(19)

SUOMI - FINLAND
(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN
FINNISH PATENT AND REGISTRATION OFFICE

(10) **FI 932177 A7**

(12) **JULKISEKSI TULLUT PATENTTIHAKEMUS**
PATENTANSÖKAN SOM BLIVIT OFFENTLIG
PATENT APPLICATION MADE AVAILABLE TO THE PUBLIC

(21) Patenttihakemus - Patentansökan - Patent application 932177

(51) Kansainvälinen patenttiluokitus - Internationell patentklassifikation - International patent classification
H04Q 11/06

(22) Tekemispäivä - Ingivningsdag - Filing date **13.05.1993**

(23) Saapumispäivä - Ankomstdag - Reception date **13.05.1993**

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig - Available to the public **15.11.1993**

(43) Julkaisupäivä - Publiceringsdag - Publication date **13.06.2019**

(32) (33) (31) Etuoikeus - Prioritet - Priority

14.05.1992 US 883594

(71) Hakija - Sökande - Applicant

1 • Alcatel N. V., Strawinskylaan 341, 1077 XX Amsterdam, ALANKOMAAT, (NL)

(72) Keksijä - Uppfinnare - Inventor

1 • Bowdon, Edward K., USA, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(74) Asiamies - Ombud - Agent

Kolster Oy Ab, Salmisaarenaukio 1, 00180 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning - Title of the invention
Menetelmä yhteyspolun valitsemiseksi ristikytkentätietoliikenneverkoissa
Förfarande för val av kommunikationsbana för korskopplingskommunikationsnät

Menetelmä yhteyspolun valitsemiseksi ristikytkentätietoliikenneverkoissa

Esillä oleva keksintö koskee yleisesti elektroniikkaa ja tarkemmin ottaen liikennejärjestelmiä. Vielä tarkemmin ottaen keksintö koskee menetelmää ja järjestelmää, jotka löytävät optimaalisen polun liikennematriisin läpi käyttämällä matriisien tai taulukoiden joukkoa, joka kuvaa liikennematriisin tilan ja joka sisältää tuloportaan taulukon kuin myös taulukot, jotka edustavat vapaita yhteyksiä tuloportaan kytkimistä väliportaan kytkimiin ja vapaita yhteyksiä väliportaan kytkimistä lähtöportaan kytkimiin.

Digitaaliset ristikytkentäliikenneverkon komponentit, sellaiset kuin 1631 SX, valmistajana Alcatel Network Systems Inc., on suunniteltu suorittamaan kytkentöjä tulokytkimissä olevien tuloporttien ja lähtökytkimissä olevien lähtöporttien välillä. Sellaisten ristikytkentäkomponenttien tunnetut konstruktiot hyödyntävät matriiseja tuloporttien kytkemisessä lähtöportteihin. Matriisien fyysisen tilan ja valmistuskustannusten rajoittamiseksi suunnittelijat pyrkivät minimoimaan matriisissa olevien ristikytkimien määrän. Tämä tavoite tulee mutkikkaammaksi liikennepalveluiden markkinakysynnän kasvaessa. Erityisesti verkkolaitteiden levitessä suuremmille markkinoille laitteiden tulee palvella yhä useampia tulo- ja lähtösignaaleja. Nämä tekijät pahentavat entisestään tila- ja kustannusrajoituksiin liittyviä ongelmia liikennematriisilaitteiden osalta.

Yksi matriisirakenne, jossa käytetään minimaalista matriisiristikytkimien määrää määrätylle tuloporttien ja lähtöporttien määrälle ja joka tarjoaa potentiaalisesti optimaalisen ratkaisun, tunnetaan "uudelleenjärjesteltävänä" matriisina. Uudelleenjärjesteltävässä matriisissa väliportaan kytkimien määrän tulee olla yhtä suuri kuin tu-

loporttien määrä kussakin matriisin tulokytkimessä tai ylittää tämä määrä. Uudelleenjärjesteltävässä matriisissa esiintyy joukko tilanteita siten, että vaikka laite ei käytä kaikkia tuloportteja ja kaikkia lähtöportteja, yritys käyttää vapaata tuloporttia ja lähtöporttia on estetty, koska olemassa olevat kytkennät sulkevat signaalivirran matriisin läpi. Tämä voi tapahtua esimerkiksi jos olemassa olevat kytkennät jo käyttävät ainakin yhden yhteyden jokaisella mahdollisella polulla kysymyksessä olevien tulo- ja lähtöporttien välillä.

Uudelleenjärjesteltävässä verkossa on aina mahdollista vapauttaa signaalipolku vapaasta tuloportista vapaaseen lähtöporttiin siirtämällä olemassa olevia kytkentöjä verkossa. Termi "uudelleenjärjesteltävä" kuvaa sen vuoksi ominaisuutta, että verkon määrätyn tilan ja minkä tahansa vapaan tulo- ja lähtöporttiparin tapauksessa matriisin olemassa olevat kytkennät voidaan uudelleensijoittaa tarvittaessa uusille poluille vapaan parin kytkemiseksi.

Olemassa olevat menetelmät ja järjestelmät tulojen kytkemiseksi lähtöihin uudelleenjärjesteltävissä matriiseissa käyttävät yleensä standardia uudelleenjärjestelymenetelmää, joka määrittää mitkä matriisin ristikytkimet tulee uudelleenjärjestää signaalin virtauksen sallimiseksi. N.C. Paull kuvaa julkaisussa "Reswitching of Connection Networks", The Bell System Technical Journal, May 1962, ss. 833 - 856, tätä tunnettua menetelmää uudelleenjärjesteltävän matriisin vapauttamiseksi. Tämä menetelmä (nimitetään tämän jälkeen Paullin menetelmäksi) kärsii suuresta rajoituksesta. Paullin menetelmä vaatii joiden ristikytkentöjen katkaisun ja joidenkin muiden ristikytkentöjen kytkemisen matriisin järjestämiseksi uudelleen. Tämä menettely vaatii aikaa ja johtaa epätoivottaviin palveluviiveisiin tai keskeytyksiin matriisin uudelleenjärjestelyn aikana.

Esillä olevan keksinnön tavoitteena on sen vuoksi esittää menetelmä ja järjestelmä, joka valitsee optimaalisen kytkentäpolun uudelleenjärjesteltävälle liikennematriisille, joka sallii vapaiden tuloporttien välittömän kytkennän vapaisiin lähtöportteihin. Esillä oleva keksintö saavuttaa tämän tavoitteen minimaalisella lisäpiirien määrällä ja välttää tunnettujen kytkentäpolun valintamenetelmien ja järjestelmien, jotka eivät kykene valitsemaan välittömästi optimaalista kytkentäkonfiguraatiota, palveluviiveet ja keskeytykset. Tarkemmin ilmaistuna keksinnön kohteena on järjestelmä ja menetelmä, jolle on tunnusomaista se, mitä sanotaan itsenäisissä patenttivaatimuksissa 1 ja 6.

Esillä olevan keksinnön tavoitteena on myös esittää menetelmä ja järjestelmä, joka löytää optimaalisen kytkentäpolun tai konfiguraation liikennematriisin, jossa käytetään viiden matriisin joukkoa, läpi, joista matriiseista ensimmäinen edustaa tulokytkimien tuloporttien varauksia väliportaan kytkimiin käyttämällä tulotaulukkoa, jossa on arvot jotka liittävät väliportaan kytkimet tuloportaan kytkimiin ja tulokytkimien tuloportteihin, joista matriiseista toinen esittää väliportaan kytkimen kytkennät käyttämällä väliportaan taulukkoa, jossa on arvot jotka liittävät väliportaan kytkimet tuloportaan kytkimiin ja lähtöportaan kytkimiin, joista matriiseista kolmas esittää lähtöportaan kytkennät lähtöportaan taulukolla, jossa on arvot jotka liittävät lähtöportaan kytkimet lähtöportteihin ja väliportaan kytkimiin, joista matriiseista neljäs esittää vapaat yhteydet tuloportaan kytkimistä väliportaan kytkimiin vapaan tuloyhteyden taulukolla, jossa on arvot jotka osoittavat yhteyksien vapaustilan, ja joista matriiseista viimeinen esittää vapaat yhteydet väliportaan kytkimistä lähtöportaan kytkimiin vapaan lähtöyhteyden taulukolla, jossa on arvot jotka ilmaisevat yhteyksien vapaustilan, ja käyttämällä näitä viittä taulukkoa menetelmä ja järjestelmä suorittavan prosessin jota kutsutaan näiden taulukoiden "pumppaamiseksi", jotta määritettäisiin optimaalinen väliportaan kytkin, jolla on vapaa yhteys ennalta

määrätyn tuloportin ja ennalta määrätyn lähtöportin välillä, ja sen jälkeen se asettaa kyseessä olevan tuloportaan taulukon arvon ja lähtöportaan taulukon arvon osoittamaan kytkentäkonfiguraatiolle optimaalisen väliportaan kytkimen.

Muut tavoitteet selviävät ja ne ymmärretään parhaiten lukemalla seuraava havainnollistavien toteutusten kuvaus yhdessä oheisten piirrosten kanssa, joissa:

kuvio 1 esittää viisiportaista kytkentäverkkoa (TSSST), johon sisältyy kolmeportainen tilamatriisi (SSS);

kuvio 2 esittää yksityiskohtaisemmin kolmeportaista kytkentäverkkoa, joka voidaan sisällyttää loogisesti kuvion 1 viisiportaiseen TSSST-verkkoon;

kuvio 3 on kolmeportainen kytkentäverkko, joka on yleistetty N(m,n,r)-tapaukseksi;

kuvio 4 esittelee merkitsemistavan edullisen toteutuksen ymmärtämiseksi;

kuvio 5 tarjoaa edullisen toteutuksen mukaisen menetelmän vuokaavion;

kuviot 6 - 14 kuvaavat esimerkkiä edullisten toteutusten mukaisesta sekvenssingenerointiosuudesta; ja

kuviot 15 - 34 kuvaavat edullisen toteutuksen yksinkertaistettua aika-alueen esimerkkiä.

Kuviossa 1 on esitetty suuri matriisikonfiguraatio, joka tarjoaa kytkennän ja testisisääntulon korkeintaan 1024 DS3-portille (tai vastaavasti 32678 DS1-portille) 1631 SX -laitetta varten. Tämä on viisiportainen aika-tila-tila-tila-aika-jakoisesti (TSSST) multipleksoitu kytkentämatriisiverkko 50. Matriisikonfiguraatio 50 sisältää aikaportaan 52, joka yhteyksien 54 kautta kytkeytyy kolmeen tilaväliportaaseen (SSS), joita on merkitty yleisesti viitenumerolla 56. Kolme tilaväliporrasta SSS 56 kytkeytyy lähtölinjan 58 kautta aikalähtöportaaseen 60. Tässä konfiguraatiossa verkko 50 sisältää aikaportaiden 52 ja 60 aika-alueen ja kolmen tilaväliportaan 56 tila-alueen. Ku-

vio 1 havainnollistaa loogisesti aikaportaiden 52 ja 60 ja tilaväliportaiden 56 välistä riippuvuutta. Tuloaikaporras 52 käyttää 128 aikaväliä tuloa 62 kohden. Aikavälejä voidaan esittää I/O-hyllyn tulojen 62 kytkennöillä matriisin 56 kuhunkin aikaväliin 66. Tilaväliporras 56 sisältää 128 aikaväliä 66, joista kukin aikaväli 66 sisältää N(17,16,16) matriisin. Aikavälimatriisin 66 numero 17 edustaa väliportaan kytkinten määrää; ensimmäinen numero 16 edustaa tulojen määrää kuhunkin tuloportaan kytkimeen ja toinen 16 edustaa tuloportaan kytkimien määrää. (Symmetrian vuoksi kustakin lähtöportaan kytkimestä on 16 lähtöä ja 16 lähtöportaan kytkintä.) Aikalähtöporras 60 käyttää 128 aikavälikytkentää, sellaista kuin kytkentä 68, kullekin I/O-hyllyyn menevälle matriisin lähdölle 70.

Kuviossa 2 tilaväliporras 56 on esitetty matemaattisesti kolmeportaisena matriisien 72 kytkentäverkkokuutiona, joille kullekin symboli N(17,16,16) kuvaa täysin kunkin matriiseista. Siten kullekin N(17,16,16)-matriisille 72 kuvion 2 esimerkissä on 16 tulokytkintä, sellaista kuin tulokytkin 74, joista kukin vastaanottaa 16 tuloporttia, sellaista kuin tuloportti 76. Tuloportit 76 muodostavat yhdessä kuvion 1 I/O-hyllyn ja aikavälin väliset kytkennät kullekin aikavälille. Kustakin tulokytkimestä 74 menee tulokytkin-välikytkin-yhteys 78 välikytkimiin, sellaisiin kuin välikytkin 80. Edullisessa toteutuksessa kukin N(17,16,16)-matriisi 72 sisältää 17 väliportaan kytkintä 80. Kustakin väliportaan kytkimestä 80 menee 16 lähtökytkinyhteyttä 82 lähtökytkimiin, sellaisiin kuin lähtökytkin 84. Kukin lähtökytkin 84 tarjoaa 16 lähtöporttia, sellaista kuin lähtöportti 86, jotka kytkeytyvät I/O-hyllyihin, sellaisiin kuin kuvion 1 I/O-hylly 70. Lähtöportit 86 muodostavat yhdessä kuvion 1 aikaväli-I/O-hylly-yhteydet kutakin aikaväliä varten.

Yhteydet muodostetaan tuloportin 76 ja lähtöportin 86 välillä välittömästi käyttämällä esillä olevaa kytken-

tämenetelmää. Tämä menetelmä muodostaa kytkennän käyttämällä tulokytkimen 74, välikytkimien 80 ja lähtökytkimien 84 välillä olevaa reittiä, jossa yritetään käyttää matriisin 72 eniten käytettyä osaa ensiksi ja matriisin 72 vähiten käytettyä osaa viimeiseksi. Käyttämällä matriisin runsaasti kuormitettua osaa silloin kun se on mahdollista määrättyä yhteyttä luotaessa, matriisin 72 uudelleenjärjestelyn ollessa välttämätöntä edullisen toteutuksen mukainen uudelleenjärjestelyprosessi kohtaa elementtejä joilla on pienin määrä olemassa olevia kytkentöjä. Tämä minimoi matriisin uudelleenjärjestelyssä tarvittavien laskutoimitusten määrän.

Edullisessa toteutuksessa käytetään nimettyä aikaväliä, kun uudelleenjärjestely on tarpeen aika-alueella. Esimerkiksi kuviota 1 tarkasteltaessa 128. aikaväli voidaan nimetä ylimääräiseksi aikaväliksi, jota käytetään matriisin 50 uudelleenjärjestelyn aikana. Samalla tavoin tila-alueella uudelleenjärjestelyssä käytetään nimettyä tai ylimääräistä välikytkintä. Esimerkiksi kuviota 2 tarkasteltaessa välikytkin 17 voi olla kyseinen nimetty tai ylimääräinen välikytkin. Esillä oleva kytkentämenetelmä käyttää automaattisesti nimettyä tai ylimääräistä elementtiä (joko nimettyä tai ylimääräistä aikaväliä aika-alueella tai nimettyä väliportaan kytkintä tila-alueella), kun esiintyy uudelleenjärjesteltävästi suljettu tilanne.

Kuvio 3 esittää, että kuvion 2 N(17,16,16)-matriisi 72 voidaan yleistää matriisiksi 88, jolle esitys N(m,n,r) kuvaa konfiguraation. Noudattamalla matriisin 16 esitystapaa N(17,16,16), yleistetty merkintä N(m,n,r) kuvaa yleistetyn matriisin 88. N(m,n,r)-esitysmuodossa m on yhtä kuin rxr väliportaan kytkimien määrä (kuin myös lähtöjen määrä kustakin nXm tuloportaasta ja tulojen määrä kuhunkin mXn lähtöportaan kytkimeen); n on yhtä kuin tulojen määrä kuhunkin nXm tuloportaan kytkimeen (kuin myös lähtöjen määrä kustakin nXm lähtöportaan kytkimestä); ja r on yhtä

kuin nXm tuloportaan kytkimien määrä (kuin myös mXn lähtöportaan kytkimien määrä). Huomaa myös, että matriisissa 88 m on ainakin yhtä suuri kuin n+1. Tämä m:n rajoitus määrätyn n:n tapauksessa takaa, että on olemassa ainakin yksi ylimääräinen väliportaan kytkin.

Tarkasteltaessa tarkemmin kuviota 3, yleistetyssä matriisissa 88 on n tuloporttia 90, jotka kytkeytyvät tulokytkimiin, sellaisiin kuin tulokytkin 92, joissa on m lähtökytkentää 94. Yleistetyssä matriisissa 88 voi olla esimerkiksi r tulokytkintä 92. Tulokytkimestä välikytkimeen olevat kytkennät 94 kytkeytyvät rXr välikytkimiin, sellaisiin kuin välikytkin 96, jossa kukin välikytkin 96 vastaanottaa r välikytkimen kytkentää 94 ja tarjoaa r lähtökytkentää 98. Kuvion 3 esimerkissä on m välikytkintä 96. Kukin välikytkimestä lähtökytkimeen oleva kytkentä 98 välikytkimestä 96 kytkeytyy lähtökytkimeen 100. Kukin lähtökytkin 100 vastaanottaa m välikytkimestä lähtökytkimeen olevaa kytkentää 98 ja sen lähtönä on n lähtöporttia, sellaista kuin lähtöportti 102.

Sekä kuvion 2 N(17,16,16)-matriisin 72 että kuvion 3 N(m,n,r)-matriisin 88 sanotaan olevan uudelleenjärjesteltäviä matriiseja, jos vastaavasti määrätyn matriisin tilan tapauksessa ja minkä tahansa annetun tuloporttien 76 tai 90 ja lähtöporttien 86 tai 102 vapaan parin tapauksessa matriisien sisällä olevat kytkennät voidaan tarvittaessa uudelleensijoittaa uusille poluille, jotta vastaavien vapaiden parien välinen kytkentä voidaan suorittaa. Matriisit ovat uudelleenjärjesteltäviä vain, ja vain silloin, kun $m \geq n$. Merkitsemisen helpottamiseksi esityksellä N(m,n,r) kuvatussa verkossa merkintä $\Delta(m,n,r)$ kuvaa kytkentöjen, jotka tulee uudelleenjärjestää vapaan tulo- ja lähtöportin parin kytkemiseksi toisiinsa, määrää. Paullin menetelmä seuraa ominaisuudesta, että $\Delta(n,n,n) \leq n-1$. Toisin sanoen N(n,n,n)-matriisin tapauksessa on tarpeen siirtää korkeintaan n-1 kytkentää vapaan tuloportin kytkemi-

seksi vapaaseen lähtöporttiin. Tämän ominaisuuden määrätty sovellutus tarkoittaa esimerkiksi, että kuvion 2 matriisin 72 tapauksessa uudelleenjärjestäminen vaatii korkeintaan n-1 = 17-1 = 16 kytkentämuutosta vapaan tuloportin kytkemiseksi vapaaseen lähtöporttiin.

Seuraavassa esityksessä kuvio 4 esittelee merkinnän, joka helpottaa edullisen toteutuksen ymmärtämistä. Kuviossa 5 esitetään vuokaavio, joka havainnollistaa välittömän kytkemisen menetelmän peruskäsitteitä ja esillä olevan keksinnön mukaista järjestelmää. Sen jälkeen kuvioissa 6 - 14 esitetään esimerkki menetelmän ja järjestelmän toiminnasta kun esiintyy kolmen väliportaan tilamatriisin 56 matriisin 72 uudelleenjärjesteltävästi estetty tila. Jotta esillä oleva keksintö voitaisiin ymmärtää vielä yksityiskohtaisemmin, menetelmän ja järjestelmän toiminta kuvataan kuvioilla 15 - 34, joissa käytetään yksinkertaistettua N(5,4,4) uudelleenjärjesteltävää matriisia, joilla on kyky suorittaa välitön kytkentä uudelleenjärjesteltävästi estetyssä tilanteessa.

Kuviossa 4 merkintätavassa, joka on hyödyllinen esillä olevan keksinnön ymmärtämisen kannalta, käytetään neliömatriisia 110 edustamaan kytkentöjä, jotka esiintyvät tila-alueen matriisissa, sellaisessa kuin kuvion 3 matriisi 88. Neliömatriisissa 110 on rivejä 112, jotka merkitsevät tulokytkimiä (sellaisia kuin kuvion 3 tulokytkin 92) ja sarakkeita 114, jotka edustavat lähtökytkimiä (sellaisia kuin kuvion 3 lähtökytkin 100). Kuvion 4 yksinkertaistettu esimerkki esittää tapauksen, jossa rivien 112 ja sarakkeiden 114 määrä on yhtä kuin 8. Huomaa, että jotta kuvio 4 vastaisi tarkalleen kuvion 2 N(17,16,16)-matriisia, siinä voitaisiin esittää matriisi jossa on 16 riviä, jotka edustavat tulokytkimiä 74, ja 16 saraketta, jotka edustavat lähtökytkimiä, sellaisia kuin lähtökytkin 84. Kussakin neliömatriisin positiossa, sellaisessa kuin matriisin positio 116, on m mahdollista symbolia jotka voivat

esiintyä. Nämä m symbolia vastaavat välikytkimiä, sellaisia kuin kuvion 3 väliportaan kytkin 96. Esimerkiksi matriisipositiossa 116 voi olla m mahdollista arvoa, yksi kullekin väliportaan kytkimelle 96, jotka näkyvät kuviossa 3.

Kuviossa 4 järjestetty pari (3,1) merkitsee matriisipositiota 116, jossa 3 on rivin merkintä, so. rivi 3 jolla on viitenumero 118, ja 1 on sarakepositio, so. sarake 1 jolla on viitenumero 120. Arvo B ($1 \leq B \leq m$) matriisipositiossa (3,1) vastaa kytkentää tulokytkimestä 3 välikytkimen B kautta lähtökytkimeen 1. Tyhjä paikka matriisipositiossa, sellainen kuin tyhjä matriisipositio (3,2) johon viitenuoli 122 osoittaa, ilmaisee ettei mitään kytkentää ole tulokytkimen 3 ja lähtökytkimen 2 välillä.

Esimerkiksi kuvion 3 tapauksessa, koska siinä voi olla vain n tuloporttia 90 kuhunkin tulokytkimeen 92 ja n lähtöporttia 102 kustakin lähtökytkimestä 100, vain n symbolia voi esiintyä millä tahansa rivillä 112 tai sarakkeella 114. Koska jokaisella tulokytkimellä 92 on vain yksi kytkentä 94 kuhunkin välikytkimeen 96, mitkään kaksi symbolia millä tahansa rivillä 112 eivät voi olla samoja. Samalla tavoin kullakin lähtökytkimellä 100 on vain yksi kytkentä 98 kustakin välikytkimestä 96. Mitkään kaksi symbolia missä tahansa sarakkeessa 114 eivät saa olla samoja. Kuvion 4 merkitsemistavalla neliömatriisin 110, joka täyttää nämä rajoitukset, sanotaan olevan "laillinen", koska siinä on vain laillisia merkintöjä.

Huomaa, että triviaali estotapaus sattuu, jos kaikki tulolinjat tulokytkimeen, sellaiseen kuin tulokytkin 1 jota rivi 1 merkitsee, on jo kytketty. Tämä vastaisi tilannetta jossa rivillä 1 on n symbolia (esim. 16 symbolia kuvion 2 tapauksessa). Samalla tavalla jos kaikki tulolinjat esimerkiksi lähtökytkimeen 3 olisi jo kytketty vastaaviin n symboliin sarakkeessa 3 (esim. 16 symboliin kuvion 2 esimerkin tapauksessa), kuvion 2 verkkomatriisi 72 ja

kuvion 3 verkkomatriisi 88 on triviaalisti estetty, ja neliömatriisi 110 edustaa tätä tosiasiaa.

Kuviossa 5 vuokaavio 140 kuvaa esillä olevan keksinnön edullisen toteutuksen vaiheet ja toiminteet. Alkaen aloitusaskeleesta 142 tässä menetelmässä on ensin kysely, kuten kyselylohko 144 osoittaa, onko olemassa porttiparia joiden välillä tulee suorittaa kytkentä. Kuvion 3 esimerkissä askeleessa kysytään, onko vapaata tuloporttia 90, jolla voidaan kytkeytyä vapaaseen lähtöporttiin 102. Jos sellainen pari on olemassa, vuo siirtyy lohkoon 146 aika-alueen kytkentöjen aloittamiseksi. Jos kytkettävää porttiparia ei ole, vuo palaa lohkoon 148, joka kuvataan alla. Aloita aika-alue -askeleessa 146 vuo siirtyy lohkoon 150, jossa menetelmä valitsee numeroltaan alhaisimman aikavälin, joka on käytettävissä kytkentään. Sen jälkeen alkavat tila-alueen operaatiot lohkossa 152, joilla operaatioilla valitaan numeroltaan alhaisin kytkentää varten vapaana oleva väliportaan tulokytkin askeleessa 154. Kun numeroltaan alhaisin väliporras on valittu kytkentää varten, kytkennät suoritetaan lohkossa 156 ja neliömatriisi 110, tai samanlainen kytkentöjä osoittava tilataulu, päivitetään lohkossa 158.

Lohkossa 160 tapahtuu kysely siitä, vaaditaanko tilan uudelleenjärjestely. Jos niin on, vuo palaa lohkoon 162, jossa askeleen tehtävänä on valita kaksi väliportaan kytkintä uudelleenjärjestelyä varten. Seuraavaksi lohkossa 164 askel etsii uudelleenjärjesteltävät kytkennät, ja kytkentöjen perusteella lohkossa 166 suoritetaan kysely siitä, mikä polku vaatii pienimmän määrän uudelleenjärjestelyjä. Jos polku X→A vaatii pienimmän määrän uudelleenjärjestelyjä, niin ohjelmavuo noudattaa polkua 168. Jos X→B vaatii pienimmän määrän uudelleenjärjestelyjä, niin ohjelmavuo noudattaa polkua 170. Riippumatta siitä, mitä polkua ohjelmavuo noudattaa, askeleessa 172 kytkennät uudelleenjärjestelään yksi kerrallaan käyttämällä "törmäyksetöntä

rullausta". Alla oleva selvitys määrittelee termin "törmäyksetön rullaus". Vuo palaa askeleeseen 174 aika-alueen operaatioiden päättämiseksi. Huomaa, että jos mitään tila-uudelleenjärjestelyä ei tarvittu, niin kyselylohkosta 160 vuo siirtyy suoraan 'päätä aika-alue'-askeleeseen lohkossa 174.

Kyselyssä 176 kysymyksenä on, vaaditaanko aika-uudelleenjärjestelyä. Jos niin on, vuo palaa askeleeseen 178, jossa menetelmän kohdassa valitaan kaksi aikaväliä uudelleenjärjestelyä varten. Sen jälkeen lohkossa 180 askeleena on löytää uudelleenjärjesteltävät kytkennät. Lohkossa 182 tapahtuu kysely siitä, mikä polku vaatii pienimmän määrän uudelleenjärjestelyjä. Jos X→A-polku vaatii pienimmän määrän uudelleenjärjestelyjä, vuo kulkee polkua 184 pitkin. Toisaalta jos X→B-polku vaatii pienimmän määrän uudelleenjärjestelyjä, vuo seuraa polkua 186. Seuraava askel, riippumatta siitä noudattaako ohjelmavuo polkua 184 tai 186, uudelleenjärjestää kytkennät yksi kerrallaan käyttämällä jälleen törmäyksetöntä rullausta aika-alueella askeleessa 188. Ohjelmavuo siirtyy sitten askeleeseen 190 aika-alueen operaatioiden päättämiseksi. Huomaa, että jos kyselylohko 176 havaitsee, ettei mitään aikauudelleenjärjestelyä vaadita, vuo etenee suoraan 'päätä aika-alue'-lohkoon 190.

'Päätä aika-alue'-lohkosta 190 vuo siirtyy kyselyyn 148, jossa menetelmä määrittää, onko olemassa porttiparia joiden välinen yhteys puretaan. Jos ei ole, vuo palaa kyselylohkoon 144 edetäkseen kuten aiemmin kuvattiin. Jos on olemassa porttipari joiden välinen yhteys puretaan, tässä kohden poistetaan lohkossa 192 pyydetyt kytkennät ja päivitetään sen jälkeen datataulukot, jotka kuvaavat matriisin kytkentöjä, askeleessa 194.

Kyselyssä 196 menetelmä määrittää, onko "pakkaa kytkennät purkamisen jälkeen" -toiminne sallittu. Jos niin on, vuo siirtyy kyselyyn 198 tutkiakseen, onko uudelleen-

järjestely käynnissä. Jos niin on, vuo kulkee silmukkaa 200 kunnes uudelleenjärjestely ei enää ole käynnissä. Vaikka kuviossa 5 esitetään purkamisen tapahtuvan minkä tahansa tarvittavan uudelleenjärjestelyn loppuun saattamisen jälkeen, esillä oleva menetelmä ja järjestelmä voi prosessoida purkamispyynnön rinnakkaisesti uudelleenjärjestelyn kanssa. Sen vuoksi jos esillä olevan keksinnön mukainen järjestelmä pyrkii suuntaamaan kytkennät ensin matriisin eniten käytettyyn osaan, kutsujen pakkaaminen purkamisen jälkeen, lohkon 198 uudelleenjärjestely käynnissä, estää yritykset pakata uudelleenjärjestelyn aikana.

Jos uudelleenjärjestely ei ole käynnissä, kyselylohkosta 198 seuraava askel on 'määritä tilassa pakattavat kytkennät' askeleessa 202. Vuokaavion 140 seuraava askel on sen jälkeen pakata kytkennät aika-alueella käyttämällä törmäyksetöntä rullausta lohkossa 204. Ja sen jälkeen lohkossa 206 on askel jossa määritetään ajassa pakattavat kytkennät, jonka jälkeen kytkennät pakataan lohkossa 206 ajassa käyttämällä automaattisesti törmäyksetöntä rullausta. Ohjelmavuo palaa sitten pisteeseen 210 jatkaakseen aiemmin kuvattuja vuokaavion 140 operaatioita.

Seuraavassa esityksessä kuvataan kuinka kuvion 5 vuokaavion 140 askeleet liittyvät kuvion 4 neliömatriisiin 110. Muistettakoon, että neliömatriisin 110, tai samankaltaisen taulukon, päivittämisen jälkeen askeleessa 158 edullisen toteutuksen mukainen menetelmä ilmaisee, esiintyykö uudelleenjärjesteltävästi estetty tila. Siten kun matriisikonfiguraatiossa käytetään nimettyä elementtiä (joko aikaväli aika-alueella tai väliportaan kytkin tila-alueella) tekemään välitön kytkentä vapaan tuloportin ja vapaan lähtöportin välillä, uudelleenjärjesteltävän estotilan esiintyminen ilmaistaan automaattisesti.

Askeleet 162 ja 178 suorittavat Paullin menetelmän, jotta löydetään polku joka vaatii vähiten uudelleenjärjestelyjä. Erityisesti estetyn solun ollessa merkitty (r_1, c_1),

kuten kuvion 4 solu 121, menetelmä testaa löytääkseen kaikki symboliparit (A,B) siten, että A on rivillä 1, mutta ei sarakkeessa 1, ja B on sarakkeessa 1, mutta ei rivillä 1. Määrätyille symbolipareille, esimerkiksi (A,B), on kaksi mahdollista uudelleenjärjestelysekvenssiä, joista toinen on lyhyempi. Tämän määrittäminen on osa askelta 16 tila-alueella ja askelta 182 aika-alueella.

Sekvenssi "X→A" merkitsee sekvenssiä, joka alkaa välittömällä kytkennällä nimetyn elementin läpi (esim. kuvion 2 väliportaan kytkin 17 tila-alueella ja kuvion 1 aikaväli 128 aika-alueella) ja päättyy estettyyn soluun, jota ollaan varaamassa elementiksi A. Sekvenssi alkaa esimerkiksi alkaen estetystä solusta (r_1,c_1) kuvion 4 kohdassa 121). Koska yhtään B:tä ei ole rivillä r_1, tapahtuu A:n haku r_1:ssä. A:n tulee olla rivillä r_1, muussa tapauksessa matriisi ei ole estetty. Sen jälkeen kun rivillä r_1 oleva A on löydetty, se ympyröidään tai merkitään.

Oletetaan silloin yleisesti, että ympyröity A on kohdassa (r_j,c_k), $1 \leq j,k \leq 8$. Silloin tapahtuu B:n haku sarakkeesta c_k. Jos sarakkeessa c_k ei ole yhtään B:tä, sekvenssi päättyy ja sen jälkeen seuraavana askeleena on löytää uudelleenjärjesteltävät kytkennät lohkossa 164 tai 180, tilanteen mukaan. Jos B esiintyy sarakkeessa c_k, seuraava askel on ympyröidä B ja jatkaa. Jos ympyröity B on positiossa (r_k,c_j), tapahtuu A:n haku rivistä r_k. Sekvenssi X→A jatkuu ympyröiden vuorotellen B:tä sarakkeista ja A:ta riveiltä, kunnes esiintyy sarake jossa ei ole yhtään ympyröitävää B:tä tai rivi jossa ei ole yhtään ympyröitävää A:ta. Huomaa, että kaikkia A-kirjaimia ja B-kirjaimia ei ympyröidä, vaan ainoastaan ne jotka kohdataan yllä mainitussa haussa.

X→B-sekvenssin generointi tapahtuu samalla tavalla seuraavasti. Aloitettaessa esimerkiksi kuvion 4 estetystä solusta (r_1,c_1), sarakkeessa 1 ei ole A:ta, joten alkaa B:n etsintä sarakkeesta c_1. Sarakkeessa c_1 täytyy olla B, muus-

sa tapauksessa matriisi ei olisi estetty. Sen jälkeen menettelynä on ympyröidä tuo B. Koska ympyröity B on positiossa (r_3,c_1), alkaa A:n etsintä riviltä r_3. Jos r_3:ssa ei ole A:ta, niin tämä sekvenssi päättyy ja ohjelmavuo jatkuu askeleeseen 164 tai 180, kuten tila- tai aika-alueen osalta on soveliasta. Muussa tapauksessa menettelynä on ympyröidä A ja jatkaa. Tässä esimerkissä ympyröity A on positiossa (r_3,c_3 ja sen jälkeen alkaa B:n haku sarakkeesta c_3. Jos sarakkeessa c_3 ei ole B:tä, niin sekvenssi päättyy. Muussa tapauksessa sekvenssin tulee ympyröidä B ja jatkaa. Tämä proseduuri jatkuu ympyröimällä vuorotellen B-kirjaimia sarakkeissa ja A-kirjaimia riveillä, kunnes löydetään joko sarake jossa ei ole ympyröitävää B:tä tai rivi jossa ei ole ympyröitävää A:ta. Huomaa, että kaikki A:t ja kaikki B:t eivät tule ympyröidyiksi, vaan ainoastaan ne jotka löydetään yllä olevassa haussa.

Annetulle symboliparille (A,B) seuraavana askeleena on valita sekvenssin (joko X→A-sekvenssi tai X→B-sekvenssi) generoima polku, joka sisältää pienimmän määrän ympyröityjä symboleja (so. A:t ja B:t). Kaikille sellaisille symbolipareille askeleen tulee valita pari (A,B), joka sisältää pienimmän määrän ympyröityjä symboleja (joko A:t tai B:t). Tämä sekvenssi määrää minimimäärän uudelleenjärjestelyjä, jotka tarvitaan polun muodostamiseen uudelleenjärjesteltävän matriisin tulosta sen lähtöön.

Kaikkien X→A- ja X→B-sekvenssien täydellisen generoinnin sijasta edullinen toteutus generoi lyhyimmän sekvenssin. Tämä suoritetaan lohkossa 164 tila-alueella ja lohkossa 180 aika-alueella käyttäen edullisen toteutuksen menetelmää, jota tämän jälkeen kutsutaan ylivuotoalgoritmiksi. Ylivuotoalgoritmi aloitetaan etsimällä X→A-sekvenssin ensimmäinen elementti. Jos X→A-sekvenssi ei ole päättynyt, etsitään X→B-sekvenssin ensimmäinen elementti. Sen jälkeen, jos X→B-sekvenssi ei ole päättynyt, etsitään X→A-sekvenssin seuraava elementti. Tämä sekvenssi jatkuu

kunnes generoidaan lyhyempi näistä kahdesta sekvenssistä. Hetkellä, jolloin lyhyempi kahdesta sekvenssistä generoidaan, haku päättyy.

Piste, jossa ylivuotoalgoritmi päättyy, määrää minimimäärän uudelleenjärjestelyjä sisältävän polun, kuten lohkossa 166 tila-alueella ja lohkossa 182 aika-alueella on osoitettu.

Tila-alueella askeleessa 172 ja aika-alueella askeleessa 188 uudelleenjärjestelyt tapahtuvat käyttämällä törmäyksetöntä rullausta. Ympyröityjen symbolien, joko A:t tai B:t, sekvenssi, jonka yllä olevat askeleet määrittivät, muutetaan sitten vapauttamaan estetty solu käyttäen soveltuvaa X→A tai X→B rullausta riippuen siitä mikä tuottaa minimimäärän uudelleenjärjestelyjä.

Seuraava taulukko 1 ja siihen liittyvä teksti kuvaavat kytkentöjen suorittamisen askeleet väliportaan kytkimien uudelleenjärjestämiseksi, kun X→A johtaa minimimäärään kytkentöjen uudelleenjärjestelyjä:

TAULUKKO 1

ASKEL	TOIMENPIDE
1	$X \rightarrow (r_1, c_1)$
2	Ⓑ→Ⓑ, X
3	Ⓑ, $X \rightarrow X$
4	Ⓐ→Ⓐ, B
5	Ⓐ, $B \rightarrow B$
6	$X \rightarrow X, A$
7	$X, A \rightarrow A$

Jos X→A-sekvenssi tuottaa minimimäärän uudelleenjärjestelyjä, silloin tarkasteltaessa kuvion 4 neliömatriisia 110 ja kuvion 5 askelta 172 tai 188 tilanteen mukaan, menetelmän tulee laittaa "X" (r_1,c_1)-positioon, mikä osoittaa että kytkentä tehtiin ylimääräisen väliportaan kytkimen kautta (taulukossa 1 askel 1 osoittaa tämän toimenpiteen). Sitten ympyröityjen B:den kohdalla rullaus lisää ensin X:t (askel 2) ja poistaa sitten ympyröidyt B:t (askel 3). Seuraavaksi ympyröityjen A-kirjaimien kohdalla rullaus lisää ensin B:t (askel 4) ja poistaa sitten ympyröidyt A:t (askel 5). Sitten matriisissa esiintyvien X:ien kohdalle lisätään ensin A:t (askel 6) ja sen jälkeen X:t poistetaan (askel 7).

Seuraava taulukko 2 ja siihen liittyvä teksti kuvaavat askeleet joilla kytkentä tehdään, jotta saataisiin aikaan väliportaan kytkimien uudelleenjärjestely, kun X→B johtaa minimimäärään kytkentöjen uudelleenjärjestelyjä:

TAULUKKO 2

ASKEL	TOIMENPIDE
1	$X \rightarrow (r_1,c_1)$
2	Ⓐ→Ⓐ, X
3	Ⓐ,X→X
4	Ⓑ→Ⓑ, A
5	Ⓑ,A→A
6	X→X, B
7	X, B→B

X→B-rullaus tapahtuu samalla tavalla kuin X→A-rullaus. Esimerkiksi ensimmäinen askel on laittaa X positioon (r_1,c_1), mikä osoittaa, että kytkentä tehtiin ylimääräisen väliportaan kautta (Taulukko 2, askel 1). Ympyröityjen A-kirjaimien osalta rullaus lisää ensin X:t (askel 2) ja poistaa sitten ympyröidyt A:t (askel 3). Seuraavaksi ympyröityjen B-kirjaimien osalta rullaus lisää A:t (askel 4) ja poistaa sitten ympyröidyt B:t (askel 5). Sen jälkeen X:ien osalta rullaus lisää B:t (askel 6) ja poistaa lopuksi X:t (askel 7).

Uudelleenjärjestely suoritetaan tarpeen mukaan käyttämällä "etupään siltaa" ja "vastaanottopään kytkintä" osumattoman rullauksen suorittamiseksi (sisältäen alkuperäisen kytkennän joka suoritettiin nimetyssä tai ylimääräisessä elementissä) matriisin numeroltaan alemmille elementeille. Termit "etupään silta" ja "vastaanottopään kytkin" määritellään ja selitetään havainnollisesti alla kuvioiden 15 - 34 esimerkkiin liittyen. Nämä askeleet jättävät ylimääräisen elementin vapaaksi ja valmiiksi seuraavaa välitöntä kytkentää varten uudelleenjärjesteltävästi estetyssä tilassa.

Vaikka uskotaan, että esillä oleva määrittely ja piirrokset kuvaavat järjestelmän täydellisesti ja tarkasti ja antavat riittävästi informaatiota siten, että kuka tahansa alan ammattimies voi soveltaa keksinnöllistä periaatetta, "julkaisematon liite A" on sijoitettu mukaan jäädäkseen painamatta. Julkaisematon liite A sisältää listauksen toimivasta lähdekoodista, jotta tietokone voisi voisi toteuttaa ja suorittaa esillä olevan menetelmän ja järjestelmän mukaisen välittömän kytkennän menetelmän.

Toiminta

Selitettyämme yleisesti edullisen toteutuksen mukaisen prosessin, seuraava havainnollistava esimerkki esittää kuinka edullinen toteutus suorittaa välittömän kytkennän uudelleenjärjesteltävästi estetyn tilan esiin-

tyessä tila-alueella. Aika-alueella menetelmä tulee selväksi tila-alueen menetelmän toteutustavan ymmärtämisen jälkeen.

Kuviot 6 - 14 kuvaavat esimerkkiä edullisen toteutuksen mukaisesta välittömän kytkennän menetelmästä. Kuvion 6 neliömatriisissa solu (1,1) on merkitty estetyksi, koska esillä oleva kytkentäalgoritmi havaitsi, että nimetty väliportaan kytkin on ainut väliportaan kytkin, jolla on sekä vapaa yhteys tulokytkimeen 1 että vapaa yhteys lähtökytkimeen 1.

Tämän tilanteen seurauksena kytkentäalgoritmi laittaa X:n kohtaan (r_1,c_1) kytkennän suorittamiseksi, kuten kuvio 6 esittää. Merkinnän "X" käyttö tässä merkitsee nimetyn tai ylimääräisen väliportaan kytkimen käyttöä uudelleenjärjesteltävästi estetyssä tilassa. Kun kytkentäalgoritmit käyttävät suuren matriisikonfiguraation nimettyä väliportaan kytkintä, uudelleenjärjesteltävä estotilanne havaitaan automaattisesti.

Koska kytkentäpari (1,1) on uudelleenjärjesteltävästi estetty, tulee olla olemassa vapaa yhteys tulokytkimen 1 ja jonkin väliportaan kytkimen, esimerkiksi A, välillä jotta kytkentä olisi mahdollinen. Lisäksi tulee olla olemassa vapaa yhteys lähtökytkimen 1 ja jonkin väliportaan kytkimen, esimerkiksi B, välillä. Pari (A,B) on yksiväliportaan kytkimien pari, jota harkitaan uudelleenjärjestelyä varten. Tässä esimerkissä pari (A,B) on ainut väliportaan kytkimien pari, joka täyttää yllä mainitun kriteerin. Koska pari (A,B) muodostaa etsittävien parien koko joukon, (A,B) on pari joka vaatii vähiten uudelleenjärjestelyjä.

Kuvio 7 esittää edullisen toteutuksen mukaisen välittömän kytkentäalgoritmin X→A-sekvenssin ja kuvio 8 esittää X→B-sekvenssin. Yhdessä kuviot 7 ja 8 esittävät edullisen toteutuksen mukaisen ylivuotoalgoritmin toiminnan. Ensimmäinen askel esimerkiksi alkaa kuviossa 7 rivil-

tä r_1 ja löytää A:n kohdasta (r_1,c_2), joka on ympyröity. Kuvio 8 esittää ylivuotoalgoritmin, joka käyttää X→B-sekvenssiä ja alkaa sarakkeesta c_1 löytääkseen ympyröidyn B:n kohdassa (r_3,c_1), toista askelta. Sen jälkeen kolmas askel suoritetaan jälleen kuviossa 7, jossa saraketta c_2 tutkitaan B:n löytämiseksi. Tämä löydetään positiosta (r_2,c_2) ja ympyröidään. Koska rivillä r_2 ei ole yhtään A:ta, tämä X→A-sekvenssi on päättynyt. Kuviossa 7 olevat kaksi symbolia osoittavat, että vaaditaan kaksi uudelleenjärjestelyä.

Vaikka esillä olevan menetelmän mukainen ylivuotoalgoritmi päättyy kolmannessa askeleessa, mikäli se jatkuisi, kuviossa 8 tutkittaisiin rivi r_3 A:n löytämiseksi, joka löydettäisiin positiosta (r_3,c_3). Tämä proseduuri jatkuisi ympyröiden vuorotellen B-kirjaimia sarakkeissa ja A-kirjaimia riveillä, kunnes löytyisi joko sarake ilman ympyröitävää B:tä tai rivi ilman ympyröitävää A:ta. Kuviossa 8 olevat neljä ympyröityä symbolia sen vuoksi osoittavat, että neljä uudelleenjärjestelyä on tarpeen esimerkin tapauksessa.

Koska X→A-sekvenssi vaatii vain kaksi uudelleenjärjestelyä ja X→B-sekvenssi vaatii neljä uudelleenjärjestelyä, edullinen toteutus valitsee X→A-sekvenssin parille (A,B). Koska (A,B) on ainoa harkittava väliportaan kytkimien pari, X→A-sekvenssi tuottaa minimimäärän uudelleenjärjestelyjä.

Seuraavana askeleena on suorittaa uudelleenjärjestely käyttämällä aiemmin mainittua "törmäyksetöntä rullausta". Koska X→A-sekvenssi tuottaa minimimäärän uudelleenjärjestelyjä, edullinen toteutus käyttää X→A-rullausta tässä esimerkissä. Törmäyksetön rullaus sisältää alkuperäisen kytkennän, joka sijaitsee nimetyssä väliportaan kytkimessä. Tämä rullaus tapahtuu suorittamalla ensin tarvittava uudelleenjärjestely käyttämällä etupään siltaa ja vastaanottopään kytkintä.

Kuviot 9 - 14 kuvaavat X→A törmäyksettömän rullauksen suorittamista. Menetelmä muuttaa aiemmin ympyröityjen symbolien A ja B sekvenssiä estetyn solun vapauttamiseksi seuraavasti:

Ympyröityjen B-kirjaimien kohdalle lisätään X:t kuten kuvio 9 esittää. Tässä esimerkissä tämä askel vastaa etupään sillan muodostamista väliportaan kytkimen läpi ylimääräisessä kytkimessä X olemassa olevan kytkennän osalta, joka on tulokytkimestä 2 väliportaan kytkimen B läpi, ja vastaanottopään kytkimen muodostamista välikytkimen X kautta olemassa olevan kytkennän osalta ja väliportaasta B lähtöportaaseen.

Seuraavana askeleena on poistaa ympyröidyt B:t kuten kuvio 10 esittää. Tässä esimerkissä, kun on olemassa kytkentä väliportaan kytkimen X läpi ja lähtökytkin 2 vastaanottaa hyvän signaalin, seuraavana askeleena on ottaa pois käytöstä kytkentä tulokytkimestä 2 väliportaan kytkimen B läpi lähtökytkimeen 2.

Sitten, kuten kuvio 11 esittää, ympyröidyille A-kirjaimille lisätään B:t. Tässä esimerkissä tämä askel vastaa etupään sillan muodostamista väliportaan kytkimen B läpi olemassa olevalle kytkennälle tulokytkimestä 1 väliportaan kytkimen A läpi, ja vastaanottopään kytkimen muodostamista väliportaan kytkimen B läpi olemassa olevalle kytkennälle väliportaan kytkimestä A lähtöportaan kytkimeen 2. Sen jälkeen, kuten kuvio 12 esittää, ympyröidyt A:t poistetaan. Tässä esimerkissä, kun on olemassa kytkentä väliportaan kytkimen B läpi ja lähtökytkin 2 vastaanottaa hyvän signaalin, seuraavana askeleena on ottaa pois käytöstä kytkentä tulokytkimestä 2 väliportaan kytkimen A kautta lähtökytkimeen 2.

Sitten seuraavana askeleena on lisätä A:t positioihin jotka sisältävät X:t, kuten kuvio 13 esittää. Tässä esimerkissä tämä vastaa etupään sillan muodostamista väliportaan kytkimen A läpi sekä kytkennälle tulokytkimestä 2

välikytkimen X läpi lähtökytkimeen 2 että välittömälle kytkennälle tulokytkimestä 1 välikytkimen X läpi lähtökytkimeen 1.

Viimeisenä askeleena on poistaa X:t, kuten kuvio 14 kuvaa. Tässä esimerkissä, kun kukin kytkentä väliportaan kytkimen A läpi on olemassa ja vastaava lähtökytkin vastaanottaa hyvän signaalin, vastaava kytkentä tulokytkimestä välikytkimen X läpi vastaavaan lähtökytkimeen voidaan ottaa pois käytöstä. Huomaa, että ylimääräinen väliportaan kytkin X jää vapaaksi, koska kaikki kytkennät puretaan ylimääräisestä väliportaan kytkimestä X kyseessä olevaan väliportaan kytkimeen.

Kuvattuamme yksityiskohtaisesti edullisen menetelmän ja järjestelmän toiminnan, seuraava esitys kuvaa edullisen toteutuksen mukaisen kytkentäpolun valintamenetelmän ja järjestelmän. Esillä olevan keksinnön tämän näkökohdan kuvaamisen yksinkertaistamiseksi esimerkki tarkastelee kytkentöjä kuvion 15 edelleen pienennetyssä N(5,4,4)-tilamatriisissa 220.

Kuvio 15 kuvaa yksinkertaistetun N(5,4,4)-tilamatriisin 220 tilaa alustuksen jälkeen. Huomaa, että viides väliportaan kytkin 224 on merkitty X:llä, jotta osoitettaisiin että se on nimetty tai ylimääräinen väliportaan kytkin. Kuten selitys 226 esittää, lyhyeksi katkotut viivat 228 osoittavat vapaan yhteyden, jatkuva viiva 230 osoittaa varatun yhteyden ja pitkäksi katkottu viiva 232 osoittaa kytkimen kytkennän. Koska yhtään tuloa ei ole kytketty yhteenkään lähtöön kuviossa 15, ei ole olemassa mitään tuloportaan, väliportaan tai lähtöportaan kytkimien kytkentöjä, ja kaikki yhteydet kytkimien välillä ovat vapaana.

Yksinkertaistettu N(5,4,4)-tilamatriisi mielessä pitäen on mahdollista kertoa yksityiskohtaisesti kuinka toteuttaa tietokoneohjelmisto, joka suorittaa kytkentäpolun valinnan ja esillä olevan keksinnön muut tavoitteet.

Huomaa kuitenkin, että tilamatriisin 220 koko ei rajoita ohjelmistotototeutuksen käytettävyyttä tai soveltuvuutta. Ohjelmistotototeutuksen ymmärtämisen helpottamiseksi seuraavassa pohdinnassa esitellään datamäärittelyt ja merkinnät, jotka ovat tarpeellisia kuvion 16 matriisien 222, 234, 236, 238 ja 240 käsittelyssä. Huomaa myöskin, että kytkentöjen ymmärtämisen helpottamiseksi kuviossa 15 käytetään samoja viitenumeroita tuloporteille 90, tuloportaan kytkimille 92 jne., jotka esiintyvät kuvion 3 yleistetyssä N(m,n,r)-matriisissa. Seuraavat datamäärittelyt ovat hyödyllisiä kuvattaessa esillä olevaa kytkentämenetelmää ja järjestelmää.

Ohjelmistotototeutuksessa tapahtuu tulo-/lähtöportin, tai linjojen, konversio. Kytkentä voidaan esimerkiksi pyytää muodossa IL-m→OL-n. Toisin sanoen tulolinja m lähtölinjaan n. Tulolinjan numero konvertoidaan tulokytkinportaan numeroksi i ja tuon tulokytkinportaan j tulonumeroksi siten, että IL-m→I(i,j). Samalla tavoin lähtölinjan numero konvertoidaan lähtökytkinportaan numeroksi k ja tuon lähtökytkinportaan 1 numeroksi siten, että OL-n→O(k,l).

Formaalimmin I(i,j) määritetään IL-m:stä ja O(k,l) määritetään OL-n:stä seuraavasti:

$$i = 1 + Quot_N(m-1)$$

$$j = 1 + Rem_N(m-1)$$

$$k = 1 + Quot_N(n-1)$$

$$l = 1 + Rem_N(n-1)$$

jossa

N on ensimmäisen (tulo-) portaan kytkimien määrä, joka on yhtä suuri kuin kolmannen (lähtö-) portaan kytkimien määrä;

$Quot_N$ on kokonaislukuosamäärä argumentista joka on jaettu N:llä; ja

Rem_N on kokonaislukujakojäännös sen jälkeen kun argumentti on jaettu N:llä.

Seuraavat lausekkeet ja datamäärittelyt voidaan ymmärtää tarkastelemalla kuvioita 15 ja 16 tietokoneen generoimien matriisien muodostamiseksi esillä olevan keksinnön tavoitteiden toteuttamiseksi.

Datamäärittely: space_in_mat(in_stage,in_num)

Kuviossa 16 tilatulomatriisi 222 kuvion 15 N(5,4,4)-esimerkkiä varten on 4x4-matriisi, joka edustaa tuloportaan kytkimien kytkentää SSS:ssä, sellaisessa kuin kytkin 92. Tilatulomatriisin 222 kukin rivi vastaa yhtä tuloportaan kytkimistä 92. Tilatulomatriisin 222 sarakkeet vastaavat tuloportteja 90 kuhunkin ensimmäisen portaan kytkimistä. Tilatulomatriisin arvot vastaavat ensimmäisen portaan kytkimien lähtöjä, sellaisia kuin lähdöt 94. Koska kunkin tuloportaan kytkimen lähtö on kytketty numeroltaan samaan väliportaan kytkimeen, tilatulomatriisin arvoja voidaan pitää väliportaan kytkimenä, johon tuo määrätty tuloportaan kytkin (rivi) ja tulo (sarake) on kytketty.

Tämän seurauksena lauseke

Lauseke: space_in_mat(i,j) = c

aiheuttaa, että tilatulomatriisi 222 ilmaisee kytkennän i:nnen ensimmäisen portaan kytkimen j:nestä tulosta väliportaan kytkimeen c.

Tilatulomatriisin 222 arvot vaihtelevat nollasta X:ään käytettäessä kuvion 15 yksinkertaistettua esimerkkiä. Nolla osoittaa ettei mitään kytkentää ole asetettu. Arvot 1 - 4 ovat normaaleja kytkentöjä. Matriisin 222 numeerinen arvo 5 vastaa tässä esimerkissä kuvion 6 arvoa "X" ja se osoittaa, että on asetettu ylimääräinen väliportaan kytkin 224 ja että uudelleenjärjestelyprosessia on kutsuttu.

Datamäärittely: space_cnt_mat[cnt_stage,in_stage]

Tilavälimatriisi 234 on 5x4-matriisi, joka edustaa välikytkimien, sellaisten kuin väliportaan kytkimet 96, kytkentäkarttaa tila-alueella. Tilavälimatriisin kukin rivi vastaa yhtä väliportaan kytkimistä 96. Tilavälimatriisin sarakkeet vastaavat tuloja kuhunkin väliportaan kytkimeen, sellaisia kuin tulot 94. Tilavälimatriisin arvot vastaavat väliportaan kytkimien lähtöjä, sellaisia kuin lähtö 98. Koska kunkin väliportaan kytkimen 96 lähtö kytkeytyy lähtöportaan kytkimeen samalla tavalla, tilavälimatriisin 234 arvoja voidaan pitää lähtöportaan kytkimenä, johon tuo määrätty väliportaan kytkin (rivi) ja tulosarake kytkeytyy.

Tämän seurauksen lauseke

Lauseke: space_cnt_mat(c,j) = k

aiheuttaa, että tilavälimatriisi 234 ilmaisee kytkennän väliportaan kytkimen "c" j:nestä tulosta k:nteen lähtöportaan kytkimeen. Tilavälimatriisin 234 arvot vaihtelevat välillä 0 - 4. Nolla ilmaisee, että mitään kytkentää ei ole asetettu. Arvot 1 - 4 ovat normaaleja kytkentöjä. Nolla X:nellä rivillä (so. 5. rivi tässä esimerkissä) ilmaisee, että on asetettu ylimääräinen väliportaan kytkin 224 ja että on kutsuttu uudelleenjärjestelyprosessia.

Datamäärittely: space_out_mat[out_stage,out_num]

Tilalähtömatriisi 236 on 4x4-matriisi, joka edustaa tilamatriisin lähtöportaan kytkentäkarttaa tila-alueella. Tilalähtömatriisin 236 kukin rivi vastaa yhtä lähtökytkimistä, sellaista kuin lähtökytkin 100. Tilalähtömatriisin 236 sarakkeet vastaavat lähtöä kustakin lähtökytkimestä, sellaisesta kuin lähtöportit 102. Tilalähtömatriisin 236 arvot vastaavat tuloa johon lähtö kytkeytyy, sellaisia kuin kytkennät 98. Koska kunkin lähtökytkimen tulo kytkey-

tyy saman numeroiseen väliportaan kytkimeen, tilalähtömatriisin 236 arvoja voidaan pitää väliportaan kytkimenä johon määrätty lähtökytkin 100 (rivi) ja lähtöportti 102 (sarake) kytkeytyy.

Tämän seurauksena lauseke

Lauseke: space_out_mat(k,1) = c

aiheuttaa, että tilalähtömatriisi 236 ilmaisee kytkennän väliportaan kytkimestä "c" k:nnen lähtöportaan kytkimen l:nteen lähtöön. Tilalähtömatriisin 236 arvot vaihtelevat välillä 0 - X. Nolla ilmaisee, että mitään kytkentää ei ole asetettu. Arvo X (so. 5 tässä esimerkissä) ilmaisee, että ylimääräinen väliportaan kytkin 224 on asetettu ja että uudelleenjärjestelyprosessia on kutsuttu.

Jatkamalla kuvioiden 15 ja 16 tarkastelua seuraava käsittely kertoo yksityiskohdat siitä, kuinka toteuttaa edullinen toteutus tuloportin ja lähtöportin välisen vapaan yhteyden esittämiseksi. Normaalin toiminnan aikana esillä oleva kytkentämenetelmä yrittää suorittaa määrätyn kytkennän numeroltaan pienimmän väliportaan kytkimen läpi. Kytkennän suorittamiseksi määrätystä tuloportaan kytkimestä, sellaisesta kuin tulokytkin 92, määrättyyn lähtöportaan kytkimeen, sellaiseen kuin lähtökytkin 100, tulee olla olemassa tietty väliportaan kytkin, sellainen kuin välikytkin 96, jolla on ominaisuutena, että siinä on vapaa tuloyhteys tulokytkimestä 92 välikytkimeen 96 ja vapaa lähtöyhteys välikytkimestä 96 lähtökytkimeen 100.

Esillä oleva menetelmä ja järjestelmä jäljittävät vapaita tuloyhteyksiä ja vapaita lähtöyhteyksiä käyttämällä kahta erilaista bittikarttataulua (yksi tuloyhteyksille ja yksi lähtöyhteyksille). Kummassakin bittitaulukartassa on erillinen rivi tilavälimatriisien kullekin riville. Menetelmä käyttää primitiivien ryhmää bittikarttojen käsittelyyn kytkentä- ja purkuoperaatioiden suorittamiseksi.

Primitiivit puolestaan kutsuvat uudelleenjärjestelyprosessia tarvittaessa.

Datamäärittely: space_in_link[in_stage,cnt_stage]

Kuvioiden 15 ja 16 esimerkin tapauksessa tilatulon vapaan yhteyden bittikartta 238 on 4x5 bitin taulu, joka edustaa vapaita tuloyhteyksiä 94 tulokytkimien 92 ja välikytkimien 96 välillä tila-alueella. Tilatulon vapaan yhteyden bittikartan 238 kukin tulo vastaa yhtä tuloportaan kytkimistä 92. Tilatulon vapaan yhteyden bittikartan 238 arvot määrätylle riville (tuloporras) ja sarakkeelle (väliporras) osoittavat tuloyhteyden 94 vapaan tilan tuloportaan ja väliportaan välillä. Arvo 1 ilmaisee, että tuloyhteys on vapaa ja käytettävissä. Arvo nolla ilmaisee, että tuloyhteys on käytössä eikä se ole asetettavissa käyttöön. Arvo nolla sarakkeessa X ilmaisee, että ylimääräinen väliportaan kytkin 234 on käytössä ja uudelleenjärjestelymenetelmä on käynnissä.

Datamäärittely: space_out_link[out_stage,cnt_stage]

Tilalähdön vapaan yhteyden bittikartta 240 on 4x5 bitin taulu, joka edustaa vapaita lähtöyhteyksiä lähdön ja välikytkimien 96 välillä tila-alueella. Tilalähdön vapaan yhteyden bittikartan 240 kukin rivi vastaa yhtä lähtöportaan kytkimistä 100. Arvot tilalähdön vapaan yhteyden bittikartassa 240 määrätylle riville (lähtökytkin) ja sarakkeelle (välikytkin) ilmaisevat lähtöyhteyden 98 vapaan tilan tuon lähtökytkimen ja välikytkimen välillä. Arvo 1 ilmaisee, että lähtöyhteys on vapaana ja käytettävissä. Arvo nolla sarakkeessa X ilmaisee, että ylimääräinen väliportaan kytkin 224 on käytössä ja uudelleenjärjestelymenetelmä on käynnissä.

Kuvattuamme kartat vapaiden yhteyksien esittämiseksi, seuraavassa kuvataan primitiivioperaatiot, jotka on hyödyllisiä tilassa olevan vapaan yhteyden bittikarttojen 238 ja 240 manipuloimiseksi kytkentä- ja purkuoperaatioita varten.

Primitiivi: init_links()

Vapaan yhteyden bittikartat alustava primitiivi (käytetään vain käynnistysoperaatioissa) luo sekä tilatulon vapaan yhteyden bittikartan 238 että tilalähdön vapaan yhteyden bittikartan 240 edullista toteutusta varten. Kaikki arvot vapaan yhteyden bittikartoissa alustetaan arvoon 1, mikä ilmaisee, että kaikki yhteydet ovat vapaana.

Primitiivi: set_link(i/o, j, k)

Tämä primitiivi asettaa "i/o"-parametrin määrittelemän bittikartan j:nnen rivin k:nnen bitin arvoon 1. Jos bittikartta sisältää n elementtiä ja j:n arvo ylittää n:n arvon, tietokone palauttaa virhelipun. Muussa tapauksessa k:s elementti asetetaan arvoon 1.

Primitiivi: clear_link(i/o, j, k)

Tämä primitiivi tyhjentää (nollaa) i/o-parametrin määrittelemän bittikartan j:nnen rivin k:nnen bitin arvoon 0. Jos bittikartta sisältää n elementtiä ja j:n arvo ylittää n:n arvon, tietokone palauttaa virhelipun. Muussa tapauksessa k:s elementti asetetaan arvoon 0.

Primitiivi: pump_link(space_in_link[i],space_out_link[k])

Edullinen menetelmä ja järjestelmä tekee kytkennän tulokytkinportaan i ja lähtökytkinportaan k välille käyttämällä numeroltaan pienintä saatavilla olevaa väliportaan kytkintä. Tämä toteutetaan prosessilla, jota tämän jälkeen kutsutaan space_n_link[i]:n ja space_out_link[k]:n "pumppaukseksi". Tämä tarkoitaa, että space_in_link[i]:lle suoritetaan looginen "AND" space_out_link[k]:n kanssa c:n, numeroltaan pienimmän väliportaan kytkimen, jolla on sekä vapaa yhteys tuloportaaseen ja vapaa yhteys lähtöportaaseen k, määrittämiseksi. Loogisen AND:in tuloksessa olevan ensimmäisen nollasta poikkeavan arvon indeksi on c, numeroltaan pienin väliportaan kytkin, jolla on sekä vapaa yhteys tuloportaaseen i että vapaa yhteys lähtöportaaseen k. Mainitut kaksi yhteyttä c:en merkitään sitten "varatuiksi" space_in_link[i]:ssä ja space_out_link[k]:ssa ja palautetaan väliportaan numero c. Taulukko 3 kuvaa tämän primitiivimakron toteutuksen.

TAULUKKO 3

PUMPPULISTAMAKRON VUOKAAVIO

```
pump_link(space_in_link[1], space_out_link[k]
int c, i, k, x[xtra_stage];
{
int j;
x = space_in_link[i] && space_out_link[k];
for (j = 1; j < = xtra_stage; j++0
{
if (X(j) ==1)
{
c = j;
break;
}
}
clear_link(space_in_line, i,c);
clear_link(space_out_link, k, c);
if (c == xtra_stage)
{
rearrange = 1;
]
return(c);
{
```

Kuvio 16 kuvaa toteutusdatamatriisit alustamisen jälkeen. Vastaavat arvot esimerkiksi kytkentäpolun valintamatriiseissa space_in_mat 222, space_cnt_mat 234 ja space_out_mat 236 on kuvattu kuviossa 16. Koska mitään kytkinyhteyksiä ei ole, kaikki arvot ovat nollia. Bittikarttojen space_in_link 238 ja space_out_link 240 sisällöt ovat kuten alustuksessa on esitetty. Huomaa, että kussakin tuloportaan kytkimessä ja kussakin lähtöportaan kytkimessä

on elementti 1 jokaista vapaata väliportaan kytkintä kohden. Tässä esimerkissä alustuksen jälkeen kaikki viisi väliportaan kytkintä on merkitty "vapaiksi".

Kuvio 17 esittää toteutusdatan ensimmäisen kytkennän jälkeen. Oletettakoon, että ensimmäinen pyydetty kytkentä on kytkeä tulolinja 1 lähtölinjaan 1, tai yksinkertaisemmin IL-1→OL-1. Ensimmäisenä askeleena on muuntaa tulolinjan numero tulokytkinportaan numeroksi ja tulonumeroksi tuota tulokytkinporrasta varten. Tässä tapauksessa IL-1→I(1,1). Samalla tavoin lähtölinjan numero muunnetaan lähtökytkinportaan numeroksi ja lähtönumeroksi tuota lähtökytkinporrasta varten. Tässä tapauksessa OL-1→O(1,1). Siten aiomme tehdä kytkennän tuloportaan 1 ja lähtöportaan 1 välille.

Esillä oleva menetelmä ja järjestelmä pyrkivät tekemään kytkennän tuloportaan 1 ja lähtöportaan 1 välillä käyttäen numeroltaan alhaisinta käytettävissä olevaa väliportaan kytkintä, joka tässä tapauksessa on väliporras 1. Tämä suoritetaan käyttämällä taulukon 3 pump_list-makroa space_in_link[1]:n vertaamiseksi space_out_link[1]:n kanssa kuviossa 16 ja asettamalla molempien bittikarttojen kanssa yhteisen alhaisimman väliportaan numeron vapaat kytkennät arvoon "0". Sitten space_in_mat(i,j) ja space_out_mat(k,1) asetetaan samaksi kuin tuo väliportaan numero, ja space_cnt_mat(c,j) asetetaan samaksi kuin k. Vastaavat tilamatriisin data-arvot on esitetty kuviossa 17 ja siitä seuraava tilamatriisin 220 tila on esitetty kuviossa 18.

Seuraavat lausekkeet suorittavat tämän prosessin:

TAULUKKO 4

KYTKENTÄLAUSEKKEET

```
x = pump_list(space_in_link[i], space_out_link[k]);
    space_in_mat(i,j) = c;
    space_cnt_mat(c,i) = k;
    space_out_mat(k,l) = c;
```

jossa tässä tapauksessa i=j=k=l=m=c-1.

Oletetaan, että kytkentöjä summaava proseduuri jatkuu kunnes n^2-2 kytkentää on tehty (oletettavasti ilman uudelleenjärjestelyä) lopputuloksen olevan tilamatriisin ollessa esitetty kuviossa 19 ja kytkentätien valintamatriisin datan ollessa esitetty kuviossa 20.

Sitten vastaanotetaan pyyntö kytkeä IL-13 OL-7:ään. Pyyntö kytkeä IL-13 OL-7:ään konvertoituu pyynnöksi kytkeä I(4,1)→O(2,3). Esillä oleva menetelmä ja järjestelmä pyrkivät suorittamaan kytkennän tuloportaan 4 ja lähtöportaan 2 välillä käyttämällä numeroltaan alhaisinta käytettävissä olevaa väliportaan kytkintä, joka tässä tapauksessa on väliportaan kytkin numero 4, kuten kuviossa 20 on kuvattu. Taulukon 1 pump_list-makro vertaa space_in_link[4]:ää space_out_link[2]:een, määrittää molemmille bittikartoille yhteisen alhaisimman väliportaan numeron ja asettaa tilatiedon vapaa tiedoksi "varattu" molemmissa bittikartoissa. Sitten space_in_mat(i,j) ja space_out_mat(k,l) asetetaan samaksi kuin tuo väliportaan numero ja space_cnt_mat(c,j) asetetaan yhtä suureksi kuin k.

Vastaavat tilamatriisin data-arvot on esitetty kuviossa 21 ja siitä seuraava tilamatriisin tila on esitetty kuviossa 22. Tämä prosessi suoritetaan käyttämällä seuraavia lausekkeita kytkentärutiinista sellaisina kuin aiemminkin:

TAULUKKO 5

KYTKENTÄLAUSEKKEET

```
x = pump_list(space_in_link[i], space_out_link[k]);
    space_in_mat(i,j) = c;
    space_cnt_mat(c,i) = k;
    space_out_mat(k,l) = c;
```

jossa tässä tapauksessa i=4 j=1 k=2 l=3 m=13 n = 7 ja c=4.

Oletetaan, että seuraava pyyntö on purkaa IL-13 OL-7:stä (mikä poistaa kytkennän joka juuri tehtiin). Pyyntö purkaa IL-13 OL-7:stä konvertoituu pyynnöksi purkaa I(4,1)→O(2,3). Put_back-makro suorittaa purkamisen katkaisemalla yhteyden tuloportaan 4 ja lähtöportaan 2 välillä ja laittamalla vapautetun väliportaan kytkimen, numeroltaan 4, takaisin tulo-/lähtöpinoihin myöhempää käyttöä varten. Tarkemmin ottaen put_back-makro määrittää vapautetun väliportaan kytkimen numeron ja laittaa sen takaisin oikeisiin kohtiin molemmissa järjestetysti ketjutetuista listoista space_in_link[4] ja space_out_link[2]. Sitten space_in_mat(i,j) ja space_cnt_mat(c,j) ja space_out_mat(k,l) asetetaan yhtä suuriksi kuin 0.

Vastaavat tilamatriisin data-arvot on esitetty kuviossa 23 ja siitä aiheutuva tilamatriisin tila on sama kuin kuviossa 18 on aiemmin esitetty. Purkaminen suoritetaan käyttämällä seuraavia lausekkeita put_back-makrosta:

TAULUKKO 6

PURKULAUSEKKEET

```
c = space_in_mat (i,j);
    set_link(space_in_link, i, c);
    set_link(space_out_link, k, c);
    space_in_mat(i,j) = 0;
    space_cnt_mat(c,i) = 0;
    space_out_mat(k,l) = 0;
```

jossa tässä tapauksessa i=4 j=1 k=2 l=3 m=13, n=7, ja c=4.

Seuraavaksi oletetaan, että vastaanotamme pyynnön kytkeä IL-13 OL-12:een. Pyyntö kytkeä IL-13 OL-12:een konvertoituu pyynnöksi kytkeä I(4,1)→O(3,4). Esillä oleva menetelmä ja järjestelmä pyrkii suorittamaan kytkennän tuloportaan 4 ja lähtöportaan 3 välillä käyttämällä numeroltaan alhaisinta käytettävissä olevaa väliportaan kytkintä. Tässä tapauksessa X:s, tai ylimääräinen väliportaan kytkin 224, on numeroltaan alhaisin käytettävissä oleva väliportaan kytkin, kuten kuviossa 25 on kuvattu.

Kuten aiemminkin, pump_list-makro suorittaa tämän vertaamalla space_in_stack[4]:ää space_out_stack[3]:een kuviossa 23 määrittämällä alhaisimman väliportaan numeron, joka on yhteinen molemmille bittikartoille (joka tässä tapauksessa on väliportaan kytkin "X") ja asettamalla tilatiedon vapaa tilatiedoksi "varattu" molemmissa bittikartoissa. Sitten space_n_mat(i,j) ja space_out_mat(k,l) asetetaan samaksi kuin tuo väliportaan numero ja space_cnt_mat(c,j) asetetaan yhtä suureksi kuin k. Arvo 5 ilmaisee, että X:s väliportaan kytkin on asetettu ja uudelleenjärjestelyprosessia kutsutaan automaattisesti. Vastaavat tilamatriisin data-arvot uudelleenjärjestelyn

aikana on esitetty kuviossa 24 ja siitä aiheutuva tilamatriisin tila järjestelyn aikana on esitetty kuviossa 25.

Seuraavat välittömän kytkennän lausekkeet suorittavat tämän:

TAULUKKO 7

VÄLITTÖMÄN KYTKENNÄN LAUSEKKEET

```
     x =
pump_list(space_in_stack[i],space_out_stack[k]);
     space_in_mat(i,j) = c;
          space_cnt_mat(c,i) = k;
          space_out_mat(k,l) = c;
```

jossa tässä tapauksessa i=4 j=1 k=3 l=4 m=13, n=12, ja c=5.

Tuloksena uudelleenjärjestelyalgoritmista kytkentä I(4,3)→O(2,1), joka näkyy kuviossa 26, "rullataan" väliportaan kytkimestä numero 2 väliportaan kytkimeen numero 4. Tämä käärintä suoritetaan ilman törmäyksiä luomalla etupään silta tuloportaan kytkimeen 4 ja vastaanottopään kytkin lähtöportaan kytkimeen 2, kuten kuviossa 27 on esitetty. Kun oikea polku otetaan vastaan lähtöportaan kytkimeen 2 väliportaan kytkimestä 4, alkuperäinen kytkentä väliportaan kytkimen 2 kautta irroitetaan, kuten kuviossa 28 on esitetty, ja tilamatriisin data päivitetään, kuten kuviossa 29 on esitetty.

Aiempi rullaus sallii nyt välittömän kytkennän I(4,1)→O(3,4), kuten kuvio 31 esittää, joka on väliportaan kytkimessä X 224, rullaamisen väliportaan kytkimeen 2.

Tämä rullaus suoritetaan ilman törmäyksiä luomalla etupään silta tuloportaan kytkimeen 4 ja vastaanottopään kytkin lähtöportaan kytkimeen 3, kuten kuviossa 31 on esitetty. Kun oikea polku otetaan vastaan lähtöportaan kyt-

kimeen 3 väliportaan kytkimestä 2, alkuperäinen kytkentä väliportaan X 224:n kautta irroitetaan.

Välittömän kytkennän I(4,1)→O(3,4) rullaus pois ylimääräisestä väliportaan kytkimestä päättää tämän kytkennän uudelleenjärjestelyprosessin. Huomaa, että tämä prosessi jättää ylimääräisen väliportaan kytkimen vapaaksi ja välmiiksi seuraava kytkentää varten, kun tapahtuu uudelleenjärjesteltävä estotilanne. Kuvio 32 esittää lopputuloksen aoleva tilamatriisin tilan uudelleenjärjestelyn jälkeen. Kuviossa 33 esitetään vastaavat tilamatriisin data-arvot uudelleenjärjestelyn jälkeen.

Kuviossa 24 edullisen toteutuksen uudelleenjärjestelynäkökohtia sovelletaan yllä olevaa esimerkkiin. Kun kerran edullinen toteutus käyttää nimettyä väliportaan kytkintä 224 välittömän kytkennän suorittamiseen, edullisen toteutuksen mukainen järjestelmä kutsuu uudelleenjärjestelyprosessia automaattisesti. Ensiksi järjestelmä määrittää kaksi väliportaan kytkintä, jotka tulevat osallistumaan uudelleenjärjestelyprosessiin. Tämä suoritetaan käyttämällä Paullin menetelmää, joka esitetään uudelleen seuraavasti:

Jos (r_1,c_1) on estetty, testaa kaikki symboliparit (A,B) siten, että A on rivillä r_1, mutta ei sarakkeessa c_1, ja B on c_1:ssä, mutta ei r_1:ssä, jotta selvitettäisiin mikä pari vaatii vähiten muutoksia. Menetelmä suorittaa sitten muutosalgoritmin tuolle parille.

Palattaessa kuvion 25 tilamatriisiesimerkkiin on edullista ensin muuntaa space_cnt_mat-matriisin data kuviossa 24 kuvion 4 muotoon. Kuviossa 34 esitetään tämän muunnoksen tulokset.

Nimetyn väliportaan kytkimen käyttö ilmaistaa X:llä kuvion 34 kohdassa (r_4,c_3). Seuraavana askeleena on löytää kaikki symboliparit (A,B) siten, että A on rivillä r_4, mutta ei sarakkeessa c_3, ja B on sarakkeessa c_3, mutta ei rivillä r_4. Tässä esimerkissä rivillä r_4 on merkintä 2, mutta

sarakkeessa c_3 ei ole merkintää 2, joten A:lle asetetaan arvo 2. Samalla tavoin sarakkeessa c_3 on merkintä 4, mutta rivillä r_4 ei ole merkintää 4, joten B:lle asetetaan arvo 4. Koska A:lle on vain yksi arvo ja B:lle on vain yksi arvo, (A,B)-pari, joka vaatii vähiten muutoksia, on ilmeisesti pari (2,4).

Määrätylle symboliparille (A,B) on olemassa kaksi mahdollista uudelleenjärjestelysekvenssiä. Toinen näistä on yleensä lyhyempi. Seuraavat askeleet generoivat X→A- ja X→B-sekvenssit tätä esimerkkiä varten.

X→A-sekvenssi alkaa välittömällä kytkennällä ylimääräisen elementin kautta ja päättyy estetyn solun ollessa asetettu elementiin A, tai 2, tässä tapauksessa. Aloittamalla estetystä solusta (r_3,c_4), rivillä r_3 ei ole merkintää 4, joten tämä askel vaatii ympyrän rivillä r_3 olevan merkinnän 2 ympärille. Nyt ympyröity 2 on kohdassa (r_4,c_2). Sen jälkeen on tarpeen etsiä merkintä 4 sarakkeesta c_2. Koska sellaista ei ole, tämä sekvenssi päättyy. (Huomaa, että kaikki 2:t eivät tule ympyröidyiksi.)

X→B-sekvenssi alkaa välittömällä kytkennällä nimetyn elementin 224 läpi ja päättyy estetyn solun ollessa asetettu elementiin B, tai 4, tässä tapauksessa. Aloitettaessa estetystä solusta (r_3,c_4), c_4:ssä ei ole merkintää 2, joten ympyrä menee c_4:ssä olevan merkinnän 2 ympärille. Nyt ympyröity 4 on kohdassa (r_3,c_3). Sen jälkeen tapahtuu merkinnän 2 etsiminen r_3:sta. Koska sellaista ei ole, sekvenssin generointiprosessi on päättynyt. (Huomaa, että kaikki 4:t eivät tule ympyröidyiksi.)

Ylivuotoalgoritmi alkaa löytämällä X→A-sekvenssin ensimmäisen elementin. Jos X→A-sekvenssi ei ole päättynyt, löydetään X→B-sekvenssin ensimmäien elementti. Sen jälkeen, jos X→B-sekvenssi ei ole päättynyt, löydetään seuraava X→A-sekvenssin elementti. Tämä prosessi jatkuu kunnes lyhyempi näistä kahdesta sekvenssistä päättyy. (Näin kuviossa 34 esitettyä X→B-sekvenssiä ei todellisuudessa

generoida. Se on esitetty tässä esimerkkinä vaihtoehtoisesta polusta.)

Yhteenvetona todetaan, että on esitetty menetelmä ja järjestelmä, joilla löydetään optimaalinen polku tai kytkentäkonfiguraatio liikennematriisin läpi, joissa tuloportaan taulukko edustaa tuloporttien varauksia tulokytkimestä väliportaaseen ja jolla on arvot jotka liittävät tuloportilla varustetun tuloportaan kytkimen ja väliportaan kytkimen, väliportaan taulukko edustaa väliportaan kytkimen kytkentöjä lähtöportaan ja tuloportaan välillä, ja lähtöportaan taulukko edustaa lähtöportaan kytkentöjä ja sillä on arvot, jotka liittävät lähtöportilla varustetun lähtöportaan kytkimen ja väliportaan kytkimen, ja edelleen jossa tyhjä tulotaulukko edustaa vapaita tuloportteja ja tyhjä lähtötaulukko edustaa vapaita lähtöportteja, ja jossa optimaalinen kytkentäpolku tai konfiguraatio määrätään pumppaamalla tuloportaan taulukko ja lähtöportaan taulukko optimaalisen väliportaan kytkimen, jolla on vapaat kytkennät ennalta määrätyn tuloportin ja ennalta määrätyn lähtöportin välillä, määrittämiseksi. Yksi keksinnön tärkeä näkökohta on sen käyttö tunnistettaessa uudelleenjärjesteltävästi estetyn tilanteen esiintyminen uudelleenjärjesteltävässä liikennematriisissa.

Seurauksena yllä olevasta on, että vaikka keksintö on kuvattu yllä olevia toteutuksia tarkastelemalla, toteutuksen kuvausta ei ole tarkoitettu tulkittavaksi rajoittavassa mielessä. Alan ammattimiehelle ovat ilmeisiä kuvatun toteutuksen erilaiset muunnelmat, kuin myös sen vaihtoehtoiset toteutukset, yllä olevan kuvauksen lukemisen jälkeen. Sen vuoksi on ajateltu, että oheiset patenttivaatimukset kattavat sellaiset muunnelmat jotka kuuluvat keksinnön todelliseen vaikutuspiiriin.

```
/*****************************  *****************************  ****************/
/*****************************  *****************************  ****************/
/*                                                                            */
/*                Bowdonin välittömän kytkennän algoritmi (BICA)              */
/*                                                                            */
/****************************************************************************/
/****************************************************************************/

/*     Aloitusta varten siirry listauksen lopussa olevaan pääohjelmaan.       */

#include <stdio.h>
#include <math.h>
#include <malloc.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/timeb.h>
#include <sys/time.h>

/*  Globaalit muuttujat välittömän kytkennän algoritmille.                    */
int             in_line,
                out_line;
int             in_stage,
                in_num;
int             out_stage,
                out_num;
int             n,
                m;
int             command_count,
                command_end = 10;
int             rearrange_space,
                rearrange_time;

int             space_in_mat[16][16];
int             space_cnt_mat[17][16];
int             space_out_mat[16][16];
int             space_in_link[16][17];
int             space_out_link[16][17];
int             xtra_stage = 17;
int             traffic[2][28672];

/*  Globaalit muuttujat uudelleenjärjestelyalgoritmille.                      */
int             BTOA_MV[31][3],
                ATOB_MV[31][3];
int             flag_A = 0,
                flag_B = 0;

int            *sort_array ();
int            *chk_space_in_status ();
int            *chk_space_out_status ();
int            *chk_space_blocking ();
int            *shuffle ();
int            *implement_PM2 ();

char            name_in[13];
char            name_out[13];

static int      in_file[22];
FILE           *fp_in,
               *fp_out;
int             seed_array[10];
int             p_level;
```

```
/*    Struktuuri nykyisen verkon permutaation säilyttämiseksi ennen permutaatiota */
struct p_coordinate
{
    int             x;
    int             y;
    int             z;
};

struct p_mat_pos
{
    struct p_coordinate position[256];
};

struct p_mat_pos rearrange_3d;

/*  Struktuuri uudelleenjärjestelysekvenssin tuloksen säilyttämiseksi          */
struct seq_len
{
  int input_sw;
  int old_mid_sw;
  int new_mid_sw;
  int output_sw;
};

struct rearrange_seq
{
  struct seq_len move[15];
};

struct rearrange_seq  rearrange_moves;

/*****************************************************************************/
/*                                                                           */
/* Tämä on aliohjelma BICA:n siirtojen määrälle B-laskennasta                */
/*                                                                           */
/*****************************************************************************/

/*****************************************************************************/
/* Tämä funktio lukee ensin uudelleenjärjestelystruktuurin ja poimii kytkennät */
/* keskimmäisessä kytkinparissa (A,B). Tämän funktion argumentit ovat aloitus- */
/* kohta (RB, CB) ja pari (A, B). Funktio palauttaa siirtojen määrän B:stä    */
/* alkaen. Vertailun vuoksi todetaan, että Paull nimittää aloituskohtaa (R1, R2) */
/*****************************************************************************/

chk_Paull_mat_BTOA (RB, CB, B_least, A_least)
int             RB,
                CB;
int             A_least,
                B_least;
{
    int             i,
                    j,
                    m = 0,
                    n = 0,
                    y1 = 0,
                    y2 = 0,
                    y3 = 0,
                    n1 = 0,
```

```
                n2 = 0,
int             x1 = 0,
                x2 = 0,
                x3 = 0,
                k1 = 0,
                m1 = 0,
                m2 = 0;
int             flag1 = 0,
                flag2 = 0,
                flag3 = 0,
                temp_flag = 0,
                k2 = 0;
int             r_temp = 0,
                c_temp = 0,
                F2 = 0;
int             chosen_msw_A[16][3],
                chosen_msw_B[16][3];

c_temp = CB;
m = 1;
n = 2;

zero (chosen_msw_A, 48);              /*  Alusta kohdematriisit          */
zero (chosen_msw_B, 48);

for (i = 0; i < 256; i++)
{
    x1 = rearrange_3d.position[i].x; /*  Lue uudelleenjärjestely-       */
    x2 = rearrange_3d.position[i].y;      struktuuri
    x3 = rearrange_3d.position[i].z;

    if (x3 == B_least)
    {
        chosen_msw_B[m1][0] = x1;     /*  Poimi kytkennät välikytki-     */
        chosen_msw_B[m1][1] = x2;     /*  mestä B ja tallenna muuttu-    */
        chosen_msw_B[m1][2] = x3;     /*  jaan chosen_msw_B.             */
        m1++;
    }

    if (x3 == A_least)
    {
        chosen_msw_A[m2][0] = x1;     /*  Poimi kytkennät välikytki-     */
        chosen_msw_A[m2][1] = x2;     /*  mestä A ja tallenna muuttu-    */
        chosen_msw_A[m2][2] = x3;     /*  jaan chosen_msw_A.             */
        m2++;
    }
}

while (temp_flag == 0)
{
    k1 = 0;
    for (i = 0; i < 16; i++)          /*  Aloita (R1, C2):sta,           */
    {                                 /*  tarkasta samassa sarakkeessa   */
        x1 = chosen_msw_A[i][0];           olevat A:t.
        x2 = chosen_msw_A[i][1];
        x3 = chosen_msw_A[i][2];

        if (x2 == c_temp && x3 == A_least)          /* B löytyi?        */
        {
            BTOA_MV[m][0] = x1;       /* Kyllä, tallenna nykyinen       */
```

```
                BTOA_MV[m][0] = x2;        /* Kytkentä: BTOA_MV:een.          */
                BTOA_MV[m][2] = x3;
                m++;
                r_temp = x1;
                break;
            }

            k1++;
        }

        if (k1 == 16)
        {
            flag1 = 1;
            temp_flag = 1;
            F2 = m;
        }

        if (flag1 == 0)
        {
            k2 = 0;
            for (i = 0; i < 16; i++)       /* Aloita (R1, C2):sta,            */
            {                              /* tarkasta B:t samalta riviltä.   */

                x1 = chosen_msw_B[i][0];
                x2 = chosen_msw_B[i][1];
                x3 = chosen_msw_B[i][2];

                if (x1 == r_temp && x3 == B_least)      /* B löytyi?          */
                {
                    BTOA_MV[m][0] = x1;          /* Kyllä, tallenna nykyi-    */
                    BTOA_MV[m][1] = x2;          /* nen kytkentä              */
                    BTOA_MV[m][2] = x3;          /* BTOA_MOV:iin.             */
                    m++;
                    c_temp = x2;
                    break;
                }

                k2++;
            }

            if (k2 == 16)
            {
                flag2 = 1;
                temp_flag = 1;
                F2 = m;
            }
        }
    }
    return (F2);                   /* Palauta siirtojen määrä B:stä.          */
}

/*****************************************************************************/
/*                                                                           */
/*   Tämä on aliohjelma BICA:n siirtojen määrälle A:sta laskettuna.          */
/*                                                                           */
/*****************************************************************************/

/*****************************************************************************/
/*   Tämä funktio lukee ensin uudelleenjärjestelystruktuurin ja poimii kytkennät*/
/*   välikytkinparissa (A, B).  Argumentit tälle funktiolle ovat aloituspiste  */
```

```
/*    /RA, CA) ja pari (A, B). Funktio palauttaa siirtojen määrän A:sta.      */
/*    Vertailun vuoksi todetaan, että Paull kuvaa aloituskohdaksi (R2, C1).   */
/*                                                                            */
/******************************************************************************/

chk_Paull_mat_ATOB (RA, CA, B_least, A_least)
int             RA,
                CA;
int             B_least,
                A_least;
{

    int             i,
                    j,
                    m = 0,
                    n = 0,
                    y1 = 0,
                    y2 = 0,
                    y3 = 0,
                    n1 = 0,
                    n2 = 0;
    int             x1 = 0,
                    x2 = 0,
                    x3 = 0,
                    k1 = 0,
                    m1 = 0,
                    m2 = 0;
    int             flag1 = 0,
                    flag2 = 0,
                    flag3 = 0,
                    temp_flag = 0,
                    k2 = 0;
    int             r_temp = 0,
                    c_temp = 0,
                    F1 = 0,
                    F2 = 0;
    int             chosen_msw_A[16][3],
                    chosen_msw_B[16][3];

    r_temp = RA;
    m = 1;
    n = 2;

    zero (chosen_msw_A, 48);            /* Alusta kohdematriisit.          */
    zero (chosen_msw_B, 48);

    for (i = 0; i < 256; i++)
    {
        x1 = rearrange_3d.position[i].x;  /* Lue uudelleenjärjestely-      */
        x2 = rearrange_3d.position[i].y;     struktuuri.
        x3 = rearrange_3d.position[i].z;

        if (x3 == B_least)
        {
            chosen_msw_B[m1][0] = x1;     /* Poimi kytkennät välikytki-    */
            chosen_msw_B[m1][1] = x2;     /* mestä B ja tallenna           */
            chosen_msw_B[m1][2] = x3;     /* chosen_msw_B.                 */
            m1++;
        }
```

```
    if (x3 == A_least)
    {
        chosen_msw_A[m2][0] = x1;     /*  Poimi kytkennät välikyt-      */
        chosen_msw_A[m2][1] = x2;     /*  kimestä A ja tallenna         */
        chosen_msw_A[m2][2] = x3;     /*  chosen_msw_A.                 */
        m2++;
    }
}

while (temp_flag == 0)
{
    k1 = 0;
    for (i = 0; i < 16; i++)          /*  Aloita (R2, C1):stä, tarkasta */
    {                                 /*  samalla rivillä olevat B:t.   */
        x1 = chosen_msw_B[i][0];
        x2 = chosen_msw_B[i][1];
        x3 = chosen_msw_B[i][2];

        if (x1 == r_temp && x3 == B_least)          /* A löytyi?      */
        {
            ATOB_MV[m][0] = x1;       /* Kyllä, tallenna nykyinen      */
            ATOB_MV[m][1] = x2;       /* kytkentä ATOB_MV.             */
            ATOB_MV[m][2] = x3;
            m++;
            c_temp = x2;
            break;
        }
        k1++;
    }

    if (k1 == 16)
    {
        flag1 = 1;
        temp_flag = 1;
        F1 = m;
    }

    if (flag1 != 1)
    {
        k2 = 0;
        for (i = 0; i < 16; i++)      /*  Aloita (R2, C1):stä, tarkasta */
        {                             /*  samassa sarakkeessa olevat    */
                                      /*  A:t.                          */
            x1 = chosen_msw_A[i][0];
            x2 = chosen_msw_A[i][1];
            x3 = chosen_msw_A[i][2];

            if (x2 == c_temp && x3 == A_least)      /*  A löytyi?     */
            {
                ATOB_MV[m][0] = x1;         /*  kyllä, tallenna       */
                ATOB_MV[m][1] = x2;         /*  nykyinen kytkentä     */
                ATOB_MV[m][2] = x3;         /*  ATOB_MOV:iin.         */
                m++;
                r_temp = x1;
                break;
            }
            k2++;
        }

        if (k2 == 16)
```

```
            {
                flag2 = 1,
                temp_flag = 1;
                Fl = m;
            }
        }
    }
    return (Fl);                    /*  Palauta siirtojen määrä A:sta.      */
}

/*************************************************************************/
/*                                                                       */
/*  Tämä on aliohjelma BICA:n uudelleenjärjestelyn tulostamista varten.  */
/*                                                                       */
/*************************************************************************/

/*************************************************************************/
/*                                                                       */
/*  Tämä funktio on uudelleenjärjestelyproseduurin tulos. Argumentit tälle */
/*  funktiolle ovat vaadittu siirtojen määrä ja pari (A, B). Siirtosekvenssi */
/*  kirjoitetaan tulostusstruktuuriin rearrange_moves.                   */
/*                                                                       */
/*************************************************************************/

/*************************************************************************/
/*  Uudelleenjärjestelyprosessin tulos on seuraavaa muotoa oleva struktuuri: */
/*                                                                       */
/*      struct seq_len                                                   */
/*      {                                                                */
/*          int input_sw;                                                */
/*          int old_mid_sw;                                              */
/*          int new_mid_sw;                                              */
/*          int out_sw;                                                  */
/*      }                                                                */
/*                                                                       */
/*************************************************************************/

int             rearrangement_output (no_moves, AR, BR)
int             no_moves;
int             AR;
int             BR;
{
    int             i,
                    j,
                    k,
                    m,
                    n;
    int             x1 = 0,
                    x2 = 0,
                    x3 = 0;
    int             y1 = 0,
                    y2 = 0,
                    y3 = 0;

    for (j = 0; j < no_moves; j++)
    {

        if (flag_A == 1 && flag_B == 0) /* Onko sekvenssi A:sta pienempi?  */
        {
            y1 = ATOB_MV[j][0];         /* Lue tulokytkin       */
            y2 = ATOB_MV[j][1];         /* Lue lähtökytkin      */
```

```
            y3 = ATOB_MV[j][2];          /*  Lue välikytkin          */
        }

        if (flag_B == 1 && flag_A == 0) /*  Onko sekvenssi B:stä pienempi? */
        {
            y1 = BTOA_MV[j][0];          /*  Lue tulokytkin          */
            y2 = BTOA_MV[j][1];          /*  Lue lähtökytkin         */
            y3 = BTOA_MV[j][2];          /*  Lue välikytkin          */
        }

        rearrange_moves.move[j].input_sw = y1;   /* Tallenna tulokytkin    */

        rearrange_moves.move[j].old_mid_sw = y3;
                                              /* Tallenna vanha välikytkin    */

        rearrange_moves.move[j].output_sw = y2;  /* Tallenna lähtökytkin    */

        /* Store New Middle switch */
        if (y3 == AR)                                /* Muuta A:t B:ksi.        */
            rearrange_moves.move[j].new_mid_sw = BR;

        if (y3 == BR)                                /* Muuta B:t A:ksi.        */
            rearrange_moves.move[j].new_mid_sw = AR;
    }
    return;


/*****************************************************************************/
/*      Tämä on aliohjelma BICA:n nollafunktiota varten.                     */
/*                                                                           */
/*****************************************************************************/

                zero (A, n)
int            *A;
int             n;
{
    int             i;

    for (i = 0; i < n; i++)
        *(A + i) = 0;
    return;
}


/*****************************************************************************/
/*                                                                           */
/*      Tämä on aliohjelma BICA:n etsintäalgoritmin aloituskohdan asetusta   */
/*      varten.                                                              */
/*****************************************************************************/

/*****************************************************************************/
/*  Tämä funktio asettaa aloituskohdat etsintäalgoritmille A:sta ja B:stä ja */
/*  suorittaa algoritmin. Siirrettävien kytkentöjen joukko tallennetaan joko */
/*  ATOB_MV:een tai BTOA_MV:een jos vastaavasti jo sekvenssi A:sta on lyhyempi*/
/*  tai sekvenssi B:stä on lyhyempi. Argumentteina tälle funktiolle ovat väli-*/
/*  kytkinpari (A, B), indeksi ja estetty matriisipositio (R1, C1). Funktio  */
/*  palauttaa lyhyimmän sekvenssin pituuden.                                 */
/*****************************************************************************/
```

```
int             rearrange_3q (rl_B, cl_A, sw_index, R1, C1)
int             rl_B;
int             cl_A;
int             sw_index;
int             R1;
int             C1;
{
    int             i,
                    j,
                    k = 0,
                    x1 = 0,
                    x2 = 0,
                    x3 = 0,
                    m,
                    n,
                    temp_mov = 0,
                    temp = 0;
    int             num_moves = 0,
                    mr = 0,
                    mc = 0,
                    w_seq = 0;
    int             R[3],
                    C[3],
                    undef_flag = 0;
    int             num_moves_A = 0,
                    num_moves_B = 0,
                    F1 = 0;
    int             F2 = 0,
                    R1_CONN[16][3],
                    C1_CONN[16][3];

    zero (R, 15);
    zero (C, 15);
    zero (ATOB_MV, 93);
    zero (BTOA_MV, 93);
    zero (R1_CONN, 48);
    zero (C1_CONN, 48);

    m = 0;
    n = 0;

    R[0] = R1;
    C[0] = C1;

    BTOA_MV[0][0] = R[0];
    ATOB_MV[0][1] = C[0];

    for (i = 0; i < 256; i++)   /* Poimi välikytkimet (R1, C1):stä.          */
    {
        x1 = rearrange_3d.position[i].x;            /* Lue struktuuri.       */
        x2 = rearrange_3d.position[i].y;
        x3 = rearrange_3d.position[i].z;

        if (x1 == R1)
        {
            R1_CONN[m][0] = x1;          /*  Tallenna välikytkimet R1:een.   */
            R1_CONN[m][1] = x2;
            R1_CONN[m][2] = x3;
            m++;
        }
```

```
    if (x2 == C1)
    {
        C1_CONN[n][0] = x1;          /*  Tallenna välikytkimet C1:een.   */
        C1_CONN[n][1] = x2;
        C1_CONN[n][2] = x3;
        n++;
    }
}

for (i = 0; i < 15; i++)          /*  Etsi matriisipositio R2, C2.        */
{
    x1 = R1_CONN[i][2];           /*  R1_CONN  on kytkennät R1:ssä        */
    x2 = C1_CONN[i][2];           /*  C1_CONN  on kytkennät C1:ssä        */

    if (x1 == r1_B)
        C[1] = R1_CONN[i][1];
    if (x2 == c1_A)
        R[1] = C1_CONN[i][0];
}

BTOA_MV[0][1] = C[1];          /* Aseta aloituskohta haulle A:sta ja B:stä.*/
ATOB_MV[0][0] = R[1];          /* A on (R2, C1); B on (R1, C2):sta.        */

BTOA_MV[0][2] = r1_B;          /* 3. RTOA_MV:n ja ATOB_MV:n elementti on   */
ATOB_MV[0][2] = c1_A;          /* vuorotteleva sekvenssi A:ta ja B:tä.     */
                               /* A:t muutetaan B:ksi ja B:t muutetaan     */
                                  A:ksi.
/* Aseta A:n aloituskohta.       */
mr = R[1];
mc = C[0];

/* Etsintä algoritmi A:sta.      */
num_moves_A = chk_Paull_mat_ATOB (mr, mc, r1_B, c1_A);  /* Korvaa    */
                                                        /* ylivuo-   */
                                                           tamalla
/* Aseta B:n aloituskohta        */
mr = R[0];
mc = C[1];
/* Etsintä algoritmi B:stä.      */

num_moves_B = chk_Paull_mat_BTOA (mr, mc, r1_B, c1_A);  /* Korvaa    */
                                                        /* ylivuo-   */
F1 = num_moves_A;                                          tamalla
F2 = num_moves_B;

if (F1 < F2)                   /*  Onko num_moves_A < num_moves_B?        */
{
    w_seq = 1;                 /*  Jos on, aseta flag_A = 1, flag_B = 0.  */
    num_moves = F1;
    flag_A = 1;
    flag_B = 0;
}

if (F2 < F1)                   /*  Onko num_moves_B < number_moves_A?     */
{
    w_seq = 2;                 /*  Jos on, aseta flag_A = 0, flag_B = 1.  */
    num_moves = F2;
    flag_A = 0;
    flag_B = 1;
```

```
    }

    if (F1 == F2)                /* Onko number_moves_A = number_moves_B?     */
    {
        w_seq = 1;               /* Jos on, oletusarvoksi sekvenssi A:sta.    */
        num_moves = F1;
        flag_A = 1;              /* ja aseta flag_A = 1, flag_B = 0.          */
        flag_B = 0;
    }
    return (num_moves);          /* Palauta siirtojen pienin määrä.           */
}

/*****************************************************************************/
/*     Tämä on aliohjelma BICA:n toteuta muutos algoritmia varten.           */
/*                                                                           */
/*                                                                           */
/*****************************************************************************/

/*****************************************************************************/
/*  Tämä ohjelma toteuttaa etsintäalgoritmin uudelleenjärjestelyyn tarvittavien */
/*  siirtojen sekvenssin löytämiseksi. Argumenttina tälle funktiolle ovat    */
/*  välikytkinpari (msw_A, msw_B) ja indeksi.                                */
/*****************************************************************************/

int             implement_change (msw_B, msw_A, index)
 nt             msw_B;
int             msw_A;
int             index;
{

    int             i,
                    j,
                    k;
    int             len_of_seq = 0;

    len_of_seq = rearrange_seq (msw_B, msw_A, index);
    rearrangement_output (len_of_seq, msw_A, msw_B);
    return (len_of_seq);
}

/*****************************************************************************/
/*     Tämä on aliohjelma BICA:n siirtojen määrän laskemiseksi.              */
/*                                                                           */
/*                                                                           */
/*****************************************************************************/

/*****************************************************************************/
/*  Tämä rutiini käyttää implement_change_algorithm -funktiota  löytääkseen  */
/*  siirtojen määrän, joka tarvitaan siirtosekvenssille sw_A:sta ja siirtosek- */
/*  venssille sw_B:stä väliportaan kytkinparissa olemassa oleville kytkennöille */
/*  ja palauttaa siirtojen määrän joka tarvitaan pienemmässä  näistä kahdesta */
/*  sekvenssistä.                                                            */
/*****************************************************************************/

int             calc_nom (sw_B, sw_A, index)
int             sw_B,
                sw_A,
                index;
{
```

```
    int             num_mo  s;
    num_moves = implement_  ange (sw_B, sw_A, index);
    return(num_moves);
}

/*****************************************************************************/
/*                                                                           */
/*  Tämä on aliohjelma BICA:n matriisimallimuunnosta varten.                 */
/*                                                                           */
/*****************************************************************************/

/*****************************************************************************/
/*                                                                           */
/*  Esillä oleva Paullin menetelmän toteutus tarvitsee kytkentädatan         */
/*  seuraavassa struktuurissa.                                               */
/*      struct p_coordinate                                                  */
/*      {                                                                    */
/*          int input_sw;                                                    */
/*          int output_sw;                                                   */
/*          int cnt_sw;                                                      */
/*      }                                                                    */
/*                                                                           */
/*      struct p_mat_pos                                                     */
/*      {                                                                    */
/*         struct p_coordinate[256];                                         */
/*      }                                                                    */
/*                                                                           */
/*****************************************************************************/

void            matrix_model_conversion ()
{
    int             i,
                    j,
                    x1,
                    x2,
                    x3,
                    m1 = 0;

    for(i = 1; i <= 17; i++)
    {
        for(j = 1; j <= 17; j++)
        {
            x1 = i;
            x2 = j;
            x3 = space_cnt_mat[i][j];
            if(x3 != 0)
            {
                rearrange_3d.position[m1].x = x2;       /*  Tulokytkin      */
                rearrange_3d.position[m1].y = x3;       /*  Lähtökytkin     */
                rearrange_3d.position[m1].z = x1;       /*  Välikytkin      */
                m1++;
            }
        }
    }
    return;
}

/*****************************************************************************/
/*                                                                           */
/*  Tämä on aliohjelma BICA:n versiolle Paullin menetelmä II:sta             */
```

```
/*                                                                          */
/**************************  ***************************  ***************/

/*****************************************************************************/
/*    Tämä funktio käyttää Paullin menetelmä II:ta (A, B)-parien etsimiseen  */
/*****************************************************************************/

int             *implement_PM2 ()
{
    int             i,
                    j,
                    k,
                    x1,
                    x2,
                    m = 0,
                    n = 0;
    int            *selected_pair,
                    R1_cnt_sw[16],
                    C1_cnt_sw[16];
    int             listofB[16],
                    listofA[16],
                    A_temp = 0,
                    B_temp = 0;
    int             cnt_stage_pairs[8][2],
                    op_flag;
    int             num_moves,
                    least_moves,
                    least_pair;

    /*  Muunna 3:sta matriisimallista uudelleenjärjestelystruktuuriksi.       */
    /*  Palauta osoitin struktuuriin tai Global tulee olla näkyvissä.         */

    matrix_model_conversion ();       /* Muunna 2. 3-matriisimallista.        */

    selected_pair = (int *) calloc (2, sizeof (int));

/*   Oletetaan kytkentäpyyntö (I, O), jossa I on TULOKYTKIN ja O on           */
/*   LÄHTÖKYTKIN, lue rivivektorit 1 & 2. Suorita sitten XOR näille kahdelle  */
/*   vektorille, jotta saataisiin luettelo (A, B) -ehdokkaiksi.               */

    for (j = 1; j < 17; j++)
    {
        R1_cnt_sw[j] = space_in_mat[in_stage][j];
        C1_cnt_sw[j] = space_cnt_mat[out_stage][j];
    }

    for (j = 0; j < 16; j++)
    {
        x1 = R1_cnt_sw[j];
        x2 = C1_cnt_sw[j];

        if (x1 == 0 && x2 != 0)                 /*  XOR-operaatio.          */
        {
            listofA[m] = x2;
            m++;
        }
        if (x1 != 0 && x2 == 0)
        {
            listofB[n] = x1;
            n++;
```

```
        }
    }

    m = 0;
    n = 0;
    i = 0;
    while ((x1 = listofB[i]) != 0)          /* Luo kaikki listofA:n ja      */
    {                                       /* listofB:n elementtien        */
        j = 0;                              /* yhdistelmät                  */

        while ((x2 = listofA[j]) != 0)
        {
            cnt_stage_pairs[m][0] = x1;
            cnt_stage_pairs[m][1] = x2;
            m++;
            j++;
        }

        i++;
    }

    least_moves = xtra_stage;
    for (k = 0; k < m; k++)                 /* Kullekin välikytkimien       */
    {                                       /* yhdistelmälle laske pienin   */
        B_temp = cnt_stage_pairs[k][0];     /* tarvittava siirtojen määrä.  */
        A_temp = cnt_stage_pairs[k][1];

        if (B_temp != 0 && A_temp != 0)
        {
            num_moves = calc_nom (B_temp, A_temp, k);
        }

        if (num_moves < least_moves)
        {
            least_moves = num_moves;
            least_pair = m;
        }
    }

    *(selected_pair + 0) = cnt_stage_pairs[least_pair][1];
    *(selected_pair + 1) = cnt_stage_pairs[least_pair][0];

    return (selected_pair);
}

/*****************************************************************************/
/*****************************************************************************/
/*                                                                           */
/*    Seuraavat ovat korjattuja aliohjelmia ja pääohjelma BICA:aa varten.    */
/*                                                                           */
/*****************************************************************************/
/*****************************************************************************/

/*****************************************************************************/
/*                                                                           */
/*    Tämä on aliohjelma BICA:n törmäyksetöntä aikauudelleenjärjestelyä      */
/*    varten.                                                                */
/*****************************************************************************/

int             hitless_time_rearrange ()
```

```
{
    /* Käytä Include-tiedostoa.
    return;
}

/*****************************************************************************/
/*     Tämä on aliohjelma BICA:n ylivuoda  aika-algoritmia varten.           */
/*                                                                           */
/*                                                                           */
/*****************************************************************************/

int             flood_time ()
{
    /* Käytä Include-tiedostoa.
    return;
}

/*****************************************************************************/
/*                                                                           */
/*     Tämä on aliohjelma BICA:n kahden aikavälin valintaa varten.           */
/*                                                                           */
/*****************************************************************************/

int             select_time_slots ()
{
    /* Käytä Include-tiedostoa.
    return;
}

/*****************************************************************************/
/*                                                                           */
/*     Tämä on aliohjelma BICA:n törmäyksetöntä tilauudelleenjärjestelyä     */
/*     varten.                                                               */
/*****************************************************************************/

int             hitless_space_rearrange ()
{
    /*Käytä Include-tiedostoa.
    return;
}

/*****************************************************************************/
/*                                                                           */
/*     Tämä on aliohjelma BICA:n ylivuoda tila-algoritmia varten.            */
/*                                                                           */
/*****************************************************************************/

int             flood_space ()
{
    /*Käytä Include-tiedostoa.
    return;
}

/*****************************************************************************/
/*     Tämä on aliohjelma BICA:n pumppaa yhteys -makroa varten.              */
/*                                                                           */
/*                                                                           */
/*****************************************************************************/

/*****************************************************************************/
```

```
/*
/*  Tämä makro "summaa" loogisesti space_in_link/i/:n space_out_link/k):n        */
/*  kanssa numeroltaan alhaisimman väliportaan kytkimen "C" määrittämiseksi,     */
/*  jolla on sekä vapaa yhteys tuloportaaseen "i" ja vapaa yhteys lähtöpor-      */
/*  taaseen "k". Ensimmäinen nollasta poikkeava arvo loogisen "and"-operaation   */
/*  tuloksessa on "c" ja mainitut kaksi yhteyttä "c":hen nollataan arvoon "0"    */
/*  (merkitään varatuiksi) space_in_link/i/:ssä ja space_out_link/k/:ssa. Makro  */
/*  palauttaa arvon "c".                                                         */
/*******************************************************************************/

int             pump_link ()
{
    int             c,
                    j,
                    x;

    for (j = 1; j <= xtra_stage; j++)
    {
        x = space_in_link[in_stage][j] && space_out_link[out_stage][j];

        if (x == 1)
        {
            c = j;
            break;
        }
    }

    clear_link(space_in_link, in_stage, c);
    clear_link(space_out_link, out_stage, c);

    if (c == xtra_stage)
    {
        rearrange_space = 1;
    }

    /* Palauta väliporras.      */
    return(c);
}

/*******************************************************************************/
/*
/*  Tämä on aliohjelma BICA:n tyhjennä vapaan yhteyden bitti (arvoon 0)-toimin-  */
/*  netta varten.                                                                */
/*                                                                               */
/*******************************************************************************/

/*******************************************************************************/
/*  Tätä primitiiviä käytetään tyhjentämään (nollaamaan) io:n määrittelemän      */
/*  bittikartan j:nnen rivin k. bitti arvoon "0". Jos bittikartta sisältää n     */
/*  elementtiä ja arvo j > n, palautetaan virhelippu. Muussa tapauksessa k.      */
/*  elementti nollataan arvoon "0".                                              */
/*                                                                               */
/*******************************************************************************/

int             clear_link(io, j, k)
int             io[16][17],
                j,
                k;
{
    int             error_flag;

    if(k <= xtra_stage)
    {
```

```
        io[j][k] = 0;
        error_flag = 0;
    }
    else
    {
        error_flag = 1;
    }
    return(error_flag);
}

/*****************************************************************************/
/*     Tämä on aliohjelma BICA:n aseta vapaan yhteyden bitti (arvoon 1) -toimin- */
/*     netta varten.                                                          */
/*                                                                            */
/*****************************************************************************/

/*****************************************************************************/
/*     Tätä primitiiviä käytetään asettamaan io:n  määrittelemän bittikartan  */
/*     j:nnen rivin k. bitti arvoon "1". Jos bittikartta sisältää n elementtiä */
/*     ja arvo j > n, palautetaan virhelippu. Muussa tapauksessa k. elementti */
/*     asetetaan arvoon "1".                                                  */
/*****************************************************************************/

int             set_link(io, j, k)
int             io[16][17],
                j,
                k;
{
    int             error_flag;

    if(k <= xtra_stage)
    {
        io[j][k] = 1;
        error_flag = 0;
    }
    else
    {
        error_flag = 1;
    }
    return(error_flag);
}

/*****************************************************************************/
/*                                                                            */
/*     Tämä on aliohjelma BICA:n valitse kaksi väliportaan kytkentä -toiminnetta */
/*     varten.                                                                */
/*                                                                            */
/*****************************************************************************/

int             select_cnt_stage ()
{
    int *center_stage_pair;

    center_stage_pair = (int *)calloc(2, sizeof(int));

/*  valitse väliportaan kytkinpari.     */

    center_stage_pair = implement_PM2 ();

    return(*center_stage_pair);
}
```

```
/*****************************  *****************************  ***************/
/*                                                                           */
/*  Tämä on aliohjelma BICA:n aikauudelleenjärjestelyä varten.               */
/*                                                                           */
/*****************************************************************************/
    Solmu D
/* Node D */
void            time_rearrange ()
{
    int             XtoA = 0,
                    XtoB = 0;
    char            last;

    /* Valitse kaksi aikaväliä uudelleenjärjestelyä  */
    select_time_slots ();                  varten.

    /*Etsi uudelleenjärjestettävät kytkennät. */
    flood_time ();

    /* Q6:  Mikä polku vaatii pienimmän määrän uudelleenjärjestelyjä? */
    if (last == 'A')
    {
        XtoA = 1;
    }
    else
    {
        if (last == 'B')
        {
            XtoB = 1;
        }
    }
    hitless_time_rearrange ();
    rearrange_time = 0;
    return;
}

/*****************************************************************************/
/*  Tämä on aliohjelma BICA:n tilauudelleenjärjestelyä varten.               */
/*                                                                           */
/*                                                                           */
/*****************************************************************************/

/*  Solmu C */
void            space_rearrange ()

    int             XtoA = 0,
                    XtoB = 0;
    int             *cnt_stage_pair;

    char            last;

    /* Luovuta muisti siirrettävien kytkentöjen listan osoittimelle.        */
    cnt_stage_pair = (int *)calloc(2, sizeof(int));

    /* Valitse kaksi väliportaan kytkintä uudelleenjärjestelyä varten.      */
    *cnt_stage_pair = select_cnt_stage ();

    /* Etsi uudelleenjärjestettävät kytkennät.*/
    flood_space ();
```

```
    /* Q5: Mikä polku vaatii pienimmän määrän uudelleenjärjestelyjä? */
    if (last == 'A')
    {
        XtoA = 1;
    }
    else
    {
        if (last == 'B')
        {
            XtoB = 1;
        }
    }
    hitless_space_rearrange ();
    rearrange_space = 0;
    return;
}

/*****************************************************************************/
/*  Tämä on aliohjelma BICA:n jäännösfunktiota varten.                       */
/*                                                                           */
/*                                                                           */
/*****************************************************************************/
/*****************************************************************************/
/*  Tämä funktio tuottaa jäännöksen sen jälkeen kun jakaja on vähennetty     */
/*  jakajasta niin monta (kokonaisluku) kertaa kuin mahdollista.             */
/*****************************************************************************/

int             rem(dividend, divisor)
int             dividend,
                divisor;
{

    int             remainder;

    if (dividend <= 0)
    {
        remainder = 0;
    }
    else
        remainder = dividend;
        while (remainder >= divisor)
        {
            remainder = remainder - divisor;
        }
    return(remainder);
}

/*****************************************************************************/
/*  Tämä on aliohjelma BICA:n osamääräfunktiota varten.                      */
/*                                                                           */
/*                                                                           */
/*****************************************************************************/
/*****************************************************************************/
/*  Tämä funktio tuottaa osamäärän vähentämällä jakajan jaettavasta niin monta */
/*  (kokonaisluku) kertaa kuin mahdollista.                                  */
/*****************************************************************************/

int             quot(dividend, divisor)
int             dividend,
```

```
                divisor;
{
    int             quotient,
                    remainder;

    quotient = 0;
    if (dividend <= 0)
    {
        remainder = 0;
    }
    else
        remainder = dividend;
        while (remainder >= divisor)
        {
            remainder = remainder - divisor;
            quotient++;
        }
    return(quotient);
}

/*****************************************************************************/
/*  Tämä on aliohjelma BICA:n muunna I/O -linjan numerot -toiminnetta varten.  */
/*                                                                             */
/*                                                                             */
 *****************************************************************************/

/*****************************************************************************/
/*  Tämä aliohjelma käyttää osamäärän ja jäännöksen funktioita I/O-linjan      */
/*  numeroiden muuntamiseksi I/O-portaan kytkinnumeroiden pariin ja I/O-portaan */
/*  kytkimen nastanumeron kytkemiseksi tai siitä purkamiseksi.                 */
/*****************************************************************************/

void            convert_line ()
{
    int             r = 16,
                    in_line_minus_1,
                    out_line_minus_1;

    in_line_minus_1 = in_line - 1;
    in_stage = quot(in_line_minus_1, r) + 1;
    in_num = rem(in_line_minus_1, r) + 1;

    out_line_minus_1 = out_line - 1;
    out_stage = quot(out_line_minus_1, r) + 1;
    out_num = rem(out_line_minus_1, r) + 1;

    return;
}

/*****************************************************************************/
/*                                                                           */
/*  Tämä on aliohjelma BICA:n tulosta tilastot - n ja m -toiminnetta varten  */
/*                                                                           */
/*****************************************************************************/

int             print_stats ()
{
    /* Testitapaus print_stats:ia varten.
    printf ("BICA performed %d connect(s) and %d disconnect(s).\n", n, m);
```

```
    return;
}

/*****************************************************************************/
/*                                                                           */
/*  Tämä on aliohjelma BICA:n purkua varten - tulosta lähtöön.               */
/*                                                                           */
/*****************************************************************************/

/* Node B */
void            disconnect ()
{
    int             cnt_stage,
                    csw;                    /* csw väliportaan kytkimelle    */

/*  Muunna IL-m -> OL-n purkupyyntö I (i, j) >< O(k, l) -muotoon.            */
    convert_line ();
    convert_line ();

/* Poista kytkennät pyynnön mukaan.                                          */
    csw = space_in_mat[in_stage][in_num];
    space_in_mat[in_stage][in_num] = 0;
    space_cnt_mat[csw][in_stage] = 0;
    space_out_mat[out_stage][out_num] = 0;

 * Päivitä taulukot.                                                        */
    set_link(space_in_link, in_stage, csw);
    set_link(space_out_link, out_stage, csw);

/* Q7: Pakkaa kytkennät sen jälkeen kun A:n purku sallittu?*/
    if (rearrange_space == 1)
        /* A3 =Kyllä -> Solmu C  */
    {
        space_rearrange ();
    }
    /* A3 =  EI.        */
    else
        /* Päätä tila-alue.    */
    {
        /* Q4: Aikauudelleenjärjestely tarvitaan?*/
        if (rearrange_time == 1)
            /* A4 = KYLLÄ->Solmu D    */
        {
            time_rearrange ();
        }
        /* A4 = EI.         */
        /* Päätä aika-alue.    */
    }
    return;
}

/*****************************************************************************/
/*                                                                           */
/*  Tämä on aliohjelma BICA:n kytkentää varten - tulosta lähtöön.            */
/*                                                                           */
/*****************************************************************************/

/*****************************************************************************/
/*  Tämä rutiini kytkee tulolinjan lähtölinjaan tilamatriisin läpi.          */
/*  Muuttujat määritellään seuraavasti:                                      */
```

```
/*
/*   in_line:    tulo tilamatriisiin                                          */
/*               0 <= in_line <= 255                                          */
/*   out_line:   lähtö tilamatriisista                                        */
/*               0 <= out_line <= 255                                         */
/*                                                                            */
/*   in_stage:   tilamatriisin tuloporras                                     */
/*               0 <= in_stage <= 15                                          */
/*     in_num:   tilamatriisin tuloportaan tulo                               */
/*               0 <= in_number <= 15                                         */
/*                                                                            */
/*  out_stage:   lähtöporras tilamatriisista                                  */
/*               0 <= out_stage <= 15                                         */
/*    out_num:   lähtö tilamatriisin lähtöportaasta                           */
/*               0 <= out_number <= 15                                        */
/*                                                                            */
/*  cnt_stage:   tilamatriisin väliporras                                     */
/*               0, 1 <= center_stage <= 17                                   */
/*   HUOMAUTUS:  center stage = 0, tarkoittaa, että mitään tilamatriisin      */
/*               väliporrasta ei ole varattu                                  */
/*               center_stage =  1, ..., 16  tarkoittaa, että tilamatriisin   */
/*               vastaava väliporras on varattu.                              */
/*               center_stage = 17 on tilamatriisin ylimääräinen porras ja    */
/*               uudelleenjärjestely on käynnissä                             */
/*                                                                            */
/******************************************************************************/

/*  Solmu A*/
void            connect ()
{
    int             csw;                    /* csw väliportaan kytkimelle.    */

/*  Muunna IL-m -> OL-n kytkentäpyyntö I (i, j) -> O (k, l) -muotoon.         */
    convert_line ();

/*  Aloita aika-alue.                                                         */

/*  Valitse numeroltaan alhaisin kytkentään käytettävissä oleva aikaväli.     */

/*  Aloita tila-alue.                                                         */

/*  Valitse numeroltaan alhaisin kytkentään käytettävissä oleva väliportaan kytkin.
    csw = pump_link ();

/*  Suorita kytkentä ja päivitä taulukot.                                     */
    space_in_mat[in_stage][in_num] = csw;
    space_cnt_mat[csw][in_stage] = out_stage;
    space_out_mat[out_stage][out_num] = csw;

    /* Q3:Tilauudelleenjärjestely vaaditaan? */
    if (rearrange_space == 1)
        /* A3 = KYLLÄ-> Solmu C   */
    {
        space_rearrange ();
    }
    /* A3 =  EI.        */
    else
        /*Päätä tila-alue.      */
    {
        /* Q4: Aikauudelleenjärjestely vaaditaan?*/
```

```
        if (rearrange_time  = 1)
            /* A4 = KYLLÄ -> Solmu D   */
        {
            time_rearrange ();
        }
        /* A4 =  EI.        */
        /* Päätä aika-alue.     */
    }
    return;
}

/*****************************************************************************/
/*    Tämä on aliohjelma BICA:n hae komento -toiminnetta varten.             */
/*                                                                           */
/*                                                                           */
/*****************************************************************************/

int             get_command ()
{
    int             command;

    /* Test case for get_command. */
    if (command_count < command_end)
    {
        /* command = 1 => connect. */
        command = 1;
        command_count++;
        in_line = command_count;
        out_line = command_count;
    }
    else if (command_count == command_end)
    {
        /* command = -1 => disconnect. */
        command = -1;
        command_count++;
    }
    else
    {
        /* command = 0 => end. */
        command = 0;
    }
    return(command);
}

/*****************************************************************************/
/*    Tämä on aliohjelma BICA:n tilauudelleenjärjestelyn alustusta varten.   */
/*                                                                           */
/*                                                                           */
/*****************************************************************************/

void            initialize_rearrange ()
{
    int             i;

    for (i = 0; i < 256; i++)
    {
        rearrange_3d.position[i].x = 0;
        rearrange_3d.position[i].y = 0;
        rearrange_3d.position[i].z = 0;
    }
```

```
    for (i = 0; i < 15; i++ ,
    {
        rearrange_moves.move[i].input_sw = 0;
        rearrange_moves.move[i].old_mid_sw = 0;
        rearrange_moves.move[i].new_mid_sw = 0;
        rearrange_moves.move[i].output_sw = 0;
    }
    return;
}

/*****************************************************************************/
/*                                                                           */
/*  Tämä on aliohjelma BICA:n tilamatriisin alustusta varten.                */
/*                                                                           */
/*****************************************************************************/

/*****************************************************************************/
/* Tätä rutiinia käytetään alussa tyhjentämään (nollaamaan) tilamatriisit.   */
/*****************************************************************************/

void            initialize_space_mat()
{
    int i, j;

    for(i = 0; i < xtra_stage; i++)
    {
        for(j = 0; j < xtra_stage; j++)
        {
            space_in_mat[i][j] = 0;
            space_cnt_mat[i][j] = 0;
            space_out_mat[i][j] = 0;
        }
            space_cnt_mat[xtra_stage][i] = 0;
    }
    return;
}

/*****************************************************************************/
/*  Tämä on aliohjelma BICA:n alusta vapaan yhteyden bittikartat -toiminnetta */
/*  varten.                                                                  */
/*****************************************************************************/

/*****************************************************************************/
/* Alusta yhteyden bittikartat-primitiivi (käytetään vain käynnistysoperaatioita*/
/* varten) alustaa sekä tilatulon vapaan yhteyden bittikartan että tilalähtö- */
/* yhteyden bittikartan. Kaikki arvot vapaan yhteyden bittikartoissa alustetaan */
/* arvoon "1", mikä osoittaa kaikkien yhteyksien olevan vapaita.             */
/*****************************************************************************/

void            init_links()
{
    int i, j;

    for(i = 0; i < xtra_stage; i++)
    {
        for(j = 0; j <= xtra_stage; j++)
        {
            space_in_link[i][j] = 1;
```

```
                space_out_link[i][j] = 1;
        }
    }
    return;
}

/*****************************************************************************/
/*     Tämä on aliohjelma BICA:n alustusta varten.                           */
/*                                                                           */
/*                                                                           */
/*****************************************************************************/

void            initialize ()
{
    /* Testidata komentoja varten  */
    n = 0;
    m = 0;

    command_count = 0;
    rearrange_space = 0;
    rearrange_time = 0;

    /*  Alusta kaikki matriisit.    */
    init_links();
    initialize_space_mat ();
    initialize_rearrange ();

    return;
}

/*****************************************************************************/
/*     Tämä on Bowdonsin välittömän kytkennän algoritmin pääohjelma.         */
/*                                                                           */
/*                                                                           */
/*****************************************************************************/

main ()
{

    int             command;

    /* Aloita ohjelmavuo tästä.     */
    initialize ();
    do
    {
        command = get_command ();

        /* Q1:  Porttipari kytkettävä? */
        /* Komento = 1 => kytkee    */
        if (command == 1)
            /* A1 =KYLLÄ-> Solmu A */
        {
            connect ();
            n = n++;
        }
        /* A1 =  EI.        */
        else
            /* Q2:  Porttipari purettava?                   */
        {
            /* Komento  = -1 =>  pura.      */
```

```
            if (command == 1)
                /* A2 = KYLLÄ -> Solmu B */
            [
                disconnect ();
                m = m++;
            ]
            /* A2 = EI.        */
            continue;
        ]
    }
    /* komento = 0 => loppu */
    while (command != 0);
    [
        print_stats ();
    ]
]
```

Patenttivaatimukset:

1. Järjestelmä polun löytämiseksi liikennematriisin läpi, t u n n e t t u siitä, että se käsittää:

tuloportaan taulukon esittämään väliportaan kytkimen osoitusta tulokytkimen läpi tuloportteihin;

väliportaan taulukon tuloportaan ja lähtöportaan välisen väliportaan kytkimen kytkentöjen esittämiseksi;

lähtöportaan taulukon esittämään väliportaan kytkimen osoitusta lähtöportaan kytkimen läpi lähtöportteihin; ja

pumppausvälineet mainitun tuloportaan taulukon, ja mainitun lähtöportaan taulukon pumppaamiseksi, optimaalisen väliportaan kytkimen, jolla on sekä vapaa tuloyhteys ennalta määrätyn tuloportin ja mainitun optimaalisen väliportaan kytkimen välillä että vapaa lähtöyhteys mainitun optimaalisen väliportaan kytkimen ja ennalta määrätyn lähtöportaan portin välillä, määrittämiseksi.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen järjestelmä polun löytämiseksi liikenne matriisin läpi t u n n e t t u siitä, että se lisäksi käsittää vapaan tuloyhteyden taulukon mainittuun väliportaan kytkimeen menevien vapaiden tuloyhteyksien esittämiseksi; ja

vapaan lähtöyhteyden taulukon väliportaan kytkimestä lähtevien vapaiden lähtöyhteyksien esittämiseksi.

3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen järjestelmä polun löytämiseksi liikennematriisin läpi t u n n e t t u siitä, että se lisäksi käsittää jäljitysvälineet mainittujen vapaiden tulokytkimen yhteyksien jäljittämiseksi käyttämällä mainittua vapaan tuloyhteyden taulukkoa ja mainittujen vapaiden lähtökytkimien yhteyksien jäljittämiseksi käyttämällä mainittua vapaan lähtöyhteyden taulukkoa.

4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen järjestelmä

polun löytämiseksi liikennematriisin läpi, t u n n e t t u siitä, että

mainittu väliportaan taulukko käsittää lisäksi joukon elementtejä nimetyn väliportaan kytkimen yhdistämiseksi useisiin tuloportaan kytkimiin ja lähtöportaan kytkimiin.

5. Patenttivaatimuksen 1 mukainen järjestelmä polun löytämiseksi liikennematriisin läpi t u n n e t t u siitä, että optimaalinen väliportaan kytkin sisältää potentiaalisesti nimetyn väliportaan kytkimen ja omaa vapaan kytkennän ennalta määrätyn tuloportin ja ennalta määrätyn lähtöportin välillä.

6. Menetelmä polun löytämiseksi liikennematriisin läpi, t u n n e t t u siitä, että se sisältää seuraavat vaiheet:

tulokytkimen läpituloportteihin olevan väliportaan kytkimen osoituksen esittämisen tuloportaan taulukkoa käyttämällä;

tuloportaan ja lähtöportaan välisen väliportaan kytkimen kytkentöjen esittämisen väliportaan taulukolla;

lähtöportaan kytkimen läpi lähtöportteihin olevan väliportaan kytkimen osoituksen esittämisen lähtöportaan taulukolla; ja

mainitun tuloportaan taulukon, mainitun lähtöportaan taulukon ja mainitun väliportaan taulukon pumppaamisen optimaalisen väliportaan kytkimen, jolla on sekä vapaa tuloyhteys ennalta määrätyn tuloportaan kytkimen ja mainitun optimaalisen väliportaan kytkimen välillä että vapaa lähtöyhteys mainitun optimaalisen väliportaan kytkimen ja ennalta määrätyn lähtöportaan portin välillä, määrittämiseksi.

7. Patenttivaatimuksen 6 mukainen menetelmä polun löytämiseksi liikennematriisin läpi t u n n e t t u siitä, että se lisäksi käsittää mainittuun väliportaan kytkimeen menevien vapaiden tulokytkinyhteyksien esittämisen vapaan

tuloyhteyden taulukolla ja mainitusta väliportaan kytkimestä lähtevien vapaiden lähtökytkimen yhteyksien esittämisen vapaan lähtöyhteyden taulukolla.

8. Patenttivaatimuksen 7 mukainen menetelmä polun löytämiseksi liikennematriisin läpi t u n n e t t u siitä, että se lisäksi käsittää mainittujen vapaiden tulokytkimen yhteyksien ja mainittujen vapaiden lähtökytkimen yhteyksien jäljittämisen käyttämällä mainittua vapaan tuloyhteyden taulukkoa ja mainittua vapaan lähtöyhteyden taulukkoa.

FIG.1

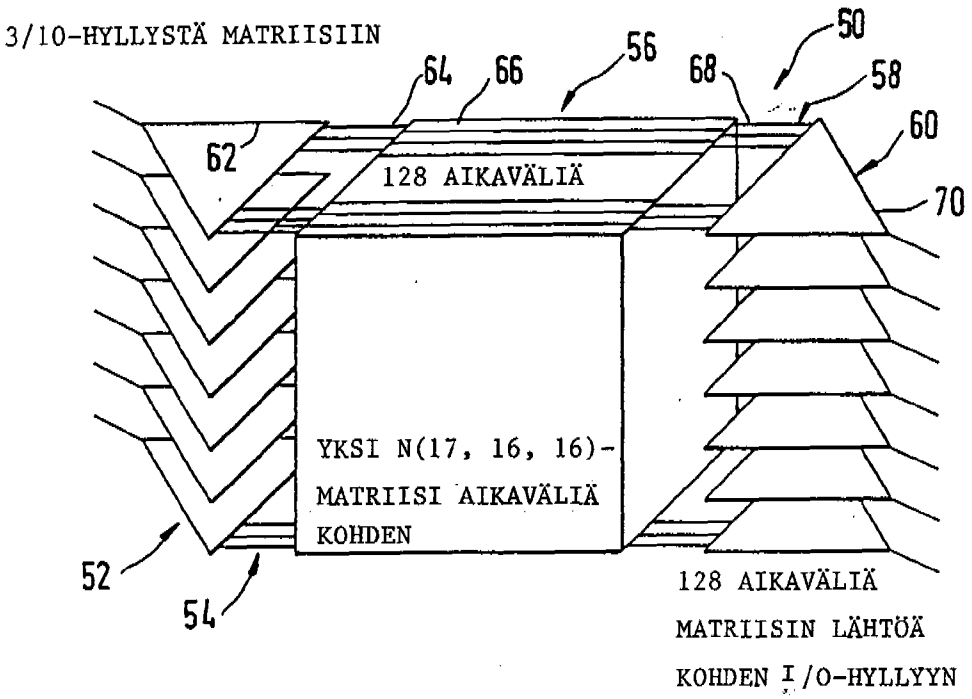
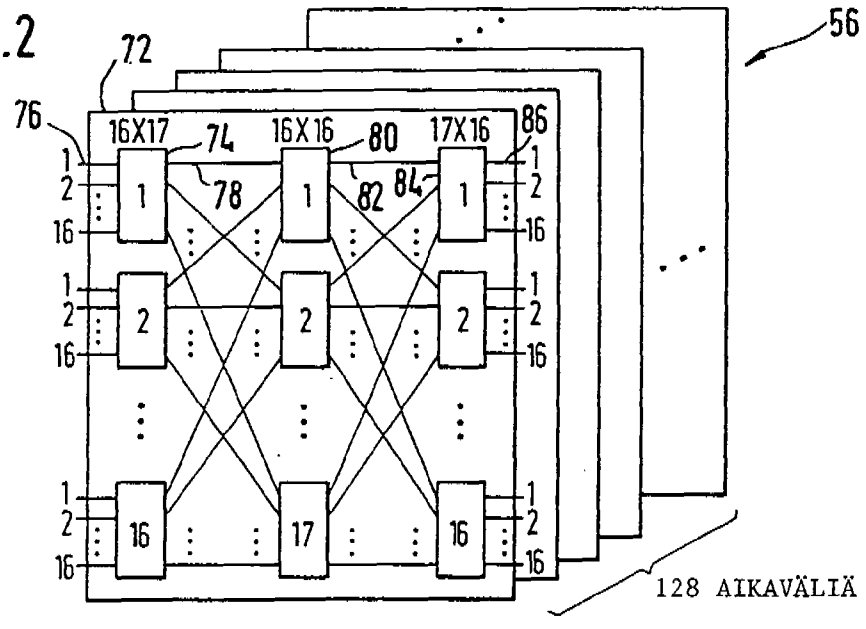


FIG.2



LOOGISESTI YKSI N(17, 16, 16)-MATRIISI AIKAVÄLIÄ KOHDEN

FIG. 3

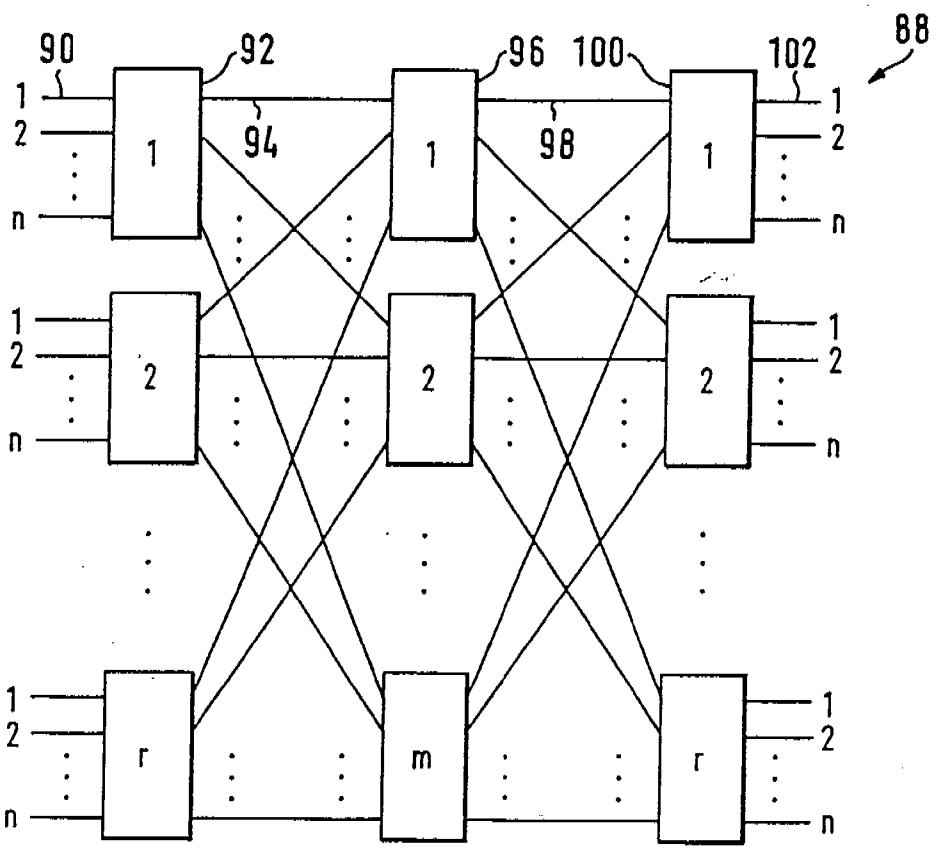

90
92
96
100
102
88
94
98
1
2
n
r
m

FIG. 4

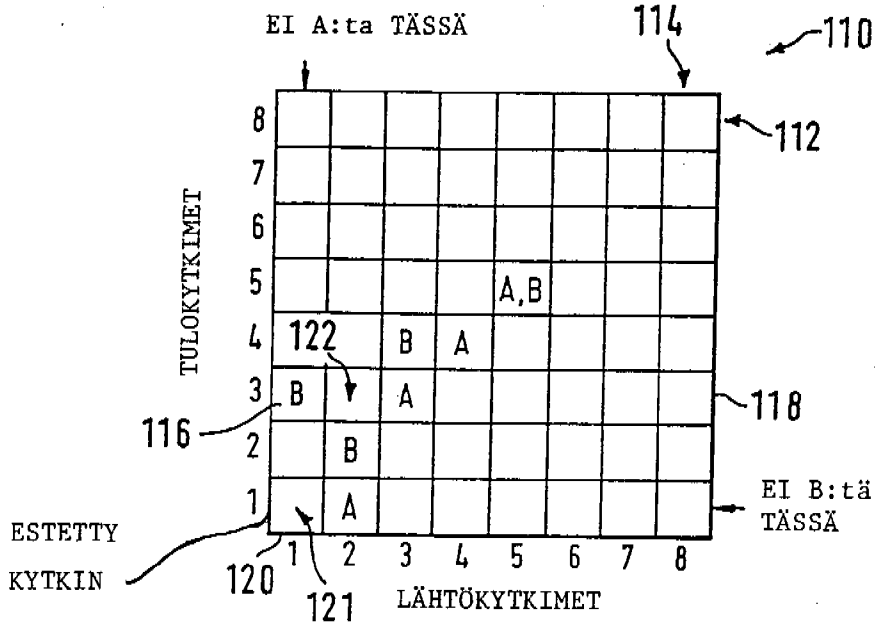

EI A:ta TÄSSÄ
114
110
112
TULOKYTKIMET
A,B
122
B
A
116
118
ESTETTY
KYTKIN
120
121
LÄHTÖKYTKIMET
EI B:tä
TÄSSÄ

FIG. 5

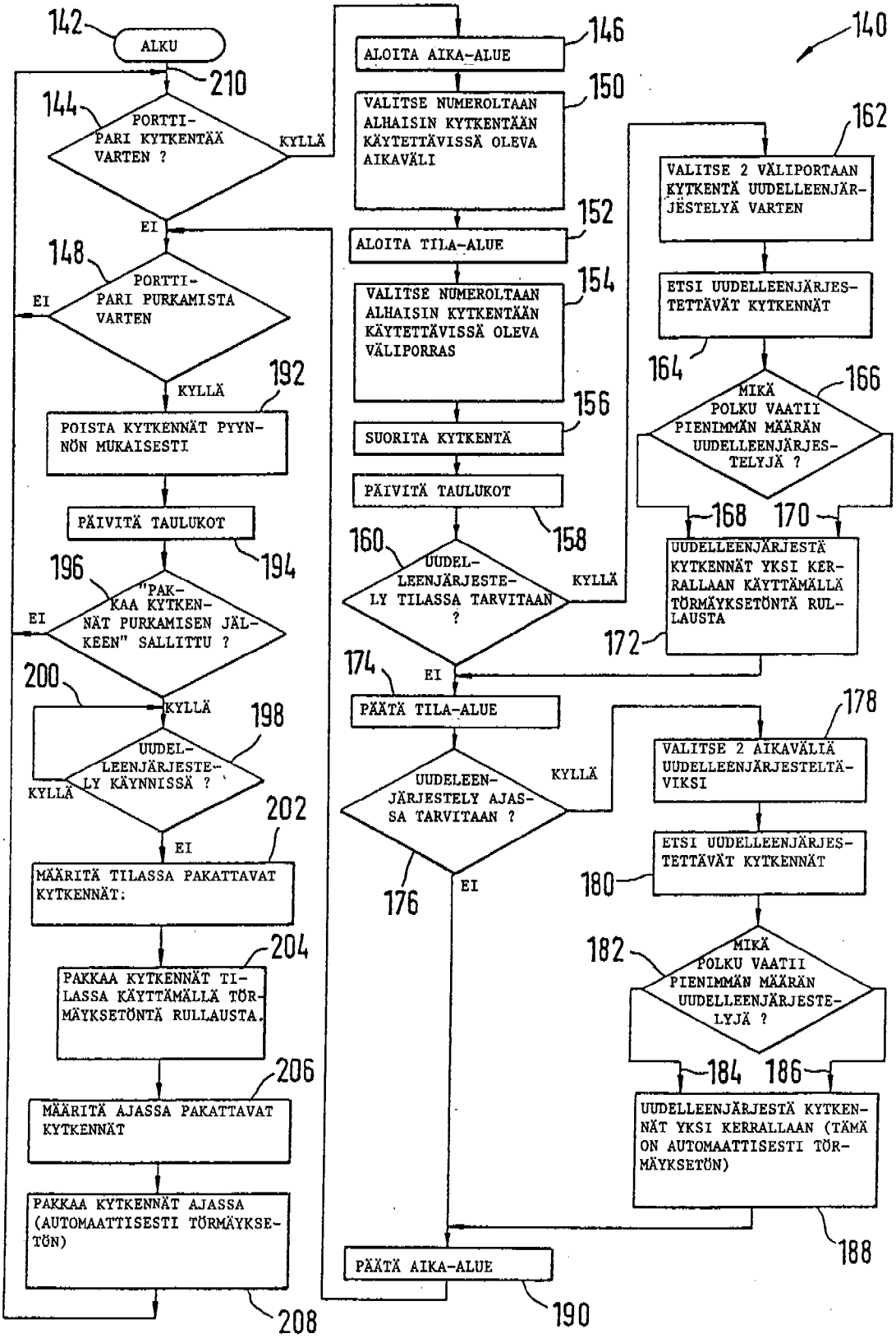

142
ALKU
210
144
PORTTI-PARI KYTKENTÄÄ VARTEN ?
KYLLÄ
EI
148
PORTTI-PARI PURKAMISTA VARTEN
EI
KYLLÄ
192
POISTA KYTKENNÄT PYYNNÖN MUKAISESTI
PÄIVITÄ TAULUKOT
194
196
"PAKKAA KYTKENNÄT PURKAMISEN JÄLKEEN" SALLITTU ?
EI
200
KYLLÄ
198
UUDELLEENJÄRJESTELY KÄYNNISSÄ ?
KYLLÄ
EI
202
MÄÄRITÄ TILASSA PAKATTAVAT KYTKENNÄT:
204
PAKKAA KYTKENNÄT TILASSA KÄYTTÄMÄLLÄ TÖRMÄYKSETÖNTÄ RULLAUSTA.
206
MÄÄRITÄ AJASSA PAKATTAVAT KYTKENNÄT
PAKKAA KYTKENNÄT AJASSA (AUTOMAATTISESTI TÖRMÄYKSETÖN)
208
146
ALOITA AIKA-ALUE
150
VALITSE NUMEROLTAAN ALHAISIN KYTKENTÄÄN KÄYTETTÄVISSÄ OLEVA AIKAVÄLI
152
ALOITA TILA-ALUE
154
VALITSE NUMEROLTAAN ALHAISIN KYTKENTÄÄN KÄYTETTÄVISSÄ OLEVA VÄLIPORRAS
156
SUORITA KYTKENTÄ
PÄIVITÄ TAULUKOT
158
160
UUDELLEENJÄRJESTELY TILASSA TARVITAAN ?
KYLLÄ
EI
174
PÄÄTÄ TILA-ALUE
UUDELEENJÄRJESTELY AJASSA TARVITAAN ?
KYLLÄ
176
EI
PÄÄTÄ AIKA-ALUE
190
140
162
VALITSE 2 VÄLIPORTAAN KYTKENTÄ UUDELLEENJÄRJESTELYÄ VARTEN
ETSI UUDELLEENJÄRJESTETTÄVÄT KYTKENNÄT
164
166
MIKÄ POLKU VAATII PIENIMMÄN MÄÄRÄN UUDELLEENJÄRJESTELYJÄ ?
168
170
UUDELLEENJÄRJESTÄ KYTKENNÄT YKSI KERRALLAAN KÄYTTÄMÄLLÄ TÖRMÄYKSETÖNTÄ RULLAUSTA
172
178
VALITSE 2 AIKAVÄLIÄ UUDELLEENJÄRJESTELTÄVIKSI
ETSI UUDELLEENJÄRJESTETTÄVÄT KYTKENNÄT
180
182
MIKÄ POLKU VAATII PIENIMMÄN MÄÄRÄN UUDELLEENJÄRJESTELYJÄ ?
184
186
UUDELLEENJÄRJESTÄ KYTKENNÄT YKSI KERRALLAAN (TÄMÄ ON AUTOMAATTISESTI TÖRMÄYKSETÖN)
188

FIG. 6

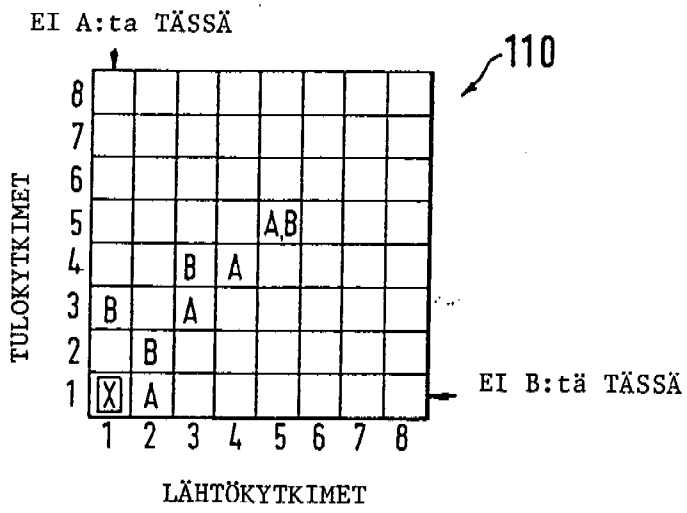


FIG. 7

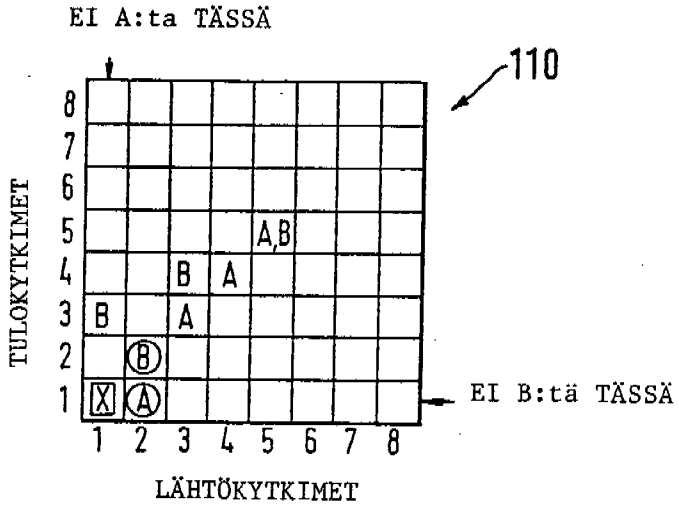


FIG. 8

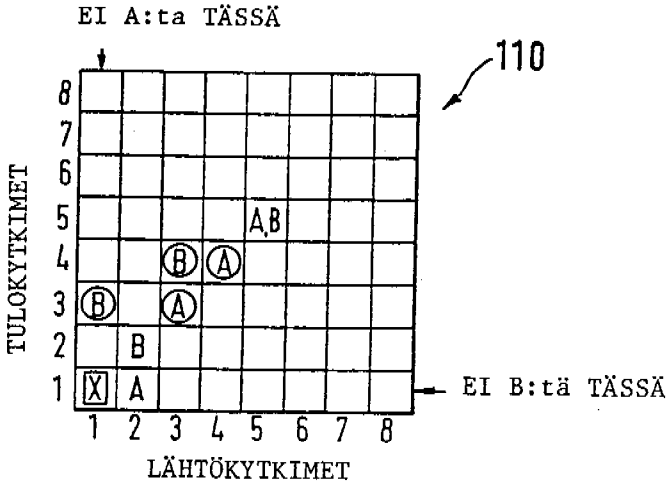


FIG. 9

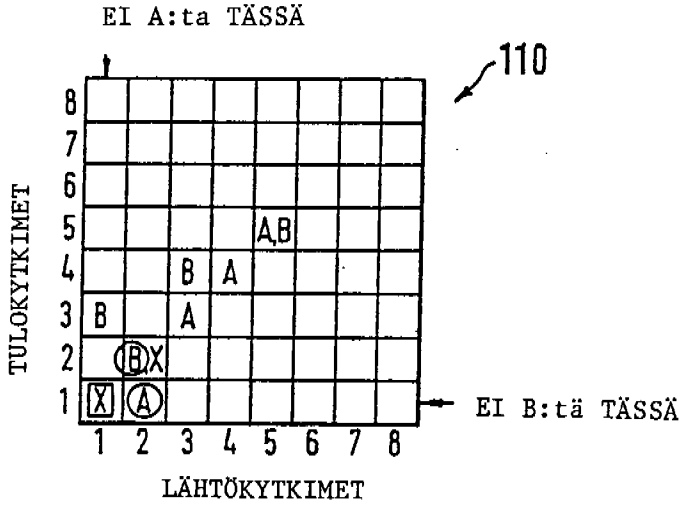


FIG. 10

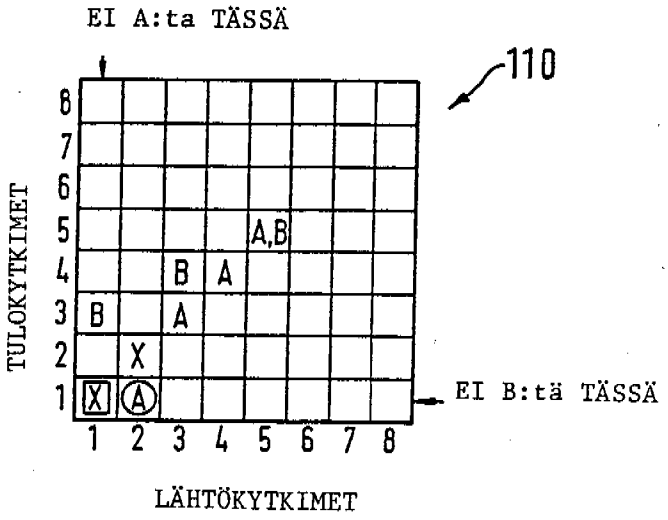


FIG. 11

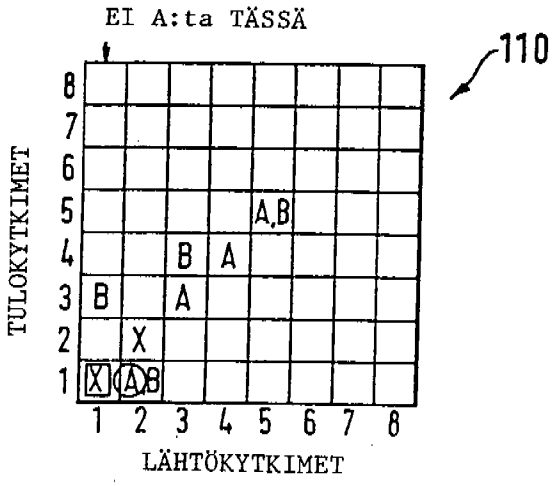


FIG. 12

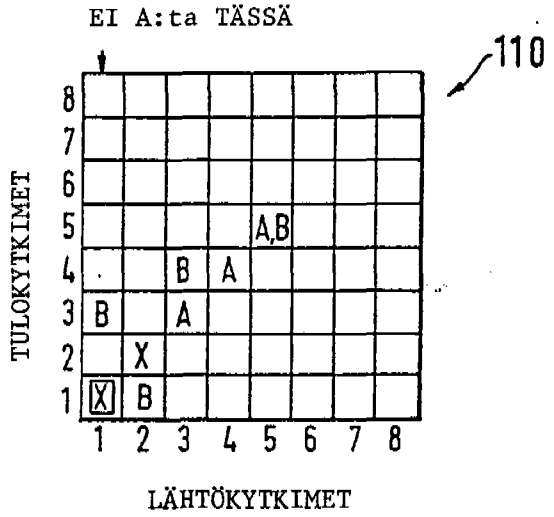


FIG. 13

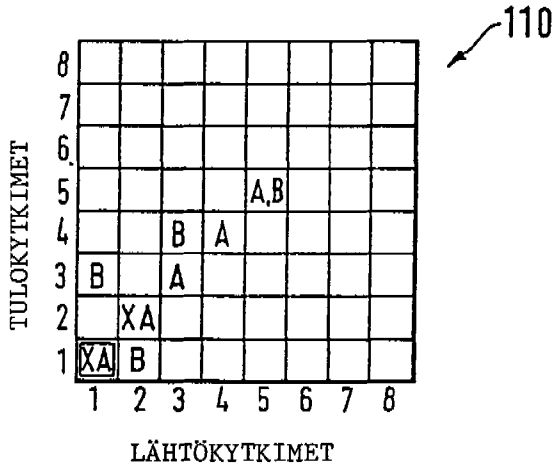


FIG. 14

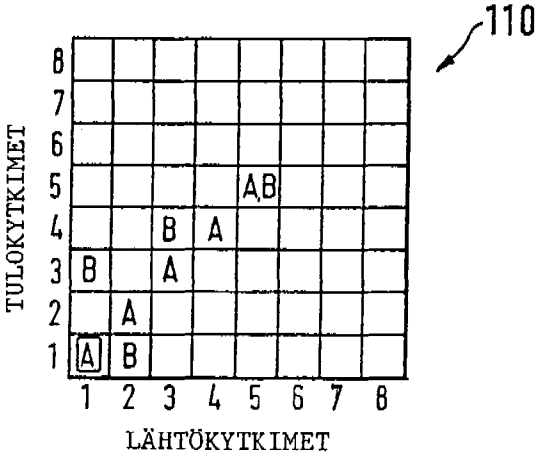


FIG.15

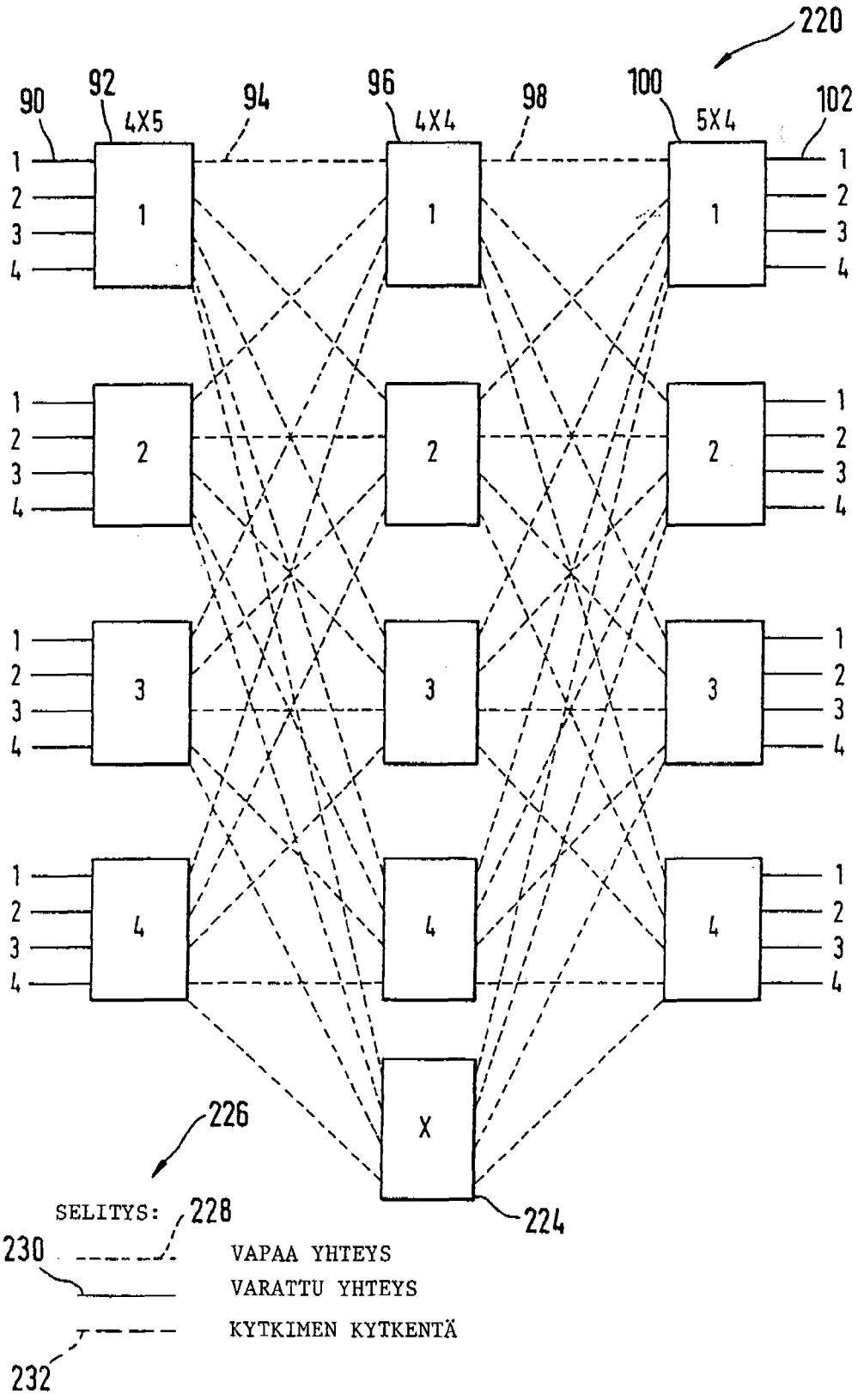

220
90
92
4X5
94
96
4X4
98
100
5X4
102
1
2
3
4
X
226
SELITYS:
228
230
VAPAA YHTEYS
VARATTU YHTEYS
KYTKIMEN KYTKENTÄ
232
224

FIG.16

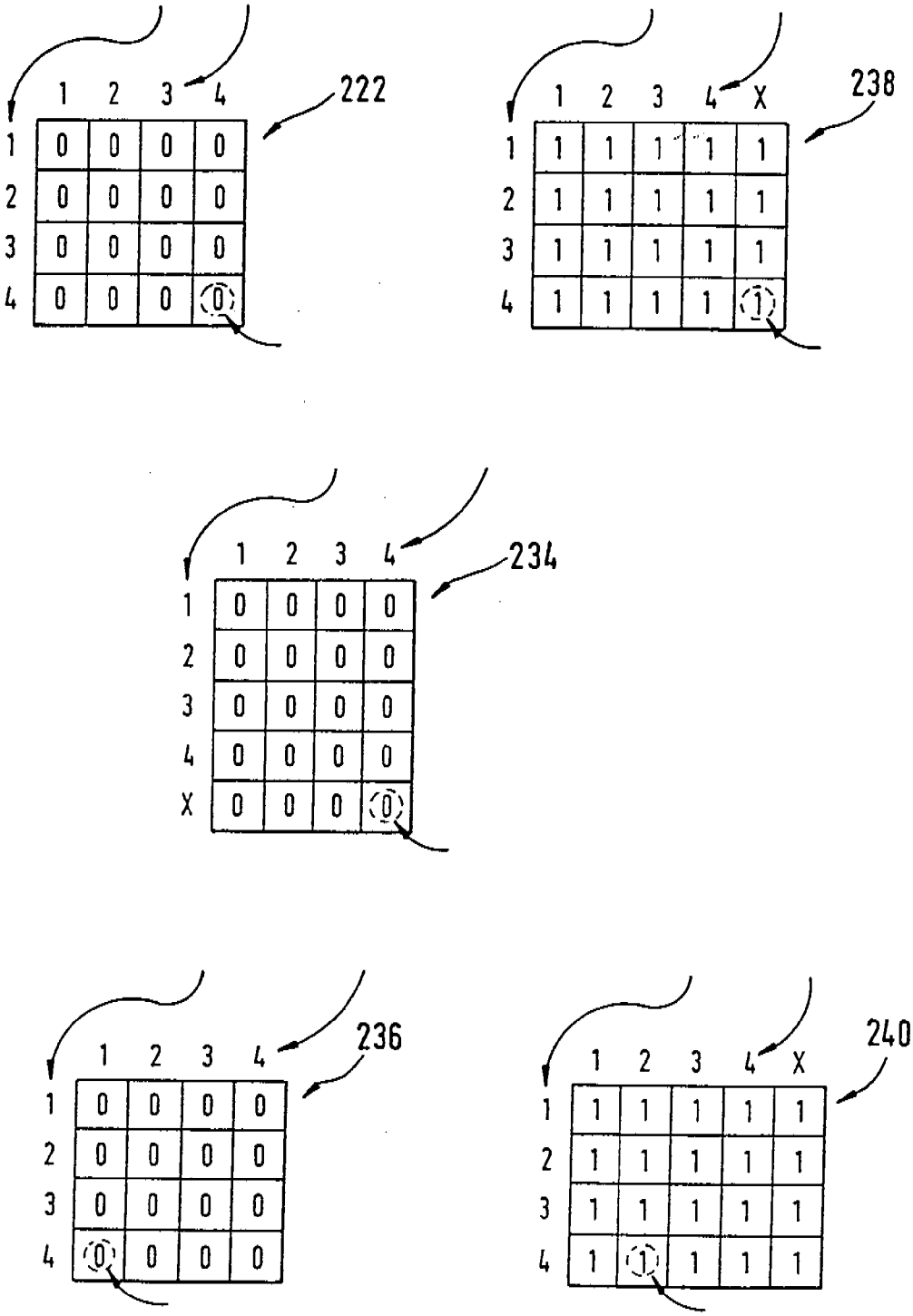

1 2 3 4
1 0 0 0 0
2 0 0 0 0
3 0 0 0 0
4 0 0 0 0
222
1 2 3 4 X
1 1 1 1 1 1
2 1 1 1 1 1
3 1 1 1 1 1
4 1 1 1 1 1
238
1 2 3 4
1 0 0 0 0
2 0 0 0 0
3 0 0 0 0
4 0 0 0 0
X 0 0 0 0
234
1 2 3 4
1 0 0 0 0
2 0 0 0 0
3 0 0 0 0
4 0 0 0 0
236
1 2 3 4 X
1 1 1 1 1 1
2 1 1 1 1 1
3 1 1 1 1 1
4 1 1 1 1 1
240

FIG.17

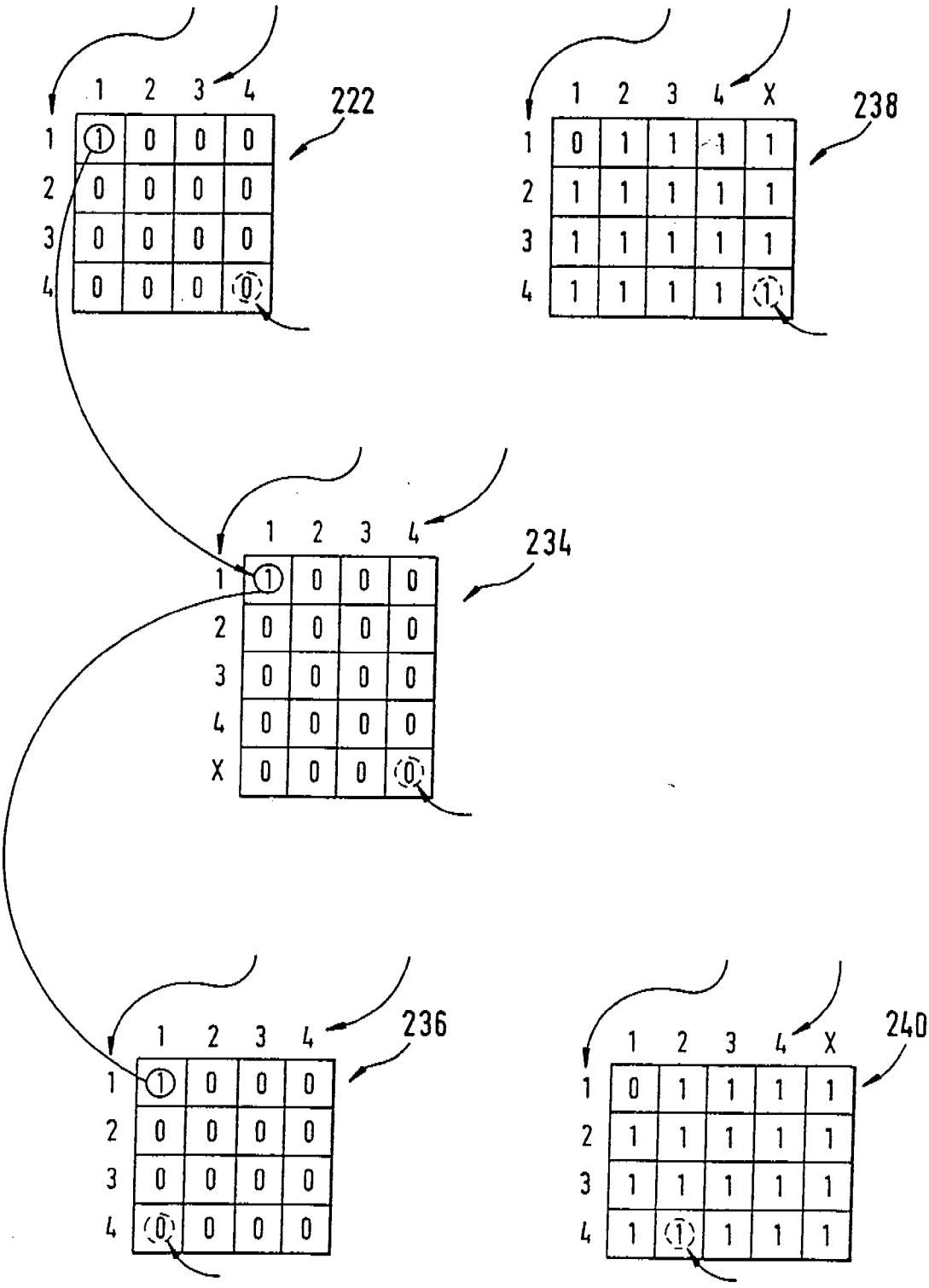


FIG.18

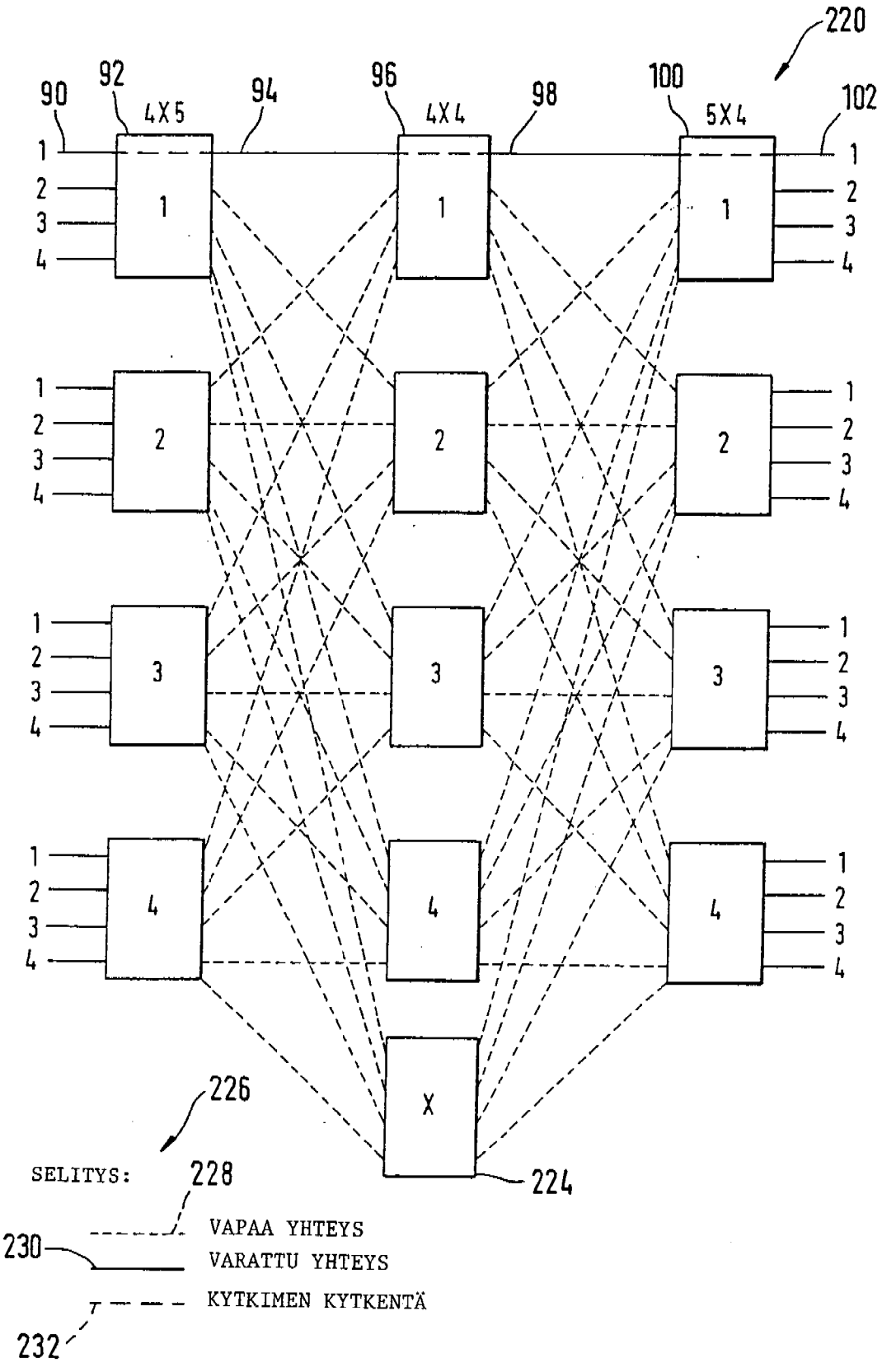

220
90
92
4X5
94
96
4X4
98
100
5X4
102
1
2
3
4
X
226
224
SELITYS:
228
VAPAA YHTEYS
230
VARATTU YHTEYS
KYTKIMEN KYTKENTÄ
232

FIG.19

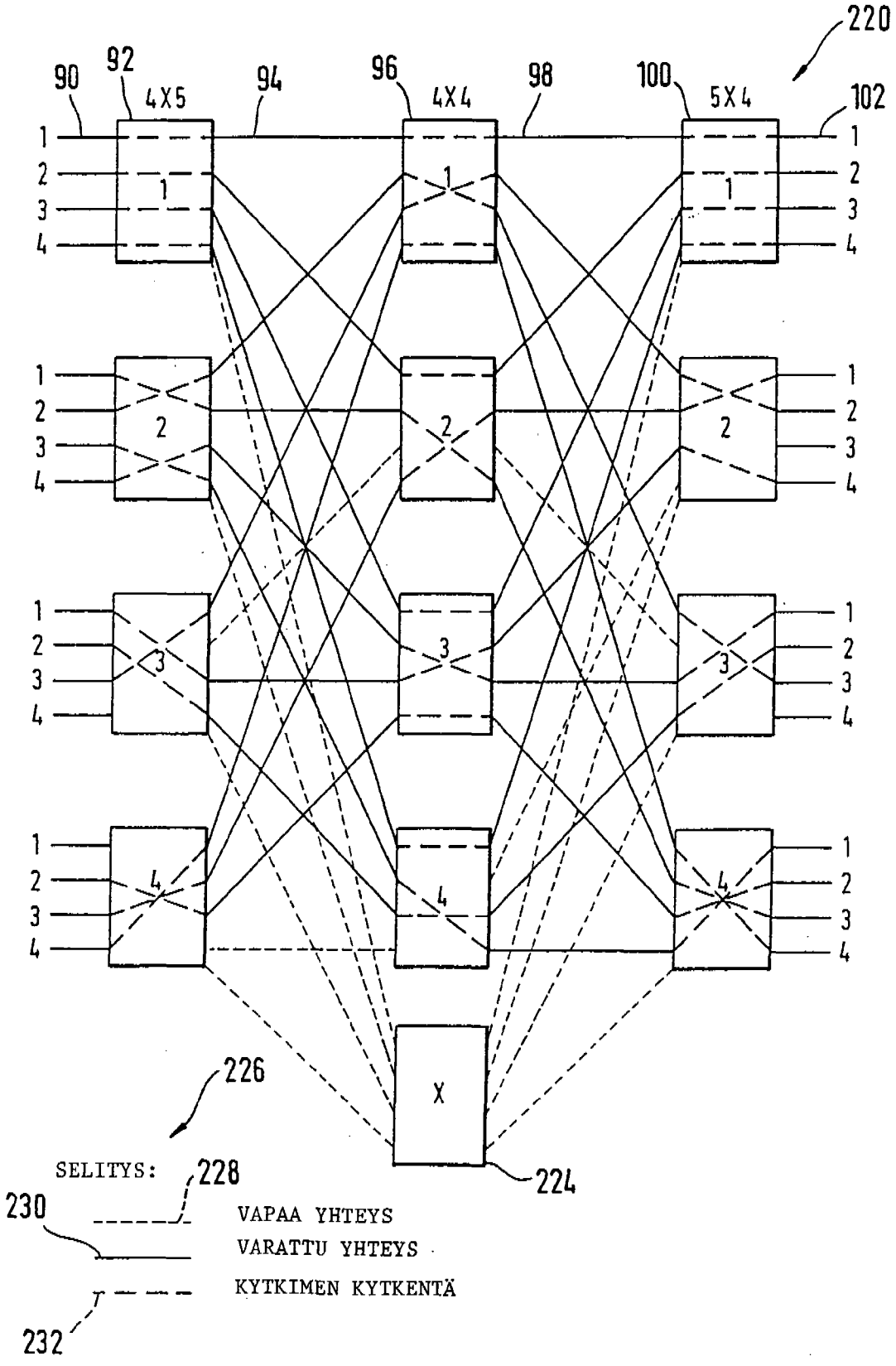

220
90
92
4X5
94
96
4X4
98
100
5X4
102
1
2
3
4
X
226
224
SELITYS:
228
230
VAPAA YHTEYS
VARATTU YHTEYS
KYTKIMEN KYTKENTÄ
232

FIG. 20

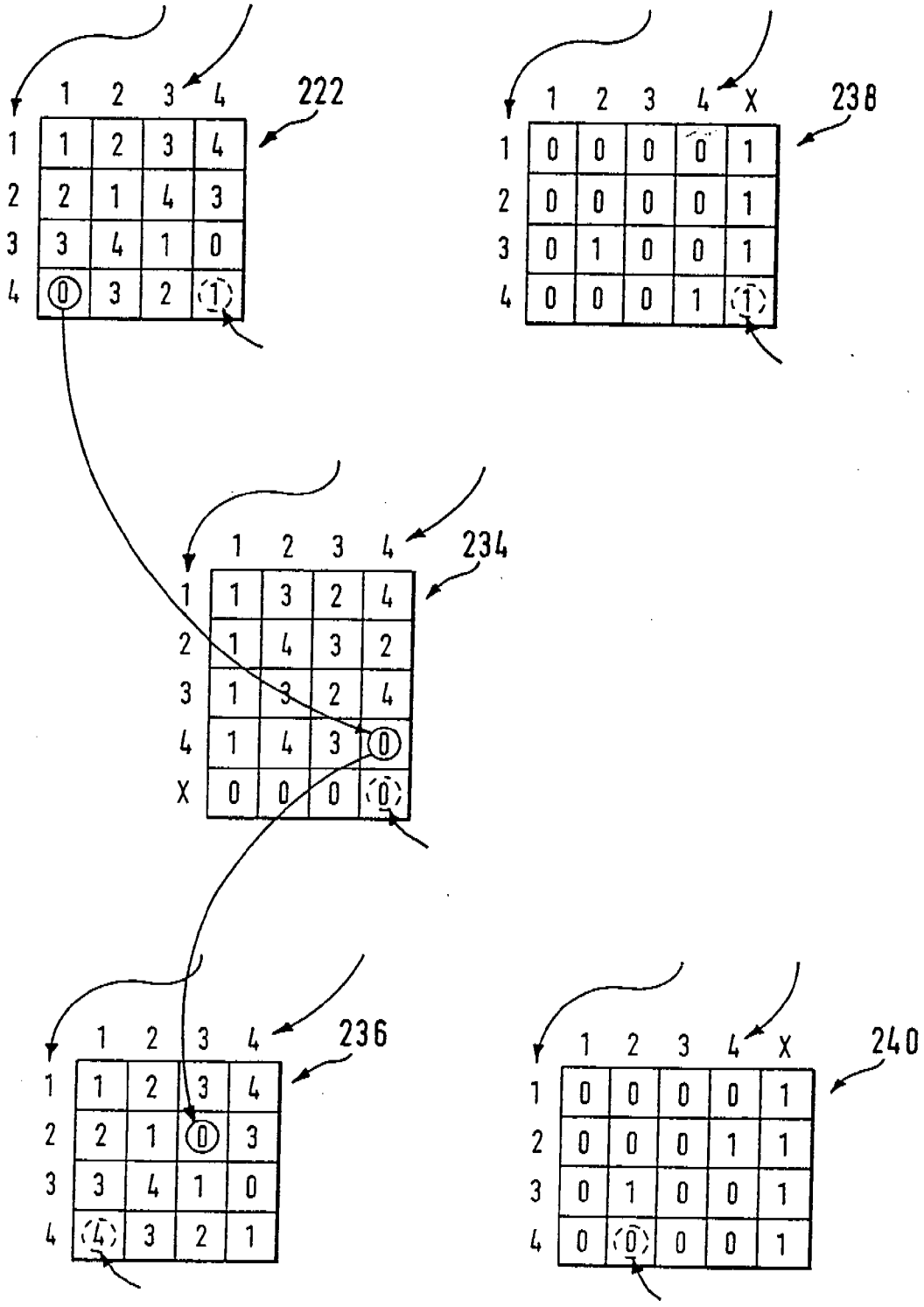


FIG. 21

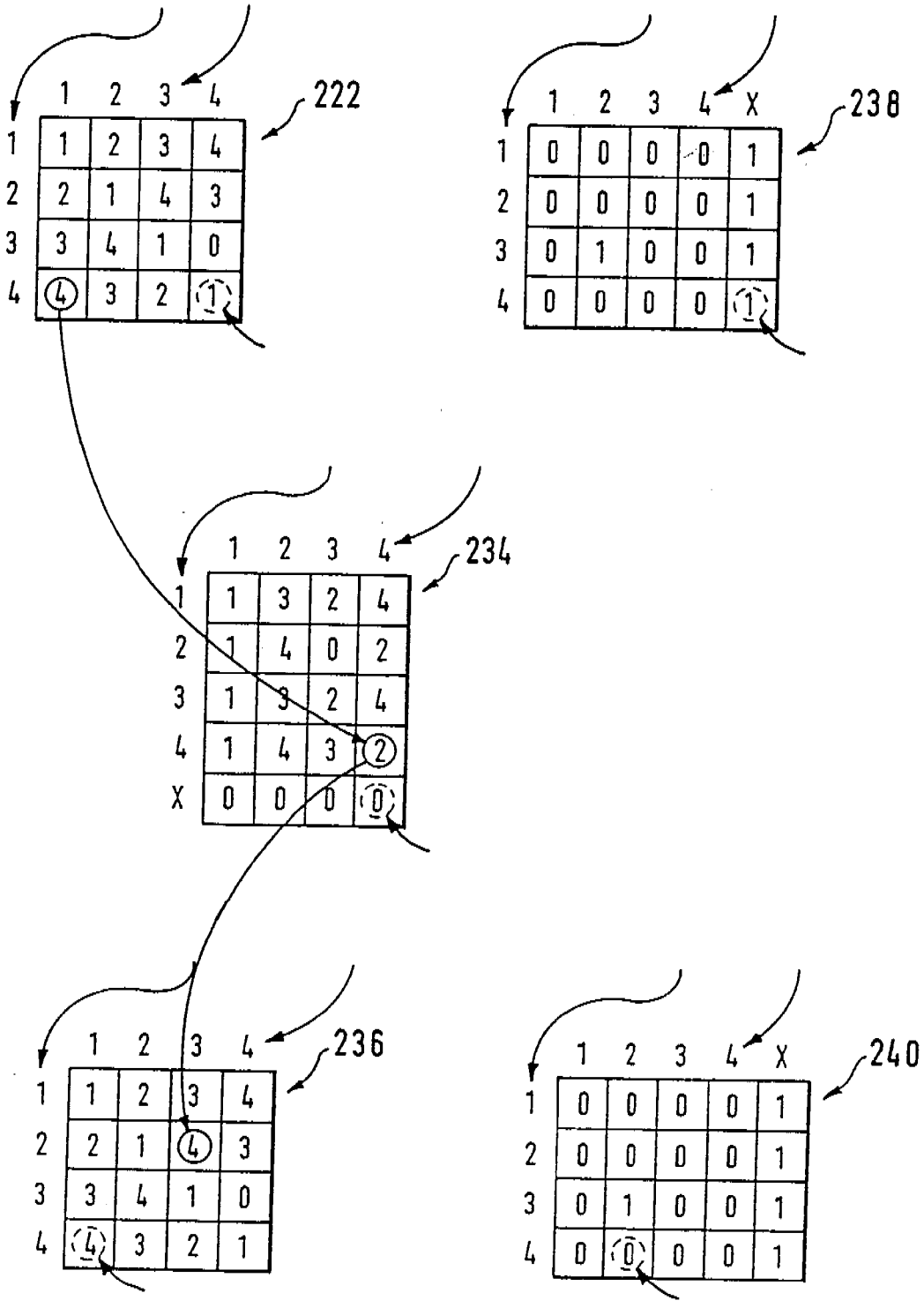


FIG. 22

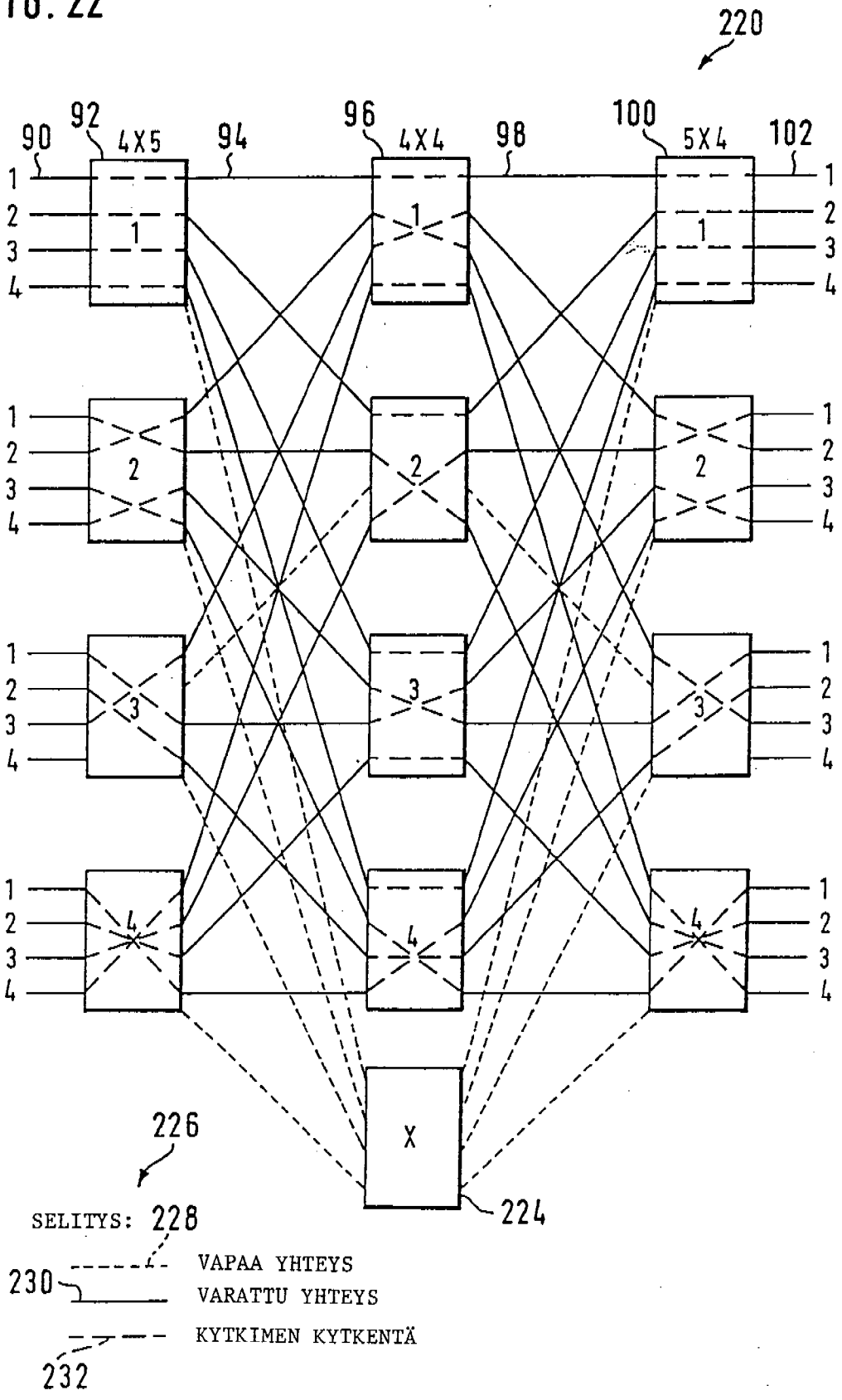

220
90
92
4X5
94
96
4X4
98
100
5X4
102
1
2
3
4
X
224
226
SELITYS:
228
230
VAPAA YHTEYS
VARATTU YHTEYS
KYTKIMEN KYTKENTÄ
232

FIG.23

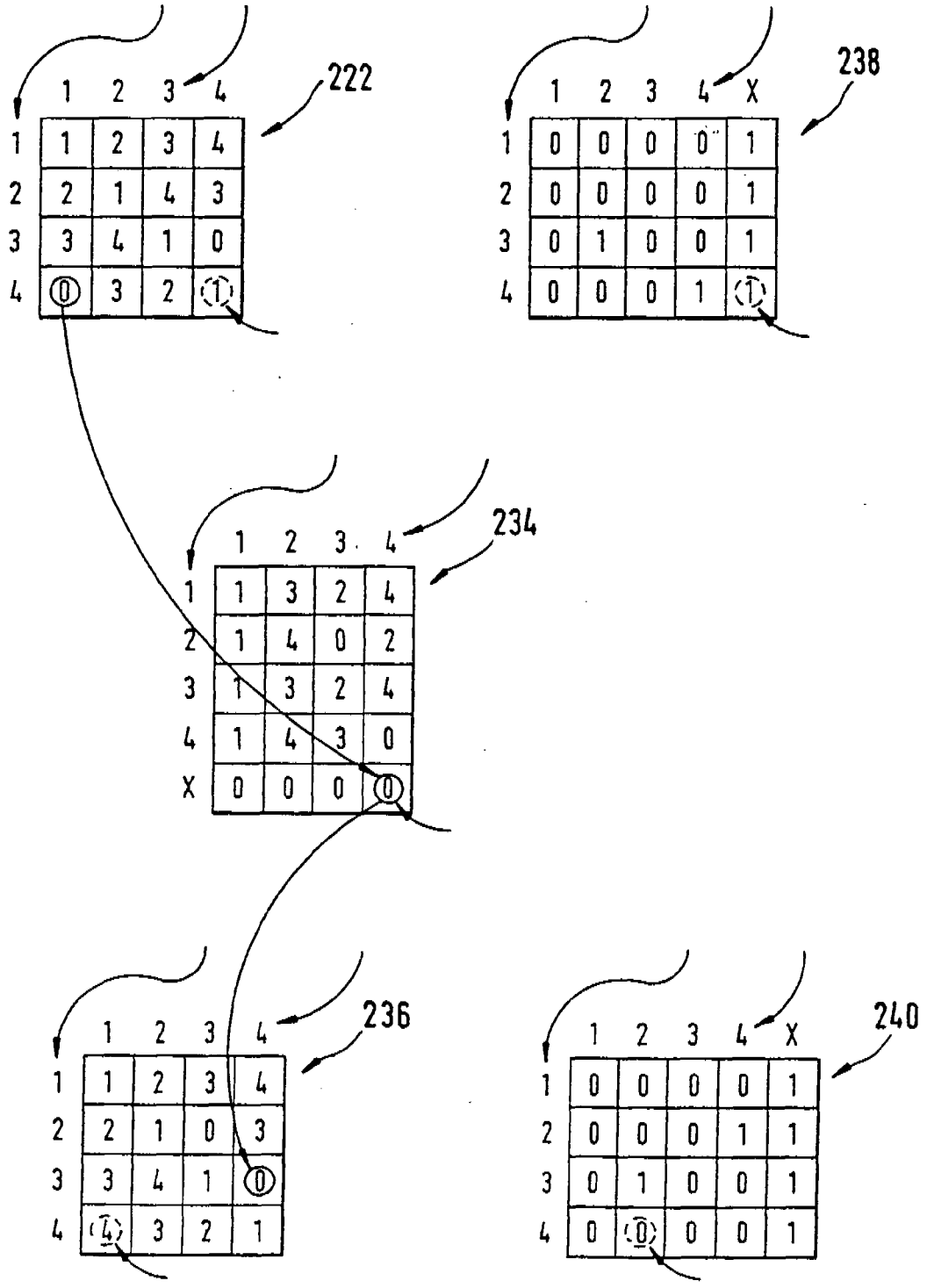


FIG.24

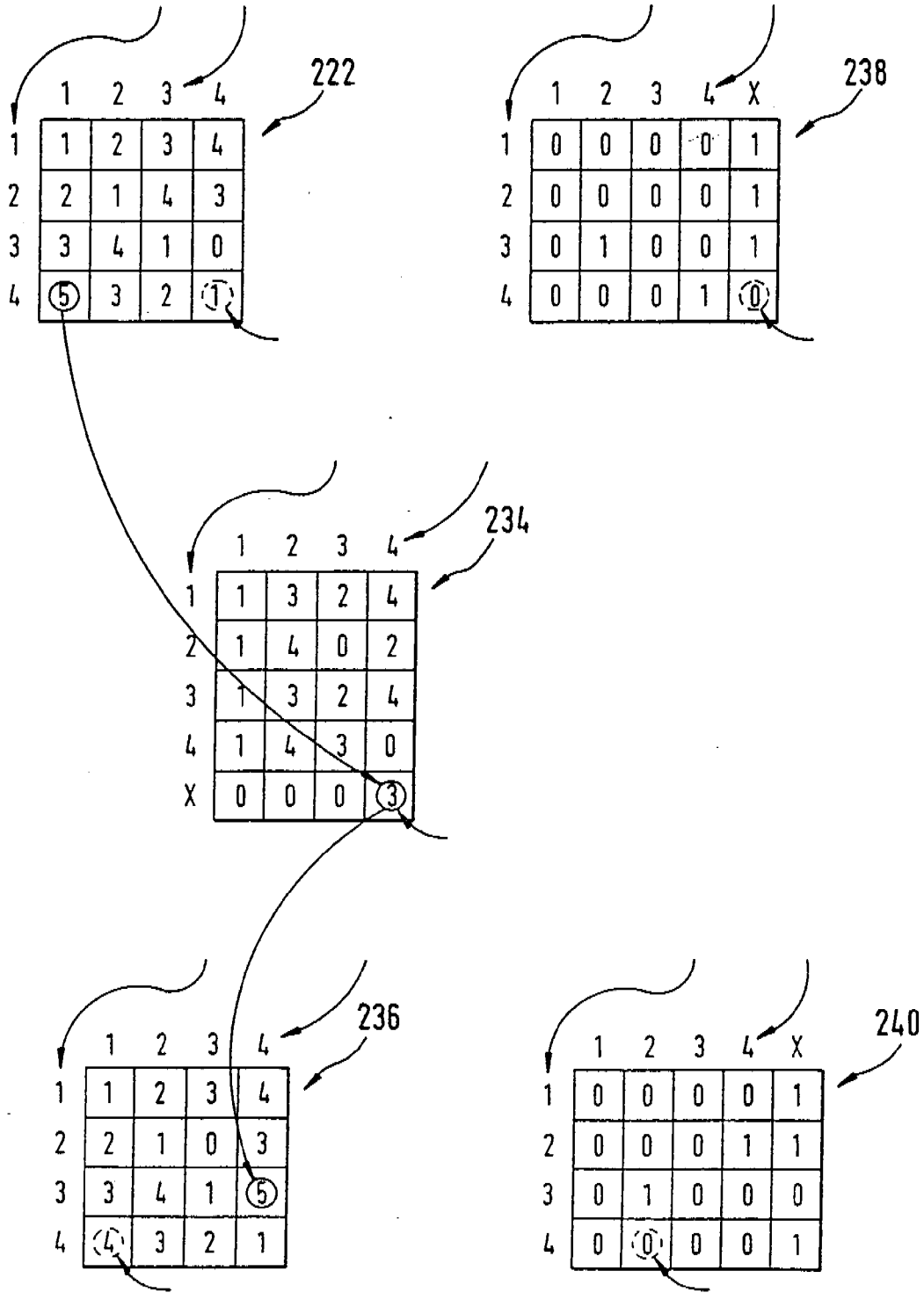

222
1 2 3 4
1 1 2 3 4
2 2 1 4 3
3 3 4 1 0
4 5 3 2 1
238
1 2 3 4 X
1 0 0 0 0 1
2 0 0 0 0 1
3 0 1 0 0 1
4 0 0 0 1 0
234
1 2 3 4
1 1 3 2 4
2 1 4 0 2
3 1 3 2 4
4 1 4 3 0
X 0 0 0 3
236
1 2 3 4
1 1 2 3 4
2 2 1 0 3
3 3 4 1 5
4 4 3 2 1
240
1 2 3 4 X
1 0 0 0 0 1
2 0 0 0 1 1
3 0 1 0 0 0
4 0 0 0 0 1

FIG. 25

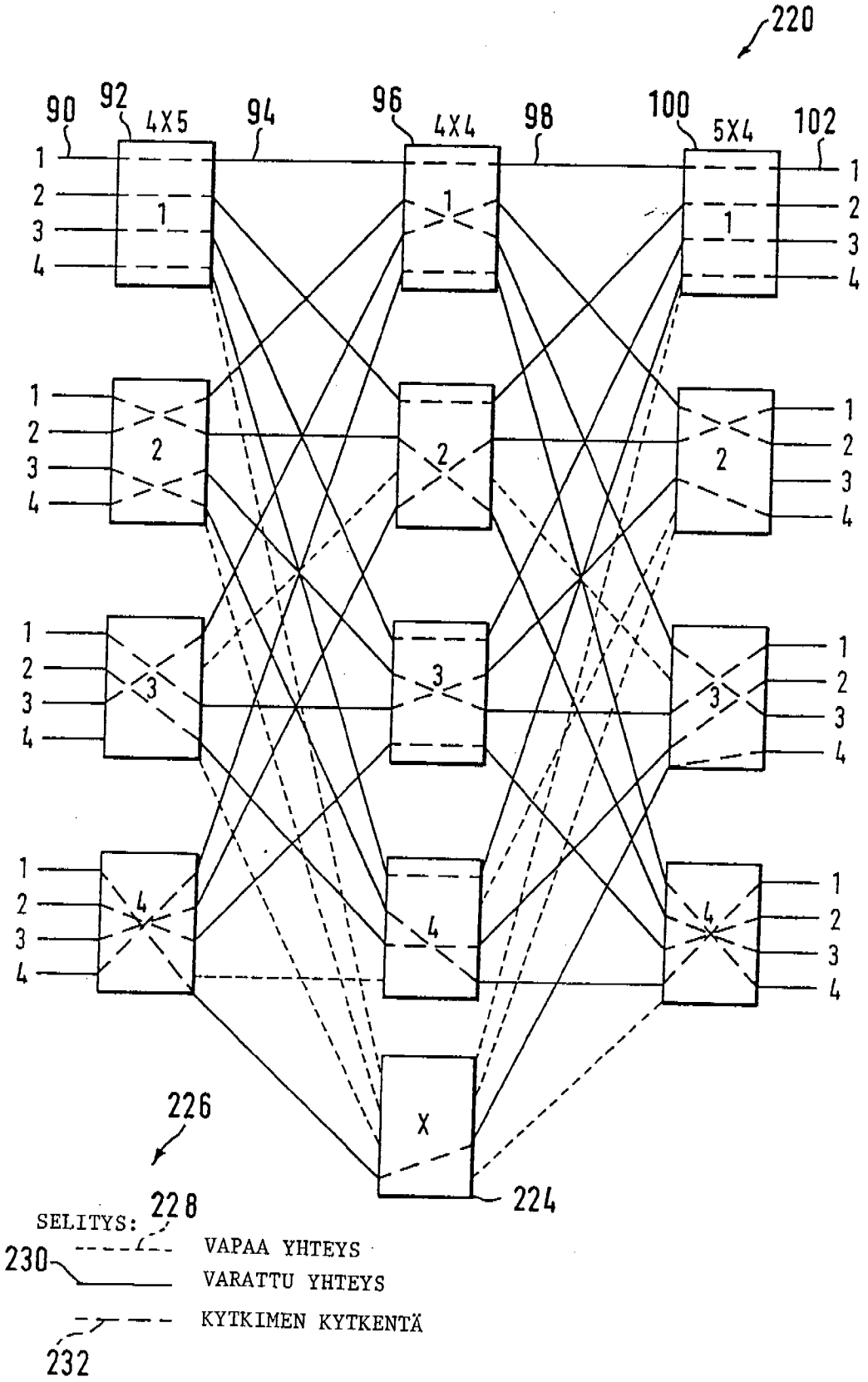

220
90
92
4X5
94
96
4X4
98
100
5X4
102
1
2
3
4
X
226
228
224
230
232
SELITYS:
VAPAA YHTEYS
VARATTU YHTEYS
KYTKIMEN KYTKENTÄ

FIG.26

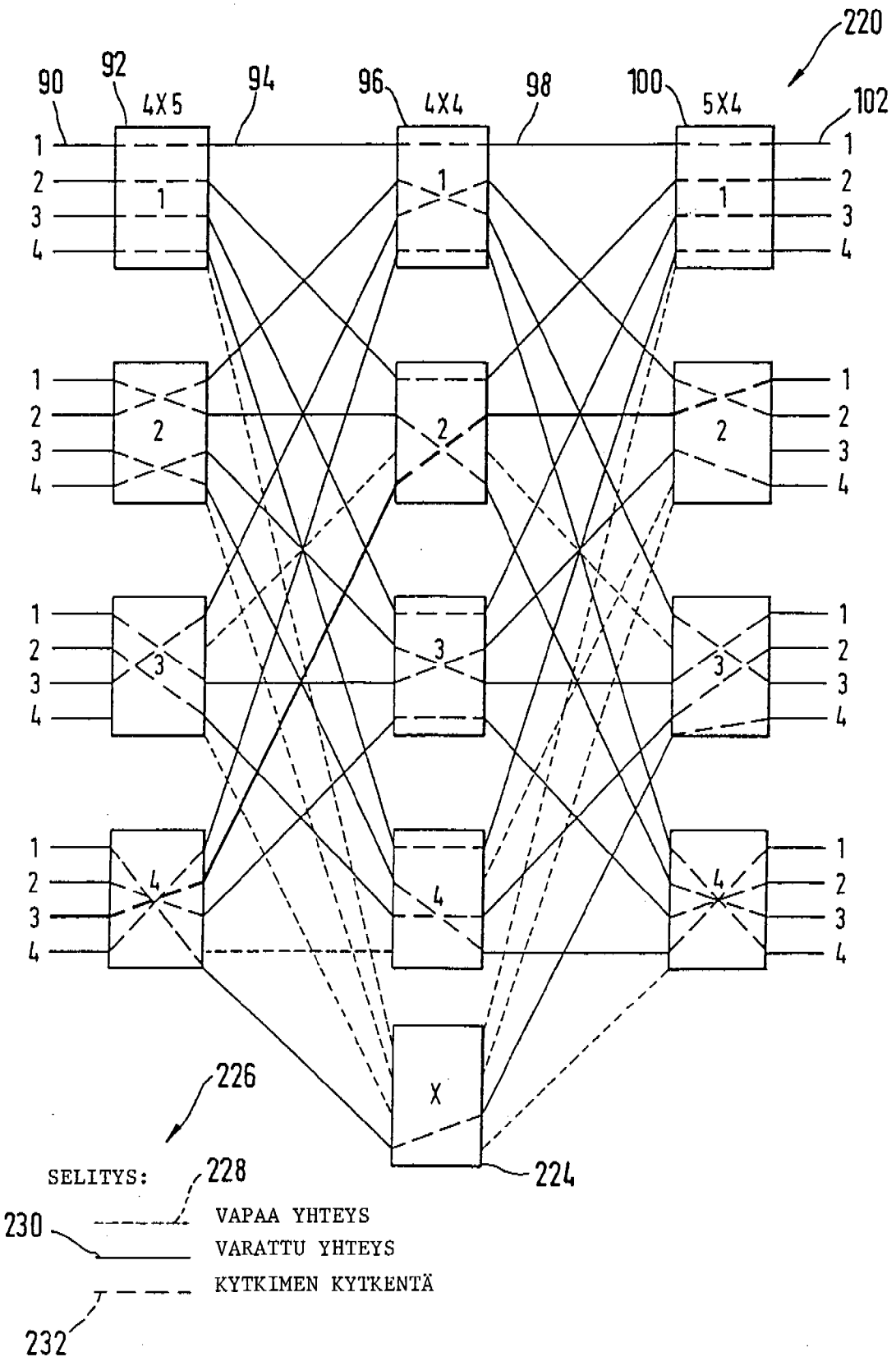

220
90
92
4X5
94
96
4X4
98
100
5X4
102
1
2
3
4
X
226
224
SELITYS:
228
230
VAPAA YHTEYS
VARATTU YHTEYS
KYTKIMEN KYTKENTÄ
232

FIG.27

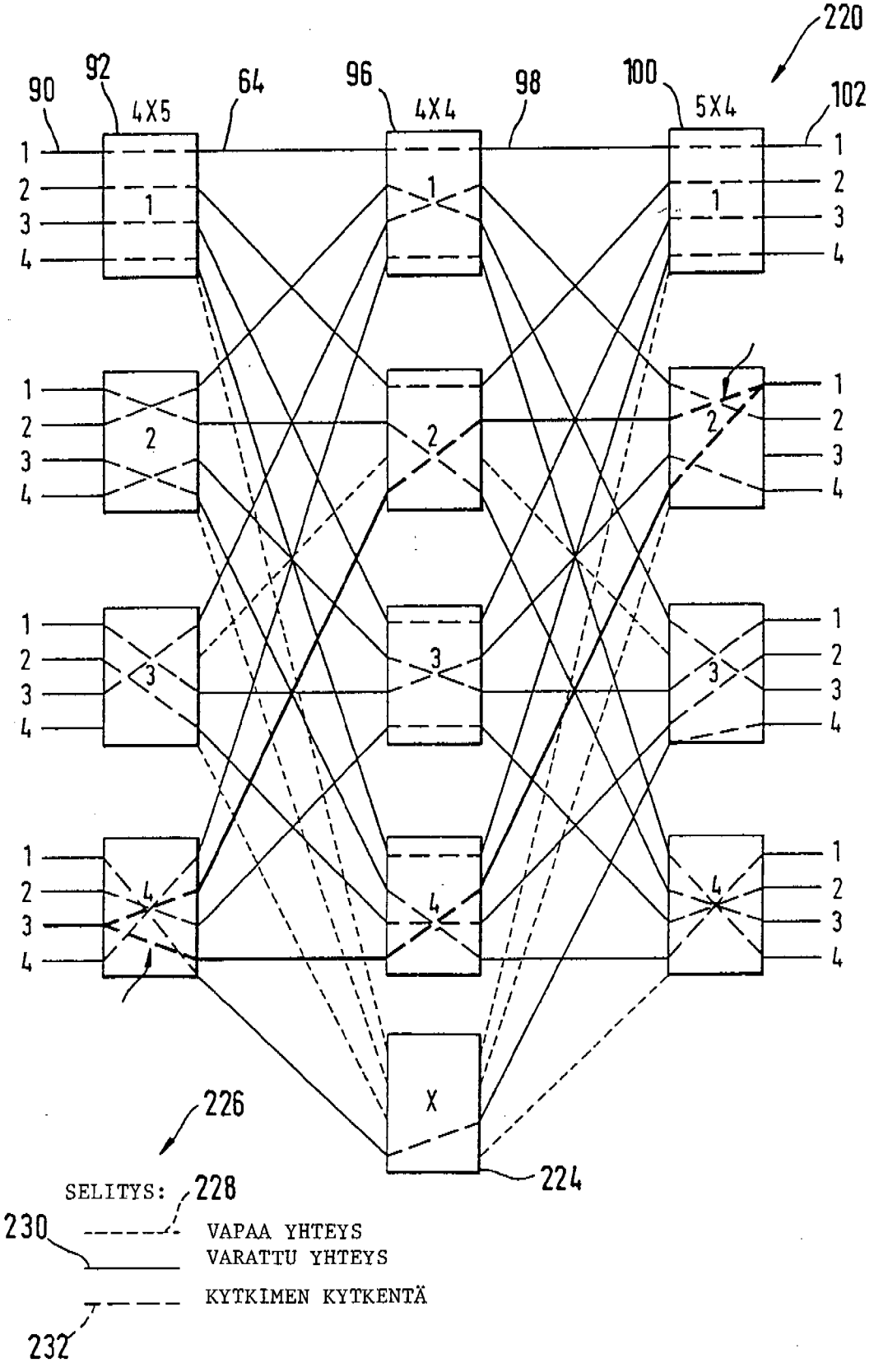

220
90
92
4X5
64
96
4X4
98
100
5X4
102
1
2
3
4
X
226
224
SELITYS:
228
230
VAPAA YHTEYS
VARATTU YHTEYS
KYTKIMEN KYTKENTÄ
232

FIG. 28

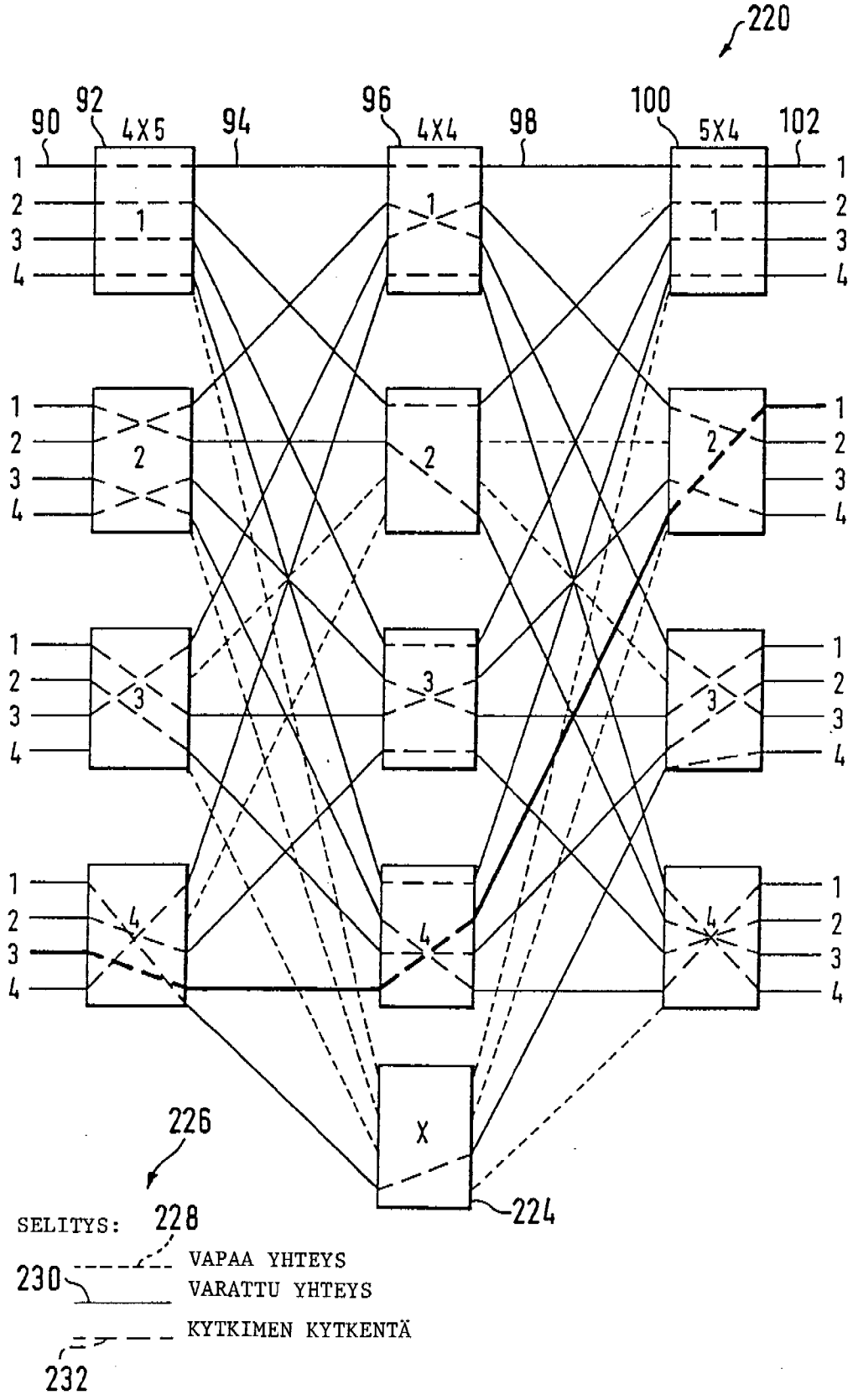

220
90
92
4X5
94
96
4X4
98
100
5X4
102
1
2
3
4
X
226
228
224
SELITYS:
VAPAA YHTEYS
230
VARATTU YHTEYS
KYTKIMEN KYTKENTÄ
232

FIG. 29

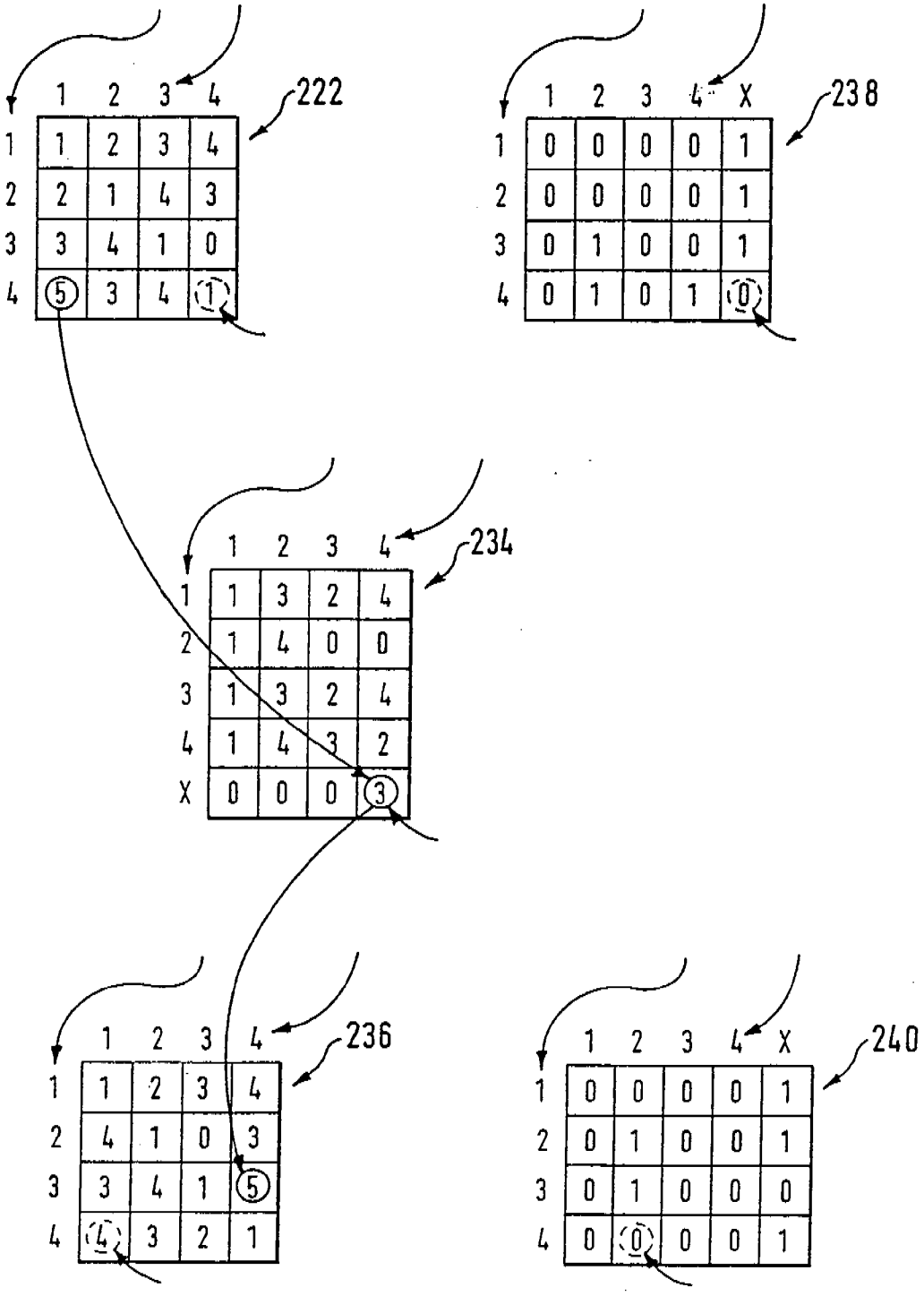


FIG.30

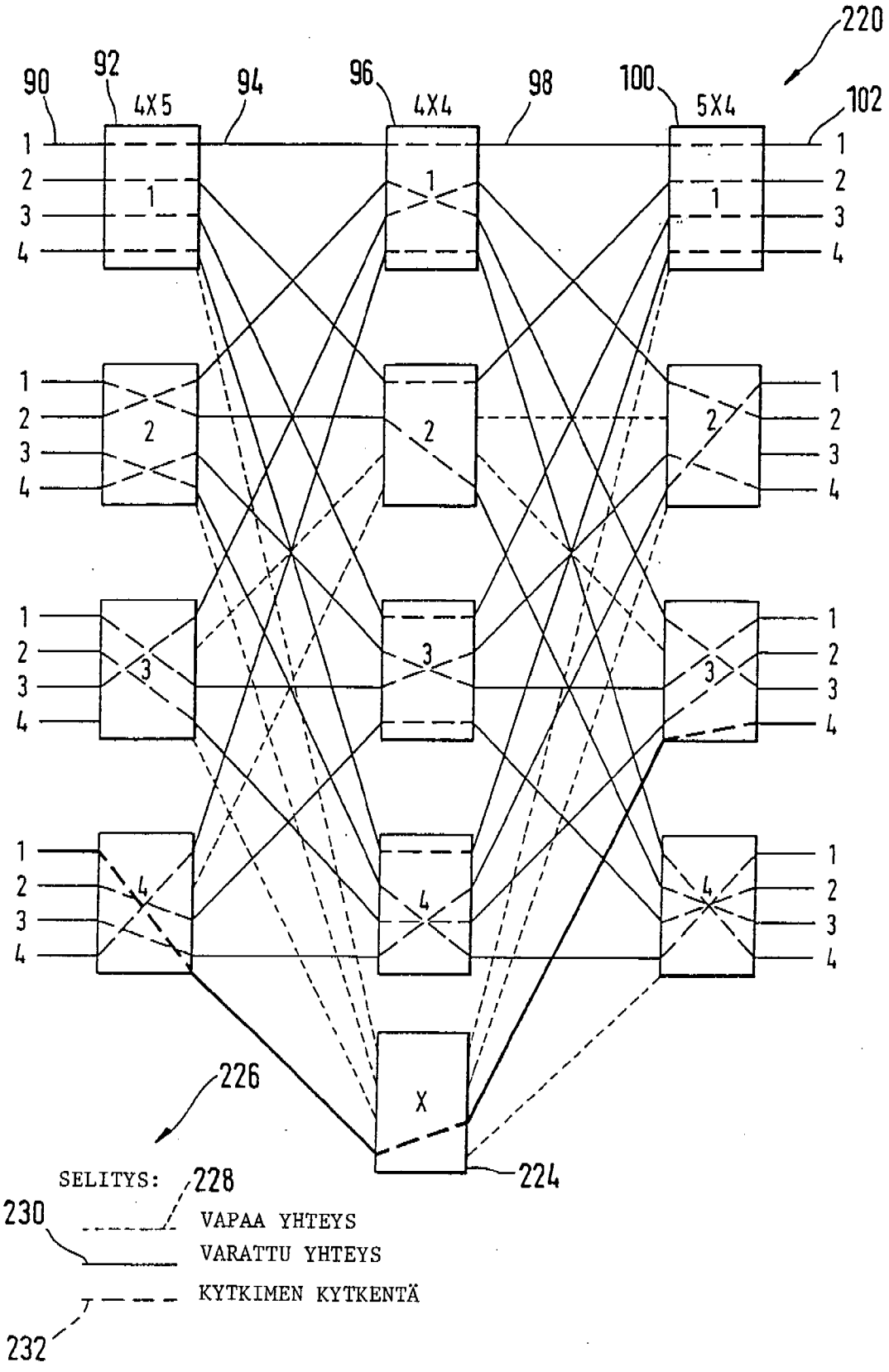

220
90
92
4X5
94
96
4X4
98
100
5X4
102
1
2
3
4
226
X
224
SELITYS:
228
230
VAPAA YHTEYS
VARATTU YHTEYS
KYTKIMEN KYTKENTÄ
232

FIG.31

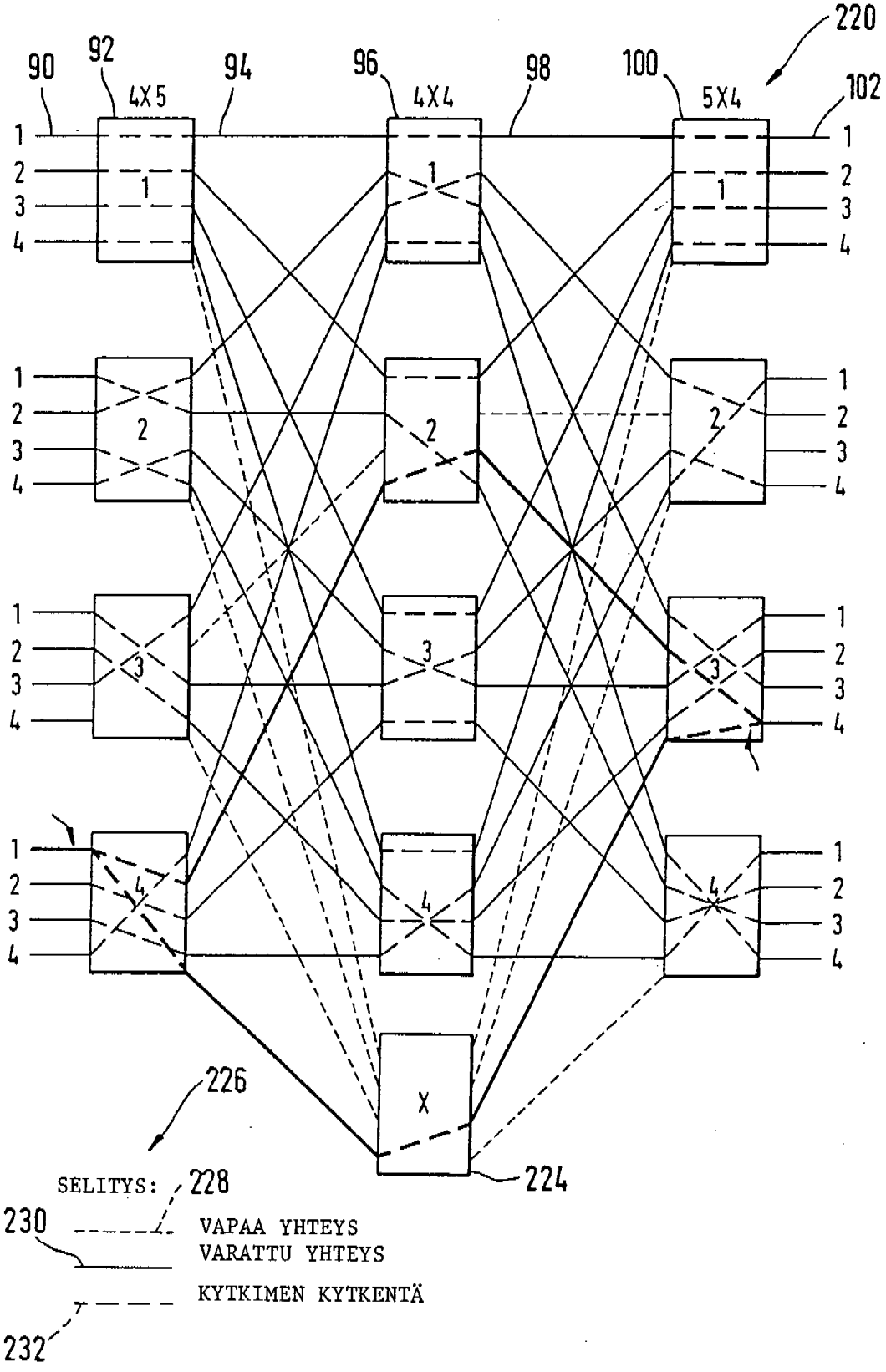

220
90
92
4X5
94
96
4X4
98
100
5X4
102
1
2
3
4
X
226
224
SELITYS:
228
230
VAPAA YHTEYS
VARATTU YHTEYS
KYTKIMEN KYTKENTÄ
232

FIG. 32

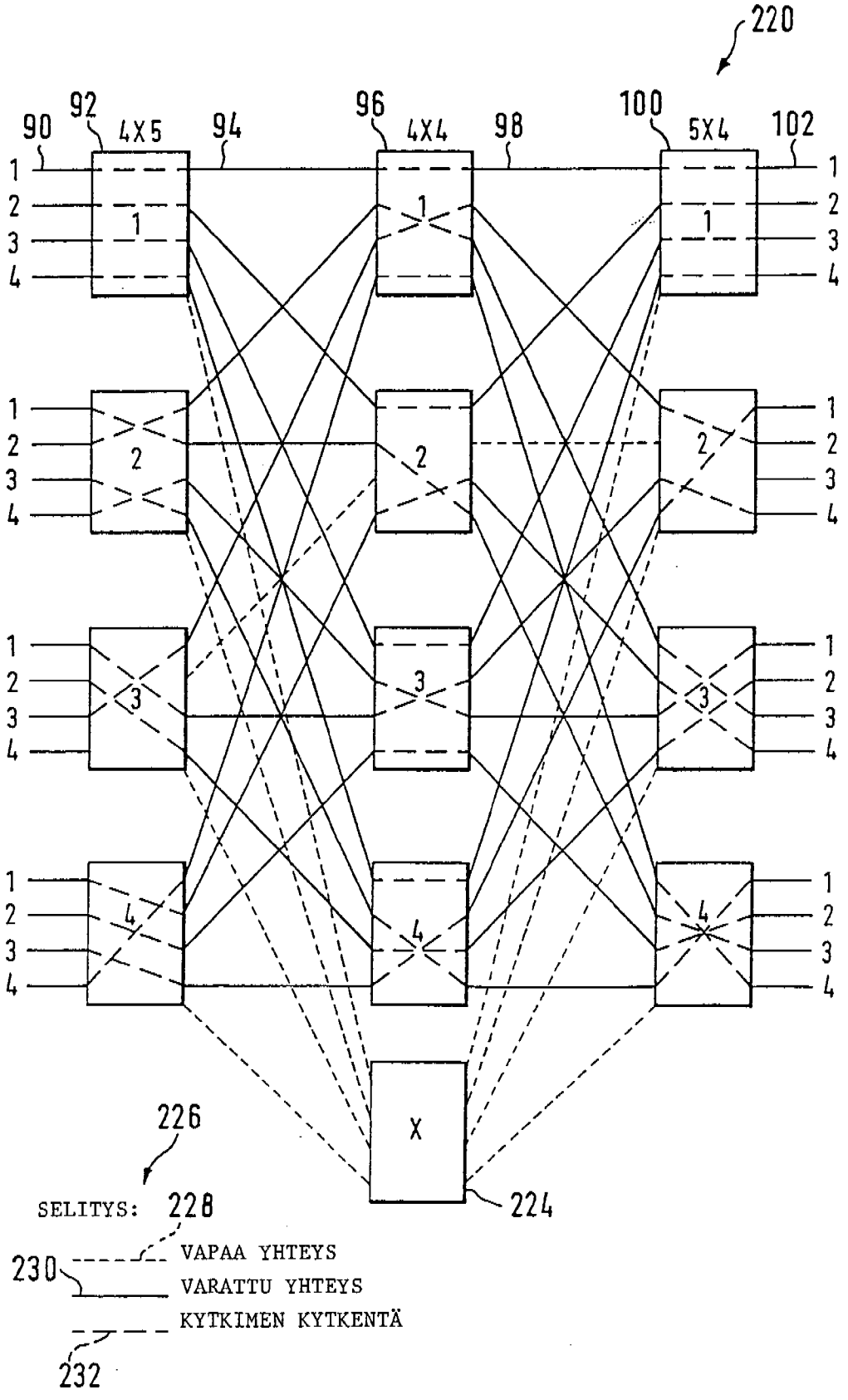

220
90
92
4X5
94
96
4X4
98
100
5X4
102
1
2
3
4
X
224
226
SELITYS:
228
230
VAPAA YHTEYS
VARATTU YHTEYS
KYTKIMEN KYTKENTÄ
232

FIG. 33

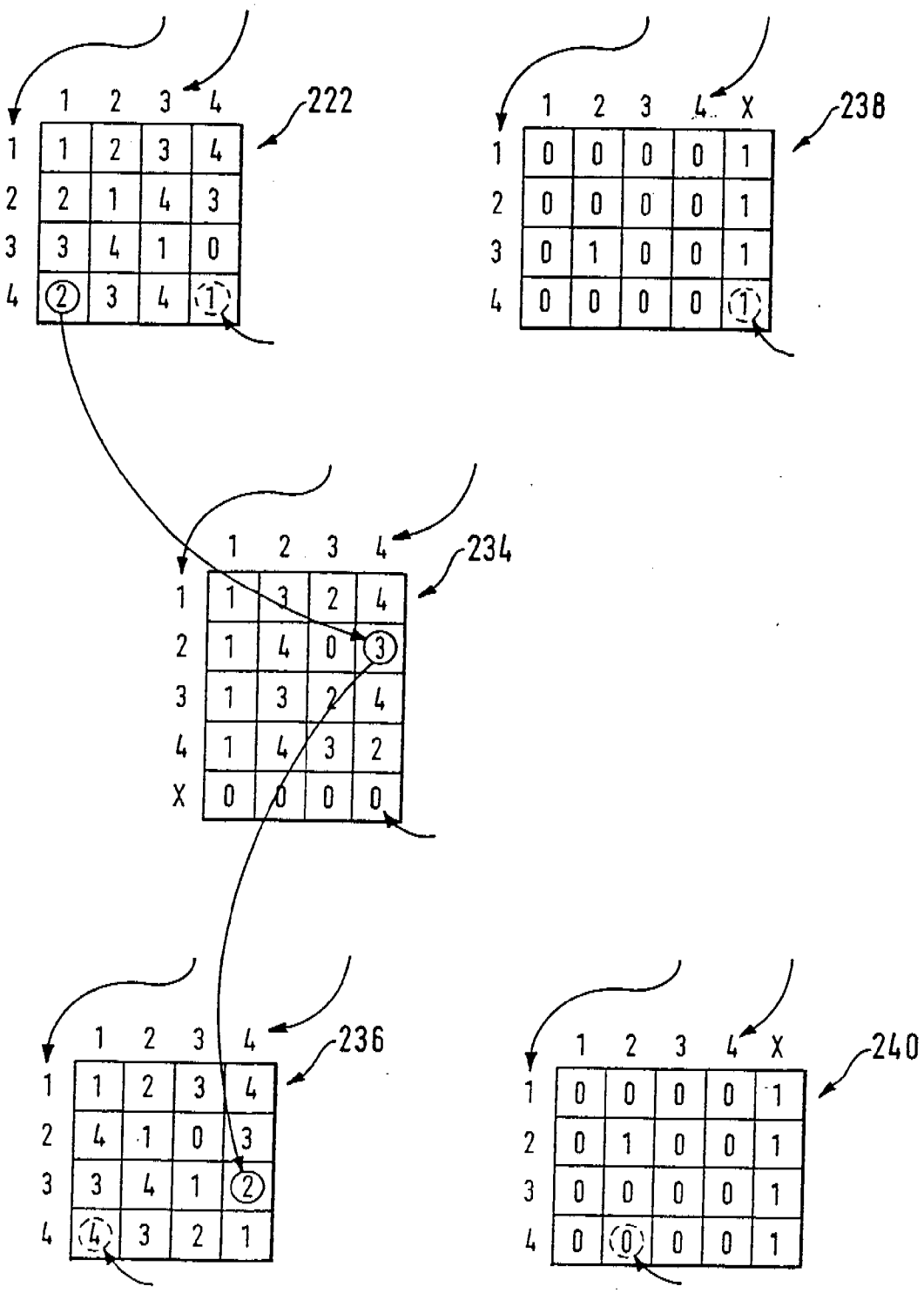
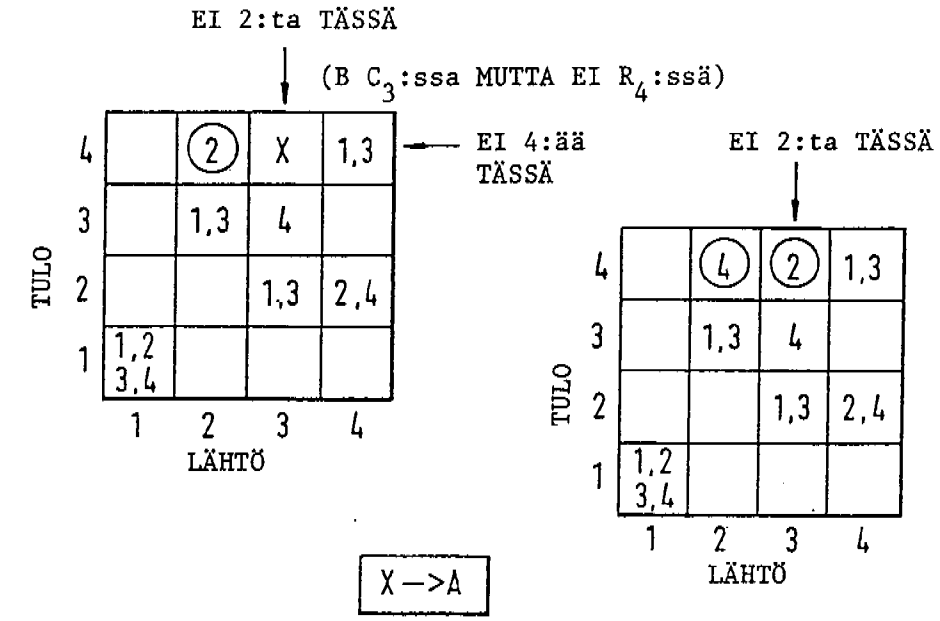


FIG. 34


(A R_4:ssä MUTTA EI C_3:ssa)
EI 2:ta TÄSSÄ
(B C_3:ssa MUTTA EI R_4:ssä)
EI 4:ää TÄSSÄ
TULO
LÄHTÖ
X->A
(A R_4:ssä MUTTA EI C_3:ssa)
EI 2:ta TÄSSÄ
(B C_3:ssa MUTTA EI R_4:ssä)
EI 4:ää TÄSSÄ
TULO
LÄHTÖ
X->B

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS **TUTKIMUSRAPORTTI**

Patentti- ja innovaatiolinja

PATENTTIHAKEMUS NRO	LUOKITUS
932177	H04Q 11/06

TUTKITTU AINEISTO

Patenttijulkaisukokoelma (FI, SE, NO, DK, DE, CH, EP, WO, GB, US), tutkitut luokat

H04Q 3/545, 66, 68 FI, SE, NO, DK
H04Q 11/00, 04, 06 FI, SE, NO, DK

Tiedonhaut ja muu aineisto

VIITEJULKAISUT

Kategoria*)	Julkaisun tunnistetiedot	Koskee vaatimuksia
A	US-A-4993016, Richards, julk. 12.2.91, H04Q 11/00	
A (uusi)	EP-A2-569905, Alcatel N.V.,julk. 18.11.93, H04Q 3/66	
A (uusi)	EP-A2-569906, Alcatel N.V.,julk. 18.11.93, H04Q 11/04	

*) X Patentoitavuuden kannalta merkittävä julkaisu yksinään tarkasteltuna
Y Patentoitavuuden kannalta merkittävä julkaisu, kun otetaan huomioon tämä ja yksi tai useampi samaan kategoriaan kuuluva julkaisu
A Yleistä tekniikan tasoa edustava julkaisu, ei kuitenkaan patentoitavuuden este

Päiväys	Tutkija
28.12.2000	Seppo Ojala