



FI000108478B



SUOMI - FINLAND
(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

(12) PATENTTIJULKAISU
PATENTSKRIFT

(10) FI 108478 B

(45) Patentti myönnetty - Patent beviljats

31.01.2002

(51) Kv.lk.7 - Int.kl.7

G06F 9/44, 9/46

(21) Patentihakemus - Patentansökning

980135

(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag

21.01.1998

(24) Alkupäivä - Löpdag

21.01.1998

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig

22.07.1999

(73) Haltija - Innehavare

1 •Nokia Corporation, Helsinki, Keilalahdentie 4, 02150 Espoo, SUOMI - FINLAND, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

- 1 •Rönkkä, Risto, Aarikkalankatu 2 as. 4, 33530 Tampere, SUOMI - FINLAND, (FI)
2 •Saarinen, Vesa, Pehkusuonkatu 21 B 47, 33820 Tampere, SUOMI - FINLAND, (FI)
3 •Kantola, Janne, Elementinpolku 15 A 6, 33720 Tampere, SUOMI - FINLAND, (FI)
4 •Leskelä, Jyrki, Siirtolantie 7 A 9, 90530 Oulu, SUOMI - FINLAND, (FI)
5 •Lempinen, Kim, Tellervontie 5 C 17, 90570 Oulu, SUOMI - FINLAND, (FI)
6 •Purhonen, Anu, Mustaherukkatie 9 E, 90800 Oulu, SUOMI - FINLAND, (FI)

(74) Asiamies - Ombud: Tampereen Patenttitoimisto Oy
Hermiankatu 6, 33720 Tampere

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

Sulautettu järjestelmä
Inbyggt system

(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

EP A 0360135 (G06F 9/46), US A 5278973 (G06F 9/22)

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

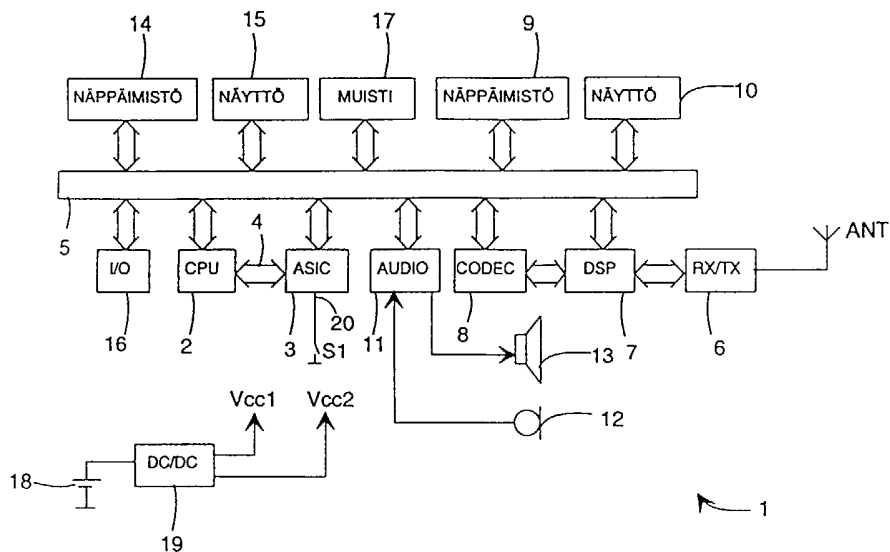
Sulautettu järjestelmä (1), joka käsittää ainakin yhden suorittimen (2) käyttöjärjestelmän (OS_A, OS_B) suorittamiseksi. Lisäksi sulautettu järjestelmä (1) käsittää:

- välineet (17, 401, 412) ainakin kahden käyttöjärjestelmän (OS_A, OS_B) suorittamiseksi mainitussa suorittimessa (2),
- ensimmäisen käyttöjärjestelmän (OS_A), joka käsittää ensimmäisen ryhmän säikeitä (THA1, THA2, THA_IDLE),
- toisen käyttöjärjestelmän (OS_B), joka käsittää toisen ryhmän säikeitä (THB1, THB2, THB_IDLE),
- välineet (nFIQ, nIRQ, SWI) keskeytyksen (FIQ, IRQ, SWI) aikaansaamiseksi mainitulle suorittimelle (2),
- tutkimisvälineet (401, 603, 617) sen tutkimiseksi, minkä säikeen (THA1, THA2, THB1, THB2, THA_IDLE, THB_IDLE) suoritukseen suorittimelle (2) tullut keskeytys (FIQ, IRQ, SWI) vaikuttaa, ja

- välineet (401, 412, 603, 609, 617) keskeytystiedon välittämiseksi siihen mainittuun käyttöjärjestelmään (OS_A, OS_B), johon liittyyään säikeeseen (THA1, THA2, THB1, THB2, THA_IDLE, THB_IDLE) suorittimelle (2) tullut keskeytys (FIQ, IRQ, SWI) vaikuttaa.

Inbyggt system (1) som omfattar minst en processor (2) för att utföra ett operationssystem (OS_A, OS_B). Ytterligare omfattar det inbyggda systemet (1):

- medel (17, 401, 412) för att utföra minst två operationssystem (OS_A, OS_B) i sagda processor (2),
- ett första operationssystem (OS_A), som omfattar en första grupp av tåtar (THA1, THA2, THA_IDLE),
- ett andra operationssystem (OS_B), som omfattar en andra grupp av tåtar (THB1, THB2, THB_IDLE),
- medel (nFIQ, nIRQ, SWI) för att åstadkomma ett avbrott (FIQ, IRQ, SWI) till sagda processor (2),
- medel (401, 603, 617) för att granska, vilken tåtel (THA1, THA2, THB1, THB2, THA_IDLE, THB_IDLE) utföring det till processorn (2) inkomna avbrottet (FIQ, IRQ, SWI) påverkar, och
- medel (401, 412, 603, 609, 617) för att förmedla avbrottsdata till det sagda operationssystemet (OS_A, OS_B), som hör samman med tåten (THA1, THA2, THB1, THB2, THA_IDLE, THB_IDLE) som det till processorn (2) inkomna avbrottet (FIQ, IRQ, SWI) påverkar.



Sulautettu järjestelmä

Nyt esillä oleva keksintö kohdistuu oheisen patenttivaatimuksen 1 johdanto-osan mukaiseen sulautettuun järjestelmään. Keksintö kohdistuu lisäksi oheisen patenttivaatimuksen 10 johdanto-osan mukaiseen menetelmään ja oheisen patenttivaatimuksen 18 johdanto-osan mukaiseen kommunikointilaitteeseen.

Elektroniikkateollisuudessa on kehitetty lukuisia laitteita, joiden eräänä keskeisenä toiminnallisena komponenttina käytetään jonkin asteista mikroprosessoria tai vastaavaa suoritinta. Tämä suoritin voi olla sijoitettu esimerkiksi mikrokontrollerin yhteyteen, jolloin siinä on joitakin oheislaitteita sijoitettuna samaan mikrosiruun. Tällaisista laitteista käytetään myös nimitystä sulautettu järjestelmä, joista esimerkkeinä mainitakoon matkaviestimet, kuten solukoverkon matkaviestimet CMT (Cellular Mobile Telephone), tietokoneet PC (Personal Computer), henkilökohtaiset apulaitteet PDA (Personal Digital Assistant) jne. Tällaisen laitteen toiminnan ohjaamiseksi on kehitetty usein laitekohtainen käyttöjärjestelmä, jonka perustehtävänä on huolehtia systeemin ajoituksista, resurssien hallinnasta, viestien käsittelystä ja välittämisestä eri ohjelmalohkojen välillä. Tyypillisesti tämäntyyppiset käyttöjärjestelmät ovat ns. reaaliaikaisia käyttöjärjestelmiä (RTOS, Real Time Operating System). Tällaisen reaaliaikaisen käyttöjärjestelmän tyypillisenä piirteenä on mm. se, että sillä on ennustettavissa oleva vasteaika ulkoiseen keskeytykseen, kuten näppäimen painallukseen tai ajastintapahtumaan, muistiresurssien minimoitu käyttö ja lisäksi reaaliaikaiset käyttöjärjestelmät ovat erittäin tehokkaita tehtävien ohjaamisessa. Lisäksi reaaliaikaisiin käyttöjärjestelmiin on usein muodostettu tehonhallintaominaisuuksia mm. kannettavissa laitteissa akkujen käyttöajan pidentämiseksi. Tällaisten reaaliaikaisten käyttöjärjestelmien koko on yleensä luokkaa 10—100 kt ohjelmakoodia ja tietomuistia (RAM, Random Access Memory).

Ei-reaaliaikaiset käyttöjärjestelmät eroavat reaaliaikaisista käyttöjärjestelmistä mm. siinä, että vasteajat eri toimenpiteiden suoritukselle ovat pidemmät kuin reaaliaikaisissa käyttöjärjestelmissä ja toisaalta vasteajat eivät myöskään ole ennustettavissa ei-reaaliaikaisissa käyttöjärjestelmissä. Moniajota tukevissa ei-reaaliaikaisissa käyttöjärjestelmissä

kukin suorituksessa oleva prosessi hidastaa muiden saman tai alemman prioriteettitason prosessien suoritusta, jolloin myös vasteajat voivat pidentyä. Ei-reaaliaikaisessa käyttöjärjestelmässä ei myöskään ole käyttöjärjestelmän ytimen toimintaan määritetty vasteaikoja, mikä vaikeuttaa tällaisen käyttöjärjestelmän suoritusnopeuden ennakoitavuutta.

Matkaviestimissä on rajoitettu määrä muistia ja muita systeemiresursseja. Matkaviestimissä ei usein ole myöskään systeemitukea sellaisille oheislaitteille, kuin kirjoitettaville massamuisteille (Hard Disk) tai muistikorteille, kuten FLASH-muisteille. Matkaviestimiin ei tavallisesti ole järjestetty mahdollisuutta ladata ohjelmistoja dynaamisesti järjestelmään, eli matkaviestimen ohjelmisto on valmistusvaiheessa ladattu matkaviestimeen tai joissain tapauksissa ohjelmisto voidaan päivittää esimerkiksi huollon yhteydessä. Monissa matkaviestimissä ei myöskään ole muistinhallintayksikköä (MMU, Memory Management Unit), koska matkaviestimen ohjelmistot on tyypillisesti valmistettu ja testattu matkaviestimen valmistajan toimesta. Näistä syistä ei laitekohtaisissa reaaliaikaisissa käyttöjärjestelmissä myöskään ole tukea edellä mainituille ominaisuuksille.

20

Henkilökohtaisia tietokoneita ja henkilökohtaisia apulaitteita valmistavat yritykset ovat kehittäneet käyttöjärjestelmiä, joista edellä mainittujen ominaisuuksien tuki löytyy, mutta usein nämä käyttöjärjestelmät eivät sinällään ole reaaliaikaisia, jolloin niissä ei ole ennustettavissa tiettyjen toimenpiteiden suorittamiselle maksimivasteaikoja. Tällaisten käyttöjärjestelmien koko on tyypillisesti luokkaa 200 kilotavua—muutama megatavu, jolloin niiden sovittaminen kannettavaan laitteeseen, kuten matkaviestimeen ei välttämättä helposti onnistu.

25

Reaaliaikaisilla käyttöjärjestelmillä ja erityisesti tietojenkäsittelylaitteisiin kehitetyillä käyttöjärjestelmillä on osittain vastakkaiset vaatimukset, jolloin on hankala aikaansaada käyttöjärjestelmää, jolla olisi sama ohjelmointirajapinta käyttöjärjestelmään nähden ja samanaikaisesti niillä olisi kaikki vaadittavat ominaisuudet, kuten pieni muistitilan tarve ja reaaliaikaisuus.

35

Viime aikoina on myös kehitetty elektroniikkalaitteita, joissa on yhdistetty tietojenkäsittelylaite sekä tietoliikennelaite. Tällaisesta laitteesta

käytetään tässä selityksessä nimitystä kommunikointilaitte. Eräs esimerkki tällaisesta laitteesta on Nokia 9000 Communicator, joka on suhteellisen pienikokoinen, kannettava laite, jossa on tietojenkäsittelytoimintoja sekä matkaviestintotoimintoja. Tällaisessa yhdistetyssä laitteessa on kuitenkin eräänä pyrkimyksenä ollut aikaisemmin kehitetyn tuotteen hyödyntäminen mahdollisimman pitkälle, jolloin mm. ohjelmistot näihin eri laitteisiin on pyritty pitämään yhteensopivina tässä uudessa laitteessa. Tämä on aikaansaatu siten, että tietojenkäsittelylaitteen puolella on oma suoritin ja siinä oma käyttöjärjestelmä, kuten myös matkaviestinsovelluksissa on oma suoritin ja oma käyttöjärjestelmä. Tällöin on voitu hyödyntää aikaisemman tuotekehityksen tuloksia mahdollisimman tehokkaasti ja on voitu nopeuttaa laitteen markkinoille tuloa. Erilliset suorittimet kuitenkin kuluttavat tavallisesti enemmän tehoa kuin yhden prosessorin käsittävässä ratkaisussa on mahdollista päästä, jolloin tällainen kannettava laite tarvitsee tehokkaamman akun tai sen käyttöaikaa ei saada niin pitkäksi kuin erillisillä laitteilla on mahdollista saada aikaiseksi.

Kahden käyttöjärjestelmän suorittaminen yhdessä suorittimessa on nykyisin tunnetun tekniikan mukaisissa ratkaisuissa aikaansaatu siten, että käyttöjärjestelmät on toteutettu jomman kumman käyttöjärjestelmän piirteitä hyödyntäen. Tämän tyyppisessä yhdistämisessä on vaikeutena mm. se, että käyttöjärjestelmien ollessa ominaisuuksiltaan hyvin erilaisia, ei yhdistämisessä saada kaikkia yhdistettävien käyttöjärjestelmien ominaisuuksia toteutettua. Tämä aiheuttaa mm sen epäkohdan, että kaikkia näihin käyttöjärjestelmiin kehitettyjä sovellusohjelmia ei voida käyttää, tai käyttäminen edellyttää muutosten tekemistä sovellusohjelmiin. Lisäksi uusia sovelluksia kehitettäessä on ensin yhden käyttöjärjestelmän pohjalta tehty sovellusohjelmat muunnettava toisen käyttöjärjestelmän mukaisiksi. Tämä lisää työmäärää ja virhemahdollisuuksia.

Eurooppalainen patenttijulkaisu EP-0 360 135 käsittää tietojenkäsittelylaitteen keskeytyskäsittelymenetelmän. Tietojenkäsittelylaitteessa suoritetaan kahta eri käyttöjärjestelmää, jolloin keskeytyksen ilmaantuessa tutkitaan ensin se, kumpaan näistä kahdesta käyttöjärjestelmästä keskeytys liittyy. Julkaisussa on esitetty keskeytystilannetta varten toiminta, jonka mukaan keskeytykset käsitellään keskitetysti, määritellään keskeytysten liittyminen jompaan kumpaan käyttöjärjestelmään, suoritetaan

kyseiseen järjestelmään kuuluva keskeytyspalvelurutiini, palataan takaisin käyttöohjelmaan, ja kyseinen käyttöjärjestelmä voi käynnistää vastaavat ohjelmat. Käyttöjärjestelmistä yksi on reaaliaikainen ja toinen on aikajakoinen käyttöjärjestelmä. Julkaisun mukaisessa menetelmässä keskeytyksen oletetaan siis liittyvän vain jompaan kumpaan käyttöjärjestelmään. Julkaisussa ei kuitenkaan selkeästi ole esitetty sitä, millä perusteella tämä päätelmä tehdään. Tässä EP-julkaisussa esitetty menetelmä soveltuu sellaisissa tietojenkäsittelylaitteissa käytettäväksi, jossa yhdellä tietojenkäsittelylaitteella suoritetaan tavanomaisia tietojenkäsittelytoimintoja ja lisäksi halutaan ohjata tai seurata reaaliaikaisen prosessin toimintoja.

Patentissa US-5,278,973 on vielä esitetty tietojenkäsittelylaite, jossa yhdessä suorittimessa voidaan käyttää useampia käyttöjärjestelmiä. Näistä käyttöjärjestelmistä voi kerrallaan olla käytössä kuitenkin vain yksi. Käyttöjärjestelmän vaihto edellyttää käytössä olevan käyttöjärjestelmän suorituksen lopettamista ja tietojenkäsittelylaitteen uudelleen käynnistystä.

Nyt esillä olevan keksinnön eräänä tarkoituksena on saada aikaan sulautettu järjestelmä, jossa on yhdellä suorittimella tai vastaavalla suoritettavissa ainakin kahden käyttöjärjestelmän toimintoja. Keksintö perustuu siihen ajatukseen, että muodostetaan ainakin yksi, ainakin osittain yhteinen keskeytyskäsittelijä, jossa tutkitaan, minkä käyttöjärjestelmän säikeiden suoritukseen kulloinenkin keskeytys vaikuttaa, jolloin keskeytystieto välitetään tähän käyttöjärjestelmään. Keksinnön mukaiselle sulautetulle järjestelmälle on tunnusomaista se, mitä on esitetty oheisen patenttivaatimuksen 1 tunnusmerkkiosassa. Keksinnön mukaiselle menetelmälle on tunnusomaista se, mitä on esitetty oheisen patenttivaatimuksen 10 tunnusmerkkiosassa. Keksinnön mukaiselle kommunikointilaitteelle on tunnusomaista se, mitä on esitetty oheisen patenttivaatimuksen 18 tunnusmerkkiosassa.

Nyt esillä olevalla keksinnöllä saavutetaan merkittäviä etuja tunnetun tekniikan mukaisiin ratkaisuihin verrattuna. Yhden prosessorin kuluttama teho on tyypillisesti pienempi kuin jos käytettäisiin erillisiä prosessoreja kullekin käyttöjärjestelmälle. Lisäksi tilantarve pienenee, koska

voidaan käyttää enemmän yhteisiä komponentteja, kuten muistia. Keksinnön mukainen sulautettu järjestelmä mahdollistaa jo kehitettyjen sovellusohjelmien käyttämisen ilman, että niihin olisi tarve tehdä muutoksia, ja molempiin käyttöjärjestelmiin voidaan edelleen kehittää

5 uusia sovelluksia tarvitsematta ensin muuntaa yhden käyttöjärjestelmän pohjalta tehtyä sovellusohjelmaa toisen käyttöjärjestelmän mukaiseksi. Tällä keksinnöllä pienennetään myös työmäärää ja virhemahdollisuuksia verrattuna ratkaisuihin, joissa kaksi käyttöjärjestelmää on yhdistetty jomman kumman käyttöjärjestelmän piirteitä hyödyntäen,

10 ja ratkaisuihin, joissa kullakin käyttöjärjestelmällä on käytettävissään oma suoritin. Keksinnön mukaisessa ratkaisussa ei myöskään menetetä mitään käyttöjärjestelmien piirteitä, jotka voivat vielä olla optimoituja tiettyyn sovellukseen tai sovellusalueeseen, esim. matkaviestintotoimintojen toteuttamista varten.

15

Lisäksi kannettavissa laitteissa saavutetaan pienentyneen tehonkulutuksen seurauksena pidempi käyttöaika yhdellä akun latauksella.

20

Nyt esillä olevaa keksintöä selostetaan seuraavassa tarkemmin viitaten samalla oheisiin piirustuksiin, joissa

kuva 1 esittää erään käyttöjärjestelmän kerrosrakennetta,

kuva 2 esittää erästä prosessien tilamallia,

25

kuva 3 esittää erästä esimerkkiä prosessielementistä,

kuva 4a esittää pelkistettynä lohkokaaaviona keksinnön edullisen suoritusmuodon mukaista sulautettua järjestelmää,

30

kuva 4b esittää pelkistettynä lohkokaaaviona erästä suoritinta,

kuva 5 esittää pelkistettynä kaaviona keksinnön mukaisen sulautetun järjestelmän yhteydessä käytettävää erästä käyttöjärjestelmäarkkitehtuuria,

35

- kuvat 6a—6i esittävät erilaisia keskeytysten käsittelytilanteita keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaisessa sulautetussa järjestelmässä,
- 5 kuvat 7a ja 7b esittävät sanomanvälitysmekanismeja pelkistettynä kaaviona, ja
- kuva 8 esittää pelkistettynä nuolikaaviona erästä keskeytysten käsittelytilannetta keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaisessa sulautetussa järjestelmässä.
- 10

Keksinnön ymmärtämiseksi selostetaan aluksi tekniikan tasosta tunnettuja suoritin- ja käyttöjärjestelmäratkaisuja viitaten samalla kuviin 1—3.

- 15 Suorittimet voidaan käskykannan mukaan jaotella ainakin kahteen luokkaan: Laajan käskykannan suorittimet (CISC, Complete Instruction Set Computer) ja supistetun käskykannan suorittimiin (RISC, Reduced Instruction Set Computer). Supistetun käskykannan suorittimissa on jätetty osa harvinaisemmista käskyistä pois, esimerkiksi osoitusmuotoja
- 20 saattaa olla vähemmän kuin laajan käskykannan suorittimissa. Kuitenkin tavallisissa sovellusohjelmissa käytetään hyvin pientä käskyjoukkoa sovellusohjelman aikaansaamiseksi, jolloin pääsääntöisesti supistetun käskykannan prosessoreilla on mahdollista toteuttaa tarvittavat sovellusohjelmat. Etuna supistetun käskykannan prosessoreissa verrattuna
- 25 laajan käskykannan prosessoreihin on mm. se, että suoritusnopeus voidaan nostaa suuremmaksi ja toisaalta ohjelmakoodin vaatima muistitila on pienempi kuin laajan käskykannan prosessoria käytettäessä. Erityisesti tarvittavan ohjelmamuistimäärän pienentyessä myös tehontarve laitteella pienenee ja toisaalta laitteen kokoa voidaan myös pienentää.
- 30

- Käytännön sovelluksissa käytetään usein mikrokontrolleria, joka käsittelee varsinaisen suorittimen sekä sen yhteyteen liitettyjä oheiskomponentteja, kuten tietomuistia (RAM, Random Access Memory), ohjelmamuistia (ROM, Read Only Memory), liityntäpiirejä (I/O, Input/Output), ajastimia (timers), analogia-digitaalimuuntimia (A/D-converter), digitaaliansalogiamuuntimia (D/A-converter) jne. Tällöin liityntälinjat näiden eri
- 35

yksiköiden välillä voidaan saada mahdollisimman pieniksi, jolloin laitteen kokoa voidaan edelleen pienentää ja toisaalta signaalien siirtoa nopeuttaa näiden eri yksiköiden välillä. Mikrokontrollerivalmistajat valmistavat useita eri mikrokontrollerityyppejä, joissa voi olla sama suoritin, mutta oheiskomponenttien määrä ja tyyppi voi olla erilainen, jolloin 5 kuhunkin sovellukseen voidaan tarvittaessa valita parhaiten soveltuva mikrokontrolleri.

Kuten jo aikaisemmin tässä selityksessä mainittiin, tällaisiin laitteisiin, 10 joissa käytetään mikroprosessoria tai vastaavaa suoritinta, kehitetään käyttöjärjestelmä ns. perusohjelmistoksi. Tämä käyttöjärjestelmä huolehtii laitteen eri yksiköiden ohjaamisesta, tietojen lukemisesta jne. sekä mahdollistaa sovellusohjelmien käyttämisen tällaisessa laitteessa. Esimerkiksi henkilökohtaisessa tietokoneessa tietokoneen käynnistyessä 15 ladataan käyttöjärjestelmä ohjelmamuistiin, joka suorittaa tietyt alustustoimenpiteet. Tämän jälkeen käyttäjä voi käynnistää haluamansa sovellusohjelman, jolloin käyttöjärjestelmä vastaanottaa käyttäjän antaman komennon, etsii sovellusohjelman, lataa sen ohjelmamuistiin ja käynnistää sovellusohjelman. Moniajokäyttöjärjestelmissä on mahdollista käyttää 20 näennäisen yhtäaikaisesti useita tällaisia sovellusohjelmia, jolloin käyttöjärjestelmä huolehtii suoritusajan antamisesta ja vuorottelusta näiden eri sovellusohjelmien välillä. Lisäksi käyttöjärjestelmän tehtävänä on signaalien välittäminen näiden eri sovellusohjelmien kesken ja tarvittaessa sovellusohjelman ja oheislaitteen välisen signaloinnin järjestäminen. 25

Käyttöjärjestelmät voivat ohjata prosessien suoritusta myös ns. säikeinä. Yksi säie voi käsittää yhden tai useamman prosessin suoritukseen 30 liittyviä toimintoja ja toisaalta yksi prosessi voi olla jaettu yhteen tai useampaan säikeeseen. Säikeiden suoritusta ohjaa käyttöjärjestelmän vuorontaja. Säie on siis eräänlainen käyttöjärjestelmän antama tuki prosessille.

Tunnetuista käyttöjärjestelmistä voidaan yleensä havaita seuraavat ominaisuudet: komentotulkki (Command Interpreter), joka tulkitsee 35 käyttäjän antaman komennon, esimerkiksi lukee komennosta sovellusohjelman nimen ja erottaa mahdolliset käyttäjän antamat parametrit

välitettäväksi tälle sovellusohjelmalle, vuorontaja (Scheduler), joka huolehtii resurssien jakamisesta eri prosesseille, keskeytyspalvelut (Interrupt Request Services), joiden tehtävänä on reagoida keskeytyksiin ja suorittaa keskeytysten edellyttämät toimenpiteet, esimerkiksi keskeytyspyynnön välitys käyttöjärjestelmälle. Lisäksi käyttöjärjestelmässä on toiminnallisia lohkoja esimerkiksi näppäimistön lukemista varten, näytölle kirjoittamista varten, mahdollisia ulkoisia liityntöjä ohjaavia toimintoja varten jne. Resursseja ovat mm. keskusmuisti, oheislaitteet ja suoritinajan käyttö. Käyttöjärjestelmä mm. varaa kullekin suoritettavalle prosessille muistialueen, johon prosessi voi kirjoittaa tietoa ja josta prosessi lukee tietoa. Mikäli jokin prosessi yrittää kirjoittaa tämän prosessille varatun muistialueen ulkopuolelle, käyttöjärjestelmän ohjaama muistinhallintayksikkö tavallisesti estää tämän kirjoituksen ja tyypillisesti pysäyttää tällaisen prosessin suorituksen.

Monissa suorittimissa on vielä käytössä eri toimintatiloja (moodeja), kuten käyttäjän toimintatila (User Mode) ja etuoikeutettu toimintatila (Privileged Mode, Supervisory Mode, Kernel Mode). Käyttäjän käynnistämät sovellusohjelmat ja muut prosessit asetetaan tavallisesti toimimaan käyttäjän toimintatilassa. Sen sijaan käyttöjärjestelmä ja osa sen käynnistämistä prosesseista toimii tyypillisesti etuoikeutetussa toimintatilassa. Käyttäjän toimintatilassa on rajoitetummat toimintamahdollisuudet, esimerkiksi osa suorittimen komennoista toimii vain etuoikeutetussa toimintatilassa, jolloin käyttäjän toimintatilassa niitä ei voi käyttää. Joissakin käyttöjärjestelmissä etuoikeutettu toimintatila on monitasoinen, esimerkiksi kolmitasoinen. Käyttöjärjestelmän ydin (Kernel) on toteutettu ensimmäisessä etuoikeutetun toimintatilan tasossa, jolla myös on suurimmat oikeudet. Toisessa tasossa on esimerkiksi tiedostojen hallintarutiinit ja vastaavat (Executive). Kolmannessa tasossa on esimerkiksi komentotulkki.

Suorittimiin 2 on yleisesti muodostettu mahdollisuus keskeytysten käyttämiseen. Suorittimen 2 ulkopuolelta keskeytyspyyntö voidaan välittää yhdellä tai useammalla keskeytyspalvelulinjalla nIRQ, nFIQ (kuva 4b), jonka tilan muutos esim. loogisesta 1-tilasta loogiseen 0-tilaan voi aiheuttaa keskeytyksen suorittimelle 2. Suorittimelle 2 tullut keskeytyspyyntö aikaansaa suorittimen 2 siirtymään ao. keskeytyspalveluohjelman suoritukseen, joko oleellisesti välittömästi tai siinä vaiheessa kun

korkeamman prioriteetin keskeytyspyyntöjä ei ole odottamassa. Keskeytyspalveluohjelmassa suoritetaan ainakin osa keskeytyksen käsittelytoimenpiteistä. Nämä käsittelytoimenpiteet riippuvat mm. kulloisestakin sovelluksesta ja keskeytyksen aiheuttajasta. Koska keskeytyspalveluohjelman suorittaminen hidastaa suorituksessa olevien prosessien ja käyttöjärjestelmän toimintaa, pyritään erityisesti reaaliaikaisissa käyttöjärjestelmissä keskeytyspalveluohjelmat tekemään mahdollisimman lyhyiksi ja nopeiksi. Tällöin keskeytyspalveluohjelmassa voidaan asettaa käyttöjärjestelmää varten esim. tilamuuttuja, joka ilmoittaa keskeytyksestä ja siitä, että osa keskeytyksen käsittelytoimenpiteistä odottavat suoritusta, jolloin käyttöjärjestelmä ohjaa näiden toimenpiteiden suoritusta esim. vuorontamiskäytäntönsä mukaisesti. Keskeytyspalveluohjelmaan siirtymiseen voidaan vaikuttaa myös erilaisilla keskeytysten estoilla ja maskauksilla. Keskeytysten ollessa estettynä jäävät keskeytyspyynnöt tavallisesti odottamaan keskeytysten eston poistumista, jonka jälkeen keskeytyspyynnöt palvelevat edullisesti prioriteettijärjestyksessä. Keskeytykset voidaan useissa suorittimissa 2 estää myös valikoidusti, jolloin keskeytysten maskirekisterissä tai vastaavassa asetetaan kullekin keskeytykselle sallinta- tai estotila.

20

Keskeytyspyynnöt aiheutuvat esimerkiksi ulkoisen laitteen antaman signaalin perusteella, esimerkiksi sarjaväylän kautta tulevan informaation aiheuttama sarjaväyläkeskeytyspyyntö, näppäimistön jonkin näppäimen painalluksesta aiheutuva keskeytyspyyntö, ajastimen aiheuttama keskeytyspyyntö tai jossakin suorituksessa olevassa prosessissa muodostettava ns. ohjelmallinen keskeytyspyyntö. Keskeytyksille voidaan määrittää tärkeysluokitus (prioriteetti), jolloin alemman tärkeysluokituksen keskeytyspalveluohjelman suorittaminen voi keskeytyä tärkeysluokituksessa ylempänä olevan keskeytyksen seurauksena. Sen sijaan ylempään tason keskeytyspalveluohjelmaa ei yleensä voi keskeyttää alemman tason keskeytyspyyntö. Käyttöjärjestelmän perusajoitusten aikaansaamiseksi käytetään yleensä ajastinta, joka määrävällein aikaansaa keskeytyspyynnön suorittimelle, joka tällöin siirtyy suorittamaan ajastimen keskeytyspalveluohjelmaa. Tämän vuoksi ajastimen keskeytyspalvelulle annetaan hyvin korkea prioriteetti. Sen sijaan esimerkiksi näytön päivitykselle määritetään tavallisesti alempi prioriteetti.

35

Patentissa US-5,515,538 on esitetty eräs menetelmä keskeytysten käsittelemiseksi tietojenkäsittelylaitteen moniajokäyttöjärjestelmässä. Menetelmässä keskeytyskäsittelijä on muodostettu omaksi säikeeksi, johon suoritus ohjataan keskeytystilanteessa. Julkaisussa esitetty menetelmä on kuitenkin tarkoitettu vain yhden käyttöjärjestelmän laitteistoihin, joissa voi samanaikaisesti olla useita suorittimia tämän käyttöjärjestelmän prosessien suorittamiseksi.

Selostetaan seuraavassa pelkistettynä erään moniajokäyttöjärjestelmän toimintaa. Käyttöjärjestelmän vuorontaja käy määräväleihin tutkimaan, mitä sovellusohjelmia eli prosesseja on sillä hetkellä suoritettavana. Vuorontaja käynnistyy esimerkiksi ajastinkeskeytyksen käynnistämänä. Kukin sovellusohjelma voi lisäksi käsitellä yhden tai useamman säikeen, jolloin kutakin säiettä suoritetaan yhden suorittimen järjestelmässä eriaikaisesti. Yksi säie voi olla esimerkiksi tiedon lukeminen oheislaitteista, kuten näppäimistöä, toinen säie voi olla tiedon käsitteleminen ja kolmas säie esimerkiksi käsitellyn tiedon kirjoittaminen oheislaitteelle, kuten näytölle. Tämän sovellusohjelman käynnistyessä on vuorontaja määrittänyt kunkin säikeen suoritusajan kerrallaan ja säikeiden suoritusajan toistovälin. Tällöin vuorontaja käynnistää säikeen suorittamisen ja suoritusajan päätyttyä siirtää säikeen odottamaan ja tallentaa tarvittaessa säikeen tiedot muistivälineisiin ja aloittaa seuraavan säikeen, joka voi olla samaa prosessia tai eri prosessia, suorittamisen. Sen jälkeen kun vuorontaja on käynyt kaikki säikeet läpi, aloittaa vuorontaja suorituskierron uudelleen tai, mikäli minkään säikeen suoritusajaväli ei ole täyttynyt, suoritetaan ns. tyhjäkäyntisäiettä (Idle Thread). Edellä mainittujen säikeiden suoritusajana voi kuitenkin tulla keskeytyspyyntöjä, jolloin näiden keskeytyspyyntöjen prioriteetin perusteella käyttöjärjestelmä voi siirtyä suorittamaan keskeytyspalveluohjelmaa tai vuorontaja määrittää keskeytyspalvelun suorittamiselle sopivan ajankohdan ja jatkaa kesken olleen säikeen suorittamista. Esimerkiksi näppäimistöliittymän aikaansaamassa keskeytystilanteessa näppäimistökeskeytysohjelma lukee painetun näppäimen koodin ja tallentaa sen väliaikaiseen muistipaikkaan. Keskeytyspalveluohjelman loputtua käyttöjärjestelmän vuorontaja määrittää näppäinpainalluksen tutkimisohjelmalle suoritusajankohdan ja siirtyy takaisin keskeytettyyn ohjelmasäikeeseen, mikäli näppäimistökeskeytykselle määritetty prioriteetti ei ylittänyt kesken olleen ohjelmasäikeen prioriteettia.

Oheisessa kuvassa 1 on esitetty esimerkki erään käyttöjärjestelmän kerrosrakenteesta. Alimpana on käyttöjärjestelmän ydin (Kernel), seuraavalla tasolla on muistin hallintaan liittyvät osuudet ja kolmannella tasolla tiedostojärjestelmäosuudet. Näiden kolmen tason yläpuolelle sijoituvat mm. komentotulkki, prosessit (ei esitetty), liityntäohjelmistot, vuorontajatoiminnot jne.

Seuraavassa kuvataan hieman erästä käyttöjärjestelmän ytimen rakennetta. Ytimen toiminnan keskeisimmät osat muodostuvat keskeytysten käsittelystä, prosessien hallinnasta ja oheislaitteiden ohjauksesta. Keskeytysten käsittelyn toimintaa ovat mm. keskeytyneen ohjelman tietojen tallennus ja suorituksen ohjaus oikeaan keskeytyspalveluohjelmaan. Prosessien hallinta huolehtii mm. prosessien luomisesta, suoritusajan määrittämisestä (skeduloinnista), prosessin toiminnan lopettamisesta, ajastamisesta jne. Oheislaitteiden ohjaustoiminnot käsittävät mm. tiedonsiirron käynnistämisen ja kuhunkin oheislaitteeseen liittyvän yhden tai useamman keskeytyksen käsittelyn. Käyttöjärjestelmän kannalta tarkasteltuna prosessi on kulloinkin jossakin kolmesta tilasta: Valmiustila (Ready), suoritustila (Run) tai odotustila (Wait). Tätä tilajakoa esittää oheinen kuva 2. Suoritustilassa ovat parhaillaan suoritettavina olevat prosessit, yhden suorittimen käsittävissä järjestelmissä on kulloinkin korkeintaan yksi prosessi tässä tilassa. Valmiustilassa ovat ne prosessit, jotka odottavat suoritustilaan pääsyä. Vuorontajan tehtävänä on valita jokin valmiustilan prosesseista suoritustilaan suoritettavaksi. Odotustilassa ovat sellaiset prosessit, jotka odottavat jotain tapahtumaa, esimerkiksi näppäinpainallusta, jonkin resurssin vapautumista jne.

Vuorontaja siirtää valmiustilasta suoritustilaan korkeimman prioriteetin omaavan prosessin. Suoritustilassa prosessi siirtyy odotustilaan tyypillisesti omasta pyynnöstään, esimerkiksi pyytäessään jotakin käyttöjärjestelmäpalvelua, jonka toteutukseen liittyy odotusta. Siirtyminen odotustilasta valmiustilaan tapahtuu tämän odotuksen päättyessä. Prosessi voi joutua suoritustilasta takaisin valmiustilaan myös sellaisessa tilanteessa, kun vuorontaja vaihtaa jonkin toisen prosessin suoritettavaksi esim. keskeytyskäsittelyn päätteeksi.

Tavallisesti ytimen toteutukseen liittyy runsaasti dynaamisia tietorakenteita, tyypillisesti kaksisuuntaisia ketjutettuja listoja, joiden elementit varataan käyttöjärjestelmän alueella olevasta vapaan muistin tilasta. Esimerkiksi kunkin prosessin tietoja ylläpidetään edullisesti prosessielementissä (PCB, Process Control Block). Prosessielementit on koottu prosessitauluun, jonka koko asettaa ylärajan järjestelmässä olevien prosessien määrälle. Tässä esimerkissä, jota on kuvattu oheisessa kuvassa 3, on peruselementeissä löydettävissä mm. seuraavia tietoja:

- 5
- 10 - Prosessin tila: Odotus (Wait), valmis suoritukseen (ready) tai suorituksessa (run),
- prosessin nimi,
- prosessin prioriteetti,
- tila keskeytyneiden prosessien tietojen (ympäristöjen) tallennusta varten (pino),
- 15 - tiedot varatuista resursseista: muisti, laitteet, avoimet tiedostot jne.,
- prosessin ajankäytön seurantaan liittyviä kenttiä, ja
- oikeuksiin liittyviä kenttiä.

20

Mainittakoon, että tämä on vain eräs esimerkki prosessielementin toteuttamisesta, mutta käytännön sovelluksissa nämä voivat vaihdella hyvinkin suuresti ja prosessielementeissä olevat tiedot voivat olla hyvinkin erilaisia.

25

Prosessitunnus on prosessin nimi, esimerkiksi järjestysnumero. Tämän prosessin nimen perusteella käyttöjärjestelmä erottaa eri prosessit toisistaan. Mikäli prosessi käsittää useampia kuin yhden säikeen, voi prosessitunnuksessa tai muualla prosessielementin kentissä olla tieto myös tästä säikeen numerosta. Prosessin tilan ilmoittamiseen käytetään Status-kenttää. Tällöin käyttöjärjestelmä muuttaa tämän Status-kentän arvoa prosessin tilan muuttuessa. Vuorontaja käyttää prosessien suoritusjärjestyksen määrittämiseen Prioriteetti-kentän arvoa, jolloin esimerkiksi mitä suurempi tämän kentän sisältämä lukuarvo on, sitä korkeampi on prosessin prioriteetti. Tällöin vertailemalla odotustilassa olevien prosessien Prioriteetti-kentän arvoa vuorontaja valitsee seuraavaksi suoritettavaksi prosessiksi sen prosessin, jossa prioriteetti-arvo on suurin.

30

35

Seuraavaksi kuvataan uuden prosessin luomista. Oletetaan, että prosessi on tallennettuna tiedostoon laitteen muistivälineissä, esimerkiksi kirjoitettavassa massamuistissa. Tämä ohjelma tunnistetaan tiedoston nimen perusteella. Käyttöjärjestelmän ytimessä on prosessin käynnistämistä varten palvelurutiini, jolle annetaan parametrinä edullisesti tämän tiedoston nimi. Käynnistyspalvelurutiini muodostaa prosessitauluun prosessielementin tätä prosessia varten ja varaa prosessille alueen keskusmuistista. Tämän ohjelmatiedoston sisältö luetaan tälle varatulle muistialueelle, prosessielementin kentät alustetaan sopiviin arvoihin, jonka jälkeen prosessi voidaan asettaa odottamaan suoritusta. Prosessin tunnuksena voidaan käyttää esim. seuraavaa vapaana olevaa prosessitunnusta. Prosessin tilaksi asetetaan edullisesti arvo ready. Käyttöjärjestelmän vuorontaja ohjaa näitä prosesseja suoritukseen vuorontamiskäytäntönsä mukaisesti.

Käyttöjärjestelmissä, joissa prosessit suoritetaan säikeinä, voidaan edellä esitettyä prosessin luomista soveltaa vastaavasti siten, että käynnistyspalvelurutiini muodostaa prosessista yhden tai useamman säikeen ja muodostaa säikeille prosessielementit prosessitauluun.

Käyttöjärjestelmiin liittyy vielä eräs oleellinen seikka oheislaitteiden ohjaamiseksi, ns. laiteajurit (Device Driver). Laiteajuri sisältää oheislaitteen, kuten näytön, näppäimistön, koodekin jne. ohjaamisessa tarvittavia rutiineita ja tietorakenteita. Tarvittavia rutiineita ovat mm. laitteen alustustoimenpiteet, luku/kirjoitus, ohjausrutiini, kuten päätteen ominaisuuksien asetus ja laitteeseen liittyviä keskeytyksiä käsittelevä rutiini. Laitteeseen liittyvät muuttujat ja tietorakenteet voidaan koota esimerkiksi kuhunkin laitteeseen liittyvään ns. laitekuvaajaan (Device Descriptor). Tällaisia tietoja voivat olla mm. seuraavat:

- Työjono, johon ketjutetaan laitteelle jonottavien siirräntäpyyntöjen parametrilohkot. Jos samanaikainen luku ja kirjoitus on mahdollista, työjonoja voi olla kaksi. Parametrilohkot sisältävät siirräntäpyynnön parametreja, mm. tiedon puskurin sijainnista, siirrettävän lohkon numeron yms.,
- laiteajurirutiinien osoitteet,

- siirrännän ohjauksessa tarvittavia muuttujia ja laitteen tilatietoja, ja
- laitekohtaiset parametrit.

5 Joissakin järjestelmissä laiteajurit ovat käyttöjärjestelmän prosesseja. Prosessit toimivat ikuisessa silmukassa, jossa ne ensin odottavat siirräntäpyyntösanomaa. Saatuaan tällaisen sanoman laiteajuri prosessi käynnistää siirrännän ja jää odottamaan keskeytyssanomaa. Käyttöjärjestelmän keskeytyksäsittelijä huolehtii tällöin keskeytyssanomalan lähe-
10 tyksestä laiteajuri prosessille. Käytännön laitteissa laiteajuri prosessilla on tyypillisesti korkea prioriteetti ja käyttöjärjestelmän ydin toimii reaaliaikaisesti.

15 Kirjoitettavalta massamuistilta luettaessa lukuoperaatio toimii esimerkiksi seuraavasti. Laitetaulusta etsitään ensin kyseisen laitekuvaajan osoite. Tämän jälkeen noudetaan laitekuvaajasta lukurutiinin osoite ja kutsutaan sitä. Lukurutiini muodostaa siirräntäpyynnön parametreista parametrilohkon. Jos siirräntä kyseisellä laitteella on parhaillaan käynnissä, eli laite on jonkin muun prosessin käytössä, ketjutetaan parametrilohko
20 työjonon viimeiseksi ja jäädään odottamaan. Jos laite on vapaa, jolloin työjono on tyhjä, ketjutetaan parametrilohko työjonon ensimmäiseksi. Tämän jälkeen lohkon numero muunnetaan levy-pinnan, uran ja sektorin numeroiksi ja käynnistetään siirräntä esimerkiksi laiterekisterien muokkaamisella. Tämän jälkeen jäädään odottamaan siirron päättymistä.
25 Siirron päätyttyä tapahtuu laiteistokeskeytyminen. Käyttöjärjestelmän keskeytyksäsittelijä etsii laitenumeron avulla laitetaulusta laitekuvaajan osoitteen ja siitä edelleen keskeytyksäsittelijä rutiinin osoitteen ja siirtyy suorittamaan keskeytyksäsittelijän ohjelmakoodia. Keskeytyksäsittelijä edullisesti tarkastaa, että virheitä ei ole tapahtunut. Onnistuneen siirrännän päätteeksi parametrilohko ketjutetaan pois työjonosta ja siirräntää odottanut prosessi herätetään. Jos työjonossa on jonottavia siirräntäpyyntöjä, käynnistetään seuraava siirräntäoperaatio oleellisesti välittömästi.

35 Oheislaitteen tyypistä riippuen toiminta saattaa jossain määrin poiketa edellä kuvatusta. Merkkejä tulostavilla laitteilla, kuten näyttöpäätteet ja kirjoittimet, voidaan työjono korvata yksinkertaisesti tulostettavien merkkejä sisältävällä jonolla.

Monissa käyttöjärjestelmissä on käytettävissä sanomanvälitysmekanismia, jolla prosessit voivat lähettää sanomia toisilleen. Sanomajonoja (Message Queue) käytettäessä prosessiin liittyy yksi tai useampia sanomajonoja, joihin prosessille lähetettävät sanomat voidaan kirjoittaa. Prosessien väliseen kommunikointiin liittyy tavallisesti puskurointeja, jolloin sanoman lähettäjän ei tarvitse odottaa, että vastaanottaja ottaa sanoman vastaan. Tällöin sanoman kirjoitusvaiheessa asetetaan tieto (tilamuuttuja) siitä, että prosessille on sanoma odottamassa, jolloin prosessi sopivassa vaiheessa käy lukemassa sanoman.

Keksinnön edullisen suoritusmuodon mukaisessa sulautetussa järjestelmässä, eli kommunikointilaitteessa 1 (kuva 4a) käytetään kahta käyttöjärjestelmää. Ensimmäinen käyttöjärjestelmä, jota tässä selityksessä merkitään viitteellä OS_A, käytetään pääasiassa matkaviestintotoimintojen toteuttamisessa ja toista käyttöjärjestelmää, jota tässä selityksessä merkitään viitteellä OS_B, käytetään pääasiassa tietojenkäsittelytoimintojen toteuttamiseksi. Tietojenkäsittelytoiminnoilla tarkoitetaan lähinnä henkilökohtaisista tietokoneista ja vastaavista tunnettuja toimintoja, esimerkiksi tiedostojen lukeminen ja kirjoittaminen kirjoitettavalta massamuistilta, tietojen tulostaminen, sovellusohjelmien, kuten ns. organisaatiotoimintojen (päivyri, yhteystietojen ylläpito ym.) suorittaminen jne. Koska kommunikointilaitteessa 1 käytetään edullisesti yhtä suoritinta 2, on nämä eri käyttöjärjestelmien OS_A, OS_B toiminnot kyettävä yhdistämään siten, että samalla säilytetään molempien käyttöjärjestelmien OS_A, OS_B erityispiirteet. Lisäksi eräänä kriteerinä on toimintojen reaaliaikaisuus tarvittaessa. Seuraavassa kuvataan esimerkkien valossa sitä, miten nämä eri käyttöjärjestelmät OS_A, OS_B saadaan yhdistettyä saman suorittimen 2 yhteyteen.

30

Kuvassa 5 on esitetty eräs esimerkki toisen käyttöjärjestelmän OS_B arkkitehtuurista. Kukin lohko esittää tiettyä prosessia, säiettä, liityntärajapintaa jne. Lohkot on vielä erotettu sen mukaan, käytetäänkö kyseisessä lohkoissa käyttäjän toimintatilaa USER vai etuoikeutettua toimintatilaa SVC. Omaksi osuudekseen on vielä erotettu keskeytystoimintatilat, joita esittää lohko 501 kuvassa 5. Keskeytystoimintatiloissa on käytössä nopea keskeytystoimintatila FIQ, normaali keskeytystoimintatila

35

IRQ tai ohjelmallinen keskeytystoimintatila SWI. Toisen käyttöjärjestelmän OS_B ydin (Kernel, lohko 502), asetetaan toimimaan etuoikeutetussa toimintatilassa SVC (Supervisory mode). Sen sijaan toisen käyttöjärjestelmän vuorontaja SCH_B (lohko 503), ytimen liityntärajapinta (lohko 504), käyttäjän prosessien säikeet (lohkot 506, 507 ja 508), kuten tietojenkäsittelylaitteen kalenterisovellus ja vastaavat, sekä laiteohjaimien liityntärajapinnat (lohko 505) asetetaan käyttäjän toimintatilassa USER toimiviksi, jolloin niillä ei mm. ole pääsyä käyttöjärjestelmän piinon (ei esitetty) tai muihin kriittisiin muistilohkoihin. Etuoikeutetussa toimintatilassa ovat vielä laiteohjaimet (lohko 509), tyhjäkäyntisäie (lohko 510) sekä mahdolliset ns. supersäikeet (lohko 511). Tyhjäkäyntisäie 510 on eräänlainen odotusprosessi, jota käyttöjärjestelmä suorittaa silloin, kun muita prosesseja ei ole suorituksessa. Supersäikeellä 511 tässä selityksessä tarkoitetaan sellaisia säikeitä, joiden vasteaika on hyvin pieni verrattuna normaalisäikeiden 506, 507, 508 vasteaikoihin. Esimerkiksi supersäikeiden 511 vasteaika voi olla luokkaa muutamia satoja mikrosekunteja, kun normaalien säikeiden 506, 507, 508 vasteajat ovat esimerkiksi muutamia kymmeniä millisekunteja. Tätä keksintää voidaan soveltaa myös sellaisten käyttöjärjestelmien yhteydessä, joissa ei ole supersäikeitä 511.

Käyttöjärjestelmän ytimelle 502 on asetettu korkein prioriteetti. Edellä mainitusta vasteaikavaatimuksesta johtuen myös supersäikeille 511 asetetaan korkeampi prioriteetti kuin normaalisäikeille 506, 507, 508. Vasteajalla tässä tarkoitetaan aikaa, joka kuluu tapahtuman aiheuttaman keskeytyspyynnön tulemisesta siihen, kun säiettä aloitetaan suorittaa. Tämä vasteaika on odotusarvo, mutta käytännössä vasteet ovat normaalitoiminnassa pienempiä tai korkeintaan yhtä suuria kuin tämä odotusarvo. Erittäin suurissa kuormitustilanteissa voi vasteaika olla joissakin tapauksissa odotusarvoa suurempi. Vasteaika käsittää myös sen ajan, joka kuluu keskeytyspyynnön aiheuttaman keskeytyspalvelurutiinin suorittamisessa. Käytännössä keskeytyspalvelurutiinit pyritään muodostamaan mahdollisimman lyhyiksi, jolloin niiden suoritus on nopeaa.

Erästä keksinnön edullisen suoritusmuodon mukaista sulautettua järjestelmää esittää oheisen kuvan 4a kommunikointilaite 1. Se käsittää mm.

suorittimen 2, joka on esimerkiksi mikroprosessori tai osa mikrokontrolleria, jolloin ainakin osa kuvan 4a lohkokaaavion lohkoista voi olla muodostettu mikrokontrollerin toiminnallisista lohkoista. Suorittimen 2 lisäksi osa ohjaustoiminnoista on toteutettu tässä edullisessa suoritusmuodossa ns. sovelluskohtaisen ohjelmoitavan logiikkapiirin 3 (ASIC, Application Specific Integrated Circuit) avulla. Suorittimen 2 ja sovelluskohtaisen logiikkapiirin 3 välillä voi olla oma tiedonsiirtoväylä 4, jolloin tiedonsiirtonopeutta voidaan kasvattaa ja toisaalta ei kuormiteta toista tiedonsiirtoväylää 5. Matkaviestintoimintojen aikaansaamiseksi on kommunikointilaitteeseen järjestetty lähetin/vastaanotinyksikkö 6, lähetys/vastaanottoantenni ANT, digitaalinen signaalinkäsittely-yksikkö 7 (DSP, Digital Signal Processing Unit), koodekki 8 äänisignaalin koodaamiseksi/dekoodaamiseksi, ensimmäinen näppäimistö 9 matkaviestintoimintojen käyttämiseksi sekä ensimmäinen näyttölaite 10 tietojen esittämiseksi käyttäjälle. Lisäksi kommunikointilaitteeseen 1 käsittää audiolohkon 11, jossa suoritetaan tarvittavat analogia/digitaalimuunnokset mikrofonin 12 muodostamalle analogiselle signaalille sekä digitaali/analogimuunnokset kaiuttimelle 13 johdettavalle signaalille. Tietojenkäsittelyominaisuuksien aikaansaamiseksi on kommunikointilaitteeseen 1 muodostettu toinen näppäimistö 14, toinen näyttölaite 15 sekä liityntälohko 16, jossa on esimerkiksi välineet tulostimen liittämiseksi kommunikointilaitteen 1 yhteyteen. Näppäimistöä 9, 14 ja näyttölaitteesta 10, 15 käytetään yleisesti myös yhteistä nimitystä käyttöliittymä (UI, User Interface), jolla käyttäjän ja kommunikointilaitteen 1 välinen kommunikointi voidaan ainakin osittain suorittaa. Joissakin sovelluksissa käyttöliittymään voi vielä kuulua audiovälineet, kuten mikrofoni 12 ja kaiutin 13. Kuvan 1 mukaisessa kommunikointilaitteessa 1 on esitetty kaksi käyttöliittymää UI1, UI2, joista ensimmäinen käyttöliittymä UI1 käsittää ensimmäisen näppäimistön 9 ja ensimmäisen näyttölaitteen 10, ja toinen käyttöliittymä UI2 käsittää toisen näppäimistön 14 ja toisen näyttölaitteen 15. Ensimmäinen käyttöliittymä UI1 on tarkoitettu pääasiassa matkaviestintoimintaan ja toinen käyttöliittymä UI2 on tarkoitettu pääasiassa tietojenkäsittelytoimintaan, mutta kumpaakin käyttöliittymää UI1, UI2 voidaan tarvittaessa käyttää sekä matkaviestintoimintojen että tietojenkäsittelytoimintojen yhteydessä. Käyttöliittymät UI1, UI2 eivät välttämättä ole erillisiä, vaan ne voidaan toteuttaa myös yhtenä käyttöliittymänä, jossa on esim. yksi näyttölaite ja/tai yksi näppäimistö.

Käyttöliittymien UI1, UI2 näppäimistö voidaan toteuttaa myös siten, että käytetään ns. kosketusnäyttöä (Touch Screen), jossa edullisesti näyttölaitteen päälle on sijoitettu kosketusherkkä elin, joka reagoi esim. käyttäjän sormen kosketukseen. Kosketusherkät elimet ovat toimintaperiaatteiltaan sinänsä tunnettuja, esim. kapasitanssimuutoksiin tai resistanssimuutoksiin perustuvia.

Kommunikointilaitte 1 käsittää vielä muistia 17, joka koostuu edullisesti lukumuistista ROM, mm. käynnistysohjelmakoodin (Boot Strap) tallentamista varten, luku/kirjoitusmuistista RAM sovellusohjelmien lataamiseksi suoritettavaksi ja käytön aikaisten tietojen tallennusta varten, mahdollisesti myös kirjoitettavasta massamuistista, FLASH-muistista ja/tai haihtumattomasta luku/kirjoitusmuistista NVRAM (Non-Volatile Random Access Memory). Kommunikointilaitteen 1 toiminnalliset lohkot on yhdistetty toisella tiedonsiirtoväylällä 5, joka käsittää mm. osoiteväylän (Address Bus), dataväylän (Data Bus) ja ohjausväylän (Control Bus). Näitä väyliä ei kuitenkaan selvyiden vuoksi ole piirretty erillisinä, mutta tämä on alan asiantuntijan tuntemaa tekniikkaa. Tehonsyöttö on järjestetty akusta 18, joka on kytketty jännitteen muodostuslohkoon 19, joka käsittää jänniteregulaattoreita, jännitekonverttereita tai vastaavia, jolloin voidaan tarvittaessa muodostaa erilaisia käyttöjännitteitä Vcc1, Vcc2. Jännitteen muodostuslohko voi lisäksi muodostaa signaalin akun 18 varaustilan laskemisesta niin alas, että kommunikointilaitteen 1 toiminta voi pysähtyä. Tällöin akku 18 on ladattava uudelleen tai käyttöjännitteet on sammutettava. Käytännön sovelluksissa tämä varaustilatieto aiheuttaa keskeytyspyynnön suorittimelle 2, jolloin tämän keskeytyspalvelurutiinin suorituksen yhteydessä asetetaan tietojen tallennuspyyntö, jolloin edullisesti käyttöjärjestelmät OS_A, OS_B muodostavat viestin näyttölaitteille 10, 15 akun 18 tyhjenemisestä ja aloittaa tietojen tallennuksen muistiin 17. Lisäksi voidaan ohjata käyttöjännitteiden katkaisu automaattisesti.

Kommunikointilaitteissa 1 voi olla muitakin suorittimia, esim. joissakin oheislaitteissa, mutta niillä ei tämän keksinnön kannalta ole merkitystä, koska ne on tarkoitettu muihin kuin käyttöjärjestelmätoimintojen suorittamiseen.

Suorittimena 2 käytetään tässä sovellusesimerkissä Advanced RISC Machines -yhtiön valmistamaa ARM7-sarjan suoritinta, joka on ns. supistetun käskykannan suoritin. Keksintöä ei ole kuitenkaan rajoitettu ai-noastaan tähän prosessorityyppiin tai supistetun käskykannan proses-
 5 soreihin, vaan keksintöä voidaan soveltaa myös muuntyyppisten pro-
 cessoreiden yhteydessä. Oheisessa kuvassa 4b on esitetty erään ARM7-sarjan suorittimen lohkokaavio pelkistetysti. Suorittimen 2 toi-
 minnan kannalta keskeisenä lohkona on käskytulkki- ja ohjauslohko
 401. Sen tehtävänä on mm. tulkita ohjelmakomennot ja ohjata niiden
 10 edellyttämien toimenpiteiden suoritusta, reagoida nopean keskeytyslin-
 jan nFIQ ja normaalin keskeytyslinjan nIRQ kautta tuleviin keskeytys-
 pyyntöihin, ohjelmallisiin keskeytyspyyntöihin, muodostaa ulkoisesta
 kellosignaalista (ei esitetty) suorittimen toiminnan ajoitussignaaleita ja
 vastaavia, muodostaa ohjaussignaalit mm. tiedon lukemiseksi ja kirjoit-
 15 tamiseksi muistin 17 ja suorittimen 2 välillä sekä ohjata osoiteväylälle
 402 kulloinkin tarvittavan osoitetiedon muodostamista.

Dataväylän lukurekisteri 403 sijoittaa dataväylältä 404 tulevat ohjelma-
 20 komennot dataväylän lukurekisterin 403 sisäiseen käskyjonoon (ei esi-
 tetty) ja datan datarekisteriin (ei esitetty). Käskytulkki- ja ohjauslohko
 401 lukee sisäisestä käskyjonosta seuraavaksi suoritettavan ohjelma-
 komennon ja tulkitsee sen. Tarvittaessa käskytulkki- ja ohjauslohko 401
 lukee datarekisteristä datan ja siirtää sen toiseen sisäiseen dataväylään
 25 405 (B bus), josta se voidaan siirtää siirtorekisterin 406 (Barrel Shifter)
 kautta aritmeettis-loogiseen yksikköön 407 (ALU, Arithmetic Logic Unit),
 johon on johdettu myös ensimmäinen sisäinen dataväylä 409 (A bus).
 Vastaavasti käskytulkki- ja ohjauslohko 401 ohjaa datan kirjoitusta da-
 30 taväylän kirjoitusrekisteriin 408, josta data voidaan siirtää dataväylään
 404.

Aritmeettis-loogisessa yksikössä 407 suoritetaan sinänsä tunnetusti
 mm. yhteen- ja vähennyslaskutoimituksia sekä loogisia toimenpiteitä.
 Aritmeettis-loogisesta yksiköstä 407 dataa on siirrettävissä kolmatta si-
 35 säistä dataväylää 410 (ALU bus) pitkin osoiterekisteriin 411 sekä data-
 rekisterilohkoon 412, jossa on sisäisiä datarekistereitä (rekisteripankki,
 Register Bank). Datarekisterilohkossa 412 on tietojen tallennukseen
 tarkoitettuja rekistereitä, statusrekistereitä sekä mm. ohjelmalaskuri

(PC, program Counter), jota käytetään ohjelmakomentojen osoittamiseen ohjelmamuistialueelta, esim. kommunikointilaitteen muistista 17. Tätä tarkoitusta varten on datarekisterilohkosta 412 johdettu sisäinen osoiteväylä 413 osoiterekisteriin 411.

5

Osoiterekisteri 411 on yhdistetty osoitelaskurilohkoon 414, jossa tavallisesti kasvatetaan ohjelmalaskurin arvoa yhdellä, osoittamaan ohjelmakoodissa seuraavana olevaa kohtaa, jossa tavallisesti on seuraavaksi suoritettava ohjelmakomento. Joissakin tapauksissa suoritettavana oleva ohjelmakomento, kuten aliohjelmakutsu, tai keskeytyspyyntö aiheuttaa siirtymisen toiseen kohtaan ohjelmakoodia, jolloin käskytulkki- ja ohjauslohko 401 asettaa ohjelmalaskuriin tämän osoitteen ja siirtää sen osoiterekisterin 411 arvoksi. Osoitelaskurilohkosta 414 on johdettu osoitteen muutosväylä 415 osoiterekisteriin 411 sekä datarekisterilohkoon 412.

10

Suoritin 2 käsittää vielä kertolaskulohkon 416 kerto- ja jakolaskujen suorittamiseksi. Kertolaskulohko 416 on liitetty ensimmäiseen 409 ja toiseen sisäiseen dataväylään 405. Edellä kuvatussa suorittimessa 2 on myös muita liityntälinjoja ja väyliä kuin edellä esitetyt, joita ei kuitenkaan tässä yhteydessä ole tarpeen käsitellä tarkemmin.

15

Suorittimen 2 datarekisterilohkon 412 datarekistereistä osa on käytettävissä kaikissa suorittimen toimintamooodeissa, ja lisäksi eri toimintamooodeille on varattu sellaisia datarekistereitä, joiden käyttäminen on estetty muissa toimintamooodeissa. Tällä järjestelyllä voidaan vähentää erityisesti keskeytystilanteessa tietojen tallennustarvetta. Lisäksi eri toimintamooodeja varten on järjestetty oma pino-osoitin, jolloin kullakin toimintamoodilla voi tarvittaessa olla käytettävissään oma, edullisesti muistista 17 varattu muistialue pinoa varten.

20

25

Suoritin 2 voidaan asettaa edullisesti ainakin kolmeen toimintatilaan: Käyttäjätilaan (User Mode), jossa on rajoitettu resurssien käyttöä, etuoikeutettuun toimintatilaan (Privileged Mode, Supervisory Mode), jolloin kaikki suorittimen resurssit ovat käytettävissä, tai tunnistamattomien käskyjen käsittelytilaan (Undefined Mode), joka on etuoikeutetun tilan

30

35

erikoistoimintatila, jota käytetään tavallisesti sellaisissa tilanteissa, joissa suoritin 2 on havainnut ohjelmakoodissa tunnistamattoman komennon. Tässä edullisessa suoritusmuodossa tätä tunnistamattomien käskyjen käsittelytilaa käytetään tarkoituksellisesti eräänä toimintatilana, jota selostetaan myöhemmin tässä selityksessä. Tässä suorittimessa 2

5 tunnistamattomien käskyjen käsittelytila on käytännöllinen tähän tarkoitukseen. Vastaavana toimintatilana voidaan tarvittaessa käyttää jotain muuta etuoikeutettua toimintatilaa. Lisäksi suorittimella 2 on käytettävissä kolmentyyppisiä keskeytyksiä: Nopeita keskeytyksiä (FIQ, Fast Interrupt Request), tavallisia keskeytyksiä (IRQ, Interrupt Request), ja ohjelmallisia keskeytyksiä (SWI, Software Interrupt Request). Nopeat keskeytykset FIQ ovat korkeammalla prioriteettitasolla kuin tavalliset keskeytykset IRQ, jotka vastaavasti ovat korkeammalla prioriteettitasolla kuin ohjelmalliset keskeytykset. Tällöin vasteajan kannalta kriittiset keskeytykset on sopivimmin muodostettu nopeita keskeytyksiä FIQ käyttämällä.

10
15

Kommunikointilaitteen 1 käynnistyksessä suoritetaan suorittimen 2 ohjaamana sopivimmin kommunikointilaitteen muistiin 17, sopivimmin kirjoitusmuistiin tai haihtumattomaan luku/kirjoitusmuistiin tallennettu käynnistysohjelmakoodi, johon on muodostettu ohjelmakäskyt mm. muistitarkistusten suorittamiseksi. Alkukäynnistyksen yhteydessä ladataan myös tiedostojen hallintarutiinit, jolloin käyttöjärjestelmien OS_A, OS_B ohjelmakoodin lataukset muistiin 17 voidaan tarvittaessa suorittaa tiedostojen hallintarutiinien avulla. Tämä on tavanomaista tekniikkaa useissa tietojenkäsittelylaitteissa ja käyttöjärjestelmissä. Käyttöjärjestelmien OS_A, OS_B ohjelmakoodit voivat olla tallennettuina myös esim. lukumuistissa ROM, haihtumattomassa muistissa NVRAM tai sähköisesti uudelleen ohjelmoitavissa olevassa lukumuistissa EEPROM (Electrically Erasable Programmable ROM). Tällöin käyttöjärjestelmiä OS_A, OS_B on mahdollista käyttää suoraan tallennuspaikasta (XIP-tekniikka, execute in place).

20
25
30

Käyttöjärjestelmien OS_A, OS_B latauksen jälkeen ne käynnistetään. Tällöin suoritetaan ensin esimerkiksi toisen käyttöjärjestelmän OS_B alkutoimenpiteet, jolloin asetetaan mm. käyttöjärjestelmän prosessitaulut, muistialueet, keskeytyspalvelurutiinit, sanomajonot yms. määritykset, ladataan laiteajurit sekä tietotyypit ja sallitaan keskeytykset. Seuraavassa

35

vaiheessa siirrytään ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A vastaavien alkutoimenpiteiden suoritukseen. Kun ensin on suoritettu toisen käyttöjärjestelmän OS_B alkutoimenpiteet, ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A alkutoimenpiteissä mm. liitetään (esim. asetetaan funktioiden alkuosoite muistissa 17) keskeytyskäsitteilyihin dynaamisesti ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A keskeytysfunktiot: keskeytyksen alku ja keskeytyksen loppu. Lisäksi keskeytyskäsitteilyihin muodostetaan liityntä ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A säikeiden vuoronnukseen.

- 5
- 10 Laiteajurit suorittavat mm. oheislaitteiden toimintatilojen alkuasetukset. Käyttöjärjestelmien tietomuistille RAM varataan sopivimmin kiinteä alue (staattinen varaus), jolloin paremmin voidaan varmistua järjestelmän riittävästä suoritusnopeudesta verrattuna siihen vaihtoehtoon, että muistialueita varataan normaalin toiminnan aikana tarpeen mukaan (dynaaminen varaus).
- 15

Alkutoimenpiteiden jälkeen aloitetaan mm. tyhjäkäyntisäikeen suoritus ja mahdollisesti jonkin sovellusohjelman lataus ja suoritus. Esimerkiksi voidaan käynnistää matkaviestintoinnot, jolloin kommunikointilaitte 1 on valmis vastaanottamaan puheluita, viestejä, telefaxeja yms. ja käyttäjä voi halutessaan muodostaa puhelun, lähettää viestin tai telefaxin, mikäli nämä toiminnot on kommunikointilaitteeseen 1 asetettu.

- 20
- 25 Keskeytyksen tapahtuessa keksinnön mukaisessa kommunikointilaitteessa 1 suoritin 2 siirtyy suorittamaan keskeytystulkkia (Dispatcher), joka tallentaa keskeytetyn säikeen tilan. Tämän jälkeen keskeytystulkki käynnistää keskeytyspalvelurutiinin. Se, mikä keskeytyspalvelurutiini käynnistetään, riippuu tyypillisesti keskeytyspyynnön aiheuttajasta. Tämä voidaan päätellä esimerkiksi siten, että suorittimessa 2 on keskeytysten tilarekisteri, jonka sisältö ilmoittaa keskeytyksen aiheuttajan. Esimerkiksi näppäimistökeskeytyksen seurauksena tilarekisterin vastaava bitti muutetaan toiseen loogiseen tilaan (esimerkiksi loogisesta 0-tilasta loogiseen 1-tilaan), jolloin suoritin 2 tutkii tämän rekisterin eri bitit ja käynnistää vastaavan keskeytyspalvelurutiinin. Tilanteessa, jossa useampi keskeytyspyyntö on voimassa, käynnistetään ensin korkeimman prioriteetin keskeytyspalvelurutiini.
- 30
- 35

Tunnetaan myös suorittimia 2, joissa on käytettävissä useita keskeytys-

linjoja nFIQ, nIRQ, jolloin keskeytyslinjan nFIQ, nIRQ tilamuutos aikaansaa keskeytyspyynnön. Eri keskeytyslinjoille nFIQ, nIRQ voi olla määritetty oma keskeytyspalvelurutiini. Näiden keskeytyspalvelurutiinien osoitteet voivat vielä olla taulukkomuodossa, jolloin suoritin 2 käy
5 tästä taulukosta hakemassa keskeytyksen mukaisen keskeytyspalvelurutiinin alkuosoitteen ja asettaa sen ohjelmanaskurinsa arvoksi, jolloin seuraavaksi suoritettava käsky on tässä osoitteessa.

10 Keskeytyspalvelurutiinissa suoritetaan tarvittavat toimenpiteet, esimerkiksi näppäimistöpuskurin lukeminen ja tiedon tallennus muistiin. Lisäksi keskeytyspalvelu voi muodostaa signaalin välitettäväksi jollekin säikeelle tai käyttöjärjestelmälle. Tarkempi kuvaus tämän keksinnön edullisen suoritusmuodon mukaisen kommunikointilaitteen 1 toiminnasta keskeytystilanteissa on esitetty myöhemmin tässä selityksessä, johon
15 tässä yhteydessä viitataan.

Keskeytyspalveluiden vasteaika on tyypillisesti vielä pienempi kuin edellä mainittujen supersäikeiden 511 vasteaika, esimerkiksi luokkaa n. 100 mikrosekuntia. Tähän keskeytyspalvelun vasteaikaan vaikuttaa
20 mm. se, kuinka pitkään keskeytykset ovat kiellettyinä jossakin osassa ohjelmakoodia. Keskeytyskiellot voivat kohdistua joko kaikkiin keskeytyksiin, tiettyä prioriteettitasoa alhaisempiin keskeytyksiin tai keskeytysten maskirekisterin tai vastaavan kautta keskeytys voidaan väliaikaisesti kieltää. Tällöin keskeytyspyyntö jää muistiin ja keskeytyspalvelurutiini suoritetaan siinä vaiheessa, kun keskeytyskielto tämän keskeytyspyynnön osalta on poistunut ja muita korkeamman prioriteettitason säikeitä ei ole suorituksessa.

25 Ensimmäisestä käyttöjärjestelmästä OS_A toiseen käyttöjärjestelmään OS_B siirtyminen voi tapahtua silloin, kun ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A säikeitä ei ole suoritettavana. Tällöin ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A kannalta suoritus on tyhjäkäyntisäikeessä (Idle Thread).

35 Kommunikointilaitteen 1 toiminnan aikana saattaa olla tarpeen välittää informaatiota myös eri käyttöjärjestelmissä OS_A, OS_B toimivien sovellusten välillä. Tämä on tarpeen erityisesti sellaisissa tilanteissa,

joissa molemmat käyttöjärjestelmät OS_A, OS_B käyttävät ainakin osittain yhteisiä resursseja. Esimerkiksi näppäimistöt 9, 14 voivat sisältää yhteisiä näppäimiä tai erillisten näppäimistöjen 9, 14 sijasta voidaan käyttää yhtä yhteistä näppäimistöä. Toisaalta tällaisten resurssien ohjaus on usein järkevää hoitaa yhden laiteohjaimen avulla, johon on järjestetty omat liityntärajapinnat eri käyttöjärjestelmistä OS_A, OS_B. Tämä helpottaa myös sellaisten tilanteiden hallintaa, jossa useampi kuin yksi käyttöjärjestelmä OS_A, OS_B yrittää käyttää samaa resurssia samanaikaisesti.

10

Tarkastellaan seuraavaksi keksinnön mukaisen kommunikointilaitteen toimintaa eri käyttöjärjestelmien OS_A, OS_B kannalta. Tässä keksinnön edullisessa suoritusmuodossa ensimmäinen käyttöjärjestelmä OS_A on ns. reaaliaikainen käyttöjärjestelmä, jolloin sille on asetettu tiettyjä suoritusaikavaatimuksia. Toinen käyttöjärjestelmä OS_B ei ole aivan yhtä kriittinen suoritusaikojensa suhteen, mutta erityisesti käyttömukavuuden kannalta on myös toisen käyttöjärjestelmän OS_B kyettävä suorittamaan sille asetetut toimenpiteet kohtuullisessa ajassa.

20

Ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A säikeille on määritetty prioriteetti esim. sulautetun järjestelmän suunnitteluvaiheessa. Prioriteetilla voidaan vaikuttaa mm. kriittisten säikeiden suoritusjärjestykseen ja vasteaikoihin. Ensimmäisen käyttöjärjestelmän vuorontaja SCH_A asettaa suorituskierroksella ensimmäiseksi suoritukseen sen säikeen, jonka prioriteetti on sillä hetkellä korkein. Käytännön järjestelmässä tämä tarkoittaa sitä, että keksinnön edullisen suoritusmuodon mukaisen kommunikointilaitteen 1 suoritin 2 suorittaa ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A vuorontaja-toimintoa, joka on toteutettu suorittimen 2 ohjelmakomennoilla. Säikeiden suorituksessa järjestelmän suoritin 2 tekee säikeeseen ohjelmoitujen ohjelmakomentojen mukaisia toimenpiteitä.

25

30

Kaikkien ensimmäisessä käyttöjärjestelmässä OS_A käynnissä olevien prosessien säikeiden THA1, THA2 suorituksen jälkeen suoritin 2 siirtyy suorittamaan toisen käyttöjärjestelmän OS_B toimintoja, esim. viivästettyjä funktiokutsuja DSR (Delayed Service Routine) tai odottamassa olevia säikeitä THB1, THB2. Ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A säikeet THA1, THA2 saavat aina toimia, lukuunottamatta lyhyitä katkoksia

35

keskeytyskäsitteilyn aikana. Tämä on esitetty tarkemmin jäljempänä tässä selityksessä. Tässä keksinnön edullisessa suoritusmuodossa toisen käyttöjärjestelmän OS_B suoritus vastaa ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A kannalta ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A säikeen, kuten tyhjäkäyntisäikeen THA_IDLE tai supersäikeen suorittamista. Ensimmäiseen käyttöjärjestelmään OS_A on tämän aikaansaamiseksi muodostettu tyhjäkäyntisäiettä THA_IDLE kuvaava tietorakenne (ei esitetty), vaikka varsinaista tyhjäkäyntisäiettä ei ensimmäisessä käyttöjärjestelmässä OS_A tämän suoritusmuodon mukaisessa toteutuksessa ole.

Siirryttyään suorittamaan toista käyttöjärjestelmää OS_B, suoritin 2 tekee toisen käyttöjärjestelmän OS_B vuorontajatoiminnot toisen käyttöjärjestelmän OS_B suorituksessa olevien säikeiden THB1, THB2 prioriteettien ja vuorontamiskäytännön perusteella. Ensin suoritetaan viivästetyt funktiokutsut DSR, mikäli niitä oli odottamassa, ja sen jälkeen siirrytään säikeiden THB1, THB2 suoritukseen sopivimmin prioriteettijärjestyksessä. Suoritettavana olevien säikeiden THB1, THB2 suorituksen jälkeen, jolloin mikään säie THB1, THB2 ei ole suoritusilassa (RUN), siirtyy suoritin 2 toisen käyttöjärjestelmän OS_B tyhjäkäyntisäikeeseen THB_IDLE, kunnes on tarve tehdä uusi suorituskierrös.

Toisen käyttöjärjestelmän OS_B suorituksen aikana voi tapahtua siirtyminen ensimmäiseen käyttöjärjestelmään OS_A lähes missä vaiheessa tahansa. Tämä tapahtuu edullisesti siten, että keskeytyspyynnön seurauksena suoritin 2 siirtyy suorittamaan keskeytyspalveluohjelmaa, jossa aktivoidaan ensimmäinen käyttöjärjestelmä OS_A jäljempänä esitettävällä tavalla. Paluu toiseen käyttöjärjestelmään OS_B tapahtuu siinä vaiheessa, kun ensimmäisessä käyttöjärjestelmässä OS_A suoritus on edennyt tyhjäkäyntisäikeeseen THA_IDLE. Ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A suoritus on siis toisen käyttöjärjestelmän OS_B kannalta keskeytyspalveluohjelman suorittamista.

Tässä keksinnössä käyttöjärjestelmien OS_A, OS_B yhdistäminen on pyritty aikaansaamaan siten, että muutokset eri käyttöjärjestelmien OS_A, OS_B ohjelmakoodeihin ovat mahdollisimman vähäiset ja toisaalta siten, että käyttöjärjestelmien OS_A, OS_B ominaisuudet eivät merkittävästi muutu sovelluskehittäjän kannalta. Keksinnön edullisen

suoritusmuodon mukaisessa kommunikointilaitteessa yhdistäminen on tehty keskeytyspalveluohjelmatasolla. Laitteisto- FIQ, IRQ tai ohjelmakeskeytyksen SWI tullessa suoritin 2 siirtyy suorittamaan keskeytyspalveluohjelmaa. Tämä ohjelma voi olla joko yhteinen kaikille keskeytyksille, jolloin rekistereistä tai vastaavista tutkimalla suorittimen 2 käskytulkki- ja ohjauslohko 401 voi tarvittaessa päätellä keskeytyksen aiheuttajan, tai keskeytyspalveluohjelmia voi olla useita eri laitteisto- FIQ, IRQ ja ohjelmakeskeytyksille SWI. Keskeytyspalveluohjelman alkuun on lisätty ohjelmakutsu (funktiokutsu) keskeytyksen alku -rutiiniin (interrupt begin), jossa muutetaan käyttöjärjestelmien OS_A, OS_B sisäistä statusia, jolloin käyttöjärjestelmissä OS_A, OS_B on tieto keskeytyspalvelun olevan käynnissä. Siirtymiset keskeytyspalveluohjelmaan, aliohjelmien suorittaminen, tilatietojen tutkiminen yms. toimenpiteet suoritetaan käskytulkki- ja ohjauslohkon 401 ohjaamana, kuten jo aikaisemmin tässä selityksessä on esitetty ja on toisaalta alan asiantuntijan tuntemaa tekniikkaa.

Seuraavaksi suoritetaan keskeytyskäsitteijän toiminnot, jolla tarkoitetaan sitä, että käskytulkki- ja ohjauslohko 401 suorittaa suorittimelle 2 tulleelle keskeytykselle määritellyt ohjelmakomennot, jotka on tallennettu sopivimmin muistiin 17. Keskeytyskäsitteijässä mm. tutkitaan keskeytyksen aiheuttaja ja päätellään se, vaatiiko keskeytyskäsitteily ensimmäisen OS_A tai toisen käyttöjärjestelmän OS_B säikeiden suoritusta. Jos kyseinen keskeytyskäsitteily vaatii ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A säikeiden suoritusta, asettaa keskeytyskäsitteijä tästä tiedon ensimmäisen käyttöjärjestelmän vuorontajaa SCH_A varten. Jos keskeytyskäsitteily vaatii toisen käyttöjärjestelmän OS_B säikeiden suoritusta, muodostaa keskeytyskäsitteijä viivästetyn funktiokutsun DSR suoritettavaksi ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A säikeiden suorituksen jälkeen. Tällainen viivästetty funktiokutsu DSR voidaan muodostaa myös ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A suorituksessa olevista säikeistä käsin. Tämä viivästetty funktiokutsu DSR voi asettaa toisen käyttöjärjestelmän vuorontajaan SCH_B tiedon siitä, että keskeytyskäsitteily vaatii toisen käyttöjärjestelmän OS_B tiettyjen säikeiden suoritusta. Joissakin tapauksissa on mahdollista myös se, että keskeytyskäsitteijä asettaa tämän tiedon toisen käyttöjärjestelmän vuorontajalle SCH_A ilman, että käytetään viivästettyjä funktiokutsuja DSR.

Keskeytyspalveluohjelmassa voidaan suorittaa myös muita toimenpiteitä, kuten tiedon lukeminen pushuriin, josta tieto käydään lukemassa siinä vaiheessa kun sovellusohjelman säie, jolle tieto on osoitettu, on suoritusvaiheessa.

5

Keskeytysohjelman loppuun on lisätty keskeytyksen loppu -funktio (Interrupt end), jossa mm. asetetaan tieto keskeytyspalveluohjelman suorituksen päättymisestä. Lisäksi funktio palauttaa tiedon siitä, onko keskeytyspalveluohjelmassa suoritettu ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A rutiineja, jotka vaativat ensimmäisen käyttöjärjestelmän vuorontajalta SCH_A suoritusajan antamista säikeille. Keskeytyspalveluohjelman päätyttyä vaihdetaan suorittimen 2 toimintatila ja ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A status. Mikäli keskeytys aiheutti tarpeen suorittaa ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A säikeitä, suoritetaan seuraavaksi ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A vuorontajaohjelma, jossa asetetaan uusi status (READY) sille säikeelle, jolle keskeytys aiheutti toimenpiteitä, esim. tiedon lukeminen puskurista. Ensimmäisen käyttöjärjestelmän vuorontaja SCH_A ohjaa suoritukseen asetetussa prioriteettijärjestyksessä ne ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A säikeet, jotka ovat suoritusta odottamassa (READY-tilassa).

20

Ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A keskeytyspalvelussa tai suorituksessa olevissa ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A säikeissä voidaan joissakin tilanteissa muodostaa viivästettyjä funktiokutsuja DSR, jolloin muutetaan toisen käyttöjärjestelmän OS_B säikeiden statusta. Viivästetyt funktiokutsut DSR käsitellään sen jälkeen, kun suoritin 2 on suorittanut kaikki suoritusta odottamassa olleet ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A säikeet. Viivästettyjen funktiokutsujen DSR käsittelyn jälkeen suoritetaan vielä toisen käyttöjärjestelmän OS_B vuorontajaruutiini toisen käyttöjärjestelmän OS_B suoritusta odottavien säikeiden suorittamiseksi edullisesti prioriteettijärjestyksessä.

25

30

Edellä mainittujen toimenpiteiden suorittamisen aikana voi tulla uusi keskeytys, jolloin toiminta siirtyy jälleen keskeytyskäsitelyyn, minkä jälkeiset toimenpiteet noudattelevat edellä esitettyjä periaatteita.

35

Keskeytyksen jälkeinen toiminta jatkuu siten, että suoritetaan se toimenpide, jonka efektiivinen prioriteetti on sillä hetkellä korkein. Tähän

vaikuttaa mm. se, mitä vaihetta suoritin 2 oli suorittamassa keskeytys-
 hetkellä ja se, mikä aiheutti keskeytyksen. Eräitä eri vaihtoehtoisia tilan-
 teita on esitetty oheisissa kuvissa 6a—6i, joita seuraavassa selostetaan
 tarkemmin. Esimerkkinä sulautetusta järjestelmästä 1 käytetään kom-
 5 munikointilaitetta, jossa on toteutettu sekä matkaviestintoimintoja että
 tietojenkäsittelytoimintoja, kuten henkilökohtaisen digitaalisen apulait-
 teen PDA toimintoja. Kommunikointilaitteen suorittimessa 2 käytetään
 kahta käyttöjärjestelmää OS_A, OS_B. Ensimmäinen käyttöjärjestelmä
 OS_A on tarkoitettu lähinnä matkaviestintoimintojen ohjaamiseen ja
 10 käyttämiseen. Toinen käyttöjärjestelmä OS_B on tarkoitettu lähinnä
 tietojenkäsittelytoimintojen ohjaamiseen ja käyttämiseen.

Kuvien 6a—6h esimerkkitalanteissa on kyseessä ns. normaali keskeytys
 IRQ (Interrupt request). Tässä keksinnön edullisen suoritusmuodon
 15 mukaisessa kommunikointilaitteessa 1 on käytettävissä myös ns. nopea
 keskeytys FIQ (Fast interrupt request), kuten kuvan 6i esimerkissä on
 esitetty. Nopean keskeytyksen FIQ prioriteetti on edullisesti korkeampi
 kuin normaalin keskeytyksen IRQ. Lisäksi käytettävissä on vielä ohjel-
 mallinen keskeytys SWI (Software interrupt), jonka prioriteetti on edulli-
 20 sesti matalampi kuin normaalin keskeytyksen IRQ. Oheisten kuvien 6a
 —6i mukaiset vaiheet ovat sovellettavissa myös nopeisiin keskeytyksiin
 FIQ ja ohjelmallisiin keskeytyksiin SWI, joten tässä selityksessä on
 käsitelty pääasiassa vain normaaleja keskeytyksiä IRQ.

Viivästetty funktiokutsu DSR on toisen käyttöjärjestelmän OS_B ominai-
 suus, jota voidaan käyttää mm. sanomien välityksessä eri säikeiden
 välillä ja tarvittaessa myös eri käyttöjärjestelmien OS_A, OS_B välillä.
 Viivästetty funktiokutsu DSR muuttaa toisen käyttöjärjestelmän OS_B
 säikeen statuksen suorituksen odotustilaan (READY-tilaan). Viivästetty-
 25 jen funktiokutsujen DSR prioriteetti toisessa käyttöjärjestelmässä OS_B
 on korkeampi kuin säikeiden, joten ne käsitellään ennen toisen käyttö-
 30 järjestelmän OS_B säikeiden suoritusta.

Suorittimella 2 on tässä esimerkissä seuraavat toimintatilat:

- 35 – käyttäjätila USER,
- etuoikeutettu toimintatila SVC,
- tunnistamattomien käskyjen käsittelytila UND,
- nopea keskeytystila FIQ,

- normaali keskeytystila IRQ, ja
- ohjelmallinen keskeytystila SWI,

5 Tunnistamattomien käskyjen käsittelytilaa UND käytetään tässä keksinnön edullisessa suoritusmuodossa normaalina suoritustilana, vaikka sen oletusarvoinen käyttötarkoitus tässä esimerkissä käytettävällä suorittimella 2 on tunnistamattomien käskyjen käsittelytila.

10 Kuvassa 6a on esitetty tilanne, jossa normaalin keskeytyksen tullessa suoritin 2 on suorittamassa toisen käyttöjärjestelmän OS_B alaista säiettä THB1 (lohko 601), joka käsittää esim. käyttäjän käynnistämään sovellusohjelmaan liittyvän prosessin kommunikointilaitteen 1 tietojenkäsittelytoiminnoissa. Suoritin 2 on käyttäjän toimintatilassa USER. Normaali keskeytys aiheuttaa toimintatilan vaihtumisen normaaliin keskeytystilaan IRQ, jolloin suoritin 2 siirtyy suorittamaan normaalin keskeytyksen alku -funktiota (lohko 602) ja sen jälkeen normaalin keskeytyksen palveluohjelmaa (lohko 603). Keskeytys ei aiheuttanut ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A säikeiden suoritustarvetta, jolloin keskeytyksen jälkeen ei kutsuta ensimmäisen käyttöjärjestelmän vuorontajaa SCH_A. Keskeytyksessä ei muodostettu myöskään viivästettyjä funktiokutsuja DSR. Keskeytyksenkäsittelyn päättyessä kutsutaan normaalin keskeytyksen loppu -funktiota (lohko 604), jossa asetetaan tieto keskeytyksen päättymisestä. Normaalin keskeytyksen palveluohjelman päättyttyä vaihdetaan suorittimen 2 toimintatila takaisin käyttäjän toimintatilaan USER. Suoritus jatkuu keskeytyneestä toisen käyttöjärjestelmän OS_B säikeestä THB1 (lohko 605).

30 Keskeytyksen aiheuttaa esim. kommunikointilaitteen 1 kannen (ei esitetty) avaaminen, jolloin kannen asennon ilmaiseva kytkin S1 vaihtaa tilaansa, esim. aukeaa, jolloin suoritin 2 voi tutkia tämän kytkimen S1 asennon lukemalla kytkimeen liitetyn tunnistuslinjan 20 loogisen tilan (0/1). Tässä tapauksessa kannen avaaminen ei välittömästi aiheuttanut muita toimenpiteitä.

35 Kuvassa 6b on esitetty tilanne, jossa normaalin keskeytyksen tullessa suoritin 2 on suorittamassa ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A tyhjäkäyntisäiettä THA_IDLE (lohko 606). Tällöin toimintatila vaihtuu tunnistamattomien käskyjen käsittelytilasta UND normaaliin keskeytystilaan

IRQ ja suoritin 2 siirtyy suorittamaan normaalin keskeytyksen alku -
 funktiota (lohko 602) ja sen jälkeen normaalin keskeytyksen palveluoh-
 jelmaa. Keskeytys ei aiheuttanut ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A
 säikeiden suoritustarvetta, jolloin keskeytyksen jälkeen ei kutsuta en-
 5 simmäisen käyttöjärjestelmän vuorontajaa SCH_A. Keskeytyksessä ei
 muodostettu myöskään viivästettyjä funktiokutsuja DSR. Keskeytyksen
 päätyttyä kutsutaan normaalin keskeytyksen loppu -funktiota (lohko
 604), jossa asetetaan tieto keskeytyksen päättymisestä. Normaalin
 keskeytyksen palveluohjelman päätyttyä vaihdetaan suorittimen 2 toi-
 10 mintatila takaisin tunnistamattomien käskyjen käsittelytilaan UND.
 Suoritus jatkuu tyhjäkäyntisäikeestä THA_IDLE (lohko 605).

Keskeytyksen IRQ aiheuttaa esim. se, että käyttäjä painaa tietojenkäsit-
 telytoimintojen näppäimistön 14 jotakin näppäintä kommunikointilaitteen
 15 1 kannen ollessa auki. Keskeytyskäsittelijä tutkii, onko tässä tilanteessa
 kyseisen näppäimen painalluksella vaikutusta matkaviestintotoimintaan ja
 toteaa, ettei ole, jolloin keskeytys ei aiheuttanut toimenpiteitä matka-
 viestintotoimintoihin.

20 Kuvassa 6c on esitetty tilanne, jossa normaalin keskeytyksen tullessa
 suoritin 2 on suorittamassa toisen käyttöjärjestelmän OS_B alaista
 säiettä THB1 (lohko 601), joka käsittää esim. käyttäjän käynnistämään
 sovellusohjelmaan liittyvän prosessin kommunikointilaitteen tietojen-
 käsittelytoiminnoissa. Tämä tilanne on esitetty vielä nuolikaaviona ku-
 25 vassa 8. Suoritin 2 on käyttäjän toimintatilassa USER. Tällöin toimintati-
 la vaihtuu normaaliin keskeytystilaan IRQ ja suoritin 2 siirtyy suoritta-
 maan normaalin keskeytyksen alku -funktiota (lohko 602) ja sen jälkeen
 normaalin keskeytyksen palveluohjelmaa (lohko 603 kuvassa 6c, nuolet
 801 ja 802 kuvassa 8). Keskeytys aiheutti ensimmäisen käyttöjärjestel-
 30 män OS_A ainakin yhden säikeen suoritustarpeen, mutta keskeytyk-
 sessä ei muodostettu viivästettyjä funktiokutsuja DSR. Keskeytyksen
 päätyttyä (nuoli 803) kutsutaan normaalin keskeytyksen loppu -funktiota
 (lohko 604), jossa asetetaan tieto keskeytyksen päättymisestä. Nor-
 maalin keskeytyksen palveluohjelman päätyttyä vaihdetaan suorittimen
 35 2 toimintatila tunnistamattomien käskyjen käsittelytilaan UND ja samalla
 kutsutaan ensimmäisen käyttöjärjestelmän vuorontajaa SCH_A, joka
 asettaa säikeille uudet statukset tarvittaessa (lohko 608 kuvassa 6c,

nuoli 804 kuvassa 8). Tämän jälkeen suoritetaan ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A suoritusta odottavat säikeet (READY-tilassa olevat säikeet) (nuolet 805—808). Sen jälkeen kun suorittamista odottavia säikeitä ei ole, suorittimen 2 toimintatila asetetaan takaisin käyttäjän toimintatilaan USER ja suoritus jatkuu toisen käyttöjärjestelmän OS_B keskeytyneestä säikeestä THB1 (lohko 605 kuvassa 6c, nuolet 809, 810 ja 811 kuvassa 8).

Tätä tilannetta kuvaavassa esimerkissä on kommunikointilaitteeseen 1 tullut puhelu, johon ei ole vastattu. Tällöin matkaviestintotoimintojen näyttölaitteessa 10 sekä tietojenkäsittelytoimintojen näyttölaitteessa 15 näytetään viesti saapuneista, vastaamattomista puhelusta, esim. teksti "1 missed call". Käyttäjä painaa tietojenkäsittelytoimintojen kuittausnäppäintä (ei esitetty), jolloin muodostuu normaali keskeytys IRQ. Keskeytyskäsittelyssä asetetaan suoritus tilaa odottamaan ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A säie, jolla mainittu teksti on poistettavissa matkaviestintotoimintojen näyttölaitteesta 10. Keskeytyksen päätyttyä suoritin 2 siirtyy suorittamaan ensimmäisen käyttöjärjestelmän vuorontajaa SCH_A, jolloin ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A säie suoritustilaan päästyään poistaa mainitun tekstin matkaviestintotoimintojen näyttölaitteesta 10.

Kuvassa 6d on esitetty tilanne, jossa normaalin keskeytyksen tullessa suoritin 2 on suorittamassa toisen käyttöjärjestelmän OS_B alaista säiettä THB1 (lohko 601) ja on asetettu käyttäjän toimintatilaan USER. Tällöin toimintatila vaihtuu normaaliin keskeytystilaan IRQ ja suoritin 2 siirtyy suorittamaan normaalin keskeytyksen alku -funktiota (lohko 602) ja sen jälkeen normaalin keskeytyksen palveluohjelmaa (lohko 603). Keskeytys aiheutti ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A ainakin yhden säikeen suoritustarpeen. Lisäksi keskeytyksessä, ja/tai jossakin keskeytyksen jälkeen suorituksessa olevassa ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A säikeessä muodostettiin viivästetty funktiokutsu DSR. Keskeytyksen päätyttyä kutsutaan normaalin keskeytyksen loppu -funktiota (lohko 604), jossa asetetaan tieto keskeytyksen päättymisestä. Normaalin keskeytyksen palveluohjelman päätyttyä vaihdetaan suorittimen 2 toimintatila tunnistamattomien käskyjen käsittelytilaan UND, ja kutsutaan ensimmäisen käyttöjärjestelmän vuorontajaa SCH_A, joka

asettaa säikeille uudet statukset tarvittaessa ja ohjaa suoritukseen ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A suoritusta odottavat säikeet vuorontamiskäytäntönsä mukaisesti (lohko 608). Sen jälkeen kun ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A suorittamista odottavia säikeitä ei ole, käsitellään toisen käyttöjärjestelmän OS_B viivästetyt funktiokutsut DSR, minkä jälkeen suorittimen 2 toimintatila asetetaan takaisin käyttäjän toimintatilaan USER ja suoritus jatkuu toisen käyttöjärjestelmän OS_B keskeytyneestä säikeestä THB1 (lohko 605), koska toisen käyttöjärjestelmän OS_B sillä säikeellä, jonka statuksen viivästetty funktiokutsu DSR muutti, oli matalampi prioriteetti kuin toisen käyttöjärjestelmän OS_B keskeytyneellä säikeellä THB1.

Esimerkkinä voidaan mainita tilanne, jossa käyttäjä on kirjoittanut lyhytsanomaviestin (SM, Short Message) tietojenkäsittelytoimintojen näppäimistöllä 14. Lähetysnäppäimen (ei esitetty) painallus aiheuttaa normaalin keskeytyksen IRQ. Keskeytyskäsittelyssä asetetaan suoritustilaa odottamaan ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A säie tai säikeet lähetettävän sanoman lukemiseksi puskurista ja lähettämiseksi ja muodostetaan tietojenkäsittelytoimintojen näyttölaitteelle 15 kuvake, jolla ilmoitetaan käyttäjälle sanoman olevan lähtemässä. Keskeytyksen päätyttyä suoritin 2 siirtyy suorittamaan ensimmäisen käyttöjärjestelmän vuorontajaa SCH_A, jolloin ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A säie suoritustilassa ollessaan lähettää sanoman, minkä jälkeen muodostetaan viivästetty funktiokutsu DSR kuvakkeen poistamiseksi. Tämän jälkeen toisen käyttöjärjestelmän vuorontaja SCH_B asettaa suoritustilaan toisen käyttöjärjestelmän OS_B keskeytyneen säikeen THB1, koska sen prioriteetti tässä esimerkkitilanteessa on korkeampi kuin toisen käyttöjärjestelmän OS_B kuvakkeen poistavan säikeen prioriteetti. Myöhemmin tämä säie pääsee suoritusvuoroon ja poistaa mainitun tekstin tietojenkäsittelytoimintojen näyttölaitteesta 15.

Kuvassa 6e on esitetty tilanne, jossa normaalin keskeytyksen tullessa suoritin 2 on suorittamassa ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A tyhjäkäyntisäiettä THA_IDLE (lohko 606) ja on asetettu tunnistamattomien käskyjen käsittelytilaan UND. Tällöin toimintatila vaihtuu normaaliin keskeytystilaan IRQ ja suoritin 2 siirtyy suorittamaan normaalin keskeytyksen alku -funktioita (lohko 602) ja sen jälkeen normaalin keskeytyksen palveluohjelmaa (lohko 603). Keskeytys aiheutti ensimmäisen

käyttöjärjestelmän OS_A ainakin yhden säikeen suoritustarpeen. Lisäksi keskeytyksessä ja/tai ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A säikeessä muodostettiin viivästetty funktiokutsu DSR, joka aiheuttaa vielä toisen käyttöjärjestelmän OS_B yhden tai useamman säikeen statuksen muuttamisen suoritusta odottamaan (READY). Keskeytyksen päätyttyä kutsutaan normaalin keskeytyksen loppu -funktioita (lohko 604), jossa asetetaan tieto keskeytyksen päättymisestä. Normaalin keskeytyksen palveluohjelman päätyttyä vaihdetaan suorittimen 2 toimintatila ja ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A status. Suorittimen 2 toimintatila vaihdetaan tunnistamattomien käskyjen käsittelytilaan UND, minkä jälkeen kutsutaan ensimmäisen käyttöjärjestelmän vuorontajaa SCH_A (lohko 608), joka asettaa säikeet vuorollaan suoritustilaan, eli suoritetaan ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A suoritusta odottavat säikeet (READY-tilassa). Sen jälkeen kun suorittamista odottavia ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A säikeitä ei ole, käsitellään toisen käyttöjärjestelmän OS_B viivästetyt funktiokutsut DSR (lohko 609), minkä jälkeen kutsutaan toisen käyttöjärjestelmän vuorontajaa SCH_B (lohko 610), joka asettaa toisen käyttöjärjestelmän OS_B suoritusjärjestyksessä, edullisesti prioriteettijärjestyksessä, ensimmäisenä suoritusta odottavan säikeen suoritustilaan. Tämän jälkeen suorittimen 2 toimintatila asetetaan takaisin käyttäjän toimintatilaan USER ja suoritus jatkuu toisen käyttöjärjestelmän OS_B säikeestä THB1 (lohko 605), jonka prioriteetti sillä hetkellä on korkein. Toisen käyttöjärjestelmän vuorontaja SCH_B ohjaa säikeiden suoritusta vuorontamiskäytäntönsä mukaisesti.

Esimerkkitilanteessa on kommunikointilaitteeseen 1 saapunut lyhytsanomaviesti, jonka merkiksi on muodostettu matkaviestintoimintojen näyttölaitteelle 10 sekä tietojenkäsittelytoimintojen näyttölaitteelle 15 kuvake. Käyttäjä painaa matkaviestintoimintojen näppäimistön 9 lue-näppäintä (ei esitetty), joka aiheuttaa normaalin keskeytyksen IRQ. Keskeytyksenkäsittelyssä asetetaan suoritustilaa odottamaan ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A säie tai säikeet kuvakkeen poistamiseksi matkaviestintoimintojen näyttölaitteelta 10 ja saapuneen sanoman näyttämiseksi matkaviestintoimintojen näyttölaitteella 10. Lisäksi muodostetaan viivästetty funktiokutsu DSR kuvakkeen poistamiseksi tietojenkäsittelytoimintojen näyttölaitteelta 15. Suoritin 2 suorittaa keskeytyksen jälkeen ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A vuorontajatoiminnot,

käsittelee viivästetyt funktiokutsut DSR ja siirtyy toisen käyttöjärjestelmän OS_B vuorontajatoimintojen suoritukseen, jolloin toisen käyttöjärjestelmän OS_B säie suoritukseen päästyään poistaa kuvakkeen tietojenkäsittelytoimintojen näyttölaitteelta 15.

5

Kuvassa 6f on esitetty tilanne, jossa normaalin keskeytyksen tullessa suoritin 2 on suorittamassa toisen käyttöjärjestelmän OS_B säiettä THB1 (lohko 601) ja on asetettu käyttäjän toimintatilaan USER. Tällöin toimintatila vaihtuu normaaliin keskeytystilaan IRQ ja suoritin 2 siirtyy suorittamaan normaalin keskeytyksen alku -funktiota (lohko 602) ja sen jälkeen normaalin keskeytyksen palveluohjelmaa (lohko 603). Keskeytys aiheutti ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A ainakin yhden säikeen suoritustarpeen. Lisäksi keskeytyksessä ja/tai jossakin keskeytyksen jälkeen suorituksessa olevassa ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A säikeessä muodostettiin viivästetty funktiokutsu DSR, joka aiheuttaa vielä toisen käyttöjärjestelmän OS_B säikeiden suoritusajojen uudelleen asetuksen. Keskeytyksen päätyttyä kutsutaan normaalin keskeytyksen loppu -funktiota (lohko 604), jossa asetetaan tieto keskeytyksen päättymisestä. Normaalin keskeytyksen palveluohjelman päätyttyä vaihdetaan suorittimen 2 toimintatila ja ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A status. Suorittimen 2 toimintatila vaihdetaan tunnistamattomien käskyjen käsittelytilaan UND, minkä jälkeen kutsutaan ensimmäisen käyttöjärjestelmän vuorontajaa SCH_A, joka asettaa säikeille uudet statukset tarvittaessa (lohko 608). Tämän jälkeen suoritetaan ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A suoritusta odottavat säikeet (READY-tilassa olevat säikeet). Sen jälkeen kun suorittamista odottavia säikeitä ei ole, käsitellään toisen käyttöjärjestelmän OS_B viivästetyt funktiokutsut DSR (lohko 609), minkä jälkeen kutsutaan toisen käyttöjärjestelmän vuorontajaa SCH_B (lohko 610), joka asettaa toisen käyttöjärjestelmän OS_B suoritusjärjestyksessä ensimmäisenä suoritusta odottavan säikeen suoritustilaan. Tässä esimerkissä keskeytyskäsitteily aiheutti sen, että suoritustilaan ei vielä siirry keskeytynyt säie THB1, vaan toinen tämän toisen käyttöjärjestelmän OS_B säie THB2, jonka status muuttui suoritusta odottavaksi. Suorittimen 2 toimintatila asetetaan takaisin käyttäjän toimintatilaan USER, minkä jälkeen suoritin 2 siirtyy suorittamaan sitä säiettä THB2, joka asetettiin suoritustilaan (lohko 611). Keskeytynyt säie THB1 tulee vuorollaan suoritustilaan (lohko 605).

10

15

20

25

30

35

Esimerkkinä edellä olevasta on tilanne, jossa käyttäjä on kirjoittamassa lyhytsanomaviestiä tietojenkäsittelytoimintojen näppäimistöllä 14 ja liittää kommunikointilaitteeseen 1 latauslaitteen (ei esitetty). Tämä aiheuttaa normaalin keskeytyksen IRQ. Keskeytyskäsittelyssä asetetaan suoritus tilaa odottamaan ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A säie, jolla matkaviestintotoimintojen näyttölaitteelle 10 muodostetaan kuvake, jolla ilmoitetaan latauksen olevan käynnissä. Lisäksi viivästetyn funktio-

5

10

Kuvassa 6g on esitetty tilanne, jossa normaalin keskeytyksen tullessa suoritin 2 on suorittamassa ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A alaista säiettä THA1 (lohko 612), joka on esim. yhteyden muodostussovellus kommunikointilaitteen 1 matkaviestintoinnoissa. Suoritin 2 on tunnistamattomien käskyjen käsittelytilassa UND. Tällöin toimintatila vaihtuu normaaliin keskeytystilaan IRQ ja suoritin 2 siirtyy suorittamaan normaalin keskeytyksen alku -funktiota (lohko 602) ja sen jälkeen normaalin keskeytyksen palveluohjelmaa (lohko 603). Keskeytys ei aiheutanut ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A säikeiden suoritustarvetta, jolloin keskeytyksen jälkeen ei kutsuta ensimmäisen käyttöjärjestelmän vuorontajaa SCH_A. Keskeytyksen päätyttyä kutsutaan normaalin keskeytyksen loppu -funktiota (lohko 604), jossa asetetaan tieto keskeytyksen päättymisestä. Normaalin keskeytyksen palveluohjelman päätyttyä vaihdetaan suorittimen 2 toimintatila ja ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A status. Suorittimen 2 toimintatila vaihdetaan takaisin tunnistamattomien käskyjen käsittelytilaan UND ja suoritus jatkuu keskeytyneestä säikeestä THA1 (lohko 613). Vaikka keskeytyksessä olisi muodostettu toisen käyttöjärjestelmän OS_B viivästettyjä funktiokutsuja DSR, eivät ne tulisi käsittelyyn ennen kuin kaikki ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A suorituksessa olevat säikeet on suoritettu.

15

20

25

30

35

Käyttäjä on esim. valitsemassa puhelinnumeroa, jolloin näppäinpainallukset aiheuttavat normaalin keskeytyksen IRQ. Keskeytyskäsittelyssä luetaan näppäinpainallus muistiin 17, tulostetaan matkaviestintotoimintojen näyttölaitteella 10 ja palataan odottamaan seuraavaa näppäinpainallusta.

Kuvassa 6h on esitetty tilanne, jossa normaalin keskeytyksen tullessa suoritin 2 on suorittamassa ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A alaista säiettä THA1 (lohko 612), joka on esim. yhteyden muodostussovellus kommunikointilaitteen matkaviestintoinnoissa. Suoritin on tunnistamattomien käskyjen käsittelytilassa. Tällöin toimintatila vaihtuu normaaliin keskeytystilaan IRQ ja suoritin 2 siirtyy suorittamaan normaalin keskeytyksen alku -funktiota (lohko 602) ja sen jälkeen normaalin keskeytyksen palveluohjelmaa (lohko 603). Keskeytys aiheutti ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A ainakin yhden säikeen suoritustarpeen.

5 Keskeytyksen päätyttyä kutsutaan normaalin keskeytyksen loppu -funktiota (lohko 604), jossa asetetaan tieto keskeytyksen päättymisestä. Normaalin keskeytyksen palveluohjelman päätyttyä vaihdetaan suorittimen 2 toimintatila ja ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A status. Suorittimen 2 toimintatila vaihdetaan tunnistamattomien käskyjen käsittelytilaan UND, minkä jälkeen kutsutaan ensimmäisen käyttöjärjestelmän vuorontajaa SCH_A, joka asettaa säikeille uudet statukset tarvittaessa (lohko 608). Tämän jälkeen suoritetaan ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A suoritusta odottavat säikeet (READY-tilassa) prioriteetti-järjestyksessä. Tässä esimerkissä keskeytys aiheutti toisen säikeen

10 THA2 siirtymisen heti suoritukseen (lohko 614), jolloin keskeytynyt säie THA1 mahdollisesti tulee myöhemmin suoritusvuoroon (lohko 613). Vaikka keskeytyksessä olisi muodostettu toisen käyttöjärjestelmän OS_B viivästettyjä funktiokutsuja DSR, eivät ne tulisi käsittelyyn ennen kuin kaikki ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A suorituksessa olevat

15 säikeet on suoritettu.

20

25

Käyttäjällä on esim. näppäilyt puhelinnumeron ja painanut luuri ylös-näppäintä (ei esitetty), joka aiheuttaa normaalin keskeytyksen IRQ. Keskeytyksenkäsittelyn jälkeen ensimmäisen käyttöjärjestelmän vuorontajaa SCH_A asettaa suoritukseen yhteyden muodostussäikeen.

30

Kuvassa 6i on vielä esitetty tilanne, jossa normaalin keskeytyspalveluohjelman ollessa suorituksessa (lohko 615) tulee nopea keskeytys FIQ. Suoritin 2 on normaalissa keskeytystilassa IRQ ja siirtyy nopean keskeytyksen tilaan FIQ ja suorittaa nopean keskeytyksen alku -funktion (lohko 616) ja sen jälkeen nopean keskeytyksen FIQ palveluohjelman (lohko 617). Nopean keskeytyksen käsittelyn päätyttyä kutsutaan nopean keskeytyksen loppu -funktiota (lohko 618), jossa asetetaan tieto

35

nopean keskeytyksen FIQ päättymisestä. Nopean keskeytyspalveluohjelman päätyttyä vaihdetaan ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A status ja suorittimen 2 toimintatila takaisin normaaliin keskeytystilaan IRQ, minkä jälkeen toiminta jatkuu keskeytyneestä kohdasta (lohko 5 619).

Tästä tilanteesta esimerkkinä suoritin 2 on suorittamassa näppäimistön 9, 14 keskeytyskäsittelyä, kun kommunikointilaitteeseen 1, esim. sovel-luskohtaiseen logiikkapiiriin 3 järjestetty ajastin (ei esitetty) muodostaa nopean keskeytyksen FIQ. Suoritin 2 lukee ajastimen arvon ja tallentaa sen muistiin 17. Tämän jälkeen suoritin 2 palaa näppäimistön 9, 14 keskeytyskäsittelyyn.

Edellä esitettyjen suorittimen 2 tilanvaihtojen yhteydessä suoritin 2 edullisesti ottaa eri rekisterit käyttöön, jolloin ei aina välttämättä tarvita tietojen siirtoa väliaikaiseen tallennuspaikkaan. Joissakin keskeytysti-lanteissa tietojen siirto saattaa kuitenkin olla tarpeen, jolloin tämä hidastaa jonkin verran keskeytyksen käsittelyä. Joillakin suorittimina 2 käytet-tävillä mikroprosessoreilