



NORGE

KORRIGERT UTGAVE / CORRECTED VERSION

(12) **PATENT**

(19) NO

(11) **318311**

(13) **B1**

(51) Int Cl⁷

H 04 L 12/54

Patentstyret

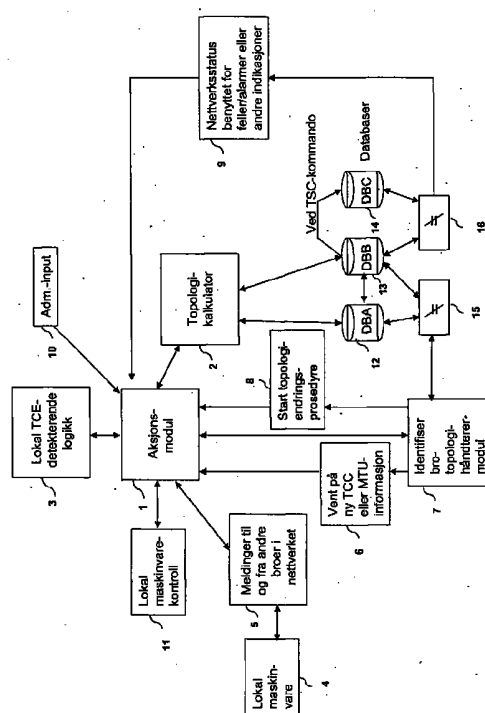
(21)	Søknadsnr	20030563	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	
(22)	Inng.dag	2003.02.04	(85)	Videreføringssdag	Ingen
(24)	Løpedag	2003.02.04	(30)	Prioritet	
(41)	Alm.tilgj	2004.08.05			
(45)	Meddelt	2005.02.28			
(71)	Søker	OnTime Networks AS , Billingstadsletta 18, 1375 Billingstad, NO			
(72)	Oppfinner	Øyvind Holmeide, Orionveien 12, 0489 Oslo, NO			
		Lennart Liljeström, Bystammogatan 2, S-725 91 Västerås, SE			
(74)	Fullmektig	Onsagers AS , Postboks 6963 St Olavs Plass, 0130 OSLO, NO			

(54)	Benevnelse	Fremgangsmåte og apparat for rask rekonfigurering av en nettverkstopologi
(56)	Anførte publikasjoner	US 5606669, US 6330229
(57)	Sammendrag	

Oppfinnelsen vedrører en fremgangsmåte for å kontrollere et nettverkselement med et flertall av kommunikasjonsporter for å sende og motta datapakker til og fra andre nettverkselementer i et nettverk, hvor en spanningstretopologimodell for minst et subsett av nettverket er lagret i minst én database i nettverkselementet. Fremgangsmåten omfatter trinnene:

- å detektere en hendelse som angir en endring i topologien for nettverket,
- å oppdatere spanningstretopologimodellen for subsettet av nettverket basert på informasjon avledet fra topologiendringshendelsen, hvor nevnte sub-sett omfatter opprinnelsespunktet for topologiendringshendelsen og de nettverkselementer som påvirkes av topologiendringen, og
- å bestemme om nettverkselementet opererer som topologihåndterer for den detekterte hendelsen.

Dersom nettverkselementet opererer som topologihåndterer, beregnes en ny spanningstretopologimodell basert på modellen som resulterer fra oppdateringstrinnet, og en topologiendringskommando (TCC), som innbefatter informasjon om den nye spanningstretopologimodellen, sendes til nettverket. Oppfinnelsen tilveiebringer en effektiv rekonfigurering av nettverkstopologien i tilfelle av en topologiendringshendelse.



Figur 2

Teknisk område

Den foreliggende oppfinnelsen vedrører generelt datamaskinnettverk, og mer spesifikt et nettverkselement og en fremgangsmåte for å kontrollere et nettverkselement.

5 Bakgrunn

- Spanningtrealgoritmen (STA) implementert i samsvar med IEEE802.1D-standarden opererer på broer for å hindre sløyfer i et nettverk. STA benyttes også for å oppnå redundans. Redundante porter er viktige som reserveporter i tilfelle av svikt i et nettverk. Slike porter omtales som blokkerende porter. En av broene i nettverket velges som rotbroen. Rotbroen blir fokuspunktet i nettverket. Alle andre
- 10 beslutninger i nettverket, slik som hvilke porter som er i blokkerende tilstand (eng.: Blocking state) og hvilken port som fremsender pakker, dvs. fremsendende tilstand (eng.: Forwarding state), gjøres fra rotbroens perspektiv. STA-relatert informasjon, slik som bro-ID og veikostnadsparametere (eng.: path cost parameters), utveksles
- 15 mellom broer. Denne informasjonen bæres i dataenheter betegnet Bridge Protocol Data Units (BPDU-er). Disse parameterne benyttes for å bygge spanningtreet (ST). BPDU-pakker kan mottas på en blokkerende port, men ingen andre pakker fremsendes på en blokkerende port. Hvilke porter i et ST som er blokkerende, avhenger av veikostnaden. En hvilken som helst ST-klargjort port kan være
- 20 blokkerende på en hvilken som helst bro i nettverket, innbefattet rotbroen. Porten som mottar den beste BPDU på en bro, er rotporten. Dette er den porten som er nærmest rotbroen, på vilkår av rotveikostnad. Således er hver broport i nettverket assosiert med en rotveikostnad. Dette er summen av veikostnader for hver broport som mottar rammer fremsendt fra roten på den vei til broen som har minst kostnad.
- 25 Prinsippene om hvordan en topologiendringshendelse skal håndteres, slik som et linktap eller linkfeil på en nettverksdropplink som er en del av den aktive topologi, er beskrevet i standarden IEEE802-1D. En bro kan endre den aktive topologi for bronettverket, der en slik hendelse er mottatt. Broen vil utsende en topologiendringsunderretning (TCN) BPDU på nettverket som broens rotport er
- 30 tilknyttet. Denne utsendingen gjentas inntil broen mottar en topologiendringsbekreftelse (TCA). TCA-en bæres i en konfigurasjons-BPDU, og således vil TCN til sist bli bekreftet, eller ytterligere rekonfigurering vil finne sted. Den neste broen, dvs. den utpekte broen, i veien mot rotbroen, overleverer TCN mot roten ved å bruke den samme prosedyre.
- 35 Dersom roten mottar en slik TCN, eller endrer topologien selv, vil den sette et topologiendringsflagg, TC-bit, i alle konfigureringsmeldinger som utsendes i en viss tid. Denne tiden er slik at alle broer vil motta én eller flere av konfigureringsmeldingene, eller ytterligere rekonfigurering vil finne sted. Dynamiske adresseinnskoter vil utdateres raskere når dette flagget er satt. Dette

betyr at inkomster som ikke lenger er gyldige på grunn av topologiendringen, rimelig raskt vil fjernes fra de broporter der de ikke lenger er tilstede.

- 5 Evnen til å detektere topologiendringer kan aktiveres eller deaktiveres på per-port-basis. Hensikten med denne fasiliteten i standarden IEEE802.1D er å tillate at topologiendringsdeteksjon kan deaktiveres på porter der det er kjent at en enkelt endestasjon er tilkoblet, og der fra- og tilkobling av effekt for denne endestasjonen ville forårsake at TCN-mekanismen trigges.

Rapid-spanningtreealgoritmen (RSTA) er en ny standard, se IEEE802.1w for detaljer. Denne standarden er en forbedring av STA.

- 10 Det viktigste trekket ved RSTA, sammenlignet med STA, er en rapid transisjon av en port til fremsendingstilstand. Arve-STA-en venter passivt på at nettverket skal konvergere før den setter en port til fremsendingstilstand.

- 15 Raskere konvergens oppnås ved å innstille de konservative normal-STA-parameterne, å redusere antallet porttilstander, og å dra fordel av det faktum at linkene mellom moderne broer nå i de fleste tilfeller er basert på full duplex-konnektivitet. Det finnes bare tre porttilstander tilbake i RSTP, samsvarende til de tre mulige operasjonstilstander, dvs. Discarding, Learning og Blocking. Tilstandene i 802.1D: Disable, Blocking og Listening har blitt satt sammen til en unik tilstand Discarding i 802.1w.

- 20 RSTA er i stand til aktivt å bekrefte at en port på sikker måte kan gå over til fremsending (eng: Forwarding) uten å være avhengig av noen timer-konfigurering.

- 25 En annen forskjell mellom STA og RSTA er transmisjonen av BPDU-pakker. En STA ikke-rotbro vil bare generere BPDU-er når den har mottatt en slik pakke på sin rotport. Således vil en STA-bro viderebringe (eng: relaying) BPDU-er, heller enn faktisk å generere dem. Dette er ikke tilfelle for RSTA. En RSTA-bro sender en BPDU med sin nåværende informasjon på et regulært intervall (dvs. Bridge Hello time: 1-10 sek.). Topologiendringsmekanismen for RSTA er også endret, sammenlignet med STA. En bro vil modifisere sin dynamiske adressetabell dersom en BPDU-pakke mottas og TC-biten er satt.

- 30 Tiden det tar å endre ST-porttilstandene i et RSTA-aktivert nettverk er betraktelig forbedret, sammenlignet med STA. Imidlertid sendes en BPDU-pakke i et RSTA-aktivert nettverk bare på ett LAN-segment. En BPDU sendes ikke direkte gjennom en RSTA-aktivert bro. Dette betyr at hver STA-aktiverte bro vil introdusere en viss latens i millisekundområdet.

- 35 Etableringen av en ny aktiv topologi med en korrekt dynamisk adressetabell for hver bro for STA- eller RSTA-nettverk i tilfelle av en topologiendring eller endring av STA- eller RSTA-parametere via administrasjon, lider av det faktum at

- propageringen av nye BPDU-parametere gjennom nettverket og propagering av ny topologiendring sin informasjon er tidsforbrukende. Tiden det tar å etablere en ny aktiv topologi er 30-60 sek. i tilfelle av STA og typisk noen få sekunder for RSTA. Dette er ikke akseptabelt for nettverksapplikasjoner med sanntidskrav, slik som tale-over-IP, videostreaming eller automatiseringssystemer.

- US patent 6 262 977 beskriver en metode som er forbedret overfor STA for å oppnå raskere rekonfigurering av et nettverk i tilfelle av en topologiendring. Noen av ST-porttilstandene fjernes, og transisjonen mellom tilstandene kan gjøres raskere. En bro i et nettverk basert på denne metoden kjenner identifikasjonen for rotbroen og har klassifisert sin port i ulike roller, dvs. én rotport, én eller flere utpekte porter og én eller flere alternative porter. Rask transisjon fra blokkering til fremsending eller en port fra alternativ port til rotport kan gjøres basert på denne metoden.

Sammenfatning av oppfinnelsen

- Tiden det tar å etablere en ny aktiv topologi er en kritisk parameter i et nettverk av Ethernett-type. Etablerte nettverksredundansprotokoller slik som STA og RSTA er ofte for langsomme for mange anvendelser.

En primær hensikt ved denne oppfinnelsen er å tillegge nye teknikker til disse og lignende standarder for å oppnå en rekonfigurasjonstid i millisekundområdet for komplekse nettverkstopologier som involverer flere nettverkssløyfer.

- Ulempene ved tidligere kjente løsninger overkommes ved hjelp av en fremgangsmåte og et nettverkselement som fremlagt i de vedføyde selvstendige krav.

Ytterligere hensikter og fordeler oppnås ved trekkene som er fremsatt i de uselvstendige krav.

- I samsvar med oppfinnelsen er det tilveiebrakt en fremgangsmåte for å kontrollere et nettverkselement med et flertall kommunikasjonsporter for sending og mottak av datapakker til og fra andre nettverkselementer i et nettverk, hvor en spanningstretopologimodell for i det minste et subsett av nettverket er lagret i minst én database i nettverkselementet. Fremgangsmåten omfatter de følgende trinn:

- (a) å detektere en hendelse som angir endring i topologien for nettverket;
- (b) å oppdatere spanningstretopologimodellen for subsettet av nettverket basert på informasjon avledet fra topologiendringshendelsen, hvor nevnte subsett omfatter opprinnelsepunktet for topologiendringshendelsen og de nettverkselementer som påvirkes av topologiendringen;
- (c) å bestemme om nettverkselementet opererer som topologihåndterer for den detekterte hendelsen; og

(d) dersom nettverkselementet opererer som topologihåndterer, å utføre de følgende trinn:

(d1) å beregne en ny spanningtretopologimodell, basert på modellen som følger av oppdateringstrinnet (b); og

- 5 (d2) å sende en topologiendringskommando (TCC) til nettverket, idet nevnte kommando innbefatter informasjon om den nye spanningtretopologimodellen.

Subsettet som innbefatter opprinnelsespunkt for topologiendringshendelsen og nettverkselementene som påvirkes av topologiendringen kan også innbefatte nettverkselementet selv. I én særlig utførelsesform kan subsettet bestå av hele
10 nettverket.

Konseptet med å sende informasjon (eller en kommando) fra nettverkselementet til nettverket skal forstås som å sende informasjonen (eller kommandoen) på de nettverksporter som er aktivert for transmisjon av det aktive spanningtreet.

- 15 Fortrinnsvis, dersom nettverkselementet ikke opererer som en topologihåndterer for den detekterte hendelsen, omfatter fremgangsmåten subtrinnet å bestemme om den detekterte hendelsen er en topologiendringskommando (TCC), og dersom dette er tilfelle, å utføre en TCC-mottaksprosedyre som er ytterligere spesifisert i den detaljerte beskrivelsen.

Foretrukket omfatter detekteringstrinnet (a) ett av de følgende trinn:

- 20 (a1) å detektere en lokal topologiendringshendelse, eller
(a2) å detektere en ikke-lokal topologiendringshendelse ved å motta en TCE-datapakke eller en TCC-datapakke fra nettverket.

- 25 Detekteringstrinnet (a) etterfølges foretrukket av det trinn å sende en topologiendringshendelse- (TCE-) informasjon til nettverket, forutsatt at den detekterte hendelse er en lokal hendelse.

Slike lokale hendelser kan være detektering av en link-up-TCE, en link-off-TCE, en veikostnadsparameterendrings-TCE, en BTI-timeout-TCE eller en BTI-DB-oppdaterings-TCE.

- 30 Trinnet med å bestemme hvorvidt nettverkselementet opererer som en topologihåndterer for den detekterte hendelsen involverer foretrukket anvendelsen av et regelsett som er forhåndsvalgt for bruk av flere nettverkselementer i nettverket.

Regelsettet kan pålegge at et rotnettverkselement alltid virker som topologihåndterer.

Alternativt kan regelsettet involvere bruken av informasjon om opprinnelsepunktet for den detekterte hendelse sammen med topologiinformasjon innhentet fra spanningtremodellen for å bestemme om nettverkselementet er topologihåndterer for den detekterte hendelsen. I dette tilfellet kan regelsettet pålegge at et begrenset antall subrotnettverkselementer kan virke som topologihåndterer, eller at et hvilket som helst subrotnettverkselement kan virke som topologihåndterer, eller at nettverkselementet tjener som topologihåndterer dersom den detekterte hendelsen er en lokal hendelse.

Foretrukket etterfølges beregningstrinnet (d1) av trinnet å bestemme hvorvidt nettverkselementet er påvirket av topologiendringen, og dersom dette er tilfelle, å konfigurere de lokale portene for nettverkselementet i samsvar med den oppdaterte spanningtreetopologimodellen.

Oppfinnelsen vedrører også et nettverkselement, omfattende et flertall av kommunikasjonsporter for å sende og motta datapakker til og fra andre nettverkselementer i et nettverk, hvor en spanningtreetopologimodell for minst et subsett av nettverket er lagret i minst én database i nettverkselementet, som videre omfatter prosesseringsmidler innrettet til å utføre en fremgangsmåte som beskrevet i den foreliggende spesifikasjonen. Videre vedrører oppfinnelsen et datamaskinnettverk, omfattende et antall slike nettverkselementer.

Detaljert beskrivelse av oppfinnelsen

Oppfinnelsen vil nå bli beskrevet i ytterligere detalj i form av eksempler og med henvisning til de vedføyde tegninger, der

Fig. 1 er et forenklet blokkdiagram av et generisk multiportadministrert nettverkselement,

Fig. 2 er et skjematisk blokkdiagram av en implementasjon for rask rekonfigurering av en nettverkstopologi på et nettverkselement,

Fig. 3 er en graf som illustrerer en spanningtreetopologi,

Fig. 4a er en graf som illustrerer en aktiv spanningtreetopologi, når en topologiendringshendelse har opptrådt,

Fig. 4b er en graf som illustrerer porttilstandene etter topologiendringshendelsen,

Fig. 4c er en graf som illustrerer den nye aktive spanningtreetopologien etter topologiendringshendelsen,

Fig. 5a er en graf som illustrerer en aktiv spanningtreetopologi, der en annen type hendelse enn linkendring eller endring av veikostnadsparameter benyttes som topologiendringshendelse,

Fig. 5b er en graf som illustrerer den nye aktive spanningstretopologien etter overskridelse av en feiltellerterstel på én av linkene,

Fig. 6a er en graf som illustrerer en topologi der én av ikke-rotbroene er valgt som subrot for en gitt TCA,

- 5 Fig. 6b er en graf som illustrerer en topologi der rotbroen er valgt som subrot for en gitt TCA,

Fig. 7a er en graf som illustrerer en topologi der en "link-off"-TCA er opptrådt, og der TCA-detekterende broer håndterer TCA-en,

- 10 Fig. 7b er en graf som illustrerer den nye aktive topologien etter at "link-off"-TCE-en i fig. 7a er håndtert,

Fig. 8a er en graf som illustrerer en topologi der en "link-off"-TCA har opptrådt på grunn av et brotap, hvor TCE-en representerte et multi-TCE-scenario,

Fig. 8b er en graf som illustrerer den nye aktive topologien etter at "link-off"-TCE-en i fig. 8a er håndtert,

- 15 Fig. 9a er en graf som illustrerer en topologi der en "link-off"-TCA har opptrådt på grunn av et brotap, og der TCA-detekterende broer håndterer TCA-en,

Fig. 9b er en graf som illustrerer den nye aktive topologi etter at "link-off"-TCE-en i fig. 9a er håndtert,

Fig. 10a er et sett av fire BTI-flytskjemaer,

- 20 Fig. 10b er et sett av flytskjemaer som illustrerer en port-link-up-prosess, en ST-port-link-off-prosess og en veikostnadspareparameterendringsprosess,

Fig. 11 er et TCE-flytskjema,

Fig. 12a illustrerer et TCC-sendeflytskjema og et TCC-timer-flytskjema,

Fig. 12b har et TCC-mottaksflytskjema,

- 25 Fig. 13 innbefatter et TCA-sendeflytskjema og et TCA-mottaksflytskjema,

Fig. 14 innbefatter et MTU-sendeflytskjema og et MTU-mottaksflytskjema, og

Fig. 15 innbefatter et TSC-mottaksflytskjema, et TSC-sendeflytskjema og et TDC-flytskjema.

- 30 Fig. 1 er et forenklet blokkdiagram for et generisk, multiportadministrert nettverkselement i samsvar med oppfinnelsen. Nettverkselementet omfatter en svitsjkjerne og en CPU-modul. Pakkedata og administrasjonsinformasjon sendes

mellom disse to modulene. For enkelhet og lesbarhet er uttrykket "nettverkselement" erstattet med uttrykket "bro" i den følgende detaljerte beskrivelsen. Implementasjonen som beskrives i det følgende er imidlertid relevant for ulike typer nettverkselementer, f.eks. broer, svitsjer, rutere, gateways, osv., og rekkevidden for oppfinnelsen er således relatert til nettverkselementer generelt, selv om broer spesifikt nevnes her som eksempel.

Fig. 2 er et skjematisk blokkdiagram for en implementasjon for rask rekonfigurering av en nettverkstopologi på en bro i samsvar med oppfinnelsen.

Et sett av pakker kan sendes mellom broer i nettverket for å oppnå rask rekonfigurering i samsvar med oppfinnelsen. Settet kan omfatte pakker av de følgende typer:

- Brotopologiinformasjon, Bridge Topology Information (BTI)
- Topologiendringshendelse, Topology Change Event (TCE)
- Topologiendringskommando, Topology Change Command (TCC)
- Topologiendringsbekreftelse, Topology Change Acknowledgement (TCA)
- MAC-tabelloppdatering, MAC Table Update (MTU)
- Topologilagringskommando, Topology Save Command (TSC)
- Topologidifferansekkommando, Topology Difference Command (TDC)

Slike pakker sendes til den lokale maskinvare, dvs. de fysiske porter forbundet til nettverket, og blir mottatt fra den lokale maskinvare gjennom modulen "meldinger til og fra andre broer i nettverket", 5, og modulen "aksjonsmodul", 1.

Aksjonsmodulen 1 håndterer operasjonen for rask rekonfigurering av en nettverkstopologi. Dette involverer konfigureringen av den lokale maskinvare, slik som porttilstandinnstillinger, ved hjelp av modulen "lokal maskinvarekontroll" 11, beregning av den totale topologi og identifikasjon av topologiendringer ved hjelp av "topologikalkulator" 2, basert på BTI-, TCE- og/eller TCC-informasjon som er mottatt eller lokal, detektert TCE mottatt via modulen "lokal TCE-detekterende logikk" 3. Den lagrede spanningtremodellen (ST-modellen) vil bli oppdatert med informasjon avledet fra TCE. ST-modellen inneholder et subsett av nettverket.

Subsettet inneholder alle broene eller bare noen av broene i nettverket.

Aksjonsmodulen 1 har også et grensesnitt til modulen "identifiser brotopologihåndterer" 7. Modulen "identifiser brotopologihåndterer" 7 har som funksjon å verifisere hvorvidt broen selv er brotopologihåndterer (BTH) eller ikke. Dersom broen er en BTH, skal den starte en topologiendringsprosedyre basert på

ST-modellen for å håndtere TCE-en, der subsettet i ST-modellen innbefatter minst broen, opprinnelsen for TCE-en og de broene som er påvirket av topologiendringen.

Nedenfor er det gitt fire regelsetteksempler som benyttes av identifiser brotopologihåndterermodulen 7 for å bestemme hvorvidt broen er BTH for den mottatte TCE eller ikke. Fagfolk vil innse at andre regelsett også kan anvendes.

Regelsett 1. Rotbro virker alltid som BTH,

Regelsett 2. Et begrenset antall subrotbroer kan virke som BTH,

Regelsett 3. En hvilken som helst subrotbro kan virke som BTH, eller

Regelsett 4. Den TCE-detekterende bro virker som BTH.

Regelsettet som anvendes for én bro må også anvendes for andre broer i nettverket. Således utføres valget av et regelsett på et initielt trinn i etableringen av nettverket, og data som identifiserer regelsettet som skal anvendes, må sendes til hver bro som deretter innbefattes for å operere i nettverket.

I samsvar med regelsett 1 har broen mer eller mindre den samme funksjonalitet som rotbroen i en STA- eller RSTA-implementasjon. Rotbroen i nettverket er brotopologihåndterer for en hvilken som helst TCE.

I samsvar med regelsett 2 og 3 er en subrotbro identifisert som BTH for en gitt TCE basert på lokasjonen av TCE-en i ST-et. Subrotbroen for en gitt TCE kan defineres som den øverste bro i et subtre, der subtreet er definert som den delen av ST-et som påvirkes av TCE-en.

Dersom regelsett 2 anvendes, kan bare et begrenset antall broer virke som en BTH. I dette tilfellet vil identifiser brotopologihåndterermodulen utføre de følgende trinn:

Først bestemmer broen hvorvidt den er aktivert for å operere som en BTH. Broen er ikke BTH for den gitte TCE dersom den ikke er aktivert for å operere som en BTH.

Dersom broen er aktivert for å operere som en BTH, vil broen innhente fra databasen som holder spanningtremodellen informasjon som angir hvorvidt opprinnelsen for TCE-en er innbefattet i subtreet som broen er subrot i. Dersom dette ikke er tilfelle, er broen ikke BTH-en.

Ellers utføres en test for å bestemme hvorvidt et annet subtre også er involvert i TCE-en. Dersom dette ikke er tilfelle, er broen BTH for den gitte TCE.

Dersom på den annen side et annet subtre er involvert, anvendes videre en prioritetsregel for å bestemme hvorvidt broen er BTH eller ikke.

Dersom regelsett 3 anvendes, kan en hvilken som helst bro virke som BTH. I dette tilfellet utføres en første test for å bestemme hvorvidt TCE-en er assosiert til rotporten for broen. Dersom dette er tilfelle, er broen ikke BTH-en for TCE-en.

5 Dersom testen er usann, utføres en andre test for å bestemme hvorvidt TCE-en involverer introduksjonen av en sløyfe i nettverkstopologien. Dersom denne andre testen er usann, og TCE-en er en hendelse som er lokal for broen, bestemmes broen å være BTH-en for TCE-en. Ellers, dersom den andre test er usann og TCE-en er ikke-lokal (dvs. originalt detektert av en annen bro og detektert av denne bro ved mottak av en TCE-datapakke), bestemmes broen ikke å være BTH-en for denne
10 TCE.

Dersom denne andre testen er sann, utføres en tredje test for å bestemme hvorvidt broen både er innbefattet i sløyfen som er etablert av TC-en og dessuten er nærmest mot roten på vilkår av veikostnader. Dersom denne testen er usann, er broen ikke BTH-en for denne TCE. Ellers, dersom den tredje testen er sann, er broen BTH-en
15 for TCE-en.

Dersom regelsett 4 anvendes, er den TCE-detekterende bro også BTH for TCE-en. Alle broer i nettverket kan virke som en BTH dersom broene støtter regelsett 4. Dette regelsettet er basert på det prinsipp at den TCE-detekterende bro eller de TCE-detekterende broer skal håndtere topologiendringsprosedyren.

20 I dette tilfellet bestemmer broen ganske enkelt hvorvidt TCE-en er en lokal TCE. Dersom dette er tilfelle, er broen også BTH-en. Ellers er broen ikke BTH-en.

Implementasjoner basert på regelsettene 2, 3 eller 4 avhenger ikke av en tradisjonell rotbro-rolle. Rotbroen benyttes bare som fokuspunkt for beregningen av nettverkstopologien, og tar ikke del i etableringen av en ny nettverkstopologi med
25 mindre rotbroen påvirkes av TCE-en.

Dersom utgangen fra modulen "identifiser brotopologihåndterer" angir at broen selv er brotopologihåndterer for TCE-en, aktiveres modulen start topologiendringsprosedyre 8. Ellers aktiveres modulen "vent på ny TCC- eller MTU-informasjon" 6. En annen bro vil etableres som BTH for TCE-en.

30 Broen omfatter tre databaser: database DBA 12 inneholder ny topologi (under prosessering), database DBB 13 inneholder aktiv topologi for nettverket, og database DBC 14 inneholder installeringstopologi (lagret kopi av utviklet (eng.: engineered) topologi):

35 BTH-en sender TCC- og i de fleste tilfeller MTU-informasjon til de andre broene, og kan forespørre en TCA fra noen av de andre broene for å verifisere at de påkrevde endringer utføres. En TCE-detekterende bro sender en TCE-pakke til nettverket både i det tilfellet at broen er en BTH, og i det motsatte tilfellet. To TCE-

pakker forårsaket av en enkelt TCE kan være mottatt ved BTH-en, siden to TCE-detekterende broer ofte detekterer den samme TCE. Modulen "identifiser brotopologihåndterer" 7 sjekker for ulikheter mellom databasene DBA 12 og DBB 13, der database DBA inneholder den nye topologien etter at én eller flere TCE-er har opptrådt, og DBB inneholder den aktive topologien før TCE-en eller TCE-ene.

Modulen "topologikalkulator" 2 er forbundet til databasene, og er anordnet for å oppdatere databaseinnholdet for alle databasene, basert på forespørsler fra aksjonsmodulen 1. Topologikalkulatoren er videre anordnet til å få topologiendringene som er nødvendig i nettverket på broen selv og på alle andre broer i nettverket som påvirkes av TCE-en. De nødvendige endringer inneholder nye porttilstander og MTU-informasjon for alle broer som er påvirket av TCE-en. Aksjonsmodulen 1 må også håndtere multi-TCE-er, dvs. at én eller flere nye TCE-er mottas gjennom lokal TCE-detekterende logikk-modulen eller gjennom mottak av TCE-, TCC-pakker mens en topologiendringsprosedyre pågår. Denne prosedyren skal avbrytes, og den øverste broen i subtreet som dekker alle TCE-er skal virke som BTH dersom broene støtter funksjonaliteten ifølge regelsett 2, 3 eller 4. Ellers må rotbroen alltid virke som BTH. Broen kan motta TSC-pakker fra f.eks. en nettverksadministrasjonsstasjon, der broen er instruert til å lagre den gjeldende topologien eller en spesifisert topologi i databasen C 14. Denne topologien er betraktet som den foretrukke topologi. En aktiv topologi som skiller seg fra den foretrukke topologi kan trigge en alarm, dvs. en TDC-pakke.

Den første sammenligningsmodulen 15 er anordnet for å bestemme at det finnes en forskjell mellom innholdet av database DBA og database DBB.

Den andre sammenligningsmodulen 16 er anordnet for å bestemme at det finnes en forskjell mellom innholdet av databasen DBB og databasen DBC.

Modulen "administrasjonsinput" 10 kan også ha påvirkning på operasjonen av aksjonsmodulen 1. Veikostnadsparametere kan endres fra administrasjonsinputmodul 10, og sendingen av TSC-pakker kan trigges fra denne modulen 10.

30. Brotopologiinformasjon (BTI)

Den totale topologiinformasjon skal foretrukket være kjent på hver bro i nettverket. Således er hver bro i stand til å tegne opp det totale ST, inkludert porttilstandene på hver bro og hvor hver port er forbundet. ST-et er beregnet basert på de samme prinsipper som er benyttet for STA og RSTA eller lignende teknikker. En bro vil fremsende BTI-pakker til sine nabobroer, innbefattet flere BTI-records, hver inneholdende:

- BTI-pakkeidentifikator.

- Porttilstander, og hvor hver port er forbundet, dvs. bro-ID-parameterne og hvilken ST-port på hvilken nabobro hver ST-port er forbundet, spesifiseres også dersom porten er forbundet til en annen bro. Bemerk: bare to ST-porttilstander er beskrevet for denne nettyverksredundansteknikken (men teknikken er ikke begrenset til bare to porttilstander):
 - o Blokkerende (Blocking)
 - o Fremsendende (Forwarding)
 - Veikostnadsparametere.
 - Bro-ID-parametere.
- 10 Broen vil generere en BTI-record for broen selv og for hver nabobro og alle andre broer som kan nås via disse nabobroene gjennom fremsendingsporter, bortsett fra nabobroen der BTI-pakken vil bli sendt, og broene som bare kan mottas gjennom denne broen via fremsendingsporter. En BTI-pakke kan bli
- 15 sendt fra bro-CPU-en på både fremsendings- og blokkeringsporter, og bare på ett LAN-segment. Dvs. at en BTI-pakke bare vil fremsendes til CPU-en for en nabobro. Dette betyr at propageringen av BTI under oppstart vil kreve en viss ekstra oppstartstid. Imidlertid vil nye BTI-pakker bli generert så snart BTI-, TCC- eller TCA-pakker ankommer med ny topologiinformasjon, eller en lokal TCE genereres, mens BTI-pakker vil sendes på et regulært intervall når
- 20 topologien er statisk.
- En BTI-record for en bro og for alle broer som bare kan mottas gjennom denne broen vil bli fjernet dersom ingen nye BTI-pakker mottas på en gitt port innen et forhåndsbestemt tidsintervall.
- 25 Linktilgjengelighet og droplinkhastighet er begge viktige i en redundant nettverkstopologi. STA-en bruker hastighet og brukerdefinerte veikostnader som veikostnadsparametere. Imidlertid bør også andre parametere betraktes som veikostnadsparametere. De følgende ytterligere parametrene kan benyttes:
- Duplekskonnektivitet, veikostanden ble satt høyere dersom linken er en halv duplekslink sammenlignet med en full duplekslink.
 - 30 - Linktype, linktypen påvirker veikostnaden. F.eks. betraktes fiberlinker som det beste alternativ (lav veikostnad), og radiolinker er de dårligste (høy veikostnad).
 - Prioritetskapabilitet, en port uten prioritetsstøtte bør representere en link med høyere veikostnad enn en port med slik kapabilitet.

- CRC eller andre feiltellere, veikostnaden for en link vil øke og trigge PCE-er ved passering av en forhåndsdefinert grense for en relevant feilteller.

Fig. 5a er en graf som illustrerer en aktiv spanningtretopologi, hvor andre typer hendelser enn linkendring eller endring av veikostnadsparameter benyttes som topologiendringshendelse. "CRC og andre feiltellere" benyttes som kriterium for å beregne et ST som avviker fra et ST bare basert på STA-veikostnadsberegning.

Fig. 5b er en graf som illustrerer den nye aktive spanningtretopologien etter overskridelse av en feiltellergrense på én av linkene.

Fig. 10a er et sett av fire BTI-flytskjemaer, identifisert ved henholdsvis 10A, 10B, 10C og 10D.

I fig. 10a er 10A et flytskjema for håndtering av BTI-timeout: Utgangen med labeled "BTI-timeout-TCE" linker til en identisk navngitt inngang til TCE-flytskjemaet i fig. 11.

Som beskrevet med henvisning til fig. 11, vil databasene A og B bli oppdatert i tilfelle av en BTI-timeout, ny BTI-informasjon vil sendes på ST-portene (10D), og en lokal BTI-timeout-TCE vil bli generert.

I fig. 10a viser flytskjema 10B hvordan mottak av en BTI-pakke fra en nabobro som støtter rask rekonfigurering håndteres. Utgangen navngitt "BTI DB oppdaterings-TCE" linker til en identisk navngitt inngang til TCE-flytskjemaet i fig. 11. Slik det er beskrevet med henvisning til fig. 11, vil databasene A og B bli oppdatert dersom BTI-en inneholder ny topologiinformasjon, ny BTI vil bli sendt på ST-portene (10D), og en BTI DB-oppdaterings-TCE vil bli generert.

I fig. 10a viser flytskjema 10C den periodiske BTI-operasjon der BTI-informasjon sendes med regulært intervall på alle ST-porter.

I fig. 10a viser flytskjemaet 10D den asynkrone transmisjon av en BTI-pakke i tilfelle av en BTI-hendelsestrigg forårsaket av en lokal TCE.

Fig. 10b er et sett med flytskjemaer som illustrerer henholdsvis en port link up-prosess (10E), en ST-port link off-prosess (10F) og en veikostnadsparameterendringsprosess (10G).

I fig. 10b beskriver port link up-flytskjemaet (10E) hvordan broporter som støtter rask rekonfigurering identifiseres, og innstillingen av en ikke-broport i fremsendingstilstand så snart porten er identifisert som en ikke-broport. Porten settes i blokkeringstilstand, og en timer startes, når en link up-hendelse opptrer. Deretter gjøres en sjekk av hvorvidt en BTI-pakke er mottatt på denne porten eller ikke. Porten betraktes som en broport og returnerer deretter til venting på en ny link up hendelse dersom en BTI-pakke er mottatt. En timeout-sjekk utføres dersom en

BTI-pakke ikke er mottatt. Porten settes til fremsendingstilstand umiddelbart dersom en timeout opptrer, ellers fortsetter den å sjekke for BTI-pakker. Databasene A og B oppdateres, se fig. 11, ny BTI-informasjon sendes på ST-portene (10D) og en lokal link up-TCE genereres og sendes til TCE-flytskjemaet dersom porten 5 identifiseres som en ST-port.

I fig. 10b konfigurerer ST-port link off flytskjemaet (10F) den lokale ST-port i tilfelle av en ST-port off-hendelse, oppdaterer databasene A og B tilsvarende, se fig. 11, ny BTI-informasjon sendes på ST-portene (10D) og en lokal link off-TCE genereres.

- 10 I fig. 10b konfigurerer veikostnadsparemeterendringsflytskjemaet (10G) den lokale ST-port i tilfelle av en veikostnadsparemeterendringshendelse, oppdaterer databasene A og B tilsvarende, se fig. 11, og ny BTI-informasjon sendes på ST-portene (10D) og en lokal veikostnadsparemeterendrings-TCE genereres.

- 15 Den hendelsesbaserte sending av BTI-pakker, BTI-hendelsestrigg, er også tiltenkt å håndtere den situasjonen der broenes BTI er forskjellige. Dette kan skje når pakker for rask rekonfigurering av nettverket mistes, eller når et multi-TCE-scenario ikke detekteres på alle broene i nettverket.

Topologiendringshendelse (TCE)

De følgende lokale hendelser vil generere en TCE:

- 20
- Link mellom to broer når rask rekonfigureringsstøtte er etablert.
 - Link mellom to broer når rask rekonfigureringsstøtte er tapt.
 - Veikostnadsparemeterer er endret.
 - BTI-timeout.
 - BTI DB (database) oppdatering.

- 25 Den TCE-detekterende bro genererer en TCE-pakke. En TCE-pakke inneholder følgende:

- 30
- TCE-pakkeidentifikator.
 - Bro-ID for BTH.
 - Bro-ID for TCE-detekterende bro.
 - TCE-type.
 - Ny BTI for TCE-detekterende bro.

- En TCE-pakke vil bli sendt til BTH-en via alle broene mellom den TCE-detekterende bro og BTH-en, uten å bli forsinket av noen bro-CPU-er. En TCE-pakke kan bli mottatt på en blokkerende port, men vil da bare bli fremsendt til bro-CPU-en. En TCE-pakke mottatt på en fremsendingsport vil bli fremsendt til bro-CPU-en og andre fremsendingsporter, men ikke på noen blokkeringsporter. Derfor mottas ikke TCE-pakken bare av BTH-en, men også av andre broer i nettverket. Disse broene vil ved mottak av en slik pakke vite at en topologiendringsprosedyre har startet. En TCE-pakke vil bli sendt fra den TCE-detekterende bro selv om den lokale bro er BTH-en.
- 10 TCE-pakkepropageringen gjennom nettverket bør foretrukket baseres på multicast- eller broadcast-kommunikasjon. Imidlertid er det også mulig å basere implementasjonen på unicast-kommunikasjon, men dette vil innbefatte transmisjon av den samme informasjonen flere ganger.
- 15 En bro som detekterer en TCE vil ikke endre tilstanden for noen av sine ST-porter til fremsendingstilstand, før BTH-en gir en ordre om dette. Initialtilstanden for en port vil først settes til blokkering av den TCE-detekterende bro uten noen samhandling med BTH-en eller noen andre broer.
- 20 Den samme TCE kan bli detektert på to broer. F.eks. linketablering eller linktap mellom to broer. BTH-en må være i stand til å håndtere den situasjon der to TCE-pakker kan bli sendt fra hver av de TCE-detekterende broer til BTH-en. Dette kan unngås i tilfelle av en linketablering, dersom BTI-pakker blir utvekslet på den nye linken mellom de to broer. BTI-en for de to broer kan benyttes for å identifisere hvilke av broene som vil sende TCE-pakken eller håndtere TCE-en dersom én av broene er BTH-en. Det er også hensiktsmessig at den "link up"-detekterende bro som blir BTH for denne TCE venter et forhåndsdefinert tidsintervall etter at nye BTI- og TCE-pakker er sendt, før topologiendringsprosedyren fortsetter. Det forhåndsdefinerte tidsintervall, T_{prop} , bør være større enn den maksimale tid det tar å propagere ny topologiinformasjon gjennom nettverket ved bruk av BTI-pakker.
- 25 Dette er relevant for å detektere et multi-TCE-scenario i nettverket. Denne implementasjonen har særlig relevans i tilfelle av en "link up"-TCE, siden denne TCE kan introdusere temporære sløyfer i tilfelle av et multi-TCE-scenario.
- 30
- Fig. 11 viser TCE-flytskjemaet. TCE-flytskjemaet entres når en lokal TCE blir detektert eller når en TCE- eller TCC-pakke mottas.
- 35 Databasene A og B blir oppdatert basert på den mottatte TCE, en TCE-pakke vil sendes til nettverket på ST-portene i tilfelle av en lokal detektert TCE, og en sjekk for multi-TCE-scenario utføres deretter. Et multi-TCE-scenario er ikke tilstede dersom broen mottar flere TCE-er forårsaket av den samme hendelse. Således må broen være i stand til å verifisere hvorvidt to mottatte TCE-er beskriver den samme hendelse eller ikke. Databaseinnholdet for A og B vil være forskjellig i det tilfellet

at en topologiendringsprosedyre pågår. Således kan de to databasene sammenlignes for å verifisere hvorvidt et multi-TCE-scenario er tilstede eller ikke, når en ny TCE mottas. En pågående topologiendringsprosedyre som kjøres på broen vil avbrytes dersom et multi-TCE-scenario identifiseres, og databasene A og B vil oppdateres med de nye tilstandene for de lokale ST-portene. Den eneste ST-port i fremsendingstilstand kan f.eks. være rotporten som definert i STA. Da utføres en sjekk for å verifisere hvorvidt broen er en BTH for den gjeldende TCE eller de gjeldende TCE-er i tilfelle av et multi-TCE-scenario. TCC-sendeflytskjemaet entres dersom broen er identifisert som BTH-en, se fig. 12a, mens TCC-mottaksflytskjemaet entres i det tilfellet at broen ikke er BTH-en, og en TCC-pakke ble mottatt.

Topologiendringskommando (TCC)

BTH-en vil generere én eller flere TCC-pakker som sendes som en multicast eller broadcastpakke til hver bro i nettverket basert på mottatt TCE-pakke eller lokal TCE-deteksjon. TCC-pakken inneholder følgende:

- TCC-pakkeidentifikator
- TCC-referanse
- BTH-bro-ID-parametere
- BTI for hele nettverket
- Forespørsel om bekreftelse
- Forespørsel om MTU-informasjon
- MTU-informasjon

Unicast-kommunikasjon kan også benyttes, men i så fall må flere TCC-pakker sendes av BTH-en for hver bro som påvirkes av den nye ST-topologien.

BTH-en beregner et nytt ST basert på den mottatte TCE-pakke og BTI-recordene fra hver bro. Algoritmen for å finne det optimale ST er basert på de samme prinsipper som brukes for STA.

Feltet "BTI for hele nettverket" i TCC-pakken inneholder en BTI-record for hver bro i nettverket. BTH kan velge å entre en mellomliggende tilstand, der nettverkstopologien i en viss grad isolerer en del av nettverket for å unngå temporære sløyfer eller for å være i stand til å nå broer som ikke kan nås via fremsendingsporter før den endelige topologien er etablert. Dette kan kreve utsendelse av mer enn én TCC-pakke. Entring av en mellomliggende ST-tilstand er i de fleste tilfeller relevant når et multi-TCE-scenario opptrer.

En TCC-pakke vil ikke være forsinket av noen bro-CPU-er. En TCC-pakke kan mottas på en blokkerende port, men vil da bare fremsendes til bro-CPU-en. TCC-pakkepropageringen gjennom nettverket avhenger av hvorvidt unicast, multicast eller broadcast-kommunikasjon benyttes:

- 5 - Unicast; TCC-pakken fremsendes bare på porten der destinasjons-MAC-adressen for destinasjonsbroen er avledet.
- Multicast; TCC-pakken fremsendes på alle fremsendingsporter og bro-CPU-en dersom disse porter og bro-CPU-en er en del av TCC-multicastdomenet.
- 10 - Broadcast; TCC-pakken fremsendes på alle fremsendingsporter og bro-CPU-en.

Feltet "forespørsel om bekreftelse" spesifiserer hvilke broer som er gitt ordre om å generere en bekreftelse, dvs. en TCA-pakke.

- 15 Feltet "forespørsel om bekreftelse" kan benyttes til å sjekke hvorvidt en bro fortsatt er forbundet til nettverket, og tilstanden for broen i tilfelle av f.eks. en BTI-timeout-TCE.

Feltet "forespørsel om MTU-informasjon" spesifiserer hvilke broer som er gitt ordre om å tilføye MAC-tabelloppdateringsinformasjon (MTU) i sine TCA-pakker. Denne informasjonen benyttes av broene som har behov for å oppdatere deres MAC-tabeller etter at topologiendringen har funnet sted.

- 20 BTH-en kan sende en separat MTU-pakke eller tilføye MTU-informasjon direkte til TCC-en i stedet for å benytte "forespørsel om MTU-informasjon" i TCC-pakken, når alle TCA-pakker mottas etter sending av en TCC-pakke. Sending av en separat MTU-pakke er relevant i tilfelle av flere endringer i nettverkstopologien, mens
- 25 Bruken av "forespørsel om MTU-informasjon"-feltet eller tilføyelse av MTU-informasjonen direkte til feltet "MTU-informasjon" er mer relevant i tilfelle av en mindre topologiendring i nettverket.

Fig. 12a innbefatter et TCC-sendeflytskjema og et TCC-timerflytskjema.

- I fig. 12a entres TCC-sendeflytskjemaet for BTH-en når aksjonsmodulen (jfr. fig. 2) har verifisert at det ikke finnes noen annen topologiendringsprosedyre som pågår
- 30 med mindre et multi-TCE-scenario har blitt identifisert, og broen er BTH for alle ventende TCE-er. Det nye ST beregnes basert på en hvilken som helst topologiendring eller -endringer som har trigget TCC-en, og det nye ST kopieres til den nye topologidatabasen, A, se fig. 2, og endringene relatert til broen selv implementeres på broen og den gjeldende database B oppdateres med denne
- 35 informasjonen. Broen sjekker hvorvidt en ST-mellomliggende tilstand skal entres før det nye ST etableres for å unngå temporære sløyfer før denne nye ST-topologien

oppnås. Konfigurasjonen og databaseinnholdet for broen endres tilsvarende dersom en mellomliggende ST-tilstand er nødvendig. Broen verifiserer hvorvidt TCA er nødvendig fra én eller flere broer i nettverket, og dersom den forespurte TCA skulle inneholde MTU-informasjon eller ikke. Dersom TCA-pakker ikke er nødvendig, tilføyes MTU-informasjon til TCC-pakken. I dette tilfellet mottas bekreftelse via ny BTI mottatt innenfor et forhåndsbestemt tidsintervall. Dersom dette ikke er mottatt innen denne tidsperioden, blir TCC-pakkene retransmittert, se TCC-timerflytskjemaet for detaljer i fig. 12a.

Fig. 12b er et TCC-mottaksflytskjema som illustrerer TCC-mottaksprosedyren i samsvar med en foretrukket utførelsesform av oppfinnelsen. Flytskjemaet viser trinnene som utføres for å håndtere en mottatt topologiendringskommando.

TCC-mottaksprosedyren omfatter trinnene å oppdatere topologimodellen med BTI-informasjon, å bestemme hvorvidt en topologiendringsbekreftelse (TCA) er forespurt i TCC-kommandoen, å bestemme hvorvidt MAC-tabelloppdateringsinformasjon (MTU) er innbefattet i TCC-kommandoen, og dersom MTU er innbefattet, å utføre en MTU-mottaksprosedyre (se nedenfor).

Mer spesifikt, i TCC-mottaksprosedyren, kopieres ny BTI for hele nettverket inn i database A, se fig. 2, BTI-ene relatert til broen selv kopieres til database B, og portendringene relatert til den lokale broen implementeres også. Broen sjekker hvorvidt den mottatte TCC-pakke inneholder MTU-informasjon eller ikke. MTU-informomottaksflytskjemaet entres dersom TCC-en inneholder slik informasjon, se fig. 14. TCA-sendeflytskjemaet entres dersom en TCA er forespurt, se fig. 13.

Topologiendringsbekreftelse (TCA)

Broene som er instruert av BTH til å endre deres porttilstander på én eller flere porter kan også bli gitt ordre om å sende en topologiendringsbekreftelse i form av en pakke tilbake til BTH. Dette spesifiseres for hver bro i "forespørsel om bekreftelse"-feltet for TCC-pakken.

En TCA-pakke inneholder følgende:

- TCA-pakkeidentifikator
- Bro-ID-parametere
- TCC-referanse
- MTU-informasjon

TCA-pakken fremsendes mot BTH-en på samme måte som for TCE-pakker. TCA-pakken er først av alt beregnet for brotopologihåndtereren, men TCA-pakken kan også inneholde MTU-informasjon dersom feltet "forespørsel om MTU-informasjon" i den motsatte TCC-pakken gir broen ordre om å tillegge "MTU-informasjon".

MTU på broene som påvirkes av topologiendringen kan utføres så snart den siste TCA-pakken er generert. TCA-pakken må være propagert ikke bare til BTH-en dersom MTU-informasjon er innbefattet. Således kan ikke unicast benyttes dersom TCA-pakken inneholder MTU-informasjon.

- 5 En bro som genererer en TCA-pakke med MTU-informasjon må beregne MTU-informasjonen basert på sin kunnskap om endringene i nettverkstopologien, se neste avsnitt: "MAC-tabelloppdatering (MTU)".

- 10 BTH-en vil generere en TCC-pakke med den samme TCC-referanse som den tidligere TCC-pakke dersom en TCA fra hver av broene gis ordre om å generere en TCA-pakke ikke er mottatt innenfor et forhåndsdefinert intervall.

Fig. 13 innbefatter et TCA-sendeflytskjema og et TCA-mottaksflytskjema.

TCA-sendeflytskjemaet i fig. 13 illustrerer TCA-sendeprosedyren, som er implementert i samsvar med en foretrukket utførelsesform av oppfinnelsen.

- 15 TCA-sendeprosedyren omfatter trinnet å sende en TCA-pakke til nettverket, idet nevnte pakke innbefatter MTU-informasjon beregnet fra spanningtremodellen dersom MTU-informasjon er nødvendig.

Mer spesifikt utføres en sjekk for å bestemme hvorvidt MTU-informasjon skal være tilføyd til TCA-pakken før TCA-pakken sendes eller ikke.

- 20 I fig. 13 sjekker mottaks-TCA-flytskjemaet at den mottatte TCA-pakken er den TCA-som BTH (broen selv) har forespurt. Broen sjekker hvorvidt en nye TCC-pakke skal sendes. Dette er relevant i det tilfellet at en mellomliggende ST-tilstand benyttes. TCC-sendeflytskjemaet entres dersom en annen TCC er nødvendig, se fig. 12a, mens TCA-pakken vil sjekkes for et MTU-felt dersom en ny TCC-pakke ikke er nødvendig.

- 25 MTU-mottaksflytskjemaet, se fig. 14, vil entres dersom et slikt felt er funnet, ellers entres MTU-infosendeflytskjemaet, se fig. 14.

MAC-tabelloppdatering (MTU)

- 30 BTH-en eller en bro anmodet om en TCA-pakke med "MTU-informasjon" vil generere en slik pakke når topologiendringsprosedyren er fullført. MTU-informasjonen er tiltenkt de broer som er påvirket av topologiendringen.

- 35 Algoritmen for å finne broene og deres ST-porter som påvirkes av TCE-en er basert på de samme prinsipper som ble benyttet av STA, bortsett fra det faktum at hele ST-et blir beregnet på hver bro i nettverket. Således beregnes en ny aktiv topologi og sammenlignes mot den gamle aktive topologien. Disse broer og deres porter som adskiller seg vil bli identifisert i MTU.

MTU-pakken inneholder det følgende:

- MTU-pakkeidentifikator
- Bro-ID-er og porter der MAC-oppdatering er nødvendig.

En MTU-pakke propagerer gjennom nettverket på samme måte som en TCC-pakke. Således er multicast- eller broadcast-kommunikasjon foretrukket.

Fig. 14 innbefatter et MTU-sendeflytskjema og et MTU-mottaksflytskjema.

I samsvar med MTU-sendeflytskjemaet vist i fig. 14 sender BTH en MTU-pakke. MTU-informasjonen beregnes fra dataene i database A og B ved hjelp av "topologikalkulatoren" se fig. 2. En MTU-melding sendes så til alle broer i topologien, og den aktive topologidatabasen oppdateres, database B i fig. 2.

MTU-mottaksprosedyren, som er implementert i samsvar med en foretrukket utførelsesform av oppfinnelsen, er illustrert i MTU-mottaksflytskjemaet i fig. 14. Ifølge denne prosedyren sjekker broen hvorvidt den lokale bro-ID er funnet i MTU-en ved mottak av en MTU-pakke. MTU-en vil bli avvist dersom broen allerede har mottatt den samme MTU-informasjon fra en annen bro som har detektert den samme TCE. MAC-tabellen oppdateres basert på de spesifikke porter, og den aktive topologidatabasen oppdateres, database B i fig. 2.

Topologilagringskommando (TSC) og topologidifferansekommando (TDC)

Under utvikling av et nettverk kan det bli tilordnet til broene i nettverket mange ulike parametere som vil ha påvirkning på nettverkstopologien. Når det fullstendige nettverket er operasjonelt slik det er definert under utvikling for første gang eller etter oppbygging eller oppgradering av nettverket, kan en topologilagringskommando (TSC) sendes til alle broene i nettverket. En TSC kan genereres eller sendes av f.eks. rotbroen eller f.eks. nettverksadministrasjonsstasjonen (NMS). En slik kommando blir typisk initiert av brukeren. En skyggedatabase som holder en kopi av topologien blir så lagret, og den kan ikke endres før en ny TSC blir mottatt. Denne topologien betraktes som den foretrukkede nettverkstopologien. En ulikhet mellom den foretrukkede topologien og den gjeldende topologien kan benyttes for å generere en alarm som sendes til en forhåndsdefinert NMS, dvs. en topologidifferansekommando (TDC). Dette kan gjøres ved å benytte den populære Simple Network Management Protocol (SNMP) eller lignende protokoller. TDC-pakker kan sendes i tilfelle av en TCE eller ved faste intervaller, så lenge den aktive topologien avviker fra den foretrukkede topologien som er lagret i skyggedatabasen. De følgende prinsipper kan benyttes for å minimalisere kommunikasjonen av TDC-pakker:

- Bare roten tillates å sende TDC-pakker.

- En eller noen få forhåndsdefinerte broer tillates å sende TDC-pakker.
- Broen eller broene som er påvirket av topologiendringen tillates å sende TDC-pakker.

5 Fig. 15 innbefatter et TSC-mottaksflytskjema, et TSC-sendeflytskjema og et TDC-flytskjema.

I samsvar med en foretrukket utførelsesform omfatter fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen trinnene å motta en topologiendringskommando (TSC) fra nettverket, og å lagre i en database den gjeldende topologimodellen etter mottak av en TSC.

10 Prosessen som utføres etter den mottatte TSC er mer spesifikt illustrert ved TSC-mottaksflytskjemaet i fig. 15. Denne prosessen venter på en TSC-kommando som mottas via aksjonsmodulen, se fig. 2. Når en TSC blir mottatt, sjekkes at den er sendt fra en bro innenfor den aktive topologi, ved å søke i databasen B, se fig. 2. Kommandoen prosesseres ytterligere dersom et treff finnes, ellers vil den bli avvist. TDC-flytskjemaet er deaktivert under databasekopieringsprosessen.

15 I prosessen illustrert ved TSC-sendeflytskjemaet i fig. 15, gjøres først en sjekk av at ingen topologiendringer pågår, før noen TSC-pakke sendes når en TSC-sendekommando er mottatt. Kommandoen avvises dersom en topologiendring foregår, ellers vil TSC-meldinger sendes til alle de andre broene i topologien.

20 Prosessen illustrert ved TDC-flytskjemaet i fig. 15 vil sende TDC-pakker på regulær basis dersom broen er konfigurert for denne tjenesten, og en forskjell er funnet mellom databasene B og C, se fig. 2.

TCE-, TCC-, TCA-, MTU-, TSC- og TDC-pakkene bør fortrinnsvis være beskyttet ved prioritet for å redusere sannsynligheten for pakketap og for å oppnå minimal nettverkslatens for disse pakkene.

25 Fig. 3, 4a-c, 5a-b, 6a-b, 7a-b, 8a-b, 9a-b og 10a-b illustrerer eksempler for spanningtretopologier i et nettverk, der nettverkselementer (omtalt som broer for enkelhets skyld) er innbefattet. I alle disse figurene identifiseres broene ved henvisningsbetegnelse henholdsvis A...I og rot. Portnummerne for en bro er angitt ved broreferansebetegnelsen fulgt av et portnummer, slik som portene A5, A8 for
30 bro A. Portnummerne for rotbroen er angitt ved R1 og R2.

EKSEMPEL 1 - Rotbro som BTH - Regelsett 1.

Fig. 3 er en graf som illustrerer en initiell spanningtretopologi for et nettverk. Hver bro i nettverket er et nettverkselement i samsvar med oppfinnelsen, og den totale topologiinformasjonen er kjent i hver bro.

Fig. 4a er en graf som viser den samme topologien som i fig. 3, men med en topologiendring opptredende i nettverket. En link mellom bro C og G etableres.

Fig. 4b er en graf som viser den samme topologien som i fig. 3 etter topologiendringshendelsen. I fig. 4b er både port C3 på bro C og port G3 på bro G satt i blokkeringstilstand. Dette er gjort av de to broene uten noen interaksjon med roten eller noen andre broer. Broene, C eller G, sender en multicast-topologiendringshendelse- (TCE-) pakke til rotbroen. Rotbroen identifiserer hvorvidt de mottatte TCE-er representerer en potensiell sløyfe. Det kan ses fra fig. 4b at en sløyfe er etablert mellom broene A, C, G, H og D. Rotbroen beregner det nye ST basert på de nye veikostnadsparametere for linken mellom bro C og G. Den nye beregningen viser at den nye ST skal benytte denne link (C3 og G3 i fremsendingsmodus), mens link mellom bro G og H skal være en backup-link.

Rotbroen sender en multicast topologiendringskommando- (TCC-)pakke, der port G1 settes i blokkeringstilstand og port G3 i fremsendingstilstand for bro G og port C3 for bro C settes i fremsendingstilstand, se fig. 4c. TCC-pakken inneholder også MTU-informasjon, der broene A, C, G, H og D med portene henholdsvis A5 og A8, C2 og C3, G3 og G1, H7 og H6 og D1 og D2, gis ordre om å nullstille MAC-adressene assosiert med disse portene. TCC-pakken med MTU-informasjon sendes på hele nettverket. Pakken mottas på alle broer i nettverket, og alle broer vil enten utføre porttilstandsendringer eller MTU, bortsett fra på broene: I, B, E og F, som ikke er påvirket av topologiendringen. Rotbroen, dvs. brotopologihåndtereren, vil ikke etterspørre TCA-pakker fra broene C og G, men alle broer innbefattet rotbroen vil motta BTI-pakker med ny topologiinformasjon som forteller broene at den nye aktive topologien er oppnådd. Dette betyr at topologiendringsprosedyren er fullført. TCC-pakken vil sendes på nytt dersom slik ny informasjon ikke er mottatt innenfor et forhåndsdefinert tidsintervall på rotbroen.

Kommunikasjonen med TCE-, TCC-, TCA-, MTU-, TSC- og TDC-pakker mellom de TCE-detekterende broer, broene som er påvirket av TCE-en og rotbroen kan endres på en slik måte at egenskapen for rotbroen som virker som "mester" i nettverket mer eller mindre fjernes. Rotbroen kan fortsatt være fokuspunktet i nettverket hva angår veikostnadsparametere, men rotbroen deltar ikke i håndtering av en topologiendring med mindre rotbroen er en TCE-detekterende bro, eller er påvirket av en TCE i nettverket. En alternativ TCE-håndtering kan være å introdusere definisjonene sub-rot, sub-tre og TCE-håndterende bro (samsvarende med regelsettene henholdsvis 2, 3 og 4).

En sub-rotbro, dvs. brotopologihåndtereren, for en gitt TCE, er identifisert basert på lokasjonen av TCE i ST-et. Et sub-tre er definert som den delen av ST-et som påvirkes av TCE-en. Flere ulike kriterier kan benyttes for å definere hvilken bro som skal være sub-rot i et gitt sub-tre. En løsning er som følger:

Den TCE-detekterende bro eller broer er alltid betraktet som kandidater for å være sub-rot for TCE-en. Dersom to broer detekterer den samme TCE, så er broen som er nærmest rotbroen på vilkår av veikostnader via fremsendingsporter til rotbroen videre betraktet som kandidaten. Dersom TCE-en ikke introduserer en sløyfe i nettnettet, må de TCE-detekterende broer identifisere den broen i sløyfen som er broen som er nærmest rotbroen på vilkår av veikostnader via fremsendingsporter til rotbroen. Denne broen vil velges som sub-rot. BTI-pakker vil bli utvekslet på den nye linken mellom de to broene i tilfelle av en linketablering mellom de to broene. Det er hensiktsmessig at den siste BTI fra hele nettnettet er kjent av de to broene før en topologiendringsprosedyre blir igangsatt. Dette kan introdusere noe ekstra forsinkelse dersom en linketablerings-TCE prosesseres, men dette er ikke reeltidskritisk siden en ny link representerer flere og ikke færre nettverksveier. Bemerk imidlertid at andre seleksjonskriterier også kan benyttes.

EKSEMPEL 2.1 - Sub-rotbro som BTH - Regelsett 3:

I fig. 6a vil bro A bli valgt som sub-rot for TCE-en mellom bro C og G.

EKSEMPEL 2.2 Sub-rotbro som BTH - Regelsett 3:

I fig. 6b velges rotbroen som sub-rot for TCE-en generert mellom bro E og I.

EKSEMPEL 2.3 - Sub-rotbro som BTH - Regelsett 3:

I fig. 7a velges bro C som sub-rot for TCE-en generert mellom bro C og G, fordi C er nærmere enn G til rotbroen på vilkår av veikostnader via fremsendingsporter til rotbroen. Dette er kjent for begge broer. Bro G tillates å endre status for port G1 til fremsending, og kan også oppdateres i en MAC-tabell før mottak av en TCC-kommando fra bro C eller A. Således kan TCE-en forårsakes av bro C å bli tapt fra nettnettet. I dette tilfellet vil A velges som sub-rot.

Flere TCE-er generert mer eller mindre samtidig vil håndteres i en sekvens av rotbroen i det tilfellet en sub-rotimplementasjon ikke benyttes. Rotbroen kan modifisere den pågående topologiendringsprosedyren dersom en ny TCE-pakke med ny informasjon mottas under den pågående topologiendringsprosedyre. Rotbroen kan velge å sette deler av eller til og med alle ST-aktiverte porter i nettnettet i blokkeringstilstand i et multi-TCE-scenarior. Bruken av sub-rot kan også håndtere den situasjon der flere TCE-er genereres mer eller mindre samtidig og sub-trærne for TCE-ene overlapper. Den øverste bro i et sub-tre som inneholder alle TCE-ene velges som sub-rot. Denne broen er ansvarlig for å håndtere multi-TCE-scenariet. Prinsippene for å håndtere et multi-TCE-scenarior når sub-rotprinsippet benyttes, er de samme som for rotbroen når sub-rotimplementasjonen ikke benyttes.

Et fullstendig tap av forbindelse for en bro kan betraktes som et multi-TCE-scenarior, der det er hensiktsmessig å sette hver ST-aktiverte port så nær som én på

hver bro i blokkeringstilstand, siden etableringen av en ny aktiv topologi kan involvere flere topologiendringer i nettverket med en ny bro valgt som rotbro.

- En pågående topologiendringsprosedyre håndtert av en sub-rotbro eller en TCE-detekterende bro kan måtte stoppe dersom en TCC-kommando mottas fra en annen
5 BTH nærmere rotbroen på vilkår av veikostnader via fremsendingsporter.

- Introduksjonen av sub-rotdefinisjonen kan videre utvikles ved å tillate en hvilken som helst TCE-detekterende bro å virke som brotopologihåndterer, dvs. å operere i samsvar med regelsett 4. Dette kan redusere antallet pakker som er nødvendig og tiden det tar for å oppnå en ny aktiv topologi i tilfelle av en TCE. Således kan vi
10 fullstendig utnytte det faktum at hver bro i nettverket har full kunnskap om nettverkstopologien, og at hver bro er i stand til å beregne og håndtere etableringen av en ny aktiv topologi basert på en TCE. En endring i den aktive topologien er i de fleste tilfeller relevant og én eller flere av ST-portene på en TCE-detekterende bro. Dette betyr at en TCE-detekterende bro kan gjøre noen av eller alle disse
15 nødvendige endringer før noen TCC- og MTU-informasjon sendes til andre broer. Noen TCE-er vil være detektert av to broer, f.eks. en "link up"-TCE. En slik TCE bør foretrukket håndteres av én av de TCE-detekterende broer. Hvilken kan avhenge av flere ulike kriterier. En løsning er at broen nærmest rotbroen, dvs. fokuspunktet, på vilkår av veikostnader via fremsendingsporter til rotbroen, er ansvarlig for
20 håndtering av TCE-en. BTI-kommunikasjon kan være nødvendig for at de TCE-detekterende broer skal kunne verifisere hvilken bro som skal håndtere TCE-en. Imidlertid er det ikke obligatorisk at bare én av de TCE-detekterende broer håndterer TCE-en i tilfelle av en linketablering. En "linktap"-TCE mellom to broer vil også involvere to TCE-detekterende broer, og kommunikasjon mellom disse to
25 broene er ofte ikke mulig etter en "linktap"-TCE. Ingen av disse to broer kjenner hvorvidt TCE-en var forårsaket av et linktap eller at nabobroen er fullstendig frakoblet fra nettverket. Således starter begge TCE-detekterende broer en topologiendringsprosedyre som involverer lokale topologiendringer og sending av TCE-, TCC- og MTU-informasjon. Dette betyr at vi har to brotopologihåndterere.
30 De to TCE-detekterende broer vil sende den samme informasjonen. Dette betyr at de andre broene i nettverket vil motta den samme informasjonen to ganger, men broene som er påvirket av TCE-en skal bare eksekvere de mottatte kommandoer én gang. Disse broene er i stand til å verifisere at den samme informasjonen er mottatt fra hver enkelt av de TCE-detekterende broer ved å sammenligne de mottatte TCE-pakker, å inspisere feltet "BTI for hele nettverket" for de to mottatte TCC-pakker, og det faktum at innholdet av de to mottatte MTU-pakker (som kan være en del av TCC-pakken) er lik dersom denne informasjonen er mottatt med et rimelig lite
35 forhåndsdefinert tidsintervall. Denne prosedyren virker både for et linktap og også i visse tilfeller for et komplett tap av en bro i nettverket. Det er hensiktsmessig at

broene som mottar TCC- og MTU-informasjon sender TCA-pakker til begge de TCE-detekterende broer selv om kommandoene eksekveres bare én gang.

EKSEMPEL 3 - "TCE-håndterende bro som BTH link up" - Regelsett 4:

5 Både bro C og G i fig. 4a detekterer "link up"-TCE mellom bro C og G. Port C3 på bro C og port G3 på bro G er både satt i blokkeringstilstand, og begge broer sender en TCE-pakke om TCE-en og venter T_{prop} sekunder. Både bro C og G kan basert på TCE- og på BTI-utveksling mellom disse to broer beregne den nye aktive topologien som vil være relevant og enes om at bro G skal være BTH for denne TCE, se fig. 4c. Bro G setter port G1 i blokkering og port G3 i fremsending, og sender deretter en TCC-pakke med MTU-informasjon. TCC-delen er ment for bro C, dvs. sett port C3 i bro C i fremsendingstilstand, mens MTU-delen er ment for broene C, A, D og H.

EKSEMPEL 4.1 - TCE-håndterende bro som BTH "link off" - Regelsett 4:

15 Fig. 7a viser en aktiv topologi der en "link off"-TCE er funnet mellom bro C og G. Både C og G detekterer denne TCE, og begge broer starter en TCE-håndteringsprosedyre basert på den antagelse at linken mellom disse to broer er av. Begge broer vil sende en TCC-pakke som inneholder topologiinformasjon og at denne linken er av og MTU-informasjon som forteller broene G, H, D, A og C om at deres MAC-tabeller skal oppdateres. Broene A, D og H påvirkes også av denne TCE. De er alle i stand til å verifisere at TCE er forårsaket av et linktap mellom broene C og G fordi den samme topologiinformasjon er mottatt fra disse to broer. Således oppnås den nye aktive topologi vist i fig. 7b svært raskt.

25 Et problem som vil opptre med den ovenfor beskrevne teknikk er relatert til multi-TCE-scenariet. Det vil si at én eller flere nye TCE-er genereres mens én eller to TCE-detekterende broer allerede håndterer en TCE, eller den samme TCE genererer TCC- og MTU-informasjon fra ulike TCE-detekterende broer, der både TCC- og MTU-delene adskiller seg fra hverandre. Dette kan løses ved å benytte de følgende prinsipper:

30 Alle broer i ST-et vil sette deres ST-aktiverte porter unntatt én i blokkeringstilstand så snart de detekterer et multi-TCE-scenariet. Rotbroen vil så beregne den nye aktive topologien basert på alle mottatte TCE-er og propagere den nye topologiinformasjonen gjennom nettverket som tidligere beskrevet. Således virker rotbroen som brotopologihåndtereren.

En alternativ løsning til dette er som følger:

35 De broer som hører til sub-treet der mer enn én TCE opptrer, vil sette alle deres ST-aktiverte porter unntatt én i blokkeringstilstand. Broen, dvs. sub-roten, nærmest rotbroen på vilkår av veikostnader, vil via fremsendingsporter blir

brotopologihåndtereren. Denne broen vil håndtere etableringen av en ny aktiv topologi basert på alle de mottatte TCE-er, og propagere den nye topologiinformasjonen gjennom nettverket ved å følge prinsippene som allerede er beskrevet.

- 5 Setting av alle ST-aktiverte porter på alle broer i ST-et eller det sub-tre hvor TCE-ene opptrådte, kan optimaliseres. Således kan roten eller sub-roten identifisere et subsett av de ST-aktiverte porter og hvilke broer som må settes i blokkeringstilstand.

EKSEMPEL 4.2 - TCE-håndteringsbro som BTH "link off" - Regelsett 4:

- 10 Fig. 8a viser en aktiv topologi der en "link off"-TCE detekteres på broene A, H og I. Disse broene ser den samme TCE, dvs. bro D er av. Bro A antar at linken mellom A og D er tapt, bro H antar at linken mellom H og D er tapt, og bro I antar at linken mellom I og D er tapt. Disse broene vil sende en TCC-pakke som inneholder topologiinformasjon om at deres respektive link mot bro D er av, og bro A og H vil
- 15 sende MTU-informasjon som anmoder bro G, H, D, A og C om å oppdatere deres MAC-tabeller, mens bro I vil sende MTU-informasjon som anmoder bro H, D og I ved å oppdatere deres MAC-tabeller. De andre broene vil motta MTU og topologiinformasjon som avviker. Dette scenariet bør derfor håndteres som et multi-TCE-scenario, selv om tapet av bro D er en enkeltpunktssvikt. Det er også mulig for
- 20 de andre broene å verifisere basert på den innkommende TCC- og MTU-informasjon fra de tre TCE-detekterende broer at dette er et enkelt TCE-scenario som involverer tapet av bro D, og handle i samsvar med den mottatte kommando eller de mottatte kommandoer, hvilket resulterer i den nye topologien vist i fig. 8b.

EKSEMPEL 4.3 - TCE-håndterende bro som BTH "link off" - Regelsett 4:

- 25 Fig. 9a viser en aktiv topologi der en "link off" TCE er funnet på broene A, H og I. Disse broene ser den samme TCE, dvs. bro d er av. Bro A antar at linken mellom A og D er tapt, bro H antar at linken mellom H og D er tapt, og bro I antar at linken mellom I og D er tapt. Begge broer A og H vil sende en TCC-pakke som inneholder topologiinformasjon om at deres respektive link mot bro D er av og MTU-
- 30 informasjon som anmoder broene G, H, D, A og C om å oppdatere deres MAC-tabeller, mens bro I ikke vil gjøre noe, fordi den ikke lenger har en forbindelse til nettverket. De andre broene mottar samme MTU-informasjon, mens topologiinformasjonen avviker. De kan imidlertid verifisere at dette er et enkelt TCE-scenario som involverer et tap av bro D, og handle i samsvar med den mottatte
- 35 kommando eller de mottatte kommandoer, hvilket resulterer i den nye topologien vist i fig. 9b. En konservativ tilnærming kunne være å håndtere også dette som et multi-TCE-scenario.

Implementasjonen med å benytte rotbroen som den eneste mulige BTH i et nettverk krever ikke at alle de andre broene i nettverket har full kunnskap om nettverkstopologien. Bare lokal- og bronaboinformasjon er nødvendig på en ikke-brotopologihåndterer. Dette innbefatter den samme informasjon som er kjent på en STA-aktivert bro, i tillegg til hvilken ST-port på hvilken nabobro hver ST-port er forbundet. Denne BTI kan sendes slik som beskrevet tidligere. Et alternativ er å sende denne BTI direkte til rotbroen som unicastdata som sendes på fremsendingsporter, eller en kombinasjon av disse to metodene kan benyttes. Rotbroen vil da beregne ST-et basert på BTI-ene og TCE-en som er mottatt og sende og motta TCC-, TCA- og MTU-informasjon på samme måte som tidligere beskrevet. Dette prinsippet kan også benyttes i det tilfellet at sub-rotimplementasjonen benyttes. Broene som opererer som sub-rot bør prekonfigureres via f.eks. administrasjon som potensielle sub-røtter, eller et gitt regelsett kan benyttes for å identifisere potensielle sub-rotkandidater. En sub-rotbro må kjenne hele nettverkstopologien eller i det minste topologiinformasjon relatert til sub-treet der den er sub-rot, mens broene i sub-treet ikke behøver å vite mer enn lokal- og bronaboinformasjon som tidligere beskrevet. Denne BTI sendes til én eller alle de tilgjengelige sub-røtter i nettverket. Det er også mulig at en bro har kjennskap bare om en del av nettverket. Den delen av nettverket der en bro skal opprettholde topologiinformasjon, kan konfigureres via administrasjon.

Den ovenstående beskrivelsen har beskrevet et nettverkselement og en fremgangsmåte for å kontrollere nettverkselement (eller bro, for enkelhets skyld). Når et nettverk bygges opp med broer i samsvar med oppfinnelsen, oppnås en effektiv, rask rekonfigureringsytelse for hele nettverket. Imidlertid oppnås en vesentlig fordel også selv om noen av broene i nettverket ikke støtter trekkene for rask rekonfigureringsytelse i samsvar med oppfinnelsen. De følgende prinsipper er relevante i denne sammenheng:

- BTI-pakker fremsendes gjennom broene uten støtte for rask rekonfigureringsytelse. Det vil si at BTI-en sendes mer enn ett nettverkshopp i det tilfellet hoppene er basert på broer uten støtte for rask rekonfigureringsytelse.
- STA, RSTA eller lignende protokoll benyttes mellom de raske rekonfigureringsbroer som er forbundet til broer som støtter STA, RSTA eller lignende protokoller for å oppnå rimelig rask rekonfigureringsytelse av broene som støtter bare STA, RSTA eller lignende protokoller.
- STA- eller RSTA-pakker vil ikke fremsendes gjennom nettverket via broer som støtter rask rekonfigureringsytelse. Således vil et sett av broer som støtter STA eller RSTA forbundet til hverandre og nabobroer som støtter rask rekonfigureringsytelse og STA, RSTA og/eller lignende protokoller forbundet til disse broene håndteres som separate STA- eller RSTA-nettverk.

Selv om oppfinnelsen har blitt beskrevet med henvisning til foretrukkede, spesifiserte utførelsesformer og noen alternativer og variasjoner, vil fagfolk innse at mange åpenbare modifikasjoner finnes innenfor rekkevidden av oppfinnelsen, slik den er fremsatt ved de følgende sett av patentkrav og deres ekvivalenter.

PATENTKRAV

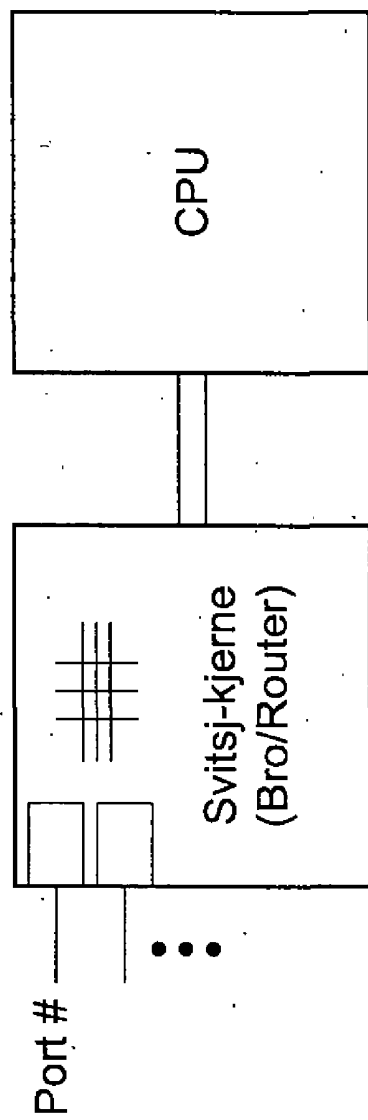
1. Fremgangsmåte for å kontrollere et nettverkselement med et antall kommunikasjonsporter for sending og mottak av datapakker til og fra andre nettverkselementer i et nettverk, hvor en spanningtretopologimodell for i det minste et subsett av nettverket er lagret i minst en database i nettverkselementet, hvor fremgangsmåten omfatter de følgende trinn:
 - (a) å detektere en hendelse som angir endring i topologien for nettverket,
 - (b) å oppdatere spanningtretopologimodellen for subsettet av nettverket basert for informasjon avledet fra topologiendringshendelsen, hvor nevnte subsett omfatter opprinnelsepunktet for topologiendringshendelsen og de nettverkselementer som påvirkes av topologiendringen,
 - (c) å bestemme om nettverkselementet opererer som topologihåndterer for den detekterte hendelsen, og
 - (d) dersom nettverkselementet opererer som topologihåndterer, å utføre de følgende trinn:
 - (d1) å beregne en ny spanningtretopologimodell, basert på modellen som følger av oppdateringstrinnet (b),
 - karakterisert ved at fremgangsmåten videre omfatter trinnet
 - (d2) å sende en topologiendringskommando (TCC) til nettverket, hvilken kommando innbefatter informasjon om den nye spanningtretopologimodellen.
2. Fremgangsmåte i samsvar med krav 1, videre omfattende det følgende trinn:
 - (e) dersom nettverkselementet ikke opererer som topologihåndterer for den detekterte hendelse, å utføre de følgende subtrinn:
 - (e1) dersom den detekterte hendelsen er en topologiendringskommando (TCC), å utføre en TCC-mottaksprosedyre, idet nevnte TCC-mottaksprosedyre omfatter trinnene
 - å oppdatere topologimodellen med BTI-informasjon,
 - å bestemme om en topologiendringsbekreftelse (TCA) er anmodet i TCC-kommandoen,
 - å bestemme om MAC-tabeloppdateringsinformasjon (MTU) er innbefattet i TCC-kommandoen,
 - og dersom MTU er innbefattet, å utføre en MTU-mottaksprosedyre.
3. Fremgangsmåte i samsvar med krav 2, videre omfattende trinnet:
 - dersom en TCA er anmodet og MTU-informasjon ikke er innbefattet i TCC-kommandoen, å utføre en TCA-utsendelsesprosedyre.

4. Fremgangsmåte i samsvar med krav 3, hvor TCA-utsendelsesprosedyren omfatter de følgende trinn:
 - å utsende en TCA-pakke til nettverket, hvor nevnte pakke innbefatter MTU-informasjon beregnet fra spanningtremodellen dersom MTU-informasjon er påkrevet.
5. Fremgangsmåte i samsvar med krav 1, hvor nevnte detekteringstrinn (a) omfatter et av de følgende trinn:
 - (a1) å detektere en lokal topologiendringshendelse, eller
 - (a2) å detektere en ikke-lokal topologiendringshendelse ved et mottak av en TCE-datapakke eller en TCC-datapakke fra nettverket.
6. Fremgangsmåte i samsvar med krav 5, hvor detekteringstrinnet (a) etterfølges av trinnet:
 - dersom den detekterte hendelse er en lokal hendelse, å sende en topologiendringshendelses- (TCE-) informasjon og en nettverkselementtopologi-informasjon (BTI) til nettverket.
7. Fremgangsmåte i samsvar med krav 6, hvor detekteringstrinnet (a1) omfatter detektering av en link-up-TCE, en link-off-TCE, en veikostnadsparameterendrings-TCE, en BTI-timeout-TCE eller en BTI-DB-oppdaterings-TCE.
8. Fremgangsmåte i samsvar med krav 1, hvor oppdateringstrinnet (b) etterfølges av trinnet
 - (b1) å bestemme om en topologiendringsprosedyre ikke er fullført når topologiendringshendelsen detekteres, og dersom topologiendringshendelsen var detektert når en topologiendringsprosedyre ikke er fullført, å utføre de følgende subtrinn:
 - (b11) å avbryte enhver pågående topologiendringsprosedyre, og
 - (b12) å oppdatere spanningtreetopologimodellen av subsettet av nettverket, basert på den nye detekterte topologiendringshendelsen.
9. Fremgangsmåte i samsvar med krav 1, hvor nevnte oppdateringstrinn (c) innbefatter BTI-informasjon avledet fra den detekterte hendelsen.
10. Fremgangsmåte i samsvar med krav 1, hvor nevnte bestemmelsestrinn (c) innbefatter anvendelsen av et regelsett som er forhåndsvalgt for applikasjon av flere nettverkselementer i nettverket.
11. Fremgangsmåte i samsvar med krav 10, hvor nevnte regelsett pålegger at et rotnettverkselement alltid virker som topologihåndterer.
12. Fremgangsmåte i samsvar med krav 10, hvor det nevnte regelsett innbefatter bruken av informasjon om opprinnelsen av den detekterte hendelsen sammen med

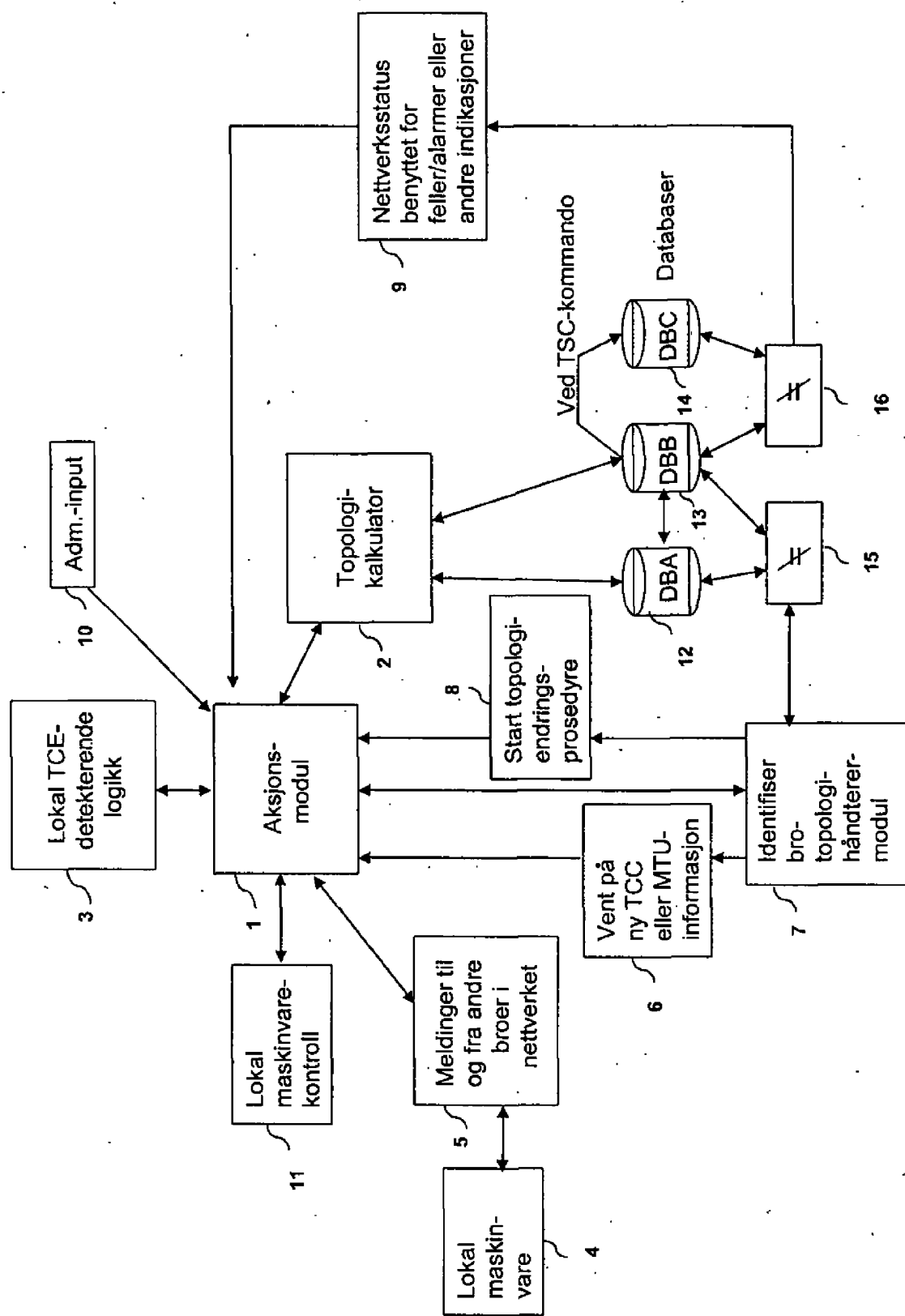
topologiinformasjon innhentet fra spanningtremodellen for å bestemme om nettverkselementet er topologihåndterer for den detekterte hendelsen.

13. Fremgangsmåte i samsvar med krav 12, hvor nevnte regelsett pålegger at et begrenset antall av subrotnettverkselementer kan virke som topologihåndterer.
- 5 14. Fremgangsmåte i samsvar med krav 12, hvor nevnte regelsett pålegger at et hvilket som helst subrotnettverkselement kan virke som topologihåndterer.
15. Fremgangsmåte i samsvar med krav 12, hvor nevnte regelsett pålegger at nettverkselementet tjener som topologihåndterer dersom den detekterte hendelsen er en lokal hendelse.
- 10 16. Fremgangsmåte i samsvar med krav 1, hvor nevnte beregningssubtrinn (d1) er omfatter etablering av en mellomliggende spanningtremodell.
17. Fremgangsmåte i samsvar med krav 1, hvor beregningstrinnet (d1) etterfølges av trinnet
dersom dette elementet påvirkes av topologiendringen, å konfigurere de lokale
15 porter for nettverkselementet i samsvar med den oppdaterte spanningtreetopologimodellen.
18. Fremgangsmåte i samsvar med krav 1, videre omfattende trinnene
 - å motta en topologilagringskommando (TSC) fra nettverket, og
 - å lagre i en database den gjeldende topologimodellen ved mottak av en TSC.
- 20 19. Fremgangsmåte i samsvar med krav 1, videre omfattende trinnene
å sende en TSC-kommando til nettverket.
20. Fremgangsmåte i samsvar med krav 1, videre omfattende trinnet
å sende en topologidifferansekommando (TDC) til nettverket, hvor nevnte
kommando angir at det finnes en forskjell mellom en foretrukket nettverkstopologi
25 og en gjeldende topologi, idet nevnte topologier er lagret i databaser i nettverkselementet.
21. Fremgangsmåte i samsvar med krav 1, hvor spanningtreetopologimodellen innbefatter veikostnadsparametre relatert til minst en av de følgende:
linktilgjengelighet, linkhastighet, duplekskonduktivitet, linktype og
30 prioritetskapabilitet.
22. Nettverkselement, omfattende et flertall kommunikasjonsporter for å sende og motta datapakker til eller fra andre nettverkselementer i et nettverk, hvor en spanningtreetopologimodell for minst ett subsett av nettverket er lagret i minst en database i nettverkselementet, videre omfattende prosesseringsmidler,
35 karakterisert ved at prosesseringsmidlene er innrettet til å utføre en fremgangsmåte i samsvar med ett av kravene 1-20.

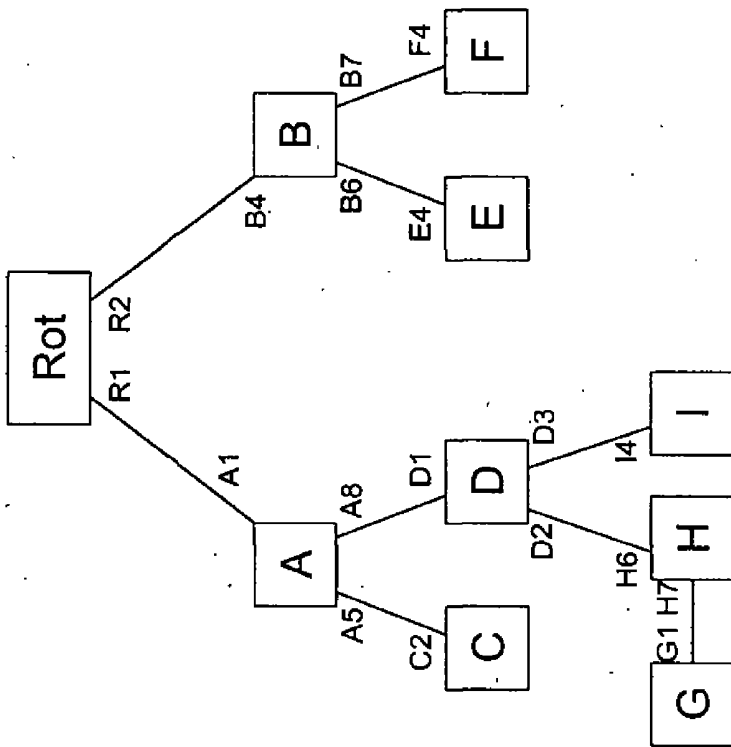
23. Datamaskinnettverk,
karakterisert ved at det omfatter et antall nettverkselementer i samsvar med
krav 22.



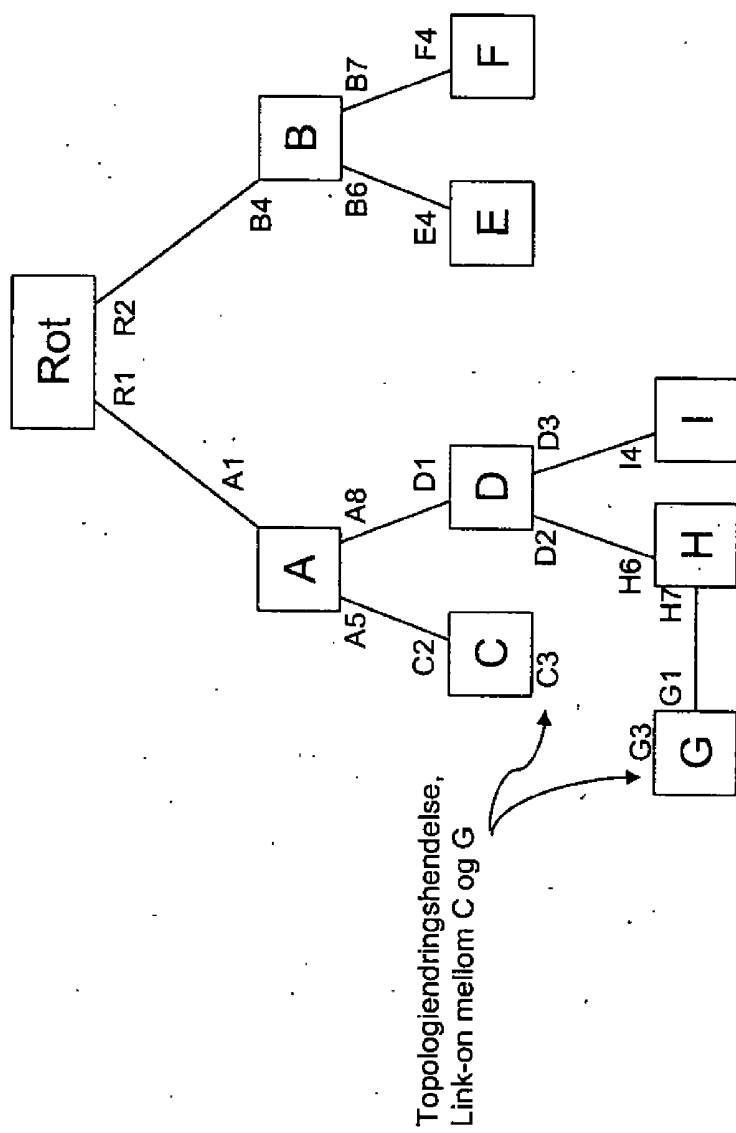
Figur 1



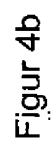
Figur 2

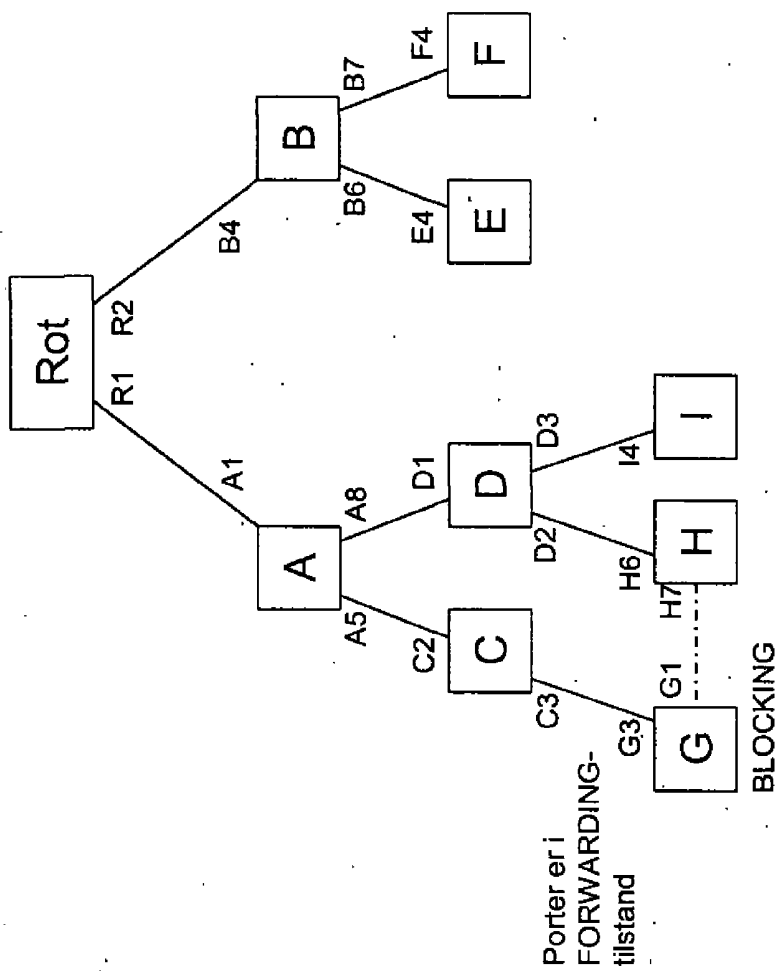


Figur 3

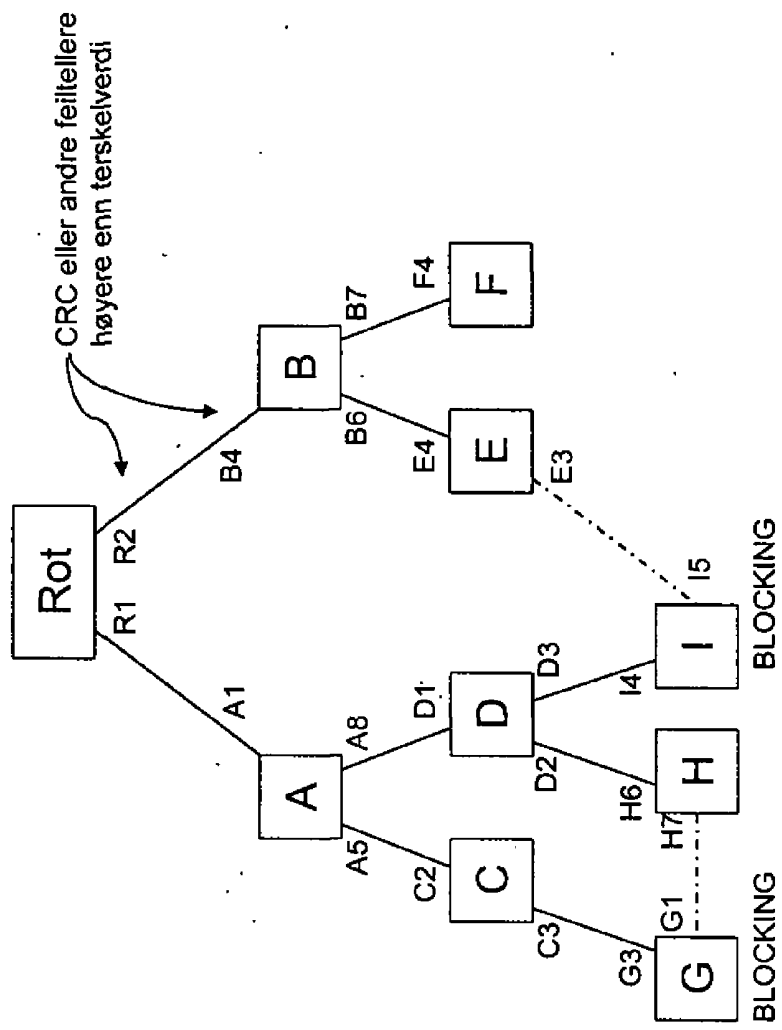


Figur 4a

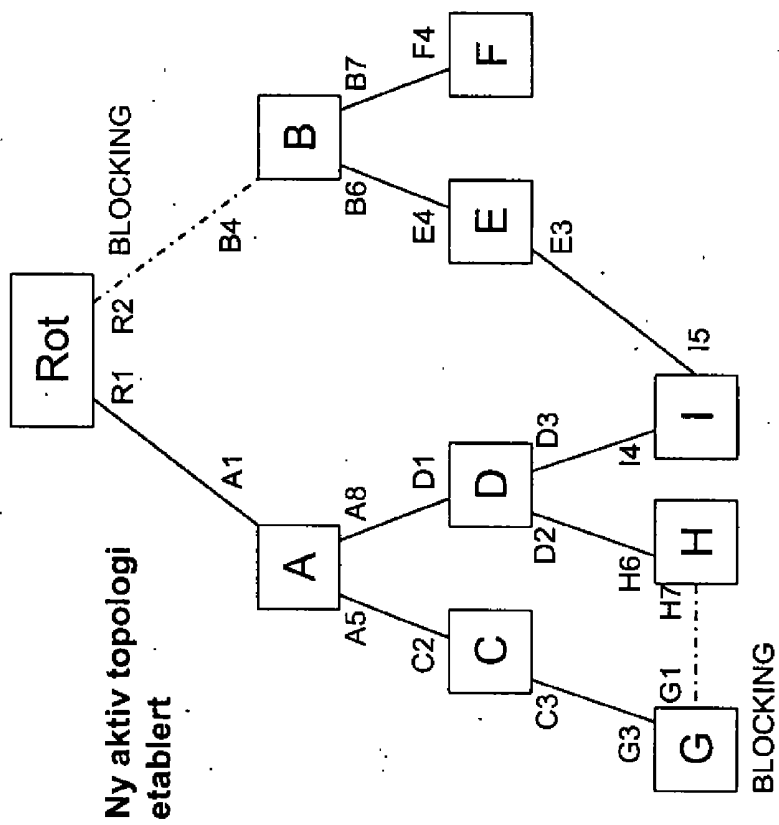




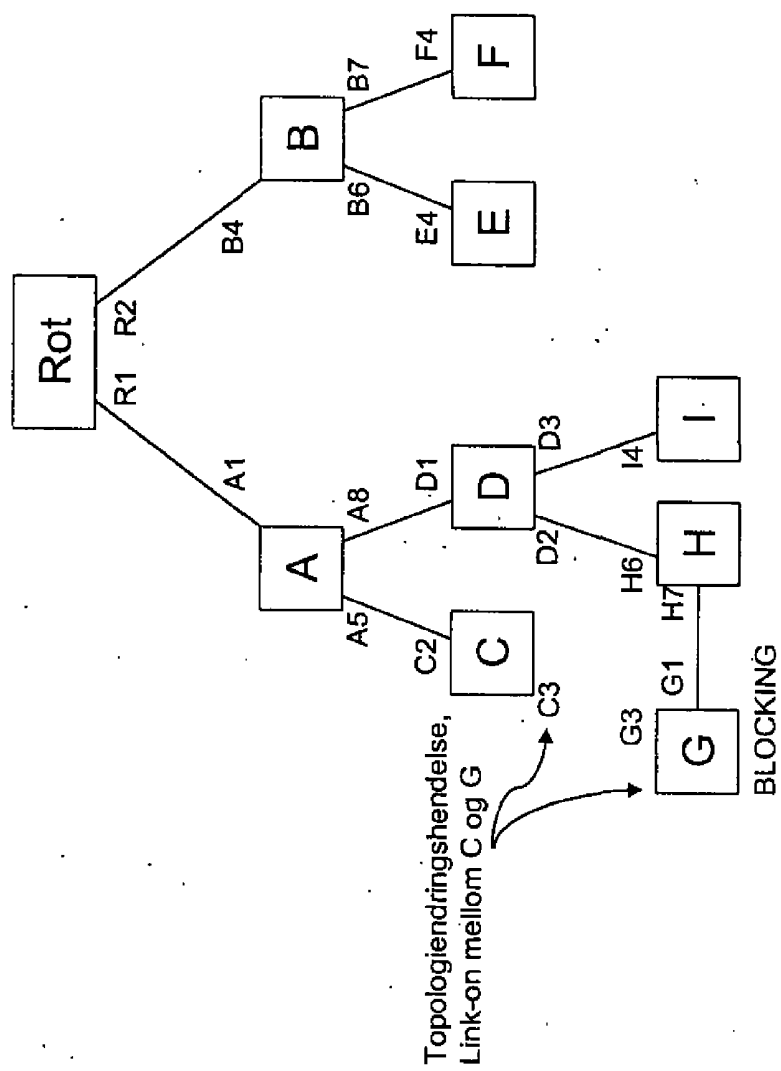
Figur 4c



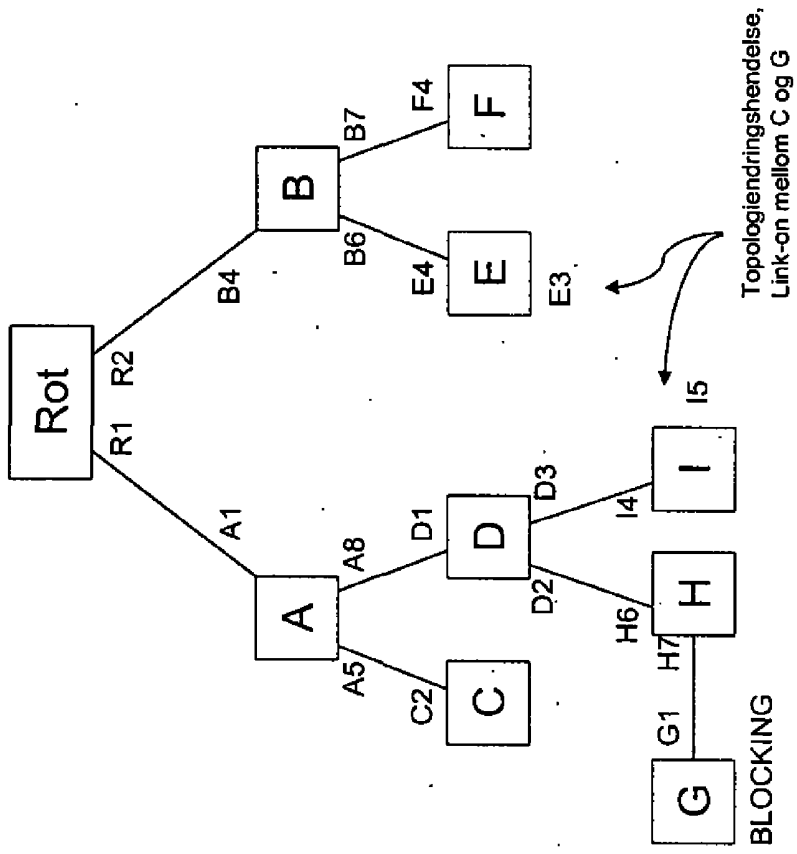
Figur 5a



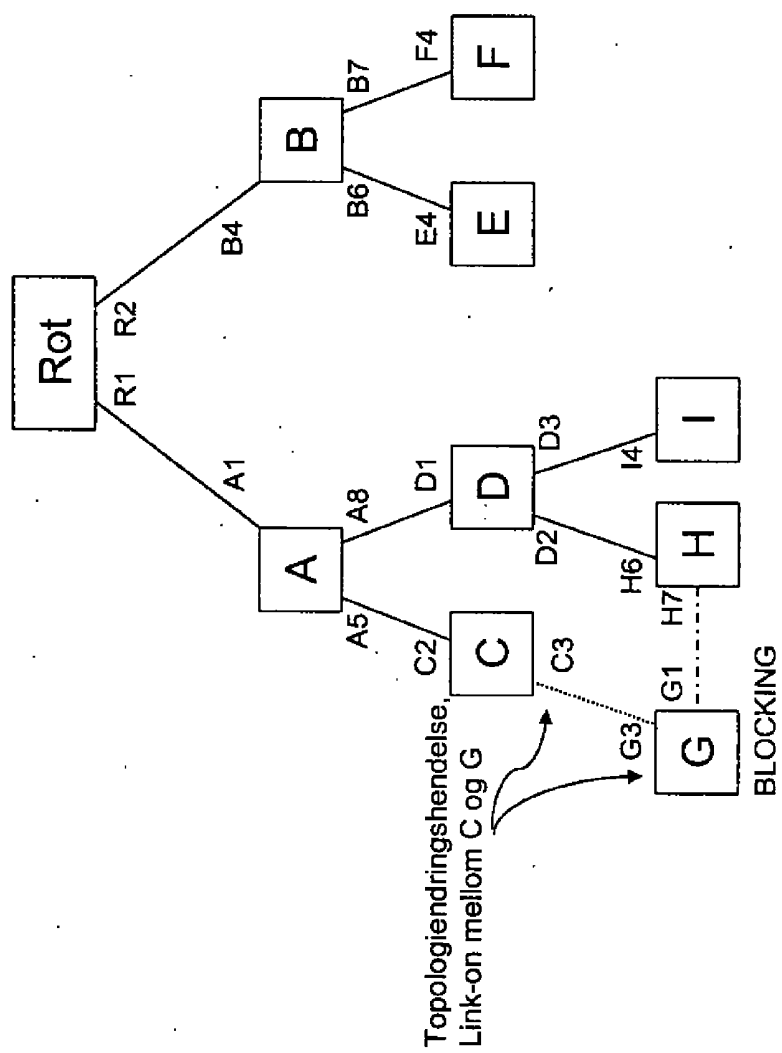
Figur 5b



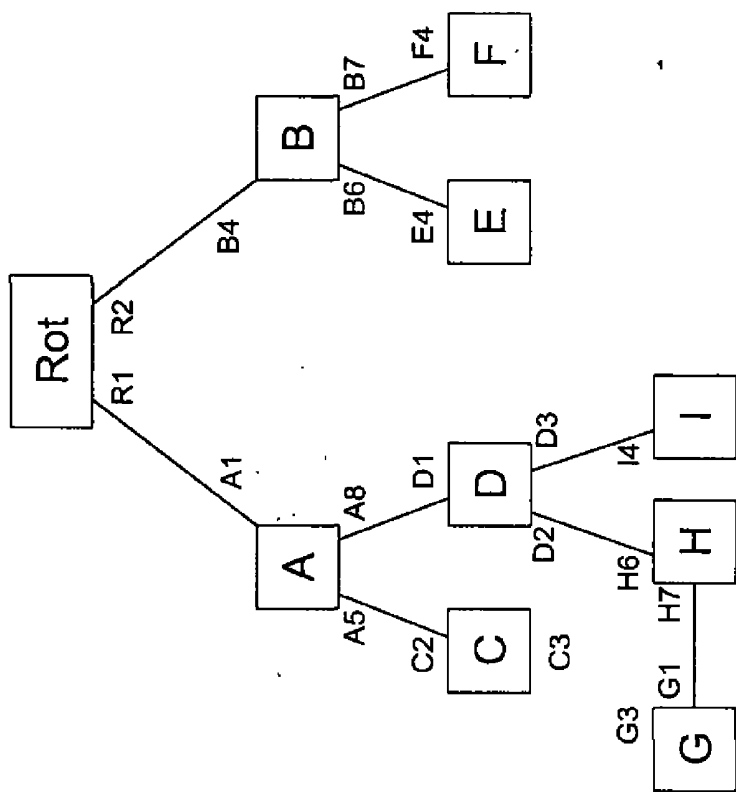
Figur 6a



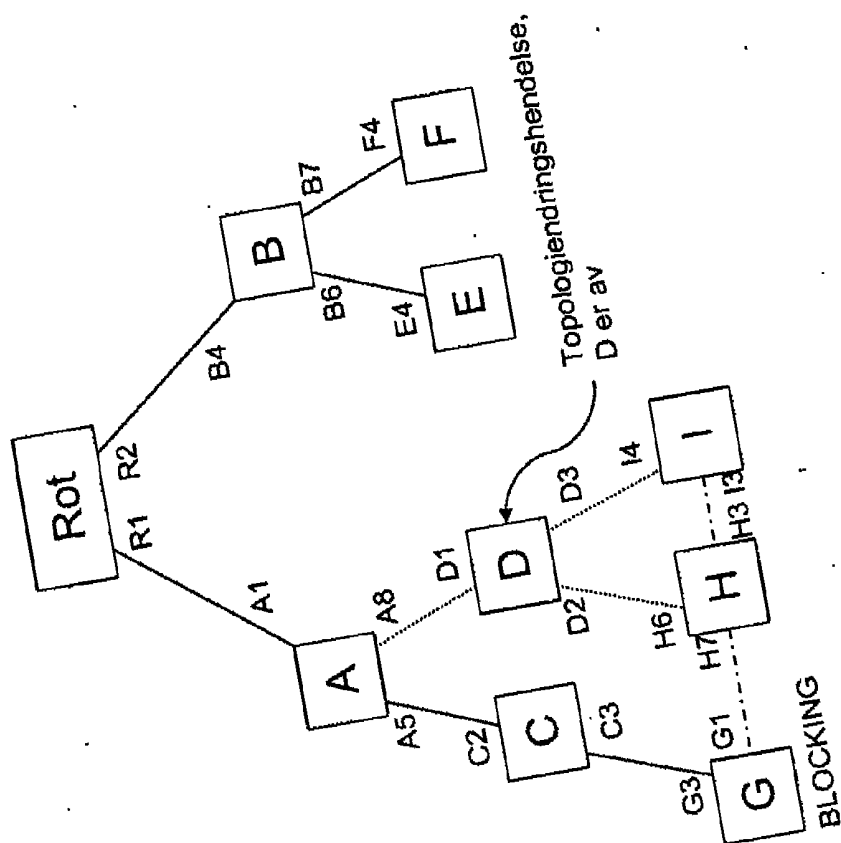
Figur 6b



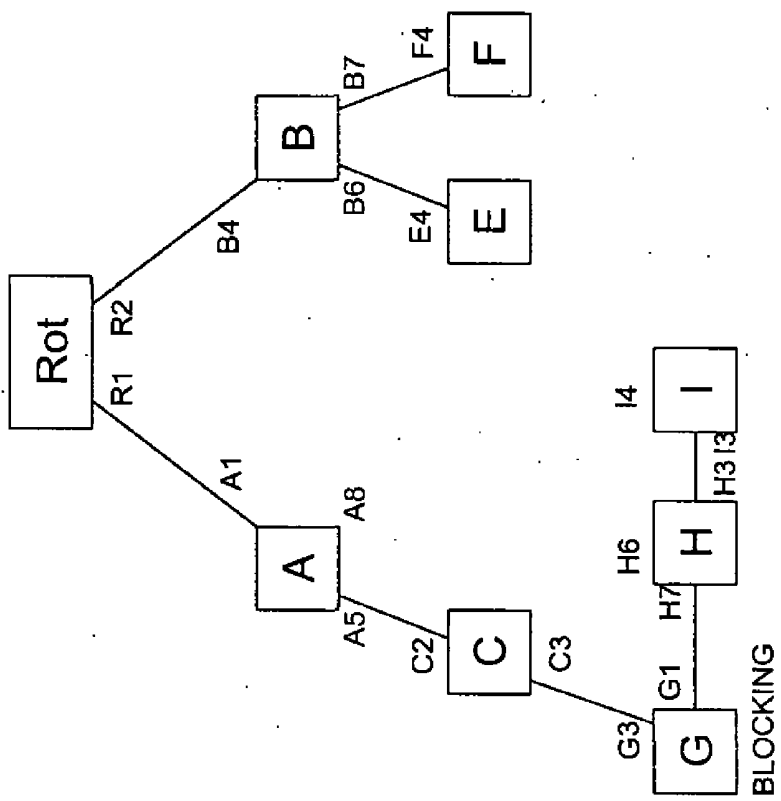
Figur 7a



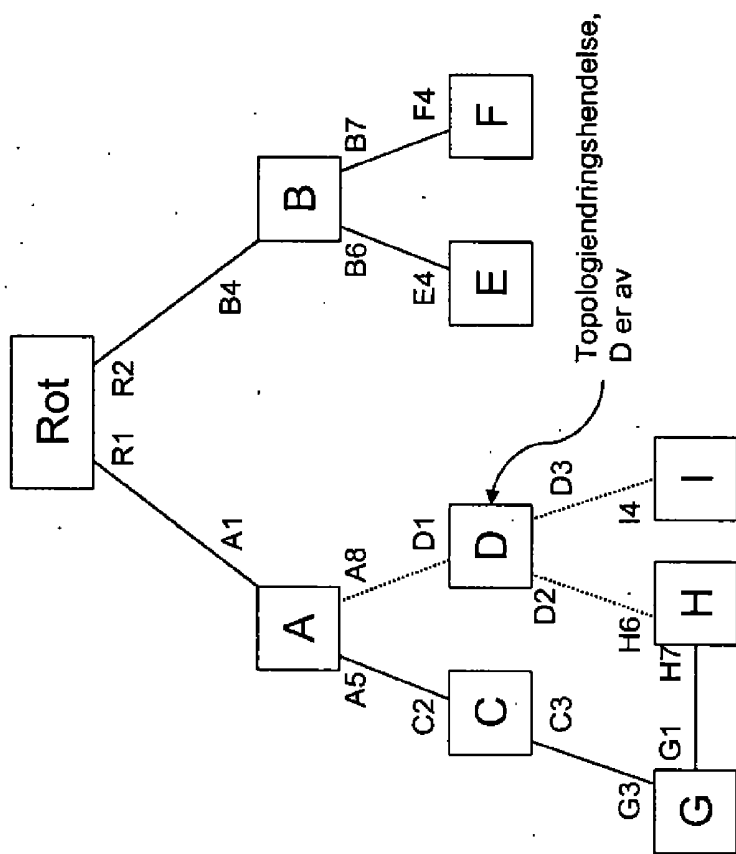
Figur 7b



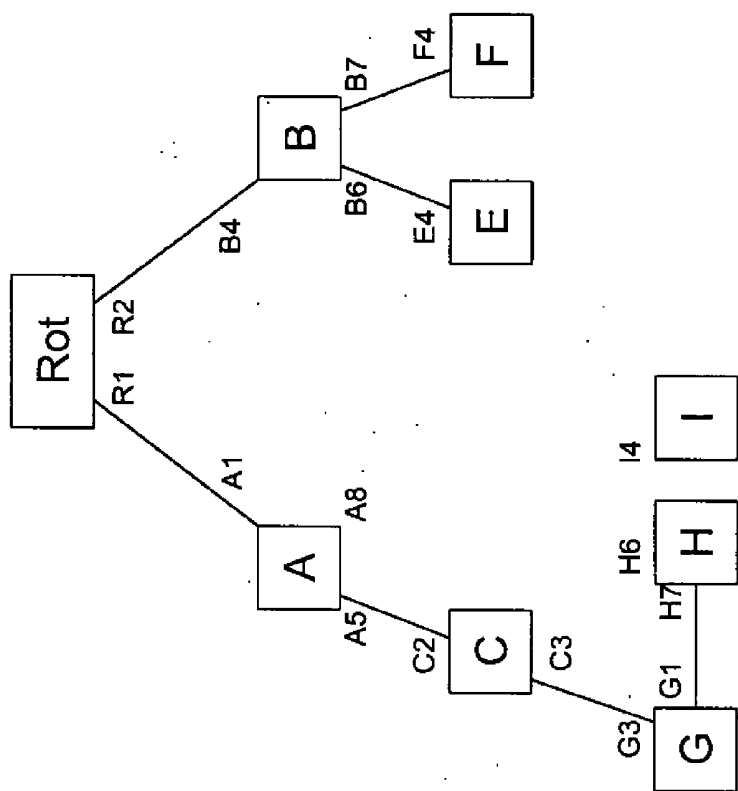
Figur 8a



Figur 8b



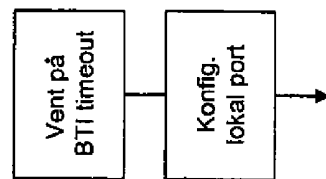
Figur 9a



Figur 9b

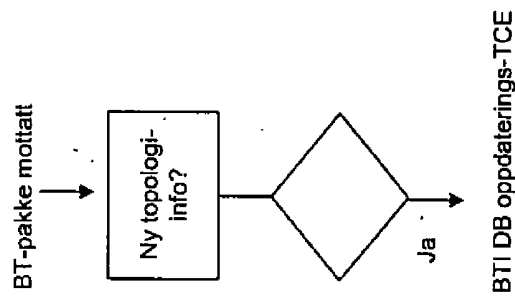
BTI-flytskjemaer

BTI-timeout-
flytskjema



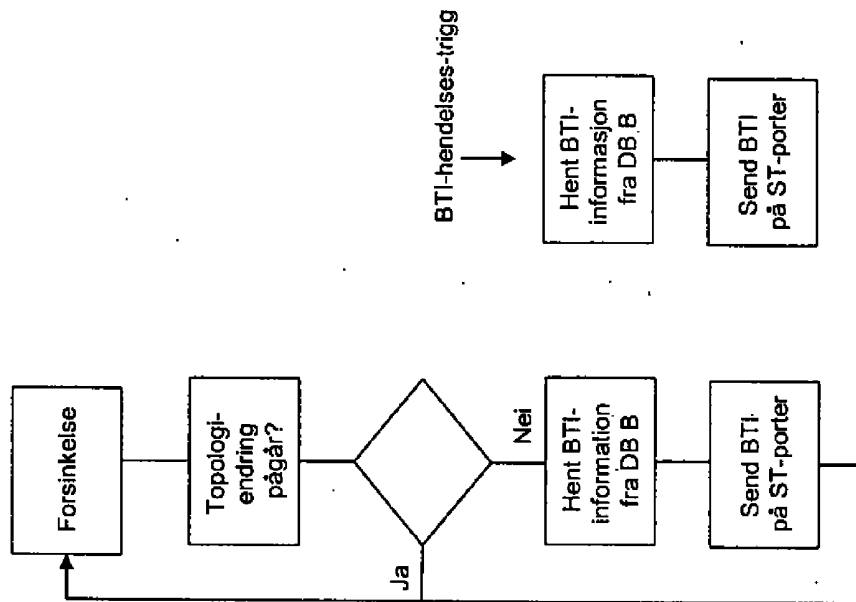
10A

BTI-pakke mottaks-
flytskjema



10B

Periodisk BTI-operasjons-
flytskjema



10C

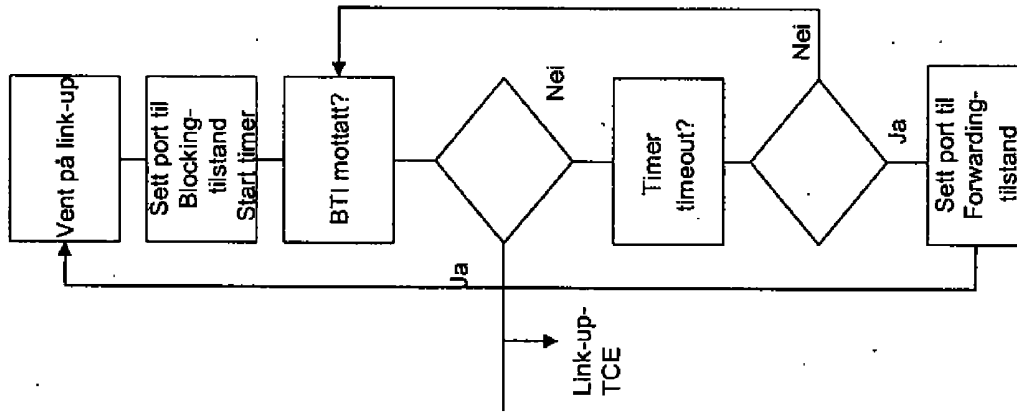
Send BTI-
flytskjema

BTI-hendelses-trigg

10D

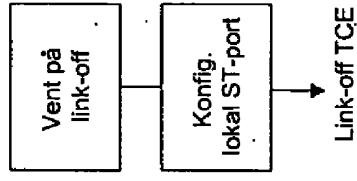
Figur 10a

Port link-up-flytskjema



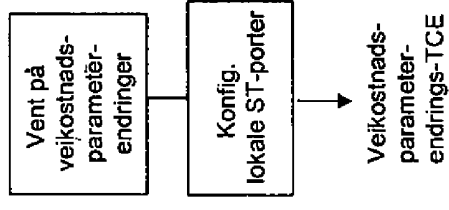
10E

ST-port link-off flytskjema



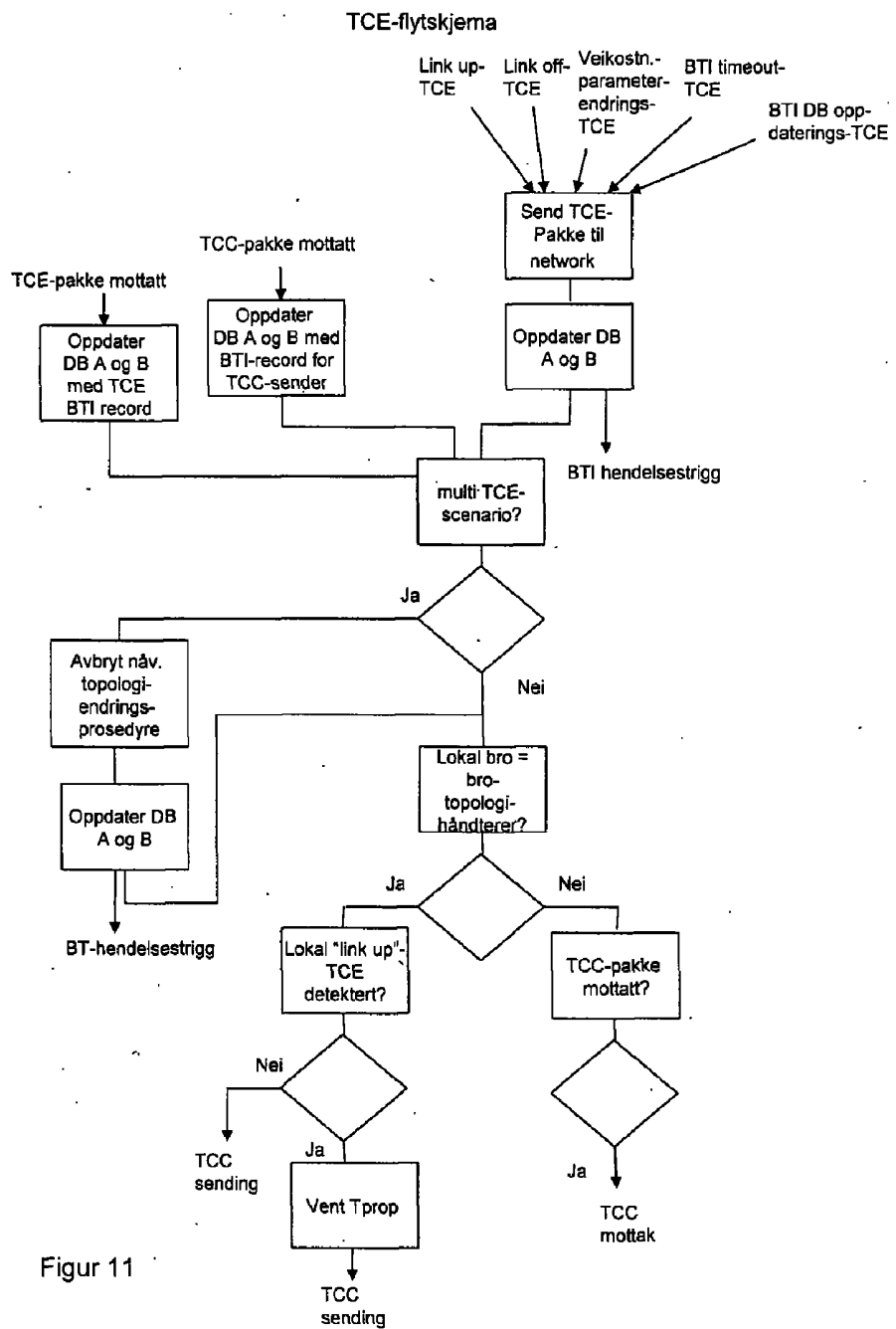
10F

Veikostnads-parameter-endrings-flytskjema

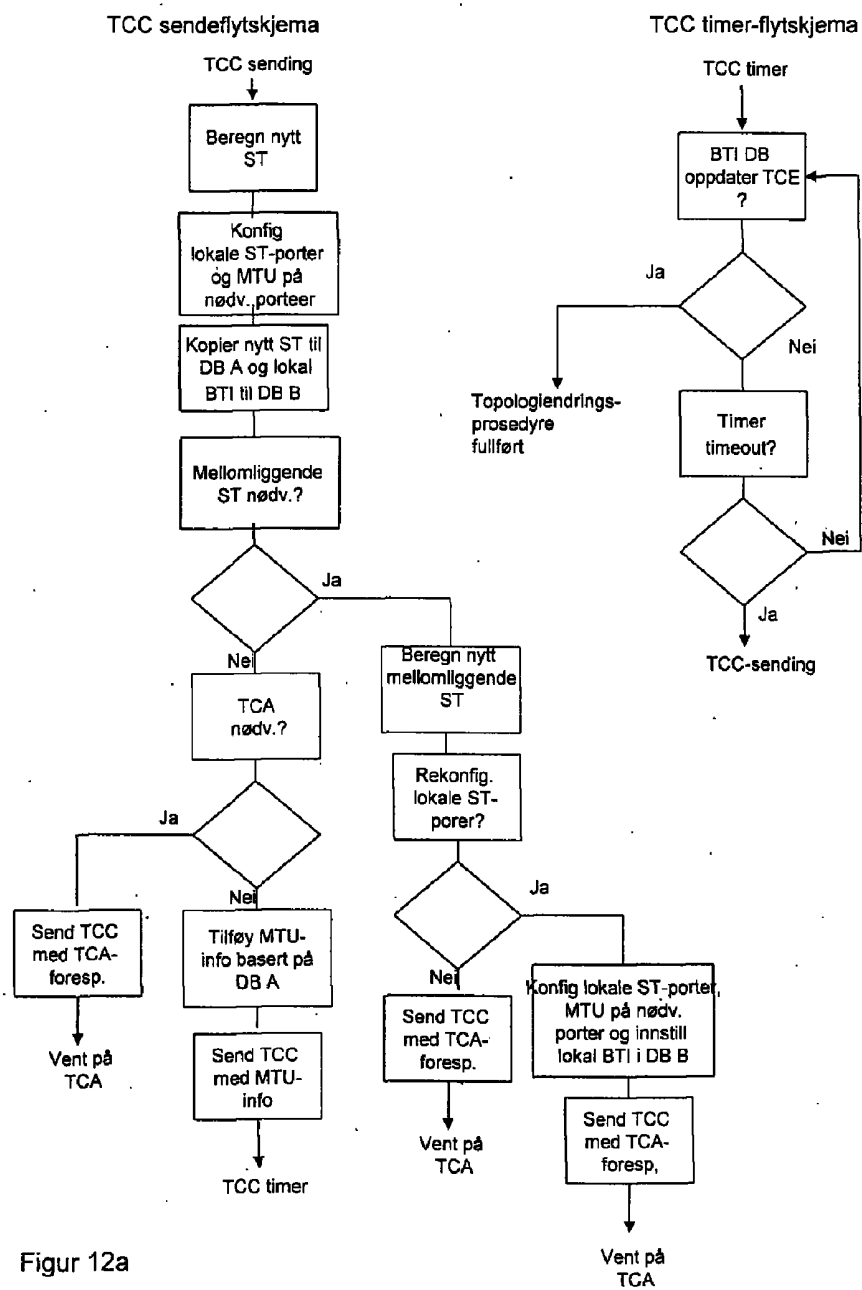


10G

Figur 10b

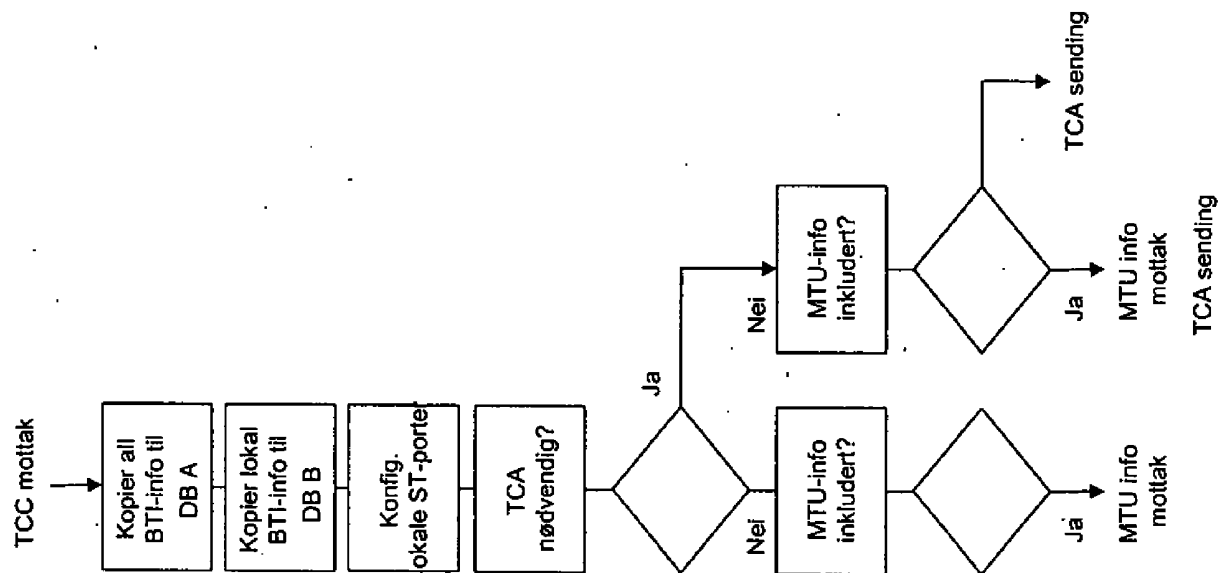


Figur 11



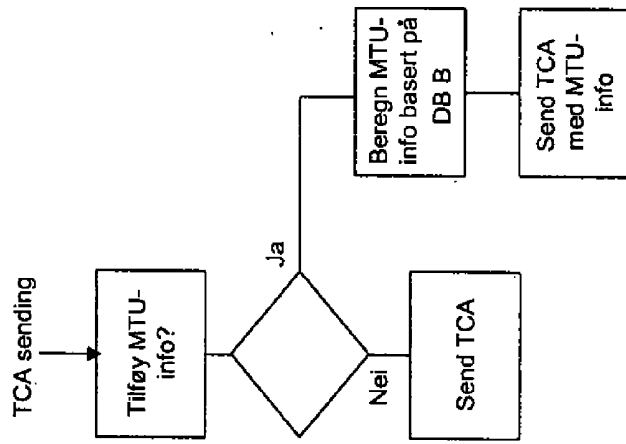
Figur 12a

TCC mottaksflytskjema



Figur 12b

TCA sendeflytskjema



TCA mottaksflytskjema

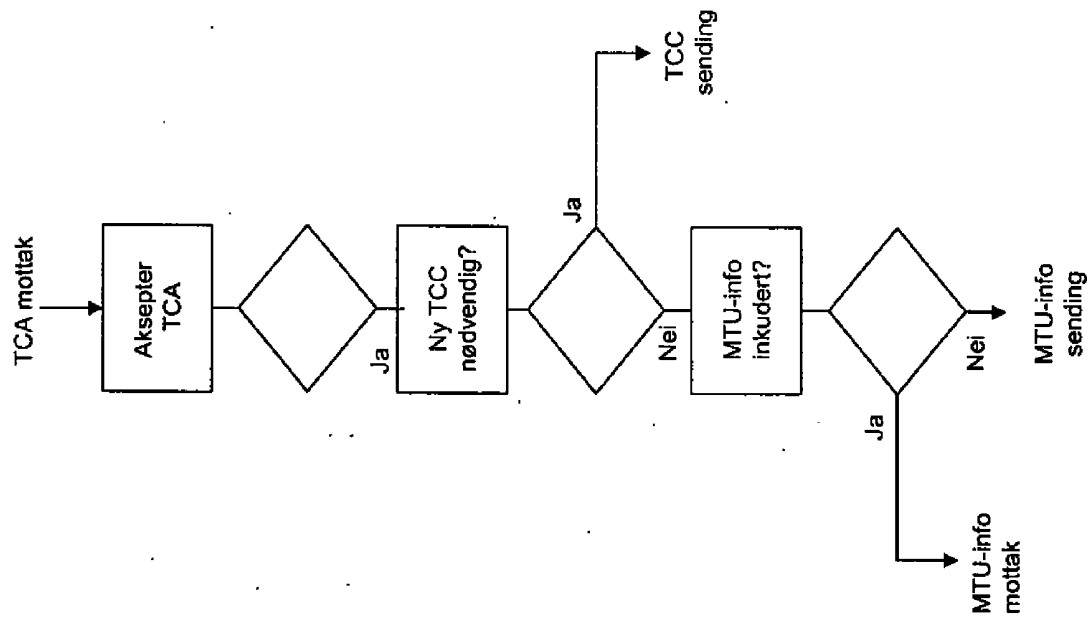
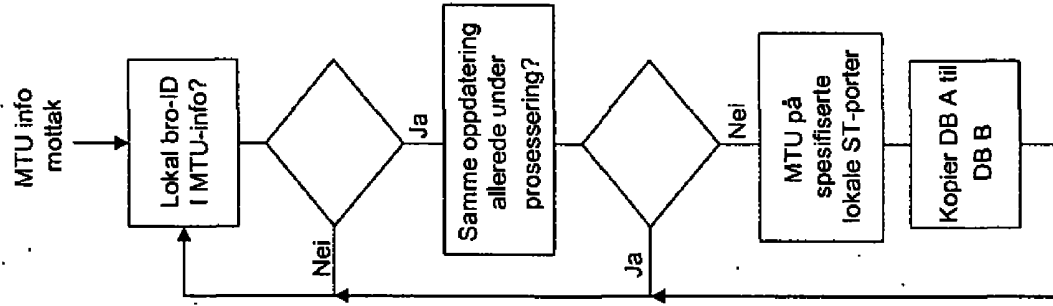
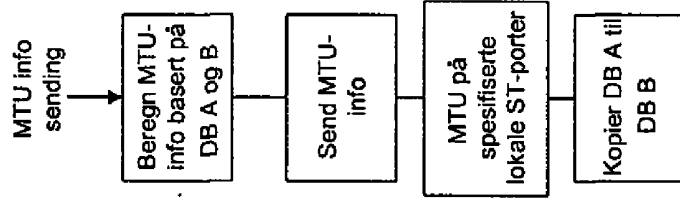


Figure 13

MTU mottakflytskjema

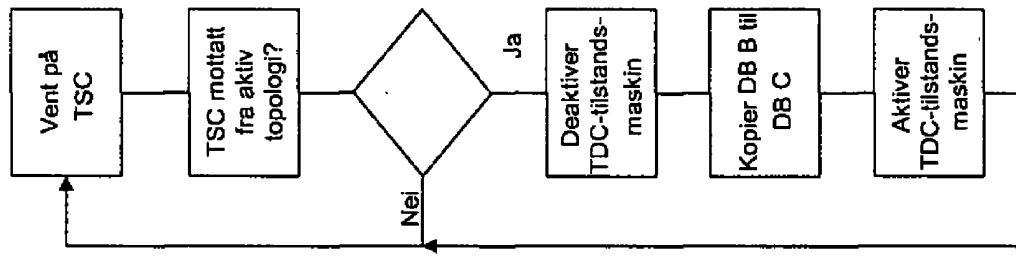


MTU sendeflytskjema

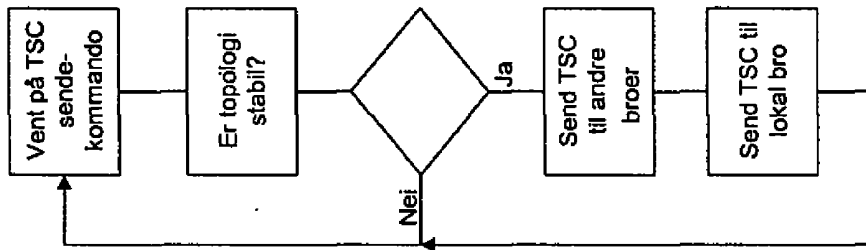


Figur 14

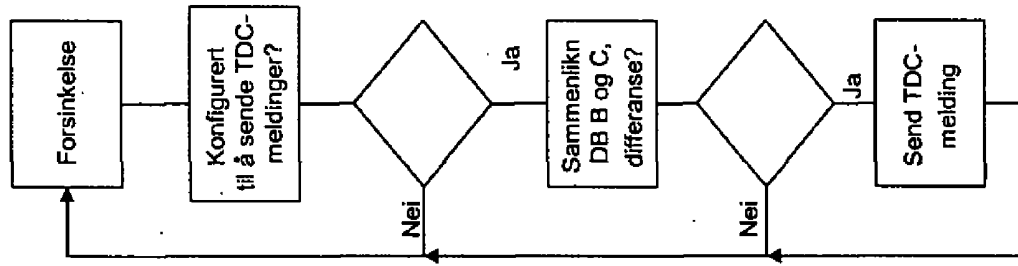
TSC mottaksflytskjema



TSC sendeflytskjema



TDC flow chart



Figur 15