemet kan desuden omfatte selve sendekilderne, men da  
der ikke er noget behov for et specielt faseforhold mel-  
lem disse, kan de af systemet anvendte kilder være vil-  
20 kårilige, kendte radiosendere.

Forsinkelsesmålingerne kan f.eks. omfatte anvendelse af

1) amplitudemodulerede signaler i store, mellemstore el-  
25 ler små frekvensbånd, hvilket sædvanligvis optager bånd,  
hver med en bredde på omkring 10 kHz, 2) frekvensmodule-  
rede VHF-udsendelser, som har en bredde på omkring 150  
kHz eller 3) TV-signaler i UHF-båndet, der optager ad-  
skillige MHz. Tidsforsinkelsen mellem signalernes ankomst  
30 til de to modtagestationer fra en moduleret sender kan  
måles med en præcision, der er inverst relateret til  
båndbredden (når de andre parametre holdes konstant).  
Tidsforsinkelsen er en entydig størrelse, da den periodi-  
ske tilbagevenden ved  $360^\circ$  ikke forekommer, hvilket er  
35 tilfældet ved bestemmelse af faseforskel, hvorved tids-  
forsinkelsesmålinger kan anvendes til at bestemme positi-

onen af et bevægeligt objekt uden reference til en startposition.

I begge systemer kan der være fordele ved at placere den stationære modtagestation (grundstationen) på samme position som en af senderne. Dette er især tilfældet, når systemet anvendes til navigation i stedet for sporing og korrelation og databehandling vil med fordel kunne udføres på det bevægelige objekt, hvor der for grundstationen er tilvejebragt en kobling i retning mod det bevægelige objekt. Hvis grundstationen, som sender koblingssignaler til det mobile objekt, har en rundtstrålende udstrålingskarakteristik, kan et vilkårligt antal separate bevægelige objekter anvende de samme koblingssignaler. Dette svarer til, at der i den senere viste ligning 1C f.eks. indsættes  $c = 0$ .

Uanset om grundstationen har samme position som en af senderne eller ej, kan de fra senderen afsendte signaler anvendes til at tilvejebringe koblingen, med passende modifikation, f.eks. i et system, hvor grundstationen modtager signaler fra alle tre sendere og blander signalerne til grundbåndssignaler og fører dem ind til modulation med transmissionssignalerne fra senderen, hvor den er placeret. Det kan være muligt at gøre dette uden at komme i kollision med den normale anvendelse af transmissionssignalerne; f.eks. når senderen er en FM-transmissionsforstærkerenhed kan koblingssignalerne føres ind mellem sidebåndssignalerne, så at den normale modtagelse af FM-signalerne ikke vil påvirkes, men modtageren på den eller de bevægelige objekter er i stand til at uddrage koblingssignalerne fra modulationen og anvende dem til måling af faser eller tidsforsinkelser, som ovenfor beskrevet.

35

Der kan inden for nogle anvendelsesområder være fordele forbundet ved at anvende samme referenceoscillator til såvel senderen som den samboende grundstation. Det kan også være forbundet med fordele at modificere hver sender  
5 som angivet i foregående afsnit. I dette tilfælde har hver bevægelig modtagestation så en indbygget kobling til hvert transmissionssignal det modtager, hvilket giver en betydelig redundans i systemet og dermed øger sikkerheden mod fejl. Når systemet anvendes til at spore positionen  
10 af et bevægeligt objekt, kan det også være fordelagtigt at anvende selve koblingssenderen på det bevægelige objekt som en af de tre trianguleringssendere. Det bevægelige objekt modtager derved udsendte signaler fra to uafhængige fastpositionerede sendere og sender grundbåndsrepræsentationen af deres signaler over koblingen. Grundstationen modtager også signaler fra to fastpositionerede  
15 sendere, men anvender derudover også selve koblingssignalerne, som om de kom fra en tredje fast positioneret sender. Dette er ækvivalent med f.eks. at sætte  $\underline{c} = \underline{r}$  i den senere viste ligning 1C og er også ækvivalent med at anvende forbindelsen til låsning af lokaloscillatorerne.  
20

I det senere gennemgåede eksempel anvendes der kendte VHF-sendere, men naturligt forekommende transmissionskil-  
25 der såsom stjerner, der udsender radiobølger kan også anvendes, især til navigation i rummet.

To eksempler på systemer, der illustrerer opfindelsens principper og et eksempel på et prototypesystem, der er  
30 konstrueret i overensstemmelse med opfindelsen, vil nu blive beskrevet under henvisning til tegningen, på hvilken

fig. 1 viser et typisk arrangement af sendere og modtage-  
35 punkter;

fig. 2 viser hvorledes signaler, som modtages fra senderne, behandles;

fig. 3 viser et arrangement til måling af faseforskellen mellem to signaler;

fig. 4 er et vektordiagram af systemet;

fig. 5 illustrerer et arrangement til bestemmelse af tidsforsinkelse;

fig. 6 illustrerer anvendelsen af en interpolationsfunktion til bestemmelse af tidsforskydning;

fig. 7 og 8 illustrerer henholdsvis foretrukne udførelsesformer for en mobil modtageenhed og en modtageenhed i en grundstation;

fig. 9 illustrerer et korrelations/datamatsystem til analyse af signalerne, som modtages af modtagerenhederne ved det bevægelige punkt og grundstationen;

fig. 10A og 10B viser ved hjælp af rutediagrammer, hvordan signalbehandlingen sker i grundstationsdatamaten til bestemmelse af den vej modtageren på det bevægelige objekt tilbagelægger; og

fig. 11 viser en sporudskrift for en mobil enhed.

Den i fig. 1 viste udførelsesform af et system angår et landbaseret system, som anvender sendere A, B, samt, hvis det er hensigtsmæssigt, en tredje sender C.

Det første eksempel angår et system, hvori faseforskellen anvendes til at spore positionen af en modtager.

Signalerne fra senderen A modtages ved en grundstation D  
 (som findes i en kendt afstand  $l_{AD}$  fra senderen A) og ved  
 det bevægelige punkt E, hvis position søges sporet eller  
 bestemt (og punktet findes i en ukendt afstand  $l_{AE}$  fra  
 5 senderen A). Modtagerne konverterer de indkommende signa-  
 ler, som findes i et modtagebånd med en endelig båndbred-  
 de, til grundbåndet (se nedenfor), hvor signalerne fra  
 det bevægelige punkt E derpå overføres til grundstationen  
 D ved hjælp af en kobling F. Denne kobling F kan f.eks.  
 10 være i form af en tildelt telekommunikationsforbindelse,  
 eller en til formålet oprettet forbindelse, f.eks. i form  
 af en kanal blandt radiotransmitterede telefonsignaler.  
 Ved grundstationen D sammenlignes signalerne, som modta-  
 ges direkte fra A, med signalerne, som modtages ved E til  
 15 bestemmelse af deres faseforskel  $P_A$ . Faseforskellen  $P_A$   
 måles i grader og svarer til værdien:

$$(l_{AD} - l_{AE}) \cdot 360 / \lambda_A = p_A + n \cdot 360$$

20 hvor  $l_{AD}$  er som tidligere angivet,  $l_{AE}$  er afstanden fra A  
 til E,  $\lambda_A$  er centerbølgelængden af modtagebåndet, hvor  
 $-180^\circ \leq p_A \leq 180^\circ$  er den målte faseforskel og n er et helt tal.  
 Denne proces til bestemmelse af  $P_A$  er enten en multipli-  
 kationsproces, en midlingsproces eller en matematisk ana-  
 25 lyse (se nedenfor). Den målte faseforskel kan konverteres  
 direkte til en længdeforskel (modulo en bølgelængde),  
 mens centerbølgelængden  $\lambda_A$  af de modtagne og fra A af-  
 sendte signaler kan bestemmes ved hjælp af vilkårlige  
 kendte midler.

30

På grund af, at forskellen  $(l_{AD} - l_{AE})$  mellem udbredel-  
 sesvejlængderne kan bestemmes, og da  $l_{AD}$  er kendt, er det  
 muligt at beregne mulige værdier for afstanden  $l_{AE}$ . Punk-  
 tet E vil således ligge på en af flere kugleflader (på et  
 35 jordbaseret system, kan disse betragtes som cirkler) med  
 en radius  $l_{AD} - P_A \cdot \lambda_A / 360$ .

De ved D og E modtagne signaler fra senderen B (i et frekvensbånd, hvis centerbølgelængde afviger fra det af senderen A anvendte frekvensbånd) behandles på samme måde  
5 til bestemmelse af deres faseforskel  $P_B$ , hvorved der defineres et andet sæt af cirkler med en radius  $l_{BD} - P_B \cdot \lambda_B / 360$  med centrum ved B, hvor punktet E må ligge på en af disse cirkler, og  $\lambda_B$  er centerbølgelængden for de fra B modtagne signaler. Positionen af E er således et  
10 af skæringspunkterne mellem to cirkler, hvor den ene har centrum ved A og den anden ved B.

For at opnå en entydig bestemmelse af positionen af punktet E, starter sporings- eller navigationsprocessen med  
15 en kalibrering. Det bevægelige objekt E må have kendskab til sin startposition med hensyn til grundstationen D, da den ovenfor omtalte fremgangsmåde resulterer i et flertydigt resultat, da (i) hvert sæt af cirkler har to skæringspunkter, og da (ii) faseforskellene  $P_A$  og  $P_B$  bestemmer radius af cirklerne modulo en bølgelængde og ikke entydigt.  $P_A$  og  $P_B$  kan til at begynde med antage vilkårlige  
20 værdier og kan med fordel sættes til at være nul, f.eks. ved at lade det bevægelige objekt E starte ved D. Når det bevægelige objekt E derefter bevæges bort fra startpositionen ved D, kan værdierne af  $P_A$  og  $P_B$  kontinuerligt  
25 overvåges og disse værdier definerer entydigt til ethvert tidspunkt den øjeblikkelige position af E.

Det kan f.eks. antages, at de sendte signaler fra A og B  
30 begge er centreret omkring en bølgelængde på omkring 3 meter.  $P_A$  og  $P_B$  er til at begynde med begge nul (det bevægelige objekt findes ved grundstationen) og efter nogen bevægelse af E, antager disse henholdsvis værdien  $1620^\circ$  og  $-3240^\circ$ , hvilket svarer til en længdeforskel på henholdsvis 13,5 meter og -27 meter. Vi ved derfor, at E har  
35 bevæget sig fra dens (kendte) startposition på en sådan

måde, at dets afstand fra A er blevet formindsket med 13,5 meter mens dets afstand til B er blevet forøget 27 meter. Dets nye position er derved bestemt.

- 5 Under bevægelsen af E, overvåges fasen tilstrækkelig ofte til at sikre, at der ikke forekommer ændringer på mere end  $180^\circ$  mellem en signaludtagning og den efterfølgende. Hvis der forekommer afbrydelse, enten i signaludsendelsen fra A og B eller koblingen F, kan de senest aftastede
- 10 værdier af fasen anvendes til at interpolere over det afbrudte tidsrum, eller en fejlkorrigerende transmissionsprotokol kan anvendes til at overvinde problemerne, hvis fejlen er i transmissionsforbindelsen. Ellers vil hver introduceret faseændring på  $360^\circ$ , som der ikke er taget
- 15 højde for, resultere i en positionsfejl på mindst en bølgelængde (3 meter i ovennævnte eksempel).

Denne proces med at konvertere signalet til grundbåndet ved D og E er illustreret i fig. 2. Det med antenner G og

20 H modtagne signal fra A multipliceres i mixere I og J med et sinusformet signal, som dannes af lokaloscillatorer K og L. Grundbåndsprodukterne føres til signaludgange ved P og M. Udgangssignalet fra den bevægelige station overføres derpå til grundstationen gennem en kobling F under

25 anvendelse af en sender N og en modtager O og optræder ved Q. Signalerne ved P og Q kan sammenlignes (se nedenfor) til bestemmelse af deres faseforskel. Dette vil afspejle bevægelsen af E, hvilket er beskrevet ovenfor.

- 30 De fra B modtagne signaler behandles på samme vis under anvendelse af et andet sæt af mixere og lokaloscillatorer, hvilket ikke er vist.

Der findes en kombination af mixere og lokaloscillatorer

35 for hver overvåget sender. Alle lokaloscillatorer ved hver station er faselåst til fælles referenceoscillatorer

W og X. Teknologien er på nuværende tidspunkt endnu ikke tilstrækkelig avanceret til konstruktion af referenceoscillatorer W og X med en tilstrækkelig høj stabilitet, så enhver drift i enten den ene eller begge deres frekvenser vil resultere i en tilsvarende ændring i den beregnede faseforskel mellem P og Q. Det kan derfor forekomme, at E tilsyneladende bevæger sig, selvom det i realiteten er stationært.

10 Dette problem kan overvindes ved at anvende en tredje sender C (fig. 1). Signalet derfra modtages ved D og E og anvendes til at korrigere drift i referenceoscillatorerne W og X. Dette medfører, at referenceoscillatorerne begge låses til C. Det har således ingen betydning, at frekvensen af C varierer, da begge referenceoscillatorerne W og X korrigeres med samme værdi, så deres frekvensforskel forbliver uændret.

Bemærk at den (ændrede) udbredelsesvej for forbindelsen F ikke har nogen signifikant effekt på faseforskellen, da signalerne konverteres til grundbåndssignaler (tæt ved frekvensen nul) før de overføres gennem denne forbindelse. Ved at anvende et transmissionssystem med dobbelte sidebånd, sikres systemet overfor fejl af denne art.

25 Alternativt kan den ene referencelokaloscillator låses til den anden gennem transmissionsforbindelsen F.

I praksis behandles signalerne fra A, B og C på præcis samme måde til frembringelse af faserne  $P_A$ ,  $P_B$  og  $P_C$ . Tre ikke-lineære ligninger med to ubekendte koordinater for E og den ukendte fasedrift af W i forhold til X, -kan derpå løses til bestemmelse af de ukendte størrelser. Dette kan forstås af det følgende, som bør læses i sammenhæng med fig. 4.

Hvis A , B og C findes ved vektorpositioner  $\underline{a}$ ,  $\underline{b}$ , og  $\underline{c}$  i forhold til grundstationen D og det bevægelige objekt findes ved en vektorposition  $\underline{r}$ , og hvis de tre sendestationer opererer med centerbølgelængder på  $\lambda_A$ ,  $\lambda_B$  og  $\lambda_C$ , kan man ved at måle  $P_A$ ,  $P_B$  og  $P_C$  bestemme  $\underline{r}$  og  $P_o$  (den varierende faseforskel mellem referencelokaloscillatorerne W og X) fra følgende ligninger:

$$|\underline{r} - \underline{a}| - |\underline{a}| + (q_a - q_o) = 0 \quad 1A$$

$$|\underline{r} - \underline{b}| - |\underline{b}| + (q_b - q_o) = 0 \quad 1B$$

$$|\underline{r} - \underline{c}| - |\underline{c}| + (q_c - q_o) = 0 \quad 1C$$

15 hvor:

$$q_a = \lambda_A P_A / 360, \quad q_b = \lambda_B P_B / 360, \quad q_c = \lambda_C P_C / 360, \quad \text{og}$$

$$q_o = \lambda_A P_o / 360.$$

20

Faseforskellen mellem de ved D og E modtagne signaler kan måles ved anvendelse af en fremgangsmåde, som svarer til den i fig. 3 viste. Signalerne P og Q, som kan have signifikante båndbredder, multipliceres i en multiplikator R. Dette kan f.eks. være en digital korrelator eller en lineær multiplikator. To produkter i fasekvadratur fremkommer som udgangssignaler og midles i lavpasfiltre S og T. Det skal bemærkes, at det i praksis kan være enklere at frembringe to signaler P og P', ved at blande med separate oscillatorer i fasekvadratur før der korreleres med Q i to separate multiplikatorer R og R' til frembringelse af fasekvadraturprodukter S og T. For lethed skyld kan disse midlede produkter betragtes som "sinus" og "cosinus". En datamat U udfører den matematiske proces ved at uddrage den inverse tangensfunktion af brøken sinus/cosinus, hvilket giver en udgangsrepræsentation ved V

af faseforskellen. Denne vil altid blive repræsenteret i området  $-180^\circ$  til  $+180^\circ$ , hvor det som følge heraf er nødvendigt at aftaste signalet tilstrækkeligt ofte til at sikre, at ændringer mellem successive måleværdier er mindre end  $180^\circ$ .

Det ovenfor beskrevne eksempel angår det todimensionale tilfælde, hvor senderne, grundstationen og det bevægelige objekt alle i hovedsagen befinder sig i et plan (f.eks. på jordens overflade inden for et tilpas lille område). Med perfekte referenceoscillatorer vil to sendere være tilstrækkelig til at bestemme positionen af det bevægelige objekt i forhold til dets startposition, mens det i praksis er påkrævet med tre sendere, som ovenfor beskrevet. Større præcision og sikkerhed mod afbrydelser kan opnås ved at anvende flere end dette antal. Den samme teknik kan anvendes til tredimensionelle formål (f.eks. navigation i rummet), når et teoretisk minimum på tre sendere, men fire i praksis, anvendes.

Det andet eksempel vedrører et system, som anvender tidsforsinkelsesmålinger til sporing af positionen af en modtager.

Hvis tidsforsinkelsen mellem signalerne, som modtages ved grundstationen D direkte fra senderen A og via den bevægelige station E, bestemmes som  $t_A$ , og hvis forsinkelsen mellem signalerne, som modtages ved grundstation D direkte fra sender B og via den bevægelige station E er  $t_B$ , kan der løses to ikke-lineære ligninger, når først disse størrelser er blevet målt, til bestemmelse af de ukendte koordinater for den bevægelige station E. Dette kan forstås fra det følgende, som skal læses i sammenhæng med fig. 4.

Hvis A og B findes ved en vektorposition  $\underline{a}$  og  $\underline{b}$  i forhold til grundstationen D og det bevægelige objekt findes ved vektorpositionen  $\underline{r}$ , kan  $\underline{r}$ , hvis  $t_A$  og  $t_B$  måles, bestemmes fra ligningerne:

5

$$|\underline{a}| - |\underline{a} - \underline{r}| - |\underline{r}| + ct_A = 0 \quad 2A$$

$$|\underline{b}| - |\underline{b} - \underline{r}| - |\underline{r}| + ct_B = 0 \quad 2B$$

10 hvor  $c$  repræsenterer lysets hastighed.

Det bør i særdeleshed bemærkes, at positionen af det bevægelige objekt nu kan bestemmes entydigt uden reference til en kendt startposition, således at fremgangsmåden, i  
 15 det mindst i princippet, kan anvendes til at finde startpositionen til en senere sporing på grundlag af fasen.

Tidsforsinkelser kan måles ved vilkårlige tidspunkter uden reference til tidligere måling, og sporing er ikke  
 20 påkrævet.

Desuden tillades senderne at have et bredt udvalg af spektralkarakteristikker, men de må være modulerede, da kontinuerlige, umodulerede sinussignaler ikke tilvejebringer information om tidsforsinkelse. Signalerne behøver ikke at være kontinuerlige og jo bredere deres båndbredde er, jo mere præcist kan tidsforsinkelsen måles. Hvis der er mere end en uafhængig sender på samme senderposition, kan den totale båndbredde, som anvendes til  
 25 transmissionerne, anvendes, som om alle signalerne kom fra en og samme kilde.

I den ovenfor beskrevne fremgangsmåde til måling af tidsforsinkelser, anvendes den maksimale båndbredde til opnåelse af den største præcision.  
 35

I praksis behøves der to sendere til navigation og sporing i et plan, som tidligere beskrevet, hvor forskydningen mellem oscillatorerne i de to modtagestationer er i hovedsagen uden betydning. Hvis der imidlertid overvåges  
5 tre stationer til fasesporingsformål til opnåelse af større præcision, kan præcisionen af positionsbestemmelsen fra tidforsinkelser alene forbedres ved midling. Præcisionen, med hvilken positionen kan bestemmes ved i praksis at anvende tidforsinkelser vil typisk være  
10 mindst én størrelsesorden dårligere end positionsbestemmelse ved anvendelse af fasesporing.

Under henvisning til fig. 5, uddrages grundbåndssignalerne P, P' og Q, som tidligere beskrevet (fig. 2 - hvor det  
15 bør bemærkes, at P i praksis, som tidligere omtalt, omfatter to signaler [P og P'], som er blevet mixet med separate oscillatorer i fasekvadratur) og digitaliseres i 1-bit digitaliseringsenheder a, b og b', der på udgangen har en digital repræsentation af de analoge indgangssignaler.  
20 Samplingsintervallerne ved digitaliseringen skal være mindre end halvdelen af den inverse båndbredde BW for radiosignalerne, dvs.  $t_s < 1/(2BW)$  (Nyquistskriteriet) for at opnå et minimalt informationstab ved samplingprocessen. Bitstrømmene fra a, b og b' forsinkes  
25 i skifteregistre henholdsvis c, d og d'. Registret c har parallelle udgange e, som hver svarer til en forsinkelse på en tidsenhed  $t_s$ . Skifteregistrene d og d' har hver en udgang, som svarer til halvdelen af den maksimale forsinkelse fra c, så at udgangssignalerne fra d og d' tidsmæssigt svarer til udgangssignalet fra e, som er placeret  
30 halvvejs gennem registret c, hvilket er under antagelse af, at signalerne ikke forsinkes yderligere-indbyrdes. Hver af udgangssignalerne e korreleres (en eksklusiv-OR-operation) med bitstrømmen fra d og d', hvor to sådanne  
35 korrelationer er vist med f og f'. En korrelator X har to udgange svarende til korrelationer i fasekvadratur. Disse

integreres i digitale lavpasfiltre  $g$  og  $h$  og resultatet føres til en datamat  $U$ .

Datamaten  $U$  modtager parallelle korrelationer, der som  
5 ovenfor svarer til forsinkelsestrin mellem de to signaler  
i enheder af  $t_s$ . En udskrift af amplituden af kryds-  
korrelationsfunktionen som funktion af tidsforsinkelsen,  
kan have den i fig. 6 viste form. De store prikker repræ-  
senterer de til datamaten tilførte tal, og det kan klart  
10 ses, at korrelationen er størst, hvor den totale tidsfor-  
skydning mellem datastrømmene er nul. I fig. 6 svarer  
dette til en tidsforsinkelse på  $t_s + T$ .

Det er usandsynligt, at et af de diskrete forsinkelses-  
15 trin, som virkelig måles, vil ligge præcis på toppen af  
den påkrævede forsinkelse. I stedet må datamaten tilpasse  
en interpolationfunktion (den i fig. 6 viste kurve) til  
de målte punkter til bestemmelse af den yderligere for-  
skydning  $T$ . Præcisionen, med hvilken interpolationsfunk-  
20 tionens spidsværdi kan bestemmes, er begrænsende for  
fremgangsmådens præcision. Interpolationsfunktionen kan  
beregnes eller bestemmes fra de modtagne signaler.

Fig. 7 til 10 illustrerer forskellige komponenter og  
25 egenskaber med en udførelsesform af systemet, som omfat-  
ter en mobil enhed 1 og en grundstation 2.

Fig. 7 viser en modtager 100 på en bevægelig eller mobil  
enhed, hvor modtageren 100 har en modtageantenne 101, som  
30 modtager signaler fra tre FM-sendere (f.eks. A, B og C,  
der er vist i fig. 1). En trevejssignalsplitter 102 fører  
signalerne fra antennen til tre i hovedsagen ens modtage-  
re 103A, 103B og 103C, hvor hver af disse er indstillet  
til at modtage signaler fra en af senderne. I dette ek-  
35 sempel er de viste modtagere 103A, 103B og 103C indstil-  
let til at modtage signaler  $F_a$ ,  $F_b$  og  $F_c$  med henholdsvis

96 MHz, 92,3 MHz og 89,7 MHz, hvilket svarer til de nominelle centerfrekvenser af tre FM-sendere i det østlige England. Som eksempel på modtagere, som er velegnet til formålet, kan nævnes Sony ICF 2001D.

5

Hver af modtagerne er faselåst til en hovedreferenceoscillator 104 gennem en lokaloscillator 105 til frekvenssyntese, hvor hovedreferenceoscillatoren 105 f.eks. er en stabil krystaloscillator eller en rubidiumfrekvensstandard. Hovedreferenceoscillatoren kan f.eks. give et udgangssignal med en frekvens på 10 MHz og den faselåste lokaloscillator kan have en frekvens på 6,275 MHz på udgangen. Modtagerne fører i dette tilfælde et udgangssignal med en mellemfrekvens på 10,7 MHz til et trevejskombinationskredsløb 106 og det kombinerede signal blandes til et grundbåndssignal i en mixer 107, som anvender en anden lokaloscillator 105' ved 10,7015 MHz, hvor denne lokaloscillator også er faselåst til hovedreferenceoscillatoren 104. Grundbåndssignalet, som har en båndbredde i størrelsesordenen 10 kHz, føres til en koblingssender 108, som derved sender et signal, som indeholder repræsentationer af de tre modtagne signaler, over en koblingssendeantenne 109 til grundstationen 2 (se fig. 8), hvor analysen udføres.

15  
20  
25

Grundstationen 2 har en modtageenhed 200 (se fig. 8), som i det væsentlige er identisk med den tilsvarende enhed i den mobile enhed, hvorfor tilsvarende komponenter har fået et referencenummer, som er forøget med 100. Modtageenheden 200 har imidlertid flere mixere 207A, 207B og 207C, så at grundbåndsprodukterne fra de tre modtagere kan holdes separat. Endelig er hovedreferenceoscillatoren forskudt fra den i den mobile enheds modtager anvendte, så grundbåndssignalerne  $v_A$ ,  $v_B$  og  $v_C$  er flyttet i forhold til grundbåndssignalet  $v_D$  fra mobilenheden med omkring 100 Hz, når den mobile enhed er stationær.

30  
35

Grundstationen 2 omfatter desuden en koblingsantenne 209, hvorigennem en modtager 210 modtager signalet fra den mobile enhed 1. En fasekorrigeringsenhed 211 fjerner forskellige iboende faseskift, som introduceres af koblings-  
5 senderen og modtagekredsløbet og giver et grundbåndssignal  $v_D$  på udgangen. Koblingssenderen og -modtageren kan vælges blandt forskellige typer, men kan med fordel sende og modtage i f.eks. VHF-båndet. Fasekorrigeringsenheden  
10 211 er af en art, som er velegnet til at korrigere den type fasesvar, som svarer til sender- og modtagerkredsløbene. Hvis f.eks. fasesvaret har en bagudrettet tidsforskydning (R-C lag), vil fasekorrigeringsenheden 211 have en fremadrettet tidsforskydningskonfiguration (R-C lead).  
15 I praksis er der tale om mere komplekse fasesvar, men disse kan korrigeres med kendte fasekorrigeringskredsløb.

Til behandling af grundbåndssignalerne har grundstationen 2 et korrelatorafsnit 220 (se fig. 9) til korrelering af  
20 grundbåndssignalerne og en mikrodatamatprocessor 230 til at modtage korrelationsprodukterne og frembringe en visning af positionen og springen af den mobile enhed.

Korrelatorafsnittet 220 har tre korrelatorer 221A, 221B  
25 og 221C til korrelering af grundbåndssignalerne henholdsvis  $v_A$  og  $v_D$ ,  $v_B$  og  $v_D$ , samt  $v_C$  og  $v_D$ . Derved frembringes der kvasisinusformede udgangssignaler ved omkring 100 Hz, hvilket afspejler forskydningen mellem hovedreferenceoscillatorerne 104 og 204. De kvasisinusformede udgangssignaler føres gennem identiske lavpasfiltre 222 til fase-  
30 selåste sløjfer (PLL) 223, hvor "rene" udgaver af de kvasisinusformede signaler frembringes enten i form af sinus- eller firkantsignaler. De fase-låste sløjfer 223 anvender smalle sløjfebåndbredder, f.eks. mindre end 1 Hz  
35 for at fjerne støjefekter i udgangssignalerne fra lavpasfiltrene 222. Faselåste sløjfer 224 modtager udgangs-

signaler fra faselåste sløjfer 223 til dannelsen af et 90° forskudt udgangssignal i forhold til de faselåste sløjfer 223 og de kan have en bredere båndbredde - i størrelsesordenen 10 Hz.

5

De derved frembragte sinus- og cosinusprodukter føres til sample- og holdekredsløb 225 på et kendt grænsefladekort i en mikrodatamat 230, som har en mikroprocessor 231 og en tidsstyreenhed 232, ved hjælp af hvilke data, som re-  
10 præsenterer produkterne manipuleres til dannelsen af et videoudgangssignal, som sendes til en visningsenhed 233. Ved den foretrukne udførelsesform anvendes en skærm til at repræsentere et spor af den af den mobile enhed tilba-  
15 gelagte vej, hvilket er vist i fig. 11, hvor skaleringen er justerbar under datamatstyring og kan vælges blandt et antal af mulige skalaer.

Fig. 10A viser ved hjælp af et rutediagram hovedelementerne af datamatens operationer under programstyring, for  
20 at fremvise en repræsentation på visningsenheden 233 af den mobile enheds tilbagelagte vej. Efter at programmet er blevet indlæst ved trin S01, initialiseres tidsstyreenheden 232 og interne databufferne i datamaten i trin S02 og afbrydelsessignalet for tidsstyringen (se beskrivelsen  
25 nedenfor) sættes i gang i trin S03. Med trin S04 kontrollerer programmet om flag (sat af en separat afbrydelsesrutine - se fig. 10B) er sat eller ej. Hvis flaget er sat, er data i den pågældende buffer legale og konverteres til fasespring i trin S05 og i trin S06 adderes fa-  
30 sespringene til totalen (for hver af kanalerne A, B og C) til frembringelse af en ny total værdi. Positionen af den mobile enhed beregnes i trin S07 og fremvises på visningsenheden 233 i trin S08. Flaget til angivelse af, at den pågældende buffer er fyldt tilbageføres i trin S09 og  
35 programmet springer tilbage til trin S04. Hvis flaget til angivelse af, at den pågældende buffer er fuld ikke de-

tekteres i trin S04, springer programmet tilbage til trin S04 og flaget kontrolleres igen.

I forbindelse med det i fig. 10A viste rutediagram, bør  
5 følgende bemærkes:

(a) Flaget til angivelse af, at den pågældende buffer er fuld sættes af afbrydelsesrutinen, som vil blive beskrevet senere i forbindelse med fig. 10B.

10

(b) Faseforskellen af hver kanal beregnes ved hjælp af ligningen:

$$\text{fase} = \arctan (S/C),$$

15

hvor S og C er spændingsværdier for sinus og cosinus fra de faselåste sløjfer 223, 224.

(c) Det totale faseforløb siden starten må spores, dvs. den af programmet anvendte algoritme må kunne videreføre fasen ud over hovedområdet fra  $-180^\circ$  til  $+180^\circ$ .

20

(d) Beregning af den nærværende position udføres ved hjælp af tre ligninger 1A til 1C, som er beskrevet tidligere. Disse kan løses i programmet ved hjælp af en vilkårlig kendt fremgangsmåde hvor den for tiden foretrukne fremgangsmåde indbefatter anvendelse af Newton-Raphson metoden (se "Numerical Recipes, the art of Scientific Computing", af W. H. Press, Cambridge University Press 1986) til beregning af den øjeblikkelige position, hvilket sker under anvendelse af den forrige position som et startpunkt til iterationen.

25

30

(e) Den til hver kanal anvendte fasesporingsalgoritme er som følger. Hvis  $\phi$  er den totale indtil nu sporede

35

fase og nye dataværdier er S og C (henholdsvis for sinus- og cosinuskanaler), gives faseforøgelsen  $\Delta\phi$  ved:

$$5 \quad \tan \Delta\phi = (S \cos\phi - C \sin\phi) / (S \sin\phi + C \cos\phi)$$

og den nye værdi af den sporede fase er således  $\phi + \Delta\phi$ . Så længe faseforøgelsen ikke er større end  $180^\circ$  eller mindre end  $-180^\circ$  mellem de enkelte  
10 sampler, vil dette være korrekt. Se beskrivelsen nedenfor med hensyn til afbrydelsesservicerutinen for at opnå dette.

Afbrydelsesservicerutinen, med hvilken data fra sample- og holdekredsløbene 225 lagres i en af to buffere og som er vist i rutediagramform i fig. 10B, skal i det efterfølgende beskrives.

Tidsstyreenheden 232, som er tilbageførlig, kan frembringe afbrydelser i programudførelsen (fig. 10A) med regulære intervaller (f.eks. 500 pr. sekund), hvilket bestemmes af programmet. Ved forekomst af en afbrydelse, startes afbrydelsesservicerutinen (trin I01), hvorefter tidsstyreenheden 232 føres tilbage (trin I02). En bufferpegepind, som peger på den adresse i den aktuelle buffer, hvortil efterfølgende data skal lagres forøges eller skiftes (trin I03), og data indlæses derpå fra sample- og holdeskredsløbene 225 (trin I04), og føres ind i den aktuelle buffer (trin I05). Ved trin I05 kontrollerer rutinen, om den aktuelle buffer er fyldt, og hvis dette er tilfældet, sættes flaget (trin I07), hvilket tidligere blev nævnt i forbindelse med operationsprogrammet. Den buffer, hvori data skal lagres, udskiftes (trin I08). Hvis bufferen endnu ikke er fuld, eller når først bufferen er blevet udskiftet, tilbageføres afbrydelsessignalet (trin I09) og  
35 afbrydelsesservicerutinen standser (trin I10), hvorved datamat-

styringen tillades at vende tilbage til hovedprogrammet (fig. 10A).

Der er tilvejebragt to buffere, for at tillade skrivning i den ene under en afbrydelsesrutine, mens der læses fra den anden med hovedprogrammet, der er blevet afbrudt. I nærværende eksempel er bufferstørrelsen og læsehastigheden af sample- og holdekredsløbene valgt således, at hver buffer fyldes på omkring et sekund, mens læsehastigheden er valgt for at sample data tilstrækkeligt, så der sikres mod faseforøgelser, der er større end  $+180^\circ$  og mindre end  $-180^\circ$  mellem hvert sampletidspunkt.

Fig. 11 er en udskrift eller en skærmvisning af et spor af et mobilt system, som bæres af en mand og visende den af ham fulgte vej (i pilens retning). Det ses, at der ved at anvende udstyr ifølge opfindelsen opnås en meget præcis sporing, som kan udskrives i virkelig tid. Irregulariteterne stammer fra bevægelser, fra side til side langs den vej, manden tilbagelægger med antennen. Det kan ses at den opnåede opløsning er så god som en halv meter eller mindre end, hvad der kan opnås ved målinger for hvert 0,1 sekund.

## P a t e n t k r a v :

-----

1. Navigations- og sporingssystem til overvågning; som er  
5 indrettet til at modtage signaler afsendt af et antal  
transmissionskilder (A, B, C), hvilket antal er større  
end eller lig med antallet af dimensioner, i hvilket be-  
vægelsen af et mobilt objekt overvåges, k e n d e -  
t e g n e t ved, at systemet omfatter et par af modta-  
10 gestationer (D, E), hvor den ene af modtagestationerne  
(D) under brug findes på en kendt position og den anden  
(E) er anbragt på det mobile objekt; midler (F) til at  
overføre et koblingssignal fra en af modtagestationerne  
til den anden modtagestation, hvor koblingssignalet inde-  
15 holder information om de transmitterede signaler, der  
modtages ved den ene modtagestation, ud fra hvilke fase-  
forskellen eller tidsforsinkelsen mellem de respektive  
ved modtagestationen modtagne signaler fra transmissi-  
onskilderne kan bestemmes; midler (R, S, T, U) ved den  
20 anden modtagestation for sammenligning af informationen,  
der modtages fra den første modtagestation med informati-  
on om respektive signaler, der modtages direkte fra re-  
spektive transmissionskilder, og til bestemmelse af fase-  
forskelle eller tidsforsinkelser mellem de respektive  
25 transmitterede signaler, der modtages af begge modtage-  
stationerne og på baggrund heraf bestemmelse af ændringen  
i faseforskellen eller tidsforsinkelsen af signalerne,  
således at ændringer i position eller positionen af det  
mobile objekt kan bestemmes.

30

2. System ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved,  
at det yderligere omfatter et antal transmissionskilder,  
hvor antallet mindst svarer til antallet af dimensioner,  
i hvilke bevægelser overvåges.

35

3. System ifølge krav 2, k e n d e t e g n e t ved, at det yderligere omfatter et antal transmissionskilder, hvor antallet mindst svarer til antallet af dimensioner, i hvilke bevægelser overvåges, plus en.

5

4. System ifølge krav 2 eller 3, k e n d e t e g n e t ved, at transmissionerne er moduleret, og at faseforskellen bestemmes.

10

5. System ifølge krav 2 eller 3, k e n d e t e g n e t ved, at transmissionssignalerne er kontinuerlige, umodulerede bølgesignaler, ud fra hvilke faseforskellen bestemmes.

15

6. System ifølge krav 2 eller 3, k e n d e t e g n e t ved, at transmissionssignalerne er modulerede, ud fra hvilke tidsforsinkelsen bestemmes.

20

7. System ifølge krav 2 eller 3, k e n d e t e g n e t ved, at både faseforskelle og tidsforsinkelser bestemmes.

25

8. System ifølge krav 4 eller 5, k e n d e t e g n e t ved, at modtagestationerne konverterer de modtagne signaler til grundbåndssignaler ved anvendelse af lokaloscillatorer, som er faselåste til lokale frekvensstandarder eller referenceoscillatorer (K, L), og at grundbåndssignalerne fra en af modtagestationerne transmitteres til den anden.

30

9. System ifølge krav 8, k e n d e t e g n e t ved, at det desuden omfatter en yderligere transmissionskilde (C) til måling af driften af referenceoscillatorerne eller frekvensstandarderne (K, L).

35

10. System ifølge krav 8, k e n d e t e g n e t ved, at referenceoscillatorerne (K, L) er indbyrdes låste gennem en transmissionskobling mellem modtagestationerne.
- 5 11. System ifølge ethvert af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at en ikke-mobil modtagestation, som er en grundstation, er anbragt på samme position som en af senderne.
- 10 12. System ifølge krav 11, k e n d e t e g n e t ved, at koblingen er tilvejebragt i retning fra grundstationen til det mobile objekt.
- 15 13. System ifølge krav 12, k e n d e t e g n e t ved, at grundstationen har en rundtstrålende udstrålingskarakteristik, hvorved et vilkårligt antal af separate bevægelige objekter kan navigere ved anvendelse af de samme koblingssignaler.
- 20 14. System ifølge krav 2 til 13, k e n d e t e g n e t ved, at transmissionssignalerne fra mindst en af transmissionskilderne anvendes til at tilvejebringe kobling mellem modtagestationerne.
- 25 15. System ifølge krav 11, k e n d e t e g n e t ved, at den samme referenceoscillator anvendes i transmissionskilden og den tilhørende modtagestation.
- 30 16. System ifølge krav 6, k e n d e t e g n e t ved, at midlerne til sammenligning af de signaler, der modtages af modtagestationerne, omfatter midler (a, b, b') til digitalisering af de konverterede signaler og midler (X) til korrelering af de digitaliserede signaler til frembringelse af punktestimater for krydskorrelationsfunktionen.
- 35

17. System ifølge krav 16, k e n d e t e g n e t ved, at en interpolationsfunktion er tilpasset de estimerede punkter af krydskorrelationsfunktionen til bestemmelse af tidsforsinkelsen mellem signalerne.

5

18. System ifølge krav 1-17, k e n d e t e g n e t ved, at de ved hver modtagestation modtagne signaler blandes ved multiplikation med et signal fra en respektiv lokaloscillator.

10

19. System ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at hver modtagestation (D, E) har en referenceoscillator, og som indeholder:

15 midler til udledning af et lokalt referencesignal fra referenceoscillatoren, og

midler til generering af et signal, der er repræsentativt for differencen i frekvens og dermed differencen i faser mellem det lokale referencesignal og signalet modtaget fra hver af transmissionskilderne, hvor de repræsentative signaler der er genereret i en af modtagestationerne overføres som koblingssignal til den anden modtagestation.

25

Fig.1.

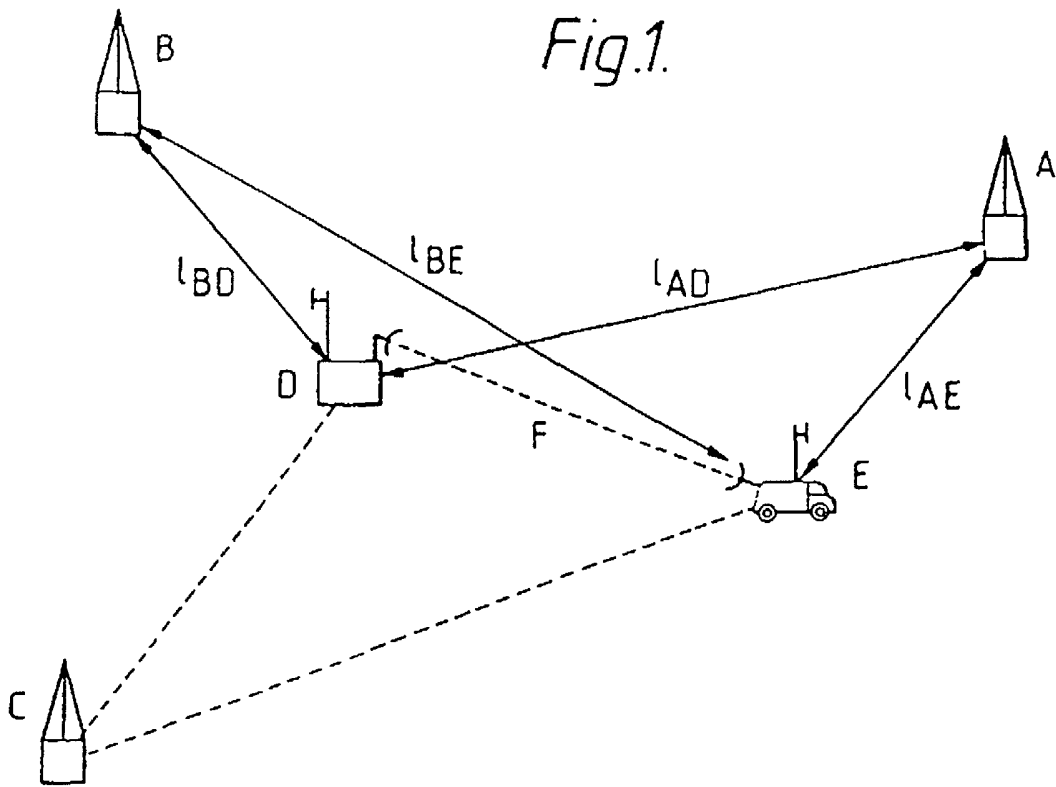


Fig.2.

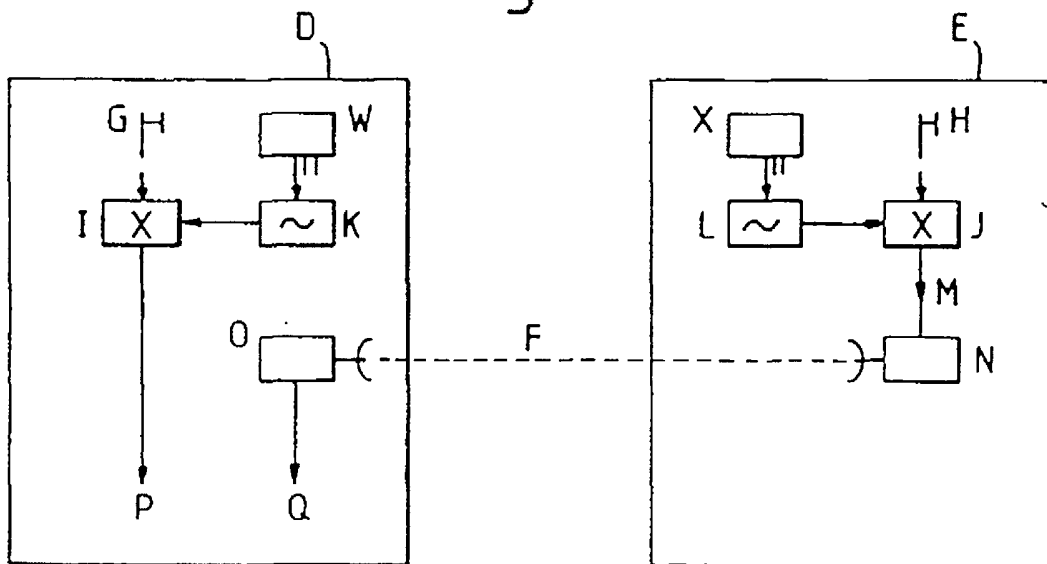


Fig.3.

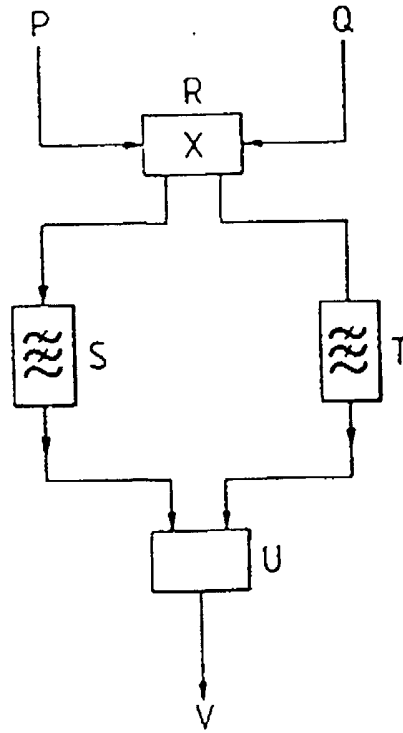


Fig.4.

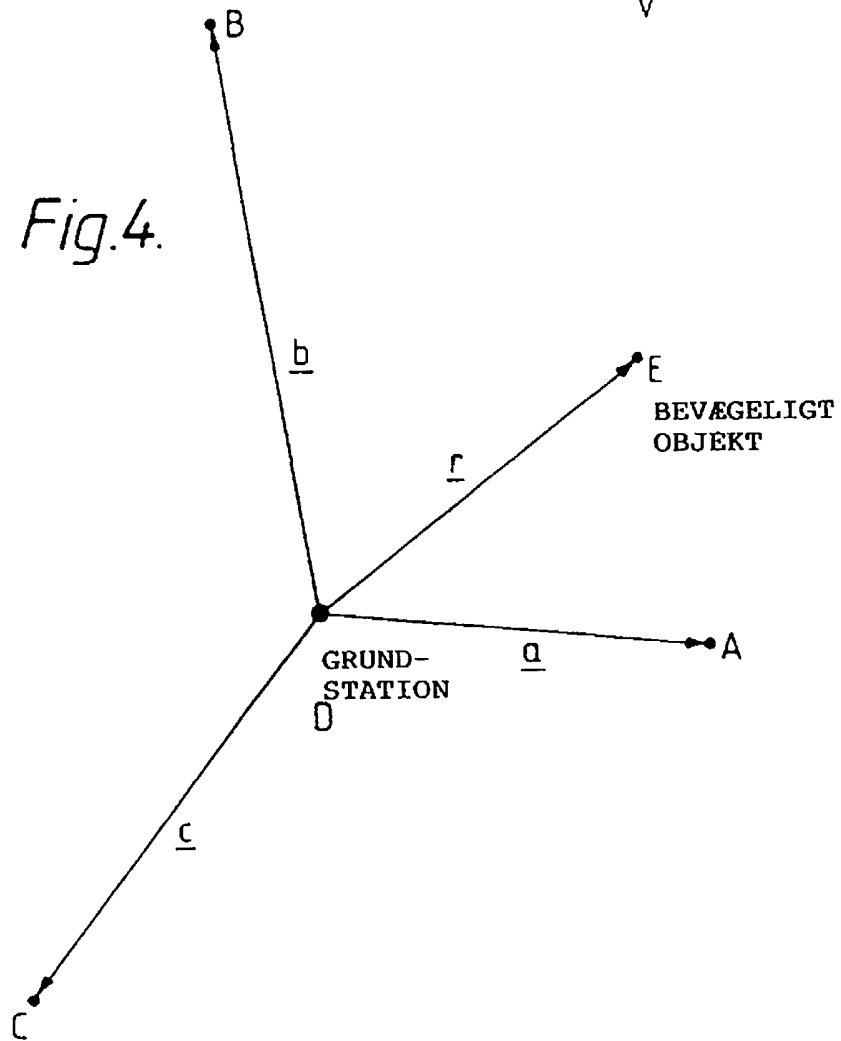


Fig.5.

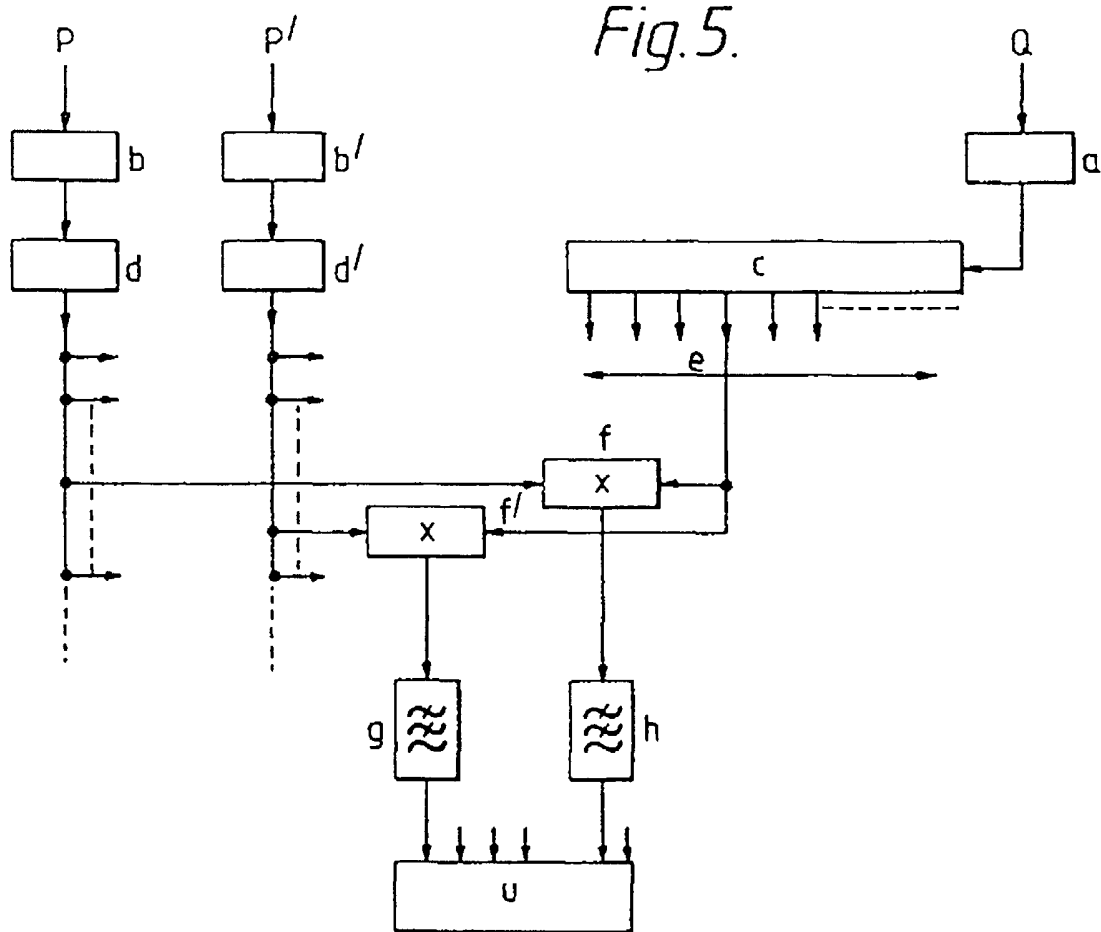
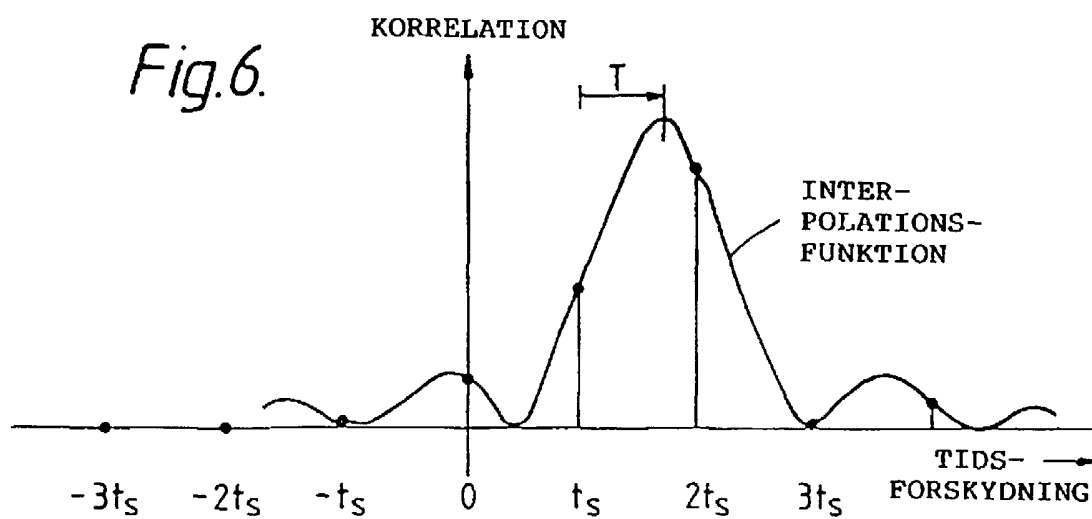


Fig.6.



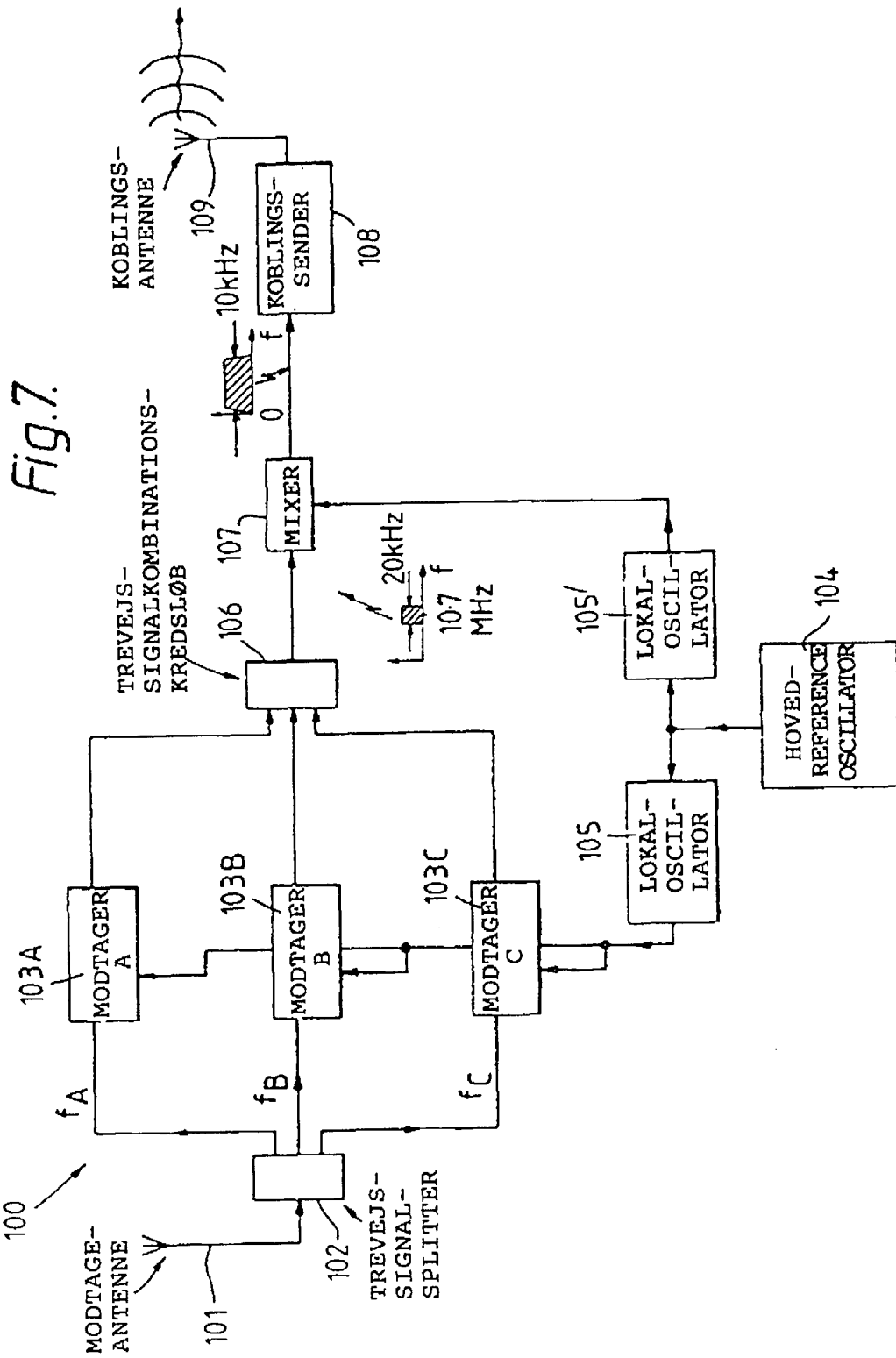


Fig.8.

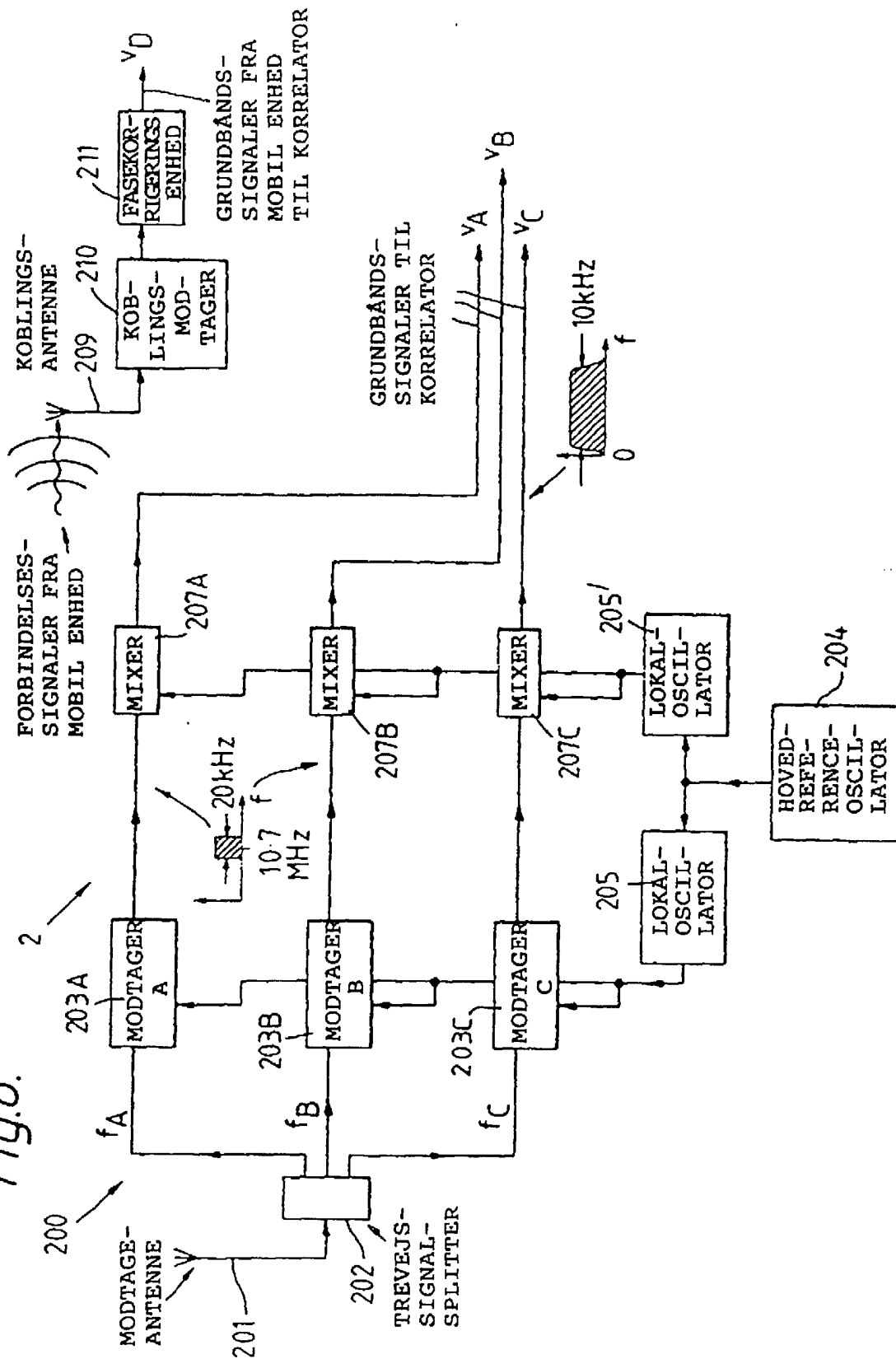


Fig. 9.

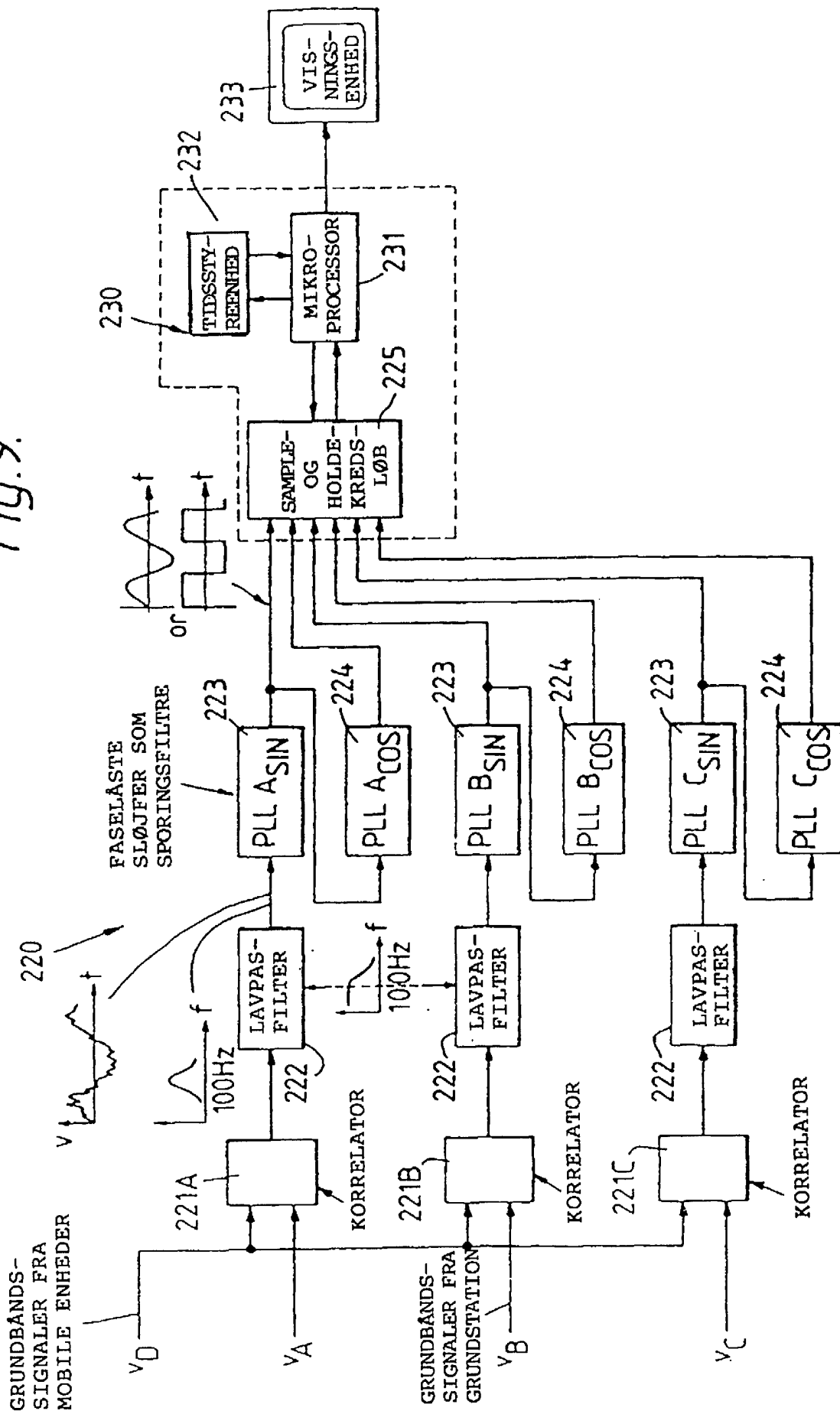


Fig.10B.

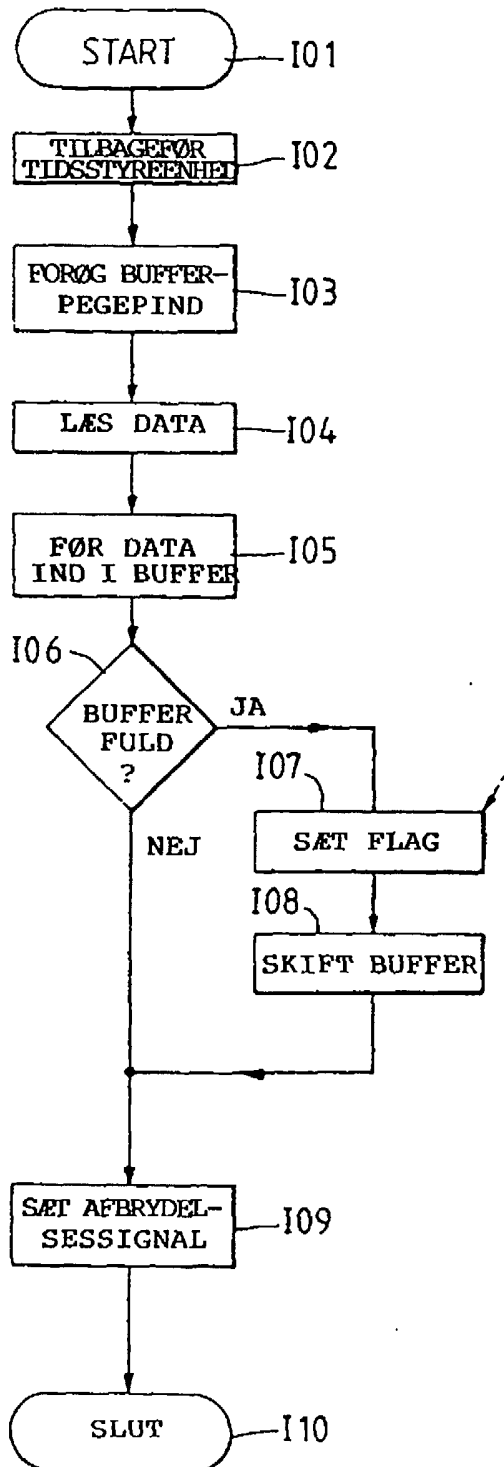


Fig.10A.

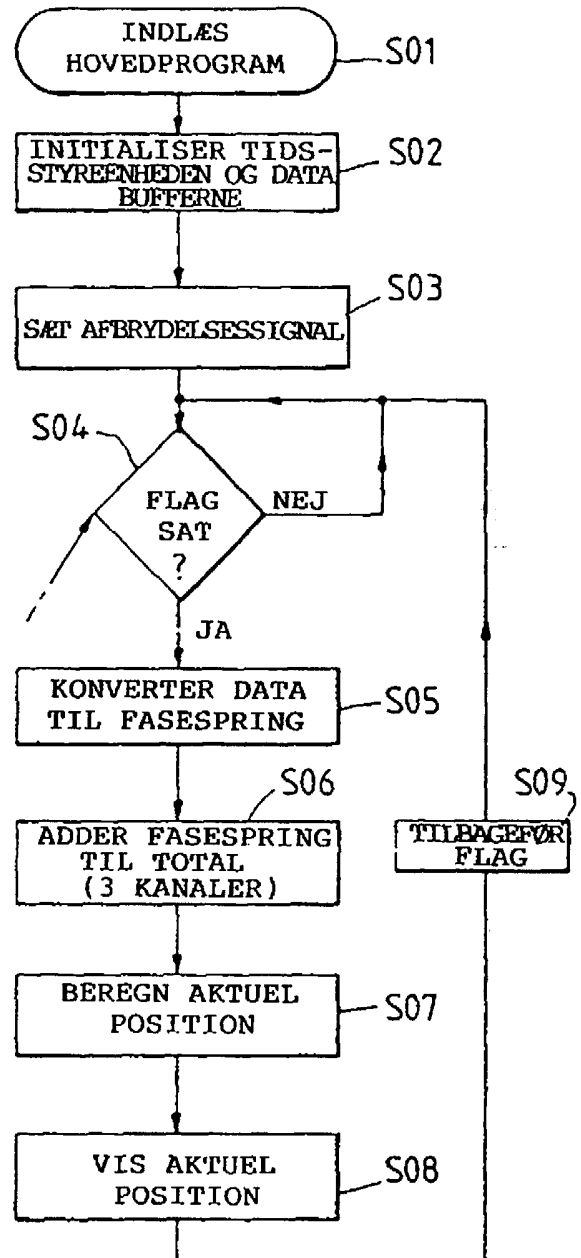


Fig.11.

