NORGE

(12) **PATENT**

(19) NO (11) **311550** (13) B1

(51) Int Cl[7] H 04 Q 3/00

Patentstyret

(21) Søknadsnr	19954493	(86) Int. inng. dag og søknadsnummer	1994.05.09, PCT/EP94/01475
(22) Inng. dag	1995.11.08	(85) Videreføringsdag	1995.11.08
(24) Løpedag	1994.05.09	(30) Prioritet	1993.05.10, US, 59947
(41) Alm. tilgj.	1996.01.09		
(45) Meddelt dato	2001.12.03		

(71) Patenthaver Koninklijke KPN NV, Postbus 95321, NL-2509 CH Haag, NL
Bell Communications Research Inc,
445 South Street, Morristown, NJ 07960-6438, US

(72) Oppfinner Nancy Davis Griffith, Westfield, NJ, US
Hugo Velthuljsen, Haag, NL

(74) Fullmektig Oslo Patentkontor AS, 0306 Oslo

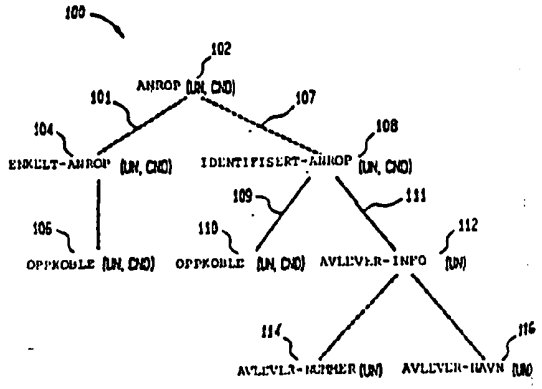
(54) Benevnelse **Fremgangsmåte for å løse konflikter blant enheter i et distribuert system**

(56) Anførte publikasjoner Ingen

(57) Sammendrag

Kommunikasjon blant enheter, f.eks. kunders boligutstyr (20, 22, 28), i et telekommunikasjonsnett (10) blir satt opp ved bruk av agenter som representerer hver enhet (20, 22, 28). Agenter som representerer tilsvarende enheter i telekommunikasjonsnettet (10), forhandler vedrørende den type av kommunikasjonssesjoner som de tilsvarende enheter ønsker å bli involvert i. Forhandlingsprosessen innbefatter utveksling av forslag ved agenter. Et forslag omfatter en eller flere planlagte hendelser som kan utføres i nettet (10). En agent genererer et forslag som er aksepterbart for nevnte og overfører forslaget til en andre agent. Den mottagende agent beslutter hvorvidt det mottatte forslag er aksepterbart for seg og hvis ikke blir det generert et motforslag. Prosessen fortsetter inntil det blir funnet et forslag som er aksepterbart for begge agenter, eller det blir bestemt at det ikke foreligger noe forslag for realiseringen av den spesielle type av kommunikasjonssesjon som er aksepterbar for begge agenter. En agent bestemmer hvorvidt et forslag er aksepterbart for seg ved bruken av et målhierarki. Målhierarkiet indikerer hvorvidt eller ikke spesifikke handlinger for oppnåelse av et mål er aksepterbare. Bruken av målhierarkiet tillater en agent til å slutte seg til en andre agents mål, og å finne alternative handlinger for oppnåelse av dette mål. Forhandlingsprosessen gjør det mulig for agenter å oppnå enighet

uten å modifisere deres mål og uten å bli pålagt fremleggelse av begrenset informasjon til andre agenter. Forhandlingsfremgangsmåten ifølge oppfinnelsen er anvendelig også for andre distribuerte systemer.



A. Oppfinnelsens område

Den foreliggende oppfinnelse vedrører en fremgangsmåte for å etablere en aktivitet blant to eller flere enheter i et distribuert system, idet hver enhet er representert av en agent omfattende de trinn som er angitt i den innledende del av patentkrav 1. Et distribuert system omfatter en samling av autonome uavhengige eller felles utviklede systemer eller datamaskinprogrammer som kan samvirke med hverandre. Eksempler på slike distribuerte systemer omfatter telekommunikasjonsnett, distribuerte databasesystemer, samt distribuerte systemer for datamaskinstøttet kooperativt samvirke. Ved den foreliggende oppfinnelse blir det benyttet en forhandlingsmekanisme for å løse konflikter blant enheter. I henhold til den foreliggende oppfinnelse vil hver enhet i et distribuert system, f.eks. et telekommunikasjonsnett (f.eks. abonnent, ressursfrembringer, informasjonsfrembringer), eller et distribuert databasesystem, være representert i en forhandling med en datamaskinprosess betegnet som en agent. En agents funksjoner går ut på å generere forslag for utførelsen av visse aktiviteter i det distribuerte system for overføring til andre agenter, for å bestemme hvorvidt forslagene som er mottatt fra andre agenter, kan aksepteres, og å generere motforslag om så er nødvendig. Hver agent bruker et målhierarki for å generere forslag og motforslag og for å bestemme hvorvidt forslag som blir mottatt fra andre agenter, er aksepterbare.

B. Oppfinnelsens bakgrunn

Konflikter i telekommunikasjonsnett

Det finnes i det minste tre måter på hvilke konflikter kan oppstå i et distribuert system, f.eks. i et telekommunikasjonsnett. En måte går ut på at brukerne i et telekommunikasjonsnett kan være uenige om den spesielle form for en kommunikasjonssesjon som skal etableres mellom dem. F.eks. kan part A ha et ikke-listet nummer, mens part B vil kunne

ønske å se nummeret for den anropende part før han aksepterer noe som helst anrop. Når part A anroper part B vil det oppstå en konflikt. Denne type konflikt er betegnet som en sesjonskonflikt, fordi den innbefatter uenighet med hensyn til hvordan en kommunikasjonssesjon skal etableres. Et annet eksempel på en sesjonskonflikt er når part A i forhold til en kommunikasjonssesjon ønsker å innlemme en tredje part C, men en andre part B i relasjon til kommunikasjonssesjonen ønsker ikke å innlemme den tredje part. Generelt innbefatter sesjonskonflikter uenigheter med hensyn til hvorvidt det skal etableres kommunikasjon eller om hvilken type kommunikasjonen skal være.

En annen type av konflikt oppstår ved bruken av ressurser som er eksterne i forhold til nettet. F.eks., dersom telekommunikasjonsbruker A er hjemme og bruker B er på besøk i hjemmet til A, vil anrop som er videreført fra hjemmet til B til hjemmet til A kunne innebære konflikt hva angår deres bruk av ressurser i forbindelse med samtaler til A. Denne type konflikt er betegnet en stasjonskonflikt fordi den innbefatter utstyr ved en brukerstasjon.

En tredje type av konflikt innebærer bruken av knappe nettressurser. F.eks. vil en konferansesamtale kreve spesielt utstyr betegnet som en bro, som kombinerer signalene fra en flerhet av kilder til et eneste signal. Dersom altfor mange konferansesamtaler blir forsøkt samtidig, vil nettverket ikke være i stand til å fremskaffe nok broer for disse. Denne type konflikt er betegnet en ressurskonflikt. Noen sesjonskonflikter og stasjonskonflikter opptrer som et resultat av det som er betegnet som en særtrekksinteraksjon. En særtrekksinteraksjon opptrer når et særtrekk i et telekommunikasjonsnett forstyrrer den forventede drift eller virkemåte for et annet særtrekk.

Forhandling blant samvirkende systemer

De tidligere beskrevne konflikter som oppstår i et telekom-

munikasjonsnett, utgjør eksempler på den type av konflikter som distribuerte systemer erfarer med hensyn til hvilke aktiviteter som skal utføres. Slike konflikter oppstår idet de individuelle enheter i de distribuerte systemer treffer inkompatible beslutninger fordi de baserer sine beslutninger på forskjellig informasjon eller fordi de prøver å oppnå forskjellige mål. For å kunne løse konflikter trenger individuelle enheter i et distribuert system å virke sammen, idet de skal utveksle informasjon og eventuelt endre sine egne mål eller prøve å endre målene for andre systemer. De resulterende interaksjoner utgjør en forhandlingsprosess. I forbindelse med noen forhandlingsmekanismer vil en enhet være representert med en agent. Slik det blir benyttet her, vil uttrykket agent referere seg til en datamaskinprosess som representerer en tilsvarende enhet i en forhandling.

Typisk vil en agent sende informasjon til en annen agent vedrørende de mål den prøver å oppnå og de alternative planer for å oppnå de mål som er aksepterbare. Denne informasjon utgjør en samling av forslag ut i fra hvilke den andre agent gjør et utvalg som er aksepterbart for sistnevnte. I noen forhandlingsdomener vil forslagene og motforslagene som utgjør temaene for forhandlingen, kunne representeres ved hjelp av fikserte sett av (numeriske) attributter. I slike tilfeller vil evaluering av forslag og generering av motforslag kunne implementeres gjennom en forholdsvis enkel kombinasjon av funksjoner på disse attributter. Eksempler på slike domener er forhandlinger om pris og enkelttrekk ved en ny bil, og forhandlinger for oppsetting av møter. Forhandlingsagenter blir brukt i domener der temaene for forhandlingen ikke kan representeres gjennom slike fikserte sett av attributter. I slike domener kan et motforslag inneholde ikke bare forskjellige verdier av de samme attributter som forefinnes i det forslag som det svarer på, men også fullstendig forskjellige attributter. Potensielt vil det foreligge en rekke attributter som det kan velges fra, for innlemmelse i et motforslag. Men bare noen av dem vil synes å være relevante eller 'rimelige' i forhold til en

menneskelig observatør. Forhandlingsfremgangsmåten i henhold til den foreliggende oppfinnelse som innbefatter bruken av forhandlingsagenter, vil i forbindelse med slike domener tilføye det følgende til nåværende teknikker hva angår forhandling i DAI ("Distributed Artifical Intelligence"):

- En fremgangsmåte for å evaluere forslag (bestemme aksepterbarhet eller ikke-aksepterbarhet).

- En fremgangsmåte for å bestemme hva som er et 'rimelig' motforslag når et mottatt forslag ikke er aksepterbart.

Et bredt spekter av forhandlingsprosesser er blitt tilkjennegitt i den kjente teknikk som har relasjon til distribuert kunstig intelligens. Se f.eks. S. Cammarata, D. MacArthur, og R. Steeb, "Strategies of Cooperation in Distributed Problem Solving", i Proceedings IJCAI-83, side 767, 770, Karlsruhe, 1983; E. Clark, C. Grossner, og T. Radhakrishnan, "Consensus: A Planning Protocol for Cooperating Expert Systems", i Proceedings 11th Workshop on Distributed Artificial Intelligence, side 43, 58, Glen Arbor, MI, februar, 1992; S.E. Conry, K. Kuwabara, V.R. Lesser, og R.A. Meyer, "Multistage Negotiation for Distributed Constraint Satisfaction", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetic, 21(6):1462-1477, november/desember 1991; R. Davis og R.G. Smith, "Negotiation as a Metaphor for Distributed Problem Solving", Artificial Intelligence, 20:63 109, 1983; E.II. Durfee og V.R. Lesser, "Negotiation Task Decomposition and Allocating Using Partial Global Planning", kapittel 10, side 229-243, Pitman, London, 1989; S. Kraus, E. Ephrati, og D. Lehmann, "Negotiation in a Non-cooperative Environment", Journal of Experimental and Theoretical Artifical Intelligence, 1:255-281, 1991; A. Sathi og M.S. Fox, "Constraintdirected negotiation of Resource Reallocation", i L. Gasser og M.N. Iluhns, forfattere, "Distributed Artificial Intelligence, VolumeII", Research

Notes in Artificial Intelligence, kapittel 8, side 163.193, Pitman, London, 1989; S. Sen og W.H. Durfee, "A Formal Analysis of Communication and Commitment in distributed Meeting Scheduling", i Proceedings 11th Workshop on Distributed Artificial Intelligence, side 333-344, Glen Arbor, MI, februar 1992; K.P. Sycara, "Argumentation: Planning Other Agents' Plans", i Proceedings IJCAI-89, side 517, 523, Detroit, MI, 1989; F. von Martial, "Coordination by Negotiation Based on a Connection of Dialogue States With Actions", i Proceedings 11th Workshop on Distributed Artificial Intelligence, side 227-246, Glen Arbor, MI, februar 1992; R. Weihmayer og R. Brandau, "A Distributed AI Architecture for Customer Network Control, "i Proceedings IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBE-COM '90), side 656, 662, San Diego, CA, 1992; G. Zlotkin og J.S. Rosenschein, "Cooperation and Conflict Resolution Via Negotiation Among Autonomous Agents in Non-cooperative Domains, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetic, 21(6);1317-1324, november/desember 1991.

En flerhet av forhandlingsmekanismene er basert på en hierarkisk representasjon av mål og alternative måter for å oppnå disse mål. Målhierarkiet blir benyttet for å finne en plan som oppnår målene for alle de involverte agenter, men dette innbefatter ikke aktiviteter med konflikter. Hierarkiet ifølge R. Clark, C. Grossner, og T. Radhakrishnan, "Consensus: A Planning Protocol for Cooperating Expert Systems", i Proceedings 11th Workshop on Distributed Artificial Intelligence, side 43, 58, Glen Arbor, MI, februar 1992, utgjøres av AND/OR/XOR trær, der nodene er mål. I stedet for å bruke en spesifikasjon for et mål som et forslag, blir hele spesielle hierarkier benyttet som forslag. Denne løsning innebærer en ubetinget fremleggelse av mer informasjon i hvert forslag om en agents mål og eventualiteter enn i henhold til den foreliggende oppfinnelse. Imidlertid vil protokollen komme til enighet om et kompromiss i et fiksert og begrenset antall av trinn. I forbindelse med multitrinn-forhandlingsprotokollen (se S.E. Conry, K. Kuwa-

bara, V.R. Lesser, og R.A. Meyer, "Multistage Negotiation for Distributed Constraint Satisfaction", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetic, 21(6):1-462-1477, november/desember 1991), vil samlinger av planfragmenter, som er organisert i et hierarki, bli benyttet som forslag. Andre agenter som mottar forslag vil enten selektere passende planfragmenter fra forslaget og sende melding om at intet aksepterbart planfragment var innlemmet i forslaget. Hierarkiet blir ikke brukt til å vurdere andre agenters mål, hvilke i ethvert tilfelle er avledet fra et globalt mål som blir delt av alle agenter. Løsningen vil derfor være mere passende for et distribuert problemløsende system enn for en omgivelse med autonome agenter. K.P. Sycara, "Argumentation: Planning Other Agents' Plans", i Proceedings IJCAI-89, side 517, 523, Detroit, MI, 1989 bruker et hierarki for å bestemme hvilke argumenter som skal brukes for å influere andre agenters evaluering av forslag. Dette hierarki representerer alternative måter for å oppnå mål. Det blir ikke brukt til å bestemme målene for de agenter som er involvert, eller for å utføre den aktuelle evaluering av forslag. Det hierarki som benyttes av R. Weihmayer og R. Brandau, "A Distributed AI Architecture for Customer Network Control", i Proceedings IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBE-COM '90), side 656, 662, San Diego, CA, 1990 er et tre, som representerer bare abstraksjonsrelasjoner (alternativer). Dessuten vil dette hierarki ikke bli brukt til å vurdere andre agenters mål. Dette hierarki blir benyttet som en representasjon av alternative planer som skal oppnå en agents egne mål og kan benyttes til å generere etterfølgende forslag. Ytterligere informasjon (f.eks. kostnader ved et alternativ eller tilgjengelighet for alternativer ved visse nivåer av abstraksjon) blir videreført mellom agentene for å dirigere og koordinere søkeprosessen gjennom agentenes hierarkier.

Imidlertid vil de fremgangsmåteforhandlinger som er beskrevet i henhold til kjent teknikk, være beheftet med mange mangler. Spesielt vil de kjente forhandlingsteknikker gene-

relt kreve at agentene for de forskjellige enheter må utveksle en mengde informasjon om hvilke alternativer for oppnåelse av et mål som er aksepterbare og hvilke som ikke er det. Ved noen applikasjoner, f.eks. ved et telekommunikasjonsnett, vil informasjon om hvilke alternativer som er aksepterbare for en agent, og hvilke alternativer som ikke er aksepterbare for en agent, vanligvis være begrenset, enten fordi informasjonen er strategisk informasjon (brukt til å finne en enighet som er mest fordelaktig for en agent) eller fordi det er privat informasjon (f.eks. informasjon om de taktikker som en abonnent heller vil holde privat, f.eks. samtaleavskjermingslister). I tillegg vil de tidligere kjente forhandlingsteknikker (innbefattet den analyse og generiske rammeverk som presentert av B. Laasri et al. i "An analysis of negotiation and its role for coordinating cooperative distributed problem solvers", Proceeding 11 Int. Conf. Expert System, etc., 1991, side 81-94) ikke fremskaffe tilfredsstillende fremgangsmåter for å gjøre det mulig for mottagende agenter å evaluere mottatte forslag for å bestemme deres aksepterbarhet eller ikke-aksepterbarhet og for å generere et motforslag i tilfelle et mottatt forslag ikke er aksepterbart. Spesielt vil de tidligere kjente forhandlingsteknikker ikke tillate at en mottagende agent som mottar et uaksepterbart forslag fra en sendende agent, å slutte seg til målet for den sendende agent og generere et motforslag for overføring tilbake til den sendende agent som realiserer det tilsluttede mål. Det er en hensikt med den foreliggende oppfinnelse å råde bot på disse mangler i henhold til de kjente forhandlingsfremgangsmåter.

C. Sammenfatning av oppfinnelsen

I henhold til den foreliggende oppfinnelse blir forskjellige enheter i et distribuert system, f.eks. en kunde, eller kundeboligutstyr, eller nettressurser i et telekommunikasjonssystem, representert ved en agent. I tilfelle av et telekommunikasjonsnett vil agenter som representerer enhe-

ter, forhandle vedrørende den type av kommunikasjon hvori de tilsvarende enheter ønsker å bli involvert og bevirke at kommunikasjonen blir satt opp på en måte som unngår konflikter mellom enheter. Forhandlingsprosessen innbefatter utveksling av forslag ved agentene. Et forslag omfatter en eller flere operasjoner som kan håndteres av telekommunikasjonsnettet. En første agent som representerer en første enhet, genererer et forslag som vil være aksepterbart for nevnte og overføre forslaget til en andre agent som representerer en andre enhet. Den andre agent bestemmer hvorvidt det mottatte forslag er aksepterbart, og dersom så ikke er tilfelle, genererer et motforslag som blir sendt tilbake til den første agent. Prosessen fortsetter inntil det blir funnet et forslag som er aksepterbart for begge agenter, eller det blir bestemt at det ikke foreligger noe forslag for realisering av den spesielle type av kommunikasjonssesjon som er aksepterbar for begge agenter. Dersom et forslag blir funnet aksepterbart for begge agenter, vil de operasjoner som inneholdes i forslaget, bli utført av eller ved telekommunikasjonsnettet.

En agent bruker et målhierarki for å bestemme hvorvidt forslag er aksepterbare. Målhierarkiet indikerer hvilke operasjoner som en agent kan og ikke kan instruere telekommunikasjonsnettet til å utføre på vegne av sin enhet. Målhierarkiet blir benyttet av en agent til å bestemme hvilke forslag og motforslag som den kan generere og overføre til andre agenter og til å bestemme hvorvidt eller ikke forslag som er mottatt fra andre agenter, er aksepterbare. Når en agent ikke kan bli enig i et forslag som er mottatt fra en andre agent, vil den mottagende agent bruke målhierarkiet til å utlede målet for forslaget og prøve å finne et alternativt forslag, dvs. et alternativt sett av operasjoner som oppnår målet. F.eks. vil et rot-mål (f.eks. rot-operasjon) i et målhierarki kunne være et anrop (A, B), dvs. opprettelse av et anrop eller en samtale mellom A og B. Målhierarkiet for rot-målanropet (A, B) kan inneholde forskjellige operasjoner og kombinasjoner av operasjoner ved hvilke

rot-målanropet (A, B) kan utføres. En operasjon for implementering av målanropet (A, B) er enkelt anrop (A, B) der A og B blir sammenkoblet ved hjelp av et enkelt anrop. En annen operasjon for implementering av anrop (A, B) er identifisert anrop (A, B) der identifiserende informasjon om A blir videreført til B når anropet ankommer ved B. Operasjonene for målhierarkiet er anordnet i et tre hvori, idet man beveger seg fra topp til bunn, handlingene er økende spesialisert. F.eks. kan rot-stamnoden være et anrop

(A, B). Avkomsnodene av rot-stamnoden kan være et enkelt anrop (A, B) og identifisert anrop (A, B). Disse avkomsnoder inneholder spesialiserte operasjoner for implementering av målet for rot- eller stamnoden. For en forskjellig type av stamnode, f.eks. identifisert anrop (A, B), vil avkommene, dvs. oppkoble (A, B), og avlever info (A, B) kunne representere operasjoner, eller si sammenkoble A og B og avlever informasjon om A til B, hvilket blir kombinert til å danne operasjonen for stamnoden.

I henhold til den foreliggende oppfinnelse vil for hver agent, hver node i et målhierarki være aksepterbart, uaksepterbart eller etterlatt som ubestemt. Slik markering av et målhierarki blir vanligvis basert på en taktikk for enheten representert ved agenten. F. eks. vil en enhet i form av en abonnent kunne ha den taktikk at man ønsker sitt hjemmetelefonnummer hemmelig. Således vil en eventuell operasjon i målhierarkiet som krever overføring av hjemmetelefonnummeret til en andre abonnent, bli markert som uakseptabelt. En agent bruker nodemarkeringene til å generere forslag og motforslag og til å bestemme hvorvidt de forslag som blir mottatt fra andre agenter, er aksepterbare. F.eks. kan man anta at en agent mottar et forslag fra en andre agent, og at forslaget er uakseptabelt for den mottagende agent. Den mottagende agent kan bevege seg oppover i målhierarkiet for å utlede målet for det uaksepterbare forslag. Den mottagende agent vil deretter bestemme om det foreligger en andre operasjon eller samling av operasjoner

som er aksepterbare for implementering av det samme mål. Hvis så er tilfelle kan dette brukes som et motforslag. I noen tilfeller vil, i henhold til den foreliggende oppfinnelse, f.eks. når flere enn to agenter er involvert ved oppsetting av en kommunikasjon, forhandlingen bli ledet av en datamaskinprosess betegnet som en forhandler som mottar forslag fra og viderefører forslag til forskjellige agenter som er involvert i forhandlingen.

Forhandlingsprosessen ifølge oppfinnelsen for oppsetting av en kommunikasjon mellom enheter i et distribuert system, f.eks. et telekommunikasjonsnett, uten konflikt har betydelige fordeler. For det første vil agenter finne alternative operasjoner eller sett av operasjoner som oppnår målene for alle involverte agenter heller enn å stole på modifikasjonen av sine egne eller andre agenters mål. I tillegg vil prosessen ifølge oppfinnelsen for oppsetting av aktiviteter i et distribuert system, f.eks. et telekommunikasjonsnett, fremskaffe restriksjoner med hensyn til informasjonsfremleggelse. Restriksjonene finner anvendelse ved strategisk informasjon (f.eks. informasjon som direkte spesifiserer hvilke forslag som vil bli aksepterbare for en agent) og sensitiv informasjon (f.eks. informasjon om taktikker som en abonnent ønsker å holde privat).

D. Kort omtale av tegningsfigurene

Figur 1 viser skjematisk et telekommunikasjonsnett som utnytter forhandlingsprosessen ifølge den foreliggende oppfinnelse for oppsetting av en kommunikasjon mellom enheter uten konflikt.

Figurene 2, 3A og 3B illustrerer et målhierarki som benyttes av en agent ved en forhandlingsprosess i henhold til den foreliggende oppfinnelse.

E. Detaljert beskrivelse av oppfinnelsen

Anvendbarhet for forhandlingsfremgangsmåten ifølge oppfinnelsen

For å kunne bruke oppfinnelsesfremgangsmåten for forhandling, vil det underliggende datamaskinsystem fortrinnsvis måtte oppfylle visse kriterier. For det første må systemet være aksesserbart for en eller annen samling av brukere, og brukerne må ha visse mål som de skal prøve å oppnå ved bruk av systemet. For det andre vil systemet fremskaffe et grensesnitt omfattende operasjoner som kan forespørres på vegne av en hvilken som helst bruker og som kan utføres dersom forespørreren er autorisert til å utføre den. For det tredje vil operasjonene være "eiet" av en eller annen bruker, hvilket innebærer at operasjonen kan utføres bare dersom brukeren autoriserer forespørreren til å utføre operasjonen. For det fjerde vil operasjoner kunne kombineres i planer, og disse planer kan brukes til å oppnå brukernes mål. Et eksempel på et slik system er et telekommunikasjonsnett som bruker AIN ("Advanced Intelligent Network) eller IN ("Intelligent-Network") svitsjer. Brukerne er kundene, frembringerne av tjenester (f.eks. operatørselskapene), samt frembringerne av ressurser (operatørselskaper og rikstelefonbærere). Målene for kundene er å kommunisere på samme måte. Målene for frembringerne av tjenester og frembringerne av ressurser er å tjene penger ved å fremskaffe tjenester eller ressurser. Operasjonene er definert ved nevnte AIN (eller IN) anropsmodellen. Det foreligger en operasjon svarende til hver tilstandsoverføring i den grunnleggende anropsmodell og en svarende til hver byggeblokk (eller SIB). Operasjonene kan kombineres for oppsetting av anrop av forskjellige typer, innbefattende to-veis og multi-veis anrop og stemmepost. (Operasjonene ved den grunnleggende anropsmodell må kombineres slik det er gitt i nevnte anropsmodell.) Når en kunde løfter av røret, vil han eller hun spesifisere et mål med hensyn til bruken av telefonnettet. Etterfølgende handlinger ved kunden foredler

spesifikasjonen av dette mål, slik at kunden kan forsøke å sette opp en samtale, eller editere en avsøkningsliste, eller utføre en eller annen handling. Et annet eksempel på hva fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen kan anvendes i forbindelse med, er et distribuert databasesystem. Brukerne innbefatter eierne av databasen, administratorene, datainnføringsassistenter, og folk som forespør eller oppdaterer databasen via høynivås forespørselspråk. Operasjonene innbefatter de standardiserte databaseoperasjoner. Ved en typisk distribuert database vil administratoren for hver lokale database autorisere eventuelle operasjoner på data i denne database. Databaseoperasjoner blir vanligvis kombinert med transaksjoner. En forhandling kan brukes til å bestemme hvorvidt og når en transaksjon blir utført, eller for å finne en alternativ transaksjon som skal utføres. Generelt vil fremgangsmåten kunne anvendes ved et hvilket som helst datamaskinsystem som tilfredsstiller de nevnte kriterier.

A. Telekommunikasjonsnett

Figur 1 illustrerer skjematisk et telekommunikasjonsnett 10 av en type som kan brukes til å utføre forhandlingsprosessen ifølge oppfinnelsen. Nettet 10 omfatter de sentrale kontorer 12 og 4 som er forbundet ved hjelp av trunklinjen 16. De sentrale kontorer omfatter på illustrativ basis AIN eller IN svitsjer. En kundes boligutstyr 20 for bruker A er forbundet med det sentrale kontor 12 via en abonnentsløyfe 24. En kundes boligutstyr 22 for bruker B er forbundet med det sentrale kontor 12 via en abonnentsløyfe 26. På lignende måte vil kundeboligutstyr 28 for en bruker C være forbundet via en abonnentsløyfe 30 til det sentrale kontor 14. Generelt vil kundeboligutstyr 20, 22, 28 for brukerne A, B, C være telefoner, faksmaskiner, datamaskiner eller forskjellige andre innretninger for overføring og mottagelse av informasjon via telefonnettet. Ved bruk av nettet 10 vil en flerhet av forskjellige tjenester kunne tilbys. Forskjellige typer av telefontjenester kan fremskaffes, innbe-

fattende enkle punkt-til-punkt stemmeforbindelser, og mere spesialiserte videreutviklede tjenester, f.eks. en tjeneste der telefonnummeret eller annen identifiserende informasjon for en anropende part blir fremvist på kundeboligutstyret for en anropt part. I tillegg vil man ved bruk av en bro (ikke vist) plassert ved en av de sentrale kontorer, kunne sette opp telefonkonferanse blant en flerhet av brukere (f.eks. brukere A, B, C). Et annet eksempel på en tjeneste som kan fremskaffes i telekommunikasjonsnettet 10, er informasjonsgjenvinning. F.eks. kan kundeboligutstyret 28 for bruker C være et databaseadministrasjonssystem. Andre brukere (f.eks. A og B) kan aksessere databaseadmininistrasjonssystemet via nettet 10 for å oppnå spesifikk informasjon.

I henhold til den foreliggende oppfinnelse vil hver enhet (f.eks. kundeboligutstyr 20, 22, 28, bro for telekonferanse, etc.) i telekommunikasjonsnettet 10 være representert av en agent. Den agent som representerer hver enhet, er en datamaskinprosess. Som en illustrasjon vil den agent som er tilknyttet hver enkelt enhet i et nett 10, bli utført i den datamaskin 40 som er forbundet med det sentrale kontor 12. De agenter som eksekverer i datamaskinen 40 gjør bruk av målhierarkiene som er lagret i et lager 42 som har tilknytning til datamaskinen 40. Målhierarkiene vil bli forklart i detalj i det følgende. I noen tilfeller der enheten (f.eks. kundeboligutstyret) i seg selv er en datamaskin, vil den agent som representerer enheten kunne befinne seg i selve enheten heller en ved en datamaskin som har tilknytning til et sentralt kontor. I noen tilfeller vil agentene for noen enheter kunne være lokalisert i et sentralt kontor og agentene for de andre enheter vil kunne eksekveres ved selve enheten.

B. Forhandlingsprosess

Forhandlingsprosessen i henhold til den foreliggende oppfinnelse vil nå bli omtalt i større detalj. For det første

vil det bli gitt et eksempel på en enkel forhandlingsprosess. Deretter vil det bli omtalt en prosess der forhandlingsprosessen er automatisert i henhold til den foreliggende oppfinnelse.

1) Eksempler på forhandlingsprosess

Ved nettet 10 ifølge figur 1 skal det antas det tilfelle der bruker A har et ikke-listet telefonnummer og bruker B har en leveringstjeneste for et anropende nummer (dvs. kundeboligutstyret 22 for bruker B tillater bruker B å se telefonnummeret for den anropende part). Således, dersom bruker A prøver å anrope bruker B via nettet 10 vil det oppstå en konflikt. Spesielt fordi brukeren A med det ikke-listede nummer ikke ønsker at hans eller hennes telefonnummer skal generelt være kjent, vil det ikke-listede nummer-særtrekk for bruker A opptre som å være inkompatibelt med det leveringssærtrekk for anropende nummer som gjelder for bruker B.

Denne konflikt kan løses ved forhandling mellom agenten for bruker A og agenten for bruker B, som finner en måte til å sette opp samtalen mellom A og B uten konflikt.

Således vil anropet mellom bruker A og bruker B kunne settes opp som følger. Brukeren A sender en melding via nettet 10 til sin agent i datamaskinen 40, idet det indikeres at bruker A ønsker å anrope bruker B. Agenten for bruker A kommuniserer et forslag sammenkoble (A, B) til agenten for bruker B som også eksekverer i datamaskin 40. Dette forslag omfatter en foreslått operasjon for oppsetting av samtalen mellom A og B. Agenten for bruker B mottar det foreslåtte oppkoble (A, B) og bestemmer at forslaget er uakseptabelt fordi det ikke innbefatter det anropende nummer. Agenten for bruker B genererer et motforslag i form av oppkobl (A, B) og avleverer nummer og overfører dette forslag til agenten for A. Agenten for A mottar dette forslag og noterer den ytterligere operasjon avlever nummer. Agenten for A

finner motforslaget uakseptabelt fordi det krever den ytterligere operasjon som går ut på å avlevere det ikke listede telefonnummer for A til B. Agenten for A vil deretter generere et motforslag oppkoble (A, B) og avleverer navn hvori operasjonen avlever navn blir substituert for operasjonen avlever nummer. Dette forslag blir overført til agenten for B. Agenten for B vil deretter akseptere dette forslag. Når et forslag blir akseptert for agentene for alle de enheter som er involvert i et foreslått samtaleoppsett, vil forslaget bli overført fra datamaskinen 40 inn i nettet 10, hvori operasjonen som inneholdes i det aksepterte forslag, blir utført.

Den hittil beskrevne forhandling mellom A og B kan sammenfattes i følgende tabell:

A	B
oppkoble (A, B)	oppkoble (A, B) og
oppkoble (A, B) og	avlever nummer
avlever navn	OK

Dette eksempel og det forhold at man er kommet til enighet vil være knyttet til svarene på et viktig spørsmål: hvorfor er de forslag som etterpå ble utvekslet, rimelige? Hvorfor tilbyr A å fremskaffe et navn ved mottagelse av motforslag fra B, i stedet for å tilby f.eks. å betale mer, eller å innbefatte en tredje part i anropet (hver av hvilket kan være rimelige motforslag i andre situasjoner).

Svaret ligger i følgende observasjoner. Typisk vil et forslag ikke representere det endelige mål for en agent, men bare en måte for å oppnå en agents mål. Det vil kunne eksistere alternative måter for å oppnå agentens mål på lignende vis. Slike alternative måter for å oppnå det samme mål gir rom for forhandling. For å utforske disse alternativer er det nødvendig for en agent som mottar et uaksepta-

belt forslag å gjenkjenne hvilket mål forslaget prøver å oppnå og å avlede fra dette mål alternative, eventuelt aksepterbare, måter som det samme mål kan oppnås på. Dersom en agent ikke eksplisitt blir informert om hvilket mål en andre agent prøver å oppnå, vil agenten settes i stand til å spekulere omkring dette mål, basert på den informasjon som den har, dvs. det mottatte forslag. Ved det forutgående eksempel mottok A et forslag for oppsetting av en samtale med nummeravlevering. Dette forslag er i seg selv uakseptabelt. Imidlertid, ved dette eksempel, sluttet A at målet for B ikke egentlig var å motta nummeret for A, men heller å motta en eller annen identifiserende informasjon (f.eks. et navn). Dette mål kan også oppnås på andre måter, f.eks. ved sending av navnet i stedet for nummeret. Fordi sending av navnet er aksepterbart for A, vil dette alternativ deretter blir foreslått. Således vil et rimelig motforslag til et forslag være ett som oppnår et samme mål som nevnte forslag.

2) Automatisering av forhandlingsprosess ved bruk av målhierarki.

I henhold til den foreliggende oppfinnelse vil prosessen ved hvilken agenter genererer forslag og motforslag og den prosess ved hvilken agentene bestemmer hvorvidt forslag mottatt fra andre agenter er aksepterbare eller uaksepterbare, bli automatisert. Spesielt vil agenter bruke et målhierarki for å generere forslag og motforslag og for å bestemme hvorvidt forslag mottatt fra andre agenter er aksepterbare eller uaksepterbare. Målhierarkiene for mange forskjellige typer av anrop og kommunikasjonssesjoner som innbefatter forskjellige enheter i telekommunikasjonsnettet 10, blir lagret i lageret 42 som har tilknytning til datamaskinen 40.

Det fremskaffes en samling av operasjoner ved dette system. En samling av operasjoner danner et plan. Når en plan blir utført vil den oppnå et mål. Det enkleste mål er å utføre

en enkeltsystemoperasjon, idet planen for å oppnå dette nettopp består av denne ene operasjon. Mål vil være relatert til hverandre ved abstraksjonen og komposisjonsrelasjonene omtalt tidligere. Samlingen av abstraksjons- og komposisjonsrelasjoner definerer et målhierarki.

Når først målhierarkiet er blitt definert, vil det finnes en samling av plan for oppnåelse av hvert mål. Disse plan blir betegnet spesifikasjoner fordi de spesifiserer mere nøyaktig hvordan man oppnår et mål. En spesifikasjon er et sett av mål. En spesifikasjon av et mål er nettopp det sett som består av selve målet. Andre spesifikasjoner blir tildannet ved anvendelse av noen sekvenser av de følgende to operasjoner for denne spesifikasjon:

- Erstatt eventuelt abstrakt mål i spesifikasjon en med en av spesialiseringene (se definisjon i det følgende) for det abstrakte mål.

- Erstatt eventuelt sammensatt mål i spesifikasjonen med alle undermålene for det sammensatte mål.

Trinn av den andre art kan utvide størrelsen av spesifikasjonene ved erstatning av et eneste mål med flere mål.

Det vil også bli definert en forfining av en spesifikasjon: en andre spesifikasjon forfiner en første dersom den blir oppnådd ved anvendelse av en eller annen sekvens av de nevnte to operasjoner for den første spesifikasjon.

Et målhierarki for den anropstype der bruker A har et ikkelistet nummer og anrop B har en leveringstjeneste for anropende nummer, er illustrert på figur 2.

Målhierarkiet 100 på figur 2 omfatter en flerhet av noder 102, 104, 106, 108, 110, 112, 114, 116. Hver node representerer et mål. Som angitt tidligere vil uttrykket mål her

bli benyttet for en eller flere operasjoner som kan utføres eller eksekveres i telekommunikasjonsnettet. Relasjonene blant noder i målhierarkiet 100 er vist ved stiplede og heltrukne linjer.

Den relasjon som er vist ved en stiplet linje, er kjent som en abstraksjonsrelasjon. En abstraksjonsrelasjon opererer som følger: man tar i betraktning rot-noden 102 som omfatter operasjonen anrop (A, B). Noden 102 har to avkomnoder 104 og 108 som er forbundet med noden 102 med stiplede linjer 101 og 107. I dette tilfelle vil avkomnode 104 og 108 representere en spesialisert måte for å utføre målet for node 102. Således vil målet for node 102 anrop (A, B) kunne utføres ved operasjonen enkeltanrop (A, B) for node 104 hvilket innbefatter ingen overføring av informasjon som identifiserer A like overfor B. Målet for node 102 kan også utføres ved operasjonen identifisert anrop (A, B) for node 108 hvilket innbefatter overføring av identifiserende informasjon om A til B. Generelt vil hver av nodene 104 og 108 som er forbundet med noden 102 ved de stiplede linjer 101 og 107, bli betegnet som spesialiseringer av noden 102. Noden 102 er på sin side betegnet som en abstraksjon av nodene 104, 108.

Målet for node 108 er et sammensatt mål. Relasjonen mellom målet for node 108 og dennes avkomnoder 110 og 112 er en som gjelder sammensetning eller komposisjon. Slik komposisjonsrelasjon blant noder er vist med heltrukne linjer, f.eks. de heltrukne linjer 109 og 111. Ved dette tilfelle vil målet 108 være et sammensatt mål og målene 110 og 112 vil være sammensatte mål. Et sammensatt mål (f.eks. mål 108) vil bare kunne realiseres dersom alle dens komponentmål (f.eks. målene 110 og 112) blir realisert. Som vist i målhierarkiet på figur 2 vil komponentmålene for identifisert anrop (A, B) være oppkoble (A, B) for node 110 og avlever info (A) for node 112. Den abstrakte målavleverinfo (A, B) for node 112 kan realiseres ved det spesialiserte målavleveringsnummer (A) for node 114 eller det spesiali-

serte målavleveringsnavn (A) for node 116. Hierarkiene av den type som er vist på figur 2, er blitt beskrevet for plangjenkjenning (se f.eks. H.A. Kautz, "A formal theory of plan recognition and its implementation". I J.F. Allen, H.A. Kautz, R.N. Pelavin, og J.D. Tenenberg, forfattere, "Reasoning about Plans", kapittel 2, side 70-125, Morgan Kaufmann Publisers, Inc., San Mateo, CA1991).

I henhold til den foreliggende oppfinnelse vil agenter generere forslag og motforslag for overføring til andre agenter og motta forslag og motforslag generert av andre agenter. Alle forslag og motforslag blir dannet ved konstruksjon av en spesifikasjon av et mål, slik dette er beskrevet tidligere. Agentene vil også bruke målhierarkiet, f.eks. det målhierarki som er vist på figur 2, for å bestemme hvorvidt et forslag er aksepterbart eller uaksepterbart.

3) Aksepterbarhet for forslag

Et forslag er aksepterbart for en agent dersom dets tilsvarende enhet vil kunne være enig i samme. Et forslag er uakseptabelt dersom enheten ikke kan være enig i det. Således vil hvert mål (dvs. node) for et målhierarki bli merket aksepterbart, uaksepterbart eller forbli umerket. Når et mål er umarket er det ubestemt.

4) Aksepterbarhet for forslag

Et forslag er aksepterbart dersom det er en spesifikasjon av et aksepterbart mål.

Et forslag er uakseptabelt dersom det er spesifikasjon av et uaksepterbart mål.

En klassifikasjon av mål som aksepterbare og uaksepterbare vil være konsistent dersom og bare dersom ingen spesifikasjon er en spesifikasjon av både et aksepterbart mål og et uaksepterbart mål.

To ytterligere regler kan brukes for å utlede aksepterbarheten eller uaksepterbarheten for spesifikasjoner for sammensatte mål fra aksepterbarheten eller uaksepterbarheten for komponentene i det sammensatte mål. Man kan anta at det sammensatte mål g ikke er klassifisert som aksepterbart eller uaksepterbart. La $h_1, \ldots, h_n$ være dets komponentmål og la H_i være en aksepterbar spesifikasjon av h_i for hver lite i, $i=1,\ldots,n,$. Da vil spesifikasjonen $G=U^n_{i=1}H_i$ være en aksepterbar spesifikasjon av g. Dessuten, dersom spesifikasjonen H_i er uaksepterbar, så vil $G=U^n_{i=1}H_i$ være en uaksepterbar spesifikasjon av g. Anvender man disse regler like overfor mål, kan det avledes at et sammensatt mål som ikke er klassifisert eksplisitt, er uakseptabelt dersom en av dets komponenter er uakseptabel.

Hver bruker skal markere målene i hierarkiet i overensstemmelse med de nevnte regler. For å verifisere at ingen spesifikasjon vil bli bestemt til å være både aksepterbar og uaksepterbar, vil man utvide klassifikasjon for mål så langt som mulig. Man betegner den resulterende klassifikasjon av mål som en komplett markering av hierarkiet. Dersom intet mål blir klassifisert som både aksepterbart og uaksepterbart i den komplette markering, så vil markeringen av hierarkiet være konsistent, hvilket innebærer at hver spesifikasjon er nettopp aksepterbar, uaksepterbar eller ubestemt.

Man kan utvide klassifikasjonen som følger:

- Start fra høyeste nivånoder, og fortsett ved nivå nedover i hierarkiet, dersom et abstrakt mål er aksepterbart marker alle dets avkom som aksepterbare og dersom det er uaksepterbart, markér alle avkommene som uaksepterbare.

- Start fra laveste nivånoder og fortsett med nivå opp hierarkiet, dersom alle avkommene fra et abstrakt mål er aksepterbare, markér at det

er aksepterbart; dersom alle avkommene fra et ubestemt sammensatt mål er aksepterbare, markér det som aksepterbart; dersom alle avkommene fra et abstrakt mål er uaksepterbare, marker det som det uaksepterbart; og dersom eventuelt avkom fra et ubestemt sammensatt mål er uaksepterbart, marker det som uaksepterbart.

Når først disse trinn er blitt utført en gang, i den nevnte rekkefølge, vil markeringen av hierarkiet være komplett.

Målhierarkiet ifølge figur 2 med markeringer som indikerer aksepterbare og uaksepterbare mål for bruker A, er vist på figur 3A. Målhierarkiet ifølge figur 2 med markeringer som indikerer aksepterbare og uaksepterbare mål for bruker B, er vist på 3B. (Generelt vil målhierarkiet for en flerhet av forskjellige typer av telekommunikasjonssesjoner som innbefatter varierte forskjellige enheter, blir lagret i lageret 42 ifølge figur 1 sammen med markeringer som indikerer aksepterbarheten og uaksepterbarheten for målene for de forskjellige noder med hensyn til spesielle agenter som representerer spesielle enheter).

5) Bruk av målhierarki ved forhandlingsprosess

En forhandlingsprosess blir initiert når en enhet (f.eks. en abonnent) kommuniserer til den tilhørende agent at et mål skal realiseres. F.eks. vil abonnent A kunne kommunisere til sin agent at førstnevnte ønsker å realisere målet anrop (A, B). Selve målet trenger ikke å bli markert som aksepterbart i målhierarkiet for anrop (A, B) slik det blir brukt av agenten for A (se figur 3A). Imidlertid kan det antas at målet ikke er aksepterbart, og at en aksepterbar spesifikasjon av dette mål kan eksistere. Målhierarkiet blir gjennomsøkt for å finne en spesifikasjon av målet anrop (A, B) som blir markert aksepterbart i det målhierarki som benyttes av den mottagende agent. I dette tilfelle vil den aksepterbare spesifikasjon av anrop (A, B) være et en-

kelt anrop (A, B). Spesifikasjonen blir deretter overført som et initialt forslag av agenten for A til agenten for B. Når et forslag eller motforslag blir mottatt av en agent, vil den mottagende agent måtte beslutte hvorvidt forslaget eller motforslaget er aksepterbart. Dersom forslaget bare inneholder et eneste mål som blir markert aksepterbart i målhierarkiet som brukes av den mottagende agent, vil den mottagende agent slutte seg til dette. Dersom forslaget er en spesifikasjon av et mål (dvs. node) markert aksepterbart, vil forslaget være aksepterbart.

Dersom det blir besluttet at et mottatt forslag ikke kan aksepteres eller er ubestemt i henhold til målhierarkiet for den mottagende agent, er det nødvendig at et motforslag blir generert. I det tilfelle et mottatt forslag er ubestemt, vil det bli generert et motforslag av den mottagende agent ved forflytning nedover i målhierarkiet, for å forsøke å finne en spesifikasjon av det ubestemte mål som er aksepterbart. Dersom en slik aksepterbar spesifikasjon blir funnet, blir den overført som et motforslag. Dersom det mottatte forslag blir bestemt som uaksepterbart, vil et motforslag bli generert av den mottagende agent ved forflytning oppover i hierarkiet for derved å se om det foreligger noe ubestemt mål som er oppnådd ved det uaksepterbare forslag. Deretter vil den mottagende agent bevege seg nedover i hierarkiet langs en andre gren for å se om det foreligger eventuelle andre spesifikasjoner av det ubestemte abstrakte mål som vil kunne aksepteres. En slik aksepterbar spesifikasjon vil deretter blir brukt til å generere et motforslag. (Noter: dette er nøyaktig den type av "vinn-vinn" forhandlingsstrategi som ofte benyttes i forretningssammenheng. Ved en typisk forretningsforhandling, når en første part fremmer et forslag, vil en andre part beslutte hvorvidt forslaget er aksepterbart eller uaksepterbart. Dersom den andre part ikke kan akseptere forslaget, vil han/hun ofte spørre: "Hva vil du prøve å oppnå ved å fremme dette forslag, dvs. hva er ditt mål". Den første part vil deretter identifisere sitt mål. Den andre part vil deretter

kunne si, jeg har en annen måte for fullførelse av ditt mål, som er aksepterbart for meg).

I tilfelle av anropet mellom A og B som omtalt tidligere, skal man vurdere de følgende eksempler på aksepterbare, uaksepterbare og ubestemte forslag og motforslag.

1. Agenten for A mottar fra den motsvarende enhet en instruksjon for implementering av målet anrop (A, B). Agenten A søker gjennom målhierarkiet for å finne en aksepterbar måte for utførelse av målet anrop (A, B). Målet anrop (A, B) er ubestemt i målhierarkiet som brukes av agenten for A. Således vil agenten for A gjennomsøke målhierarkiet (figur 3A) ved forflytning nedover for å oppsøke en spesifikasjon av målet anrop (A, B) som er aksepterbart. Den aksepterbare spesifikasjon i målhierarkiet ifølge figur 3A er oppkobl (A, B). Et forslag i form av oppkobl (A, B) blir overført til agenten for B. Agenten for B mottar forslaget oppkobl (A, B) og beslutter ut i fra målhierarkiet ifølge figur 3B at forslaget ikke er aksepterbart.

2. For å generere et motforslag forflytter agenten for B seg oppover i målhierarkiet ifølge figur 3B for å finne en abstraksjon av målet oppkoble (A, B) som er ubestemt. Den abstraksjon som er ubestemt er anrop (A, B). Deretter vil agenten for B forflytte seg nedover i hierarkiet for å finne en andre spesifikasjon av anrop (A, B) som er aksepterbar. En aksepterbar spesialisering er identifisert anrop (A, B). Dette mål blir overført fra agenten for B til agenten for A som et motforslag.

3. Forslaget identifisert anrop (A, B) blir mottatt

av agenten for A. Agenten for A undersøker sitt målhierarki (figur 3A) og noterer at forslaget identifisert anrop (A, B) er ubestemt. Agenten for A vil deretter forflytte seg nedover i sitt målhierarki for å finne en spesifikasjon for identifisert anrop (A, B) som er aksepterbart. Den aksepterbare spesifikasjon for det sammensatte mål identifisert anrop (A, B) utgjøres av oppkobl (A, B) og avlever navn (A). (Dette er en aksepterbar spesifikasjon for et sammensatt mål fordi den omfatter en aksepterbar spesifikasjon for hver individuell komponent av det sammensatte mål.) Dette motforslag blir overført til agenten for B.

4. Agenten for B vil ved bruk av målhierarkiet ifølge figur 3B, beslutte at det mottatte forslag oppkobl (A, B) og avlever navn (A) er aksepterbare.

Således har agentene for A og B nådd en enighet om et forslag som er avledet av planlagte handlinger for etablering av kommunikasjonen mellom enhetene A og B. Det blir derfor overført en instruksjon fra datamaskin 40 til det sentrale kontor 12 (se figur 1) for å utføre det forslag som man er kommet enighet om.

Den iterative generering av forslag og motforslag utgjør en søkeprosess gjennom et målhierarki for å finne et forslag (dvs. en node) som oppnår den opprinnelige mål for den agent som initierte behandlingen, og hvilket er aksepterbart for alle involverte agenter. Utvekslingen av forslag blir avsluttet når det finnes et forslag som er aksepterbart for alle de involverte agenter, eller det blir besluttet at det ikke er mulig for agentene å oppnå enighet.

Det blir besluttet at ingen enighet kan nås når alle og ethvert forslag som er aksepterbart for den initierende

agent, er blitt utprøvd, dvs. er blitt overført til eller mottatt fra de andre involverte agenter, og ingen enighet er blitt oppnådd.

6) Bruk av en forhandler

I noen tilfeller, f.eks. når flere enn to agenter er involvert i en forhandlingssesjon, vil et hjelpemiddel i form av en datamaskinprosess betegnet som en forhandler, kunne benyttes for å motta forslag fra agenter og overføring av forslag til agenter. Ved en illustrativ utførelsesform for oppfinnelsen, når en forhandler er involvert, vil forhandlingsprosessen illustrativt kunne involvere følgende elementer.

- **Målhierarki**

1. Alle agenter har det samme målhierarki, men for ulike agenter kan forskjellige noder bli markert aksepterbare eller uaksepterbare, etc.

2. Antallet av mål (dvs. noder) i målhierarkiet er endelig.

- **Forhandler**

1. Forhandleren køstiller hvert forslag som blir mottatt og sender hvert forslag som mottas til den initierende agent og til alle andre involverte agenter i en FIFO (først inn, først ut) orden, unntatt når forhandlingen avsluttes først eller en eller annen agent svarer NEI til et forslag først.

2. Dersom forhandleren har sendt alle forslag som er mottatt før mottagelsen av et NEI svar fra den initierende agent, vil det bli utsendt et FORESPØRSEL til den initierende agent.

3. Forhandleren avslutter forhandlingen dersom
(a) for ett eller annet forslag P den initierende agent eller alle andre involverte agenter har informert forhandleren om at de aksepterer forslag P. I dette tilfelle vil den samstemte løsning bli utført i telekommunikasjonsnettet.

(b) For ett eller annet forslag P den initierende agent svarer NEI til forhandleren.

4. Forhandleren sender et forslag til en agent bare en gang.

- **Agenter**

1. Når en agent mottar et forslag fra forhandleren, vil førstnevnte kunne svare JA (er enig), svare NEI eller sende et motforslag.

2. Når en initierende agent mottar en FORESPØRSEL fra forhandleren, vil det kunne svares NEI eller avsendes et forslag.

3. En agent sender bare et forslag til forhandleren dersom forslaget er aksepterbart for førstnevnte.

4. En agent svarer NEI til et forslag eller til en FORESPØRSEL, dersom det for hvert forslag Q som er aksepterbart for agenten, er blitt mottatt enten Q fra forhandleren eller blitt avsendt Q til forhandleren (dette innebærer at alle forslag som er aksepterbare for en agent, må ha blitt foreslått av agenten eller en eller annen agent før agenten kan svare NEI).

5. En agent sender et forslag til forhandleren bare en gang.

En detaljert beskrivelse av en forhandlingsalgoritme som kan brukes av forhandleren og agentene, er beskrevet i det vedføyde appendiks.

Kort sagt er det her omtalt en forhandlingsprosess for å løse konflikter i et distribuert system, f.eks. et telekommunikasjonsnett. Ved forhandlingsprosessen er hver enhet representert ved en agent. Agentene måler målhierarkier for å generere forslag og motforslag for overføring til andre agenter og for å bestemme aksepterbarheten for forslag som er mottatt fra andre agenter. Forhandlingsprosessen ifølge oppfinnelsen tillater at man oppnår enighet for oppsetting av aktiviteter mellom enheter i et distribuert nett (f.eks. kommunikasjoner i et kommunikasjonsnett) uten at det pålegges agentene å endre deres mål og uten å pålegge agentene å dele begrenset informasjon. Det er en spesiell fordel ved forhandlingsprosessen ifølge den foreliggende oppfinnelse, at når en mottagende agent mottar et uaksepterbart forslag fra en utsendende agent, vil den mottagende agent kunne bruke målhierarkiet for å utlede et mål for den utsendende agent. Den mottagende agent kan også bruke målhierarkiet for å prøve å finne et alternativt forslag som kan aksepteres av den mottagende agent og som også tilfredsstiller det utledede mål hos den utsendende agent. Ved de illustrative utførelsesformer for oppfinnelsen som er omtalt tidligere, bruker alle agenter som er involvert i en forhandling, det samme målhierarki, men med forskjellige markeringer hva angår aksepterbarhet og ikke aksepterbarhet. Ved en alternativ utførelsesform for oppfinnelsen vil imidlertid forskjellige agenter som deltar i en forhandling, kunne utnytte forskjellige målhierarkier.

APPENDIKS

Forhandlingsalgoritme.

Dette appendiks skisserer en algoritme for forhandling. I tillegg til agentene for de forhandlende parter, er det også en forhandlingsprosess til hvilken alle forslag og motforslag blir sendt. Den første seksjon beskriver handlingene til forhandleren og den andre seksjon beskriver handlingene til en agent.

Forhandleren

Når forhandleren mottar et innledende forslag starter den en ny forhandling ved å initialisere forskjellige datastrukturer. Datastrukturene er:

- $\mathcal{H}$ - et sett av de forslag som forhandleren har sendt til agentene.
- Q - en kø av par (P, A) hvor P er et utprøvd forslag og A er agenten som sender det til forhandleren.
- $\mathcal{A}$ - settet av alle agenter involvert i forhandlingen.

Etter initialisering av datastrukturene bestemmer forhandleren hvilke agenter som kreves for å autorisere forslaget og sender forslaget til dem for evaluering. For et forslag P kaller vi dette sett av agenter agenter (P).

Innledende forslag P fra initierende agent A_1

- Initier datastrukturene $\mathcal{H}$, Q og $\mathcal{A}$ som tomme
- Adder (P, A_1) til slutten av køen Q og initier en forhandlingsrunde.

En forhandlingsrunde involverer å sende et forslag til agentene for evaluering og innsamling av reaksjonene. I det første trinn av en runde sender forhandleren forslaget til den initierende agent (med mindre forslaget var sendt av den initierende agent) for å bestemme om det oppnår den initierende agents mål og er akseptabelt for den initierende agent. Hvis den initierende agent aksepterer forslaget, sender da forhandleren det til de andre agenter som kreves for å autorisere det, og samler inn deres reaksjoner. Forhandlingsprosessen kan bestå av mange slike runder. En forhandlingsrunde som bruker forslaget P initieres ved de følgende handlinger fra forhandlerens side:

Initiere en runde

- hvis køen Q ikke er tom, fjern et forslag (P, A) fra fronten av Q

- repeter mens ($P \in \mathcal{H}$) og (Q ikke er tom): fjern et forslag (P, A) fra fronten av Q. (Dette trinn garanterer at et forslag sendes høyden en gang).

- Hvis $P \in \mathcal{H}$ terminer forhandlingen som mislykket (siden Q må være tom) (ingen enighet ble funnet).

- Adder P til historien $\mathcal{H}$.

- Hvis A ikke er A_I (den initierende agent), send P til A_I og vent på dens reaksjon:

  - hvis A_I svarer med motforslag Q, adder (Q, A_I) til slutten av køen Q og terminer denne runde.

- - hvis A_I svarer med nei, terminer denne runde.

(Dette trinn garanterer at den initierende agent var enig i forslaget.)

- (hvis forhandleren når dette trinn, enten A=A_I eller A_I aksepterte forslaget P.) Adder alle agenter i agenter (P) til $\mathcal{A}$.

- For hver A ∈ agenter (P) sett variabler godkjent [A] og besvart [A] til falsk.

- Send forslaget til hver agent i agenter (P) og samle inn reaksjonene.

De hendelser som forhandleren må reagere på er: mottak av et innledende forslag (beskrevet ovenfor) og mottak av en respons (ja, nei eller et motforslag).

Respons fra agent A

- sett besvart [A] til sann.

- Hvis responsen er ja sett da godkjent [A] til sann.

- Hvis responsen er nei sett godkjent [A] til falsk. (hvis det mottas et nei annen enn den initierende agent, betyr dette bare at den svarende agent ikke kan være involvert i noen løsning. Men det kan være en løsning som involverer forskjellige agenter).

- Hvis responsen er et motforslag Q ∉ $\mathcal{H}$ og det ikke er noen agent B slik at (Q, B) ∈ Q, adder da (Q, A) til slutten av køen Q.

- Hvis besvart av [A]=sann for hver agent A ∈ agenter ($P_{gjeldende}$), da
  - hvis godkjent [A] = sann for hver agent A ∈ agenter ($P_{gjeldende}$), da
    * terminer forhandlingen med løsning $P_{gjeldende}$
    * send akseptert til alle agenter i agenter ($P_{gjeldende}$)
    * send utført til alle agenter i A - agenter ($P_{gjeldende}$)
  - hvis godkjent [A]= falsk for minst en agent A

∈ agenter ($P_{gjeldende}$), terminer da denne runde og initier en ny runde av forhandlinger.

Forhandleren terminerer ikke forhandlingen inntil enten en løsning har blitt funnet eller køen av motforslag er tom. Forhandleren sender alle forslag P som den mottar til alle agentene i agenter (P), med mindre en agent allerede har avslått forslaget. Hvis en agent svarer nei hvis og bare hvis gjeldende forslag er uakseptabelt, og den allerede har sendt alle akseptable forslag til forhandleren, arbeider forhandleren da som påkrevd for å garantere at en løsning finnes.

Agentene

Agentene må reagere på forslag og på meldingene som terminerer forhandlingen. Den initierende agent må huske dens opprinnelige mål, og avslå ethvert forslag som ikke er en spesifikasjon av dette mål (uansett dets aksepterbarhet). Den initierende agent setter variabelen *G* lik dens opprinnelige mål. Alle agenter opprettholder en historie $\mathcal{H}$ av forslag som de har sendt og mottatt. Opprinnelig setter de $\mathcal{H} = \Phi$. Den initierende agent og de andre agenter vil svare på et mottatt forslag P på følgende måte.

Den initierende agent

- adder P til $\mathcal{H}$
- hvis P er en akseptabel spesifikasjon av G, svar med ja
- hvis P ikke er akseptabel eller ikke er en spesifikasjon av G

  hvis det er en akseptabel spesifikasjon R av G slik at $R \notin \mathcal{H}$

- adder R til $\mathcal{H}$
- svar med R.

hvis det ikke er noen akseptabel spesifikasjon R av G slik at R $\notin$ $\mathcal{H}$ svar da med nei.

Vi spesifiserer ikke hvordan man plukker spesifikasjonene her.

Andre agenter

- adder P til $\mathcal{H}$.
- hvis P er akseptabelt svar da med ja
- hvis P ikke er akseptabelt

hvis det er en akseptabel spesifikasjon R $\notin$ H

- adder R til $\mathcal{H}$
- svar med R

hvis det ikke er noen akseptabel spesifikasjon R $\notin$ $\mathcal{H}$ svar da med nei.

Denne prosedyre kan være mer effektiv, uten å miste garantien for å finne en løsning hvis det eksisterer en, fordi vi kan redusere antallet forslag som de ikke-initierende agenter sender. Ideen er at de ikke-initierende agenter ikke vil foreslå spesifikasjoner med mindre de kan være spesifikasjoner av den initierende agents mål. Legg merke til at hver spesifikasjon som når en ikke-initierende agent oppnår den initierende agents mål. Derfor kan de ikke-initierende agenter utlede hva den initierende agents mål er fra sekvensen av spesifikasjoner, som følger: La $\mathcal{I}$ være settet av mål utledet fra forhandlingen så langt. $\mathcal{I}$ blir

gjentatt forbedret ved å bestemme hvilke mål de gjeldende forslag er en spesifikasjon av, og avskjære dette sett av mål med den gjeldende verdi av $\mathcal{I}$. Da reduserer vi antallet sendte forslag ved å kreve at hvert forslag som en agent sender oppnår samme mål i $\mathcal{I}$. Dette reduserer effektivt søkeområdet av forslag.

Alle agenter - terminerende meldinger akseptert eller utført

- sett $\mathcal{M}$ til tom.

Legg merke til at en agent er enig i et forslag bare hvis forslaget er akseptabelt og svarer ikke med nei med mindre den er motsatt et uakseptabelt forslag og også enten har mottatt eller sendt alle akseptable forslag som møter målet G.

P a t e n t k r a v

1. Fremgangsmåte for å etablere en aktivitet blant to eller flere enheter i et distribuert system, idet hver enhet er representert av en agent, omfattende følgende trinn:

- hver agent genererer forslag omfattende operasjoner som kan utføres i nevnte distribuerte system og aksepterbart for overføring til andre agenter og bestemmer om forslag mottatt fra andre agenter er aksepterbare eller uaksepterbare for nevnte ved gjennomsøkning av et målhierarki omfattende noder som er sammensatt av operasjoner som er aksepterbare eller uaksepterbare eller er ubestemte,

- å utveksle forslag blant agenter som representerer nevnte enheter inntil alle nevnte agenter bestemmer at et forslag er aksepterbart eller det blir bestemt at ingen enighet kan oppnås, og

- når nevnte agenter alle bestemmer at et spesielt forslag er aksepterbart, å utføre i nevnte distribuerte system de operasjoner som innbefattes i nevnte spesielle forslag, k a r a k t e r i s e r t v e d at fremgangsmåten, når en spesiell agent etter å ha mottatt et forslag som er bestemt til å være uakseptabelt, omfatter et trinn som går ut på:

-å gjennomsøke et målhierarki for et motforslag ved forflytning oppover i målhierarkiet for å finne en ubestemt node og deretter å forflytte seg nedover i målhierarkiet for å finne en spesifikasjon som er aksepterbar, og å overføre nevnte spesifikasjon som nevnte motforslag til en andre agent.

2. Fremgangsmåte som angitt i krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at nevnte forslag blir

utvekslet blant nevnte agenter ved bruk av en forhandler.

3. Fremgangsmåte som angitt i krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at nevnte forslag blir utvekslet blant nevnte agenter direkte.

4. Fremgangsmåte som angitt i krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at alle agenter utnytter det samme målhierarki.

5. Fremgangsmåte som angitt i krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at agentene bruker forskjellige målhierarkier.

6. Fremgangsmåte som angitt i krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at det distribuerte system er et kommunikasjonsnett og at nevnte aktivitet omfatter oppsetting av en kommunikasjon blant to eller flere enheter i et kommunikasjonsnett.

7. Et distribuert system omfattende en flerhet av autonome enheter (20, 22, 28) som deltar i en aktivitet i nevnte distribuerte system,

en agent (40) som representerer hver av enhetene, idet hver agent genererer forslag for overføring til andre agenter og bestemmer hvorvidt eller ikke forslag mottatt fra andre agenter er aksepterbare, idet nevnte forslag omfatter operasjoner som kan utføres i nevnte distribuerte system,

lagerorganer (42) for lagring av informasjon som kan nyttes av nevnte agenter for generering av spesielle forslag for overføring til andre agenter og for å bestemme hvorvidt spesielle forslag mottatt fra andre agenter er aksepterbare eller uaksepterbare,
k a r a k t e r i s e r t v e d å omfatte organer (40) for, når en agent mottar et forslag fra en andre agent svarende til en node som er markert uakseptabel i målhierar-

kiet, å gjennomsøke målhierarkiet for et motforslag ved forflytning oppover i målhierarkiet inntil det nås en ubestemt node og deretter ved forflytning nedover i målhierarkiet for å finne en aksepterbar spesifikasjon for den ubestemte node og for å generere et motforslag som implementerer et utledet mål for nevnte andre agent.

8. System som angitt i krav 7,
k a r a k t e r i s e r t v e d at det distribuerte system er kommunikasjonsnett og at aktiviteten er en kommunikasjon blant to eller flere enheter i et kommunikasjonsnett.

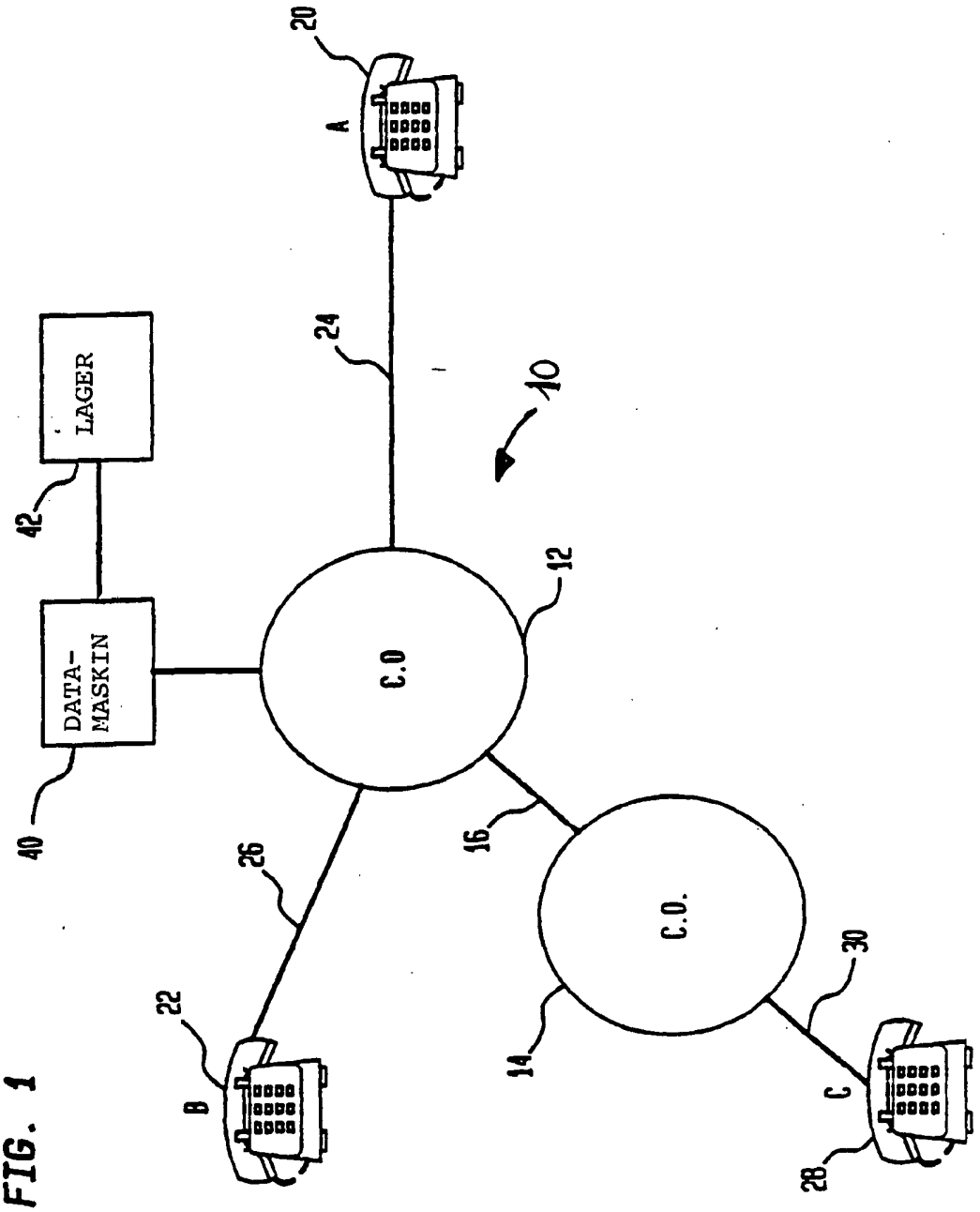


FIG. 1

FIG. 2

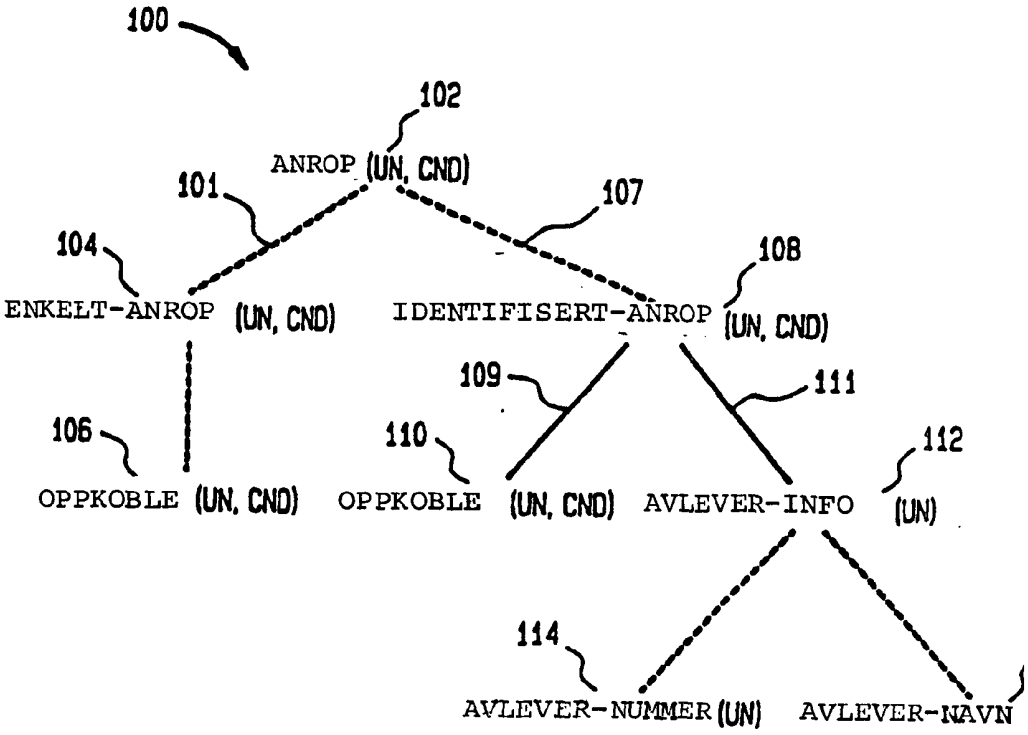

100
102
ANROP (UN, CND)
101
107
104
108
ENKELT-ANROP (UN, CND)
IDENTIFISERT-ANROP (UN, CND)
109
111
106
110
112
OPPKOBLE (UN, CND)
OPPKOBLE (UN, CND)
AVLEVER-INFO (UN)
114
AVLEVER-NUMMER (UN)
AVLEVER-NAVN

FIG. 3A

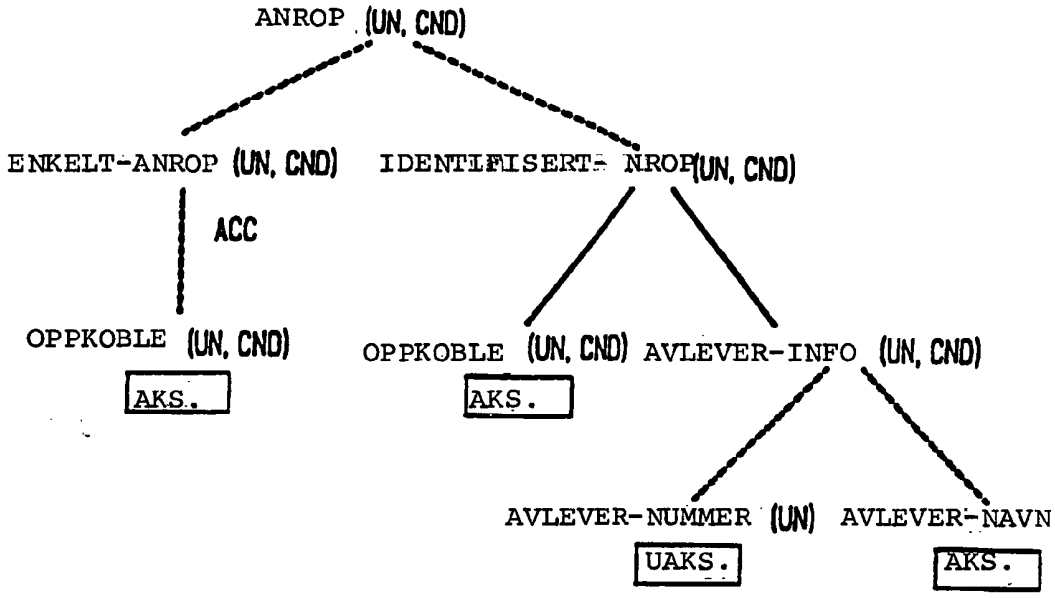
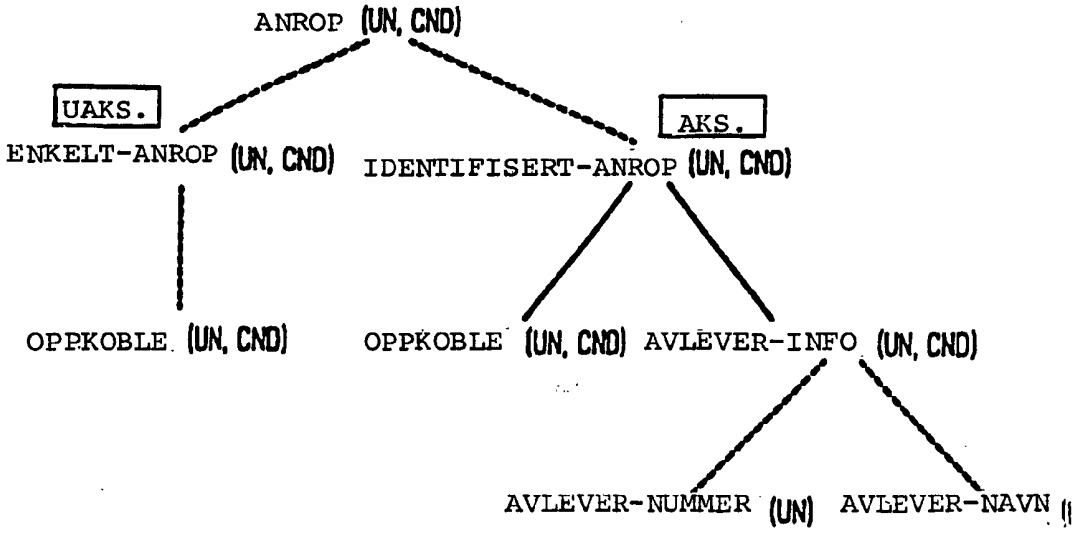

ANROP (UN, CND)
ENKELT-ANROP (UN, CND)
IDENTIFISERT-ANROP (UN, CND)
ACC
OPPKOBLE (UN, CND)
AKS.
OPPKOBLE (UN, CND)
AKS.
AVLEVER-INFO (UN, CND)
AVLEVER-NUMMER (UN)
UAKS.
AVLEVER-NAVN
AKS.

FIG. 3B


ANROP (UN, CND)
UAKS.
ENKELT-ANROP (UN, CND)
AKS.
IDENTIFISERT-ANROP (UN, CND)
OPPKOBLE (UN, CND)
OPPKOBLE (UN, CND)
AVLEVER-INFO (UN, CND)
AVLEVER-NUMMER (UN)
AVLEVER-NAVN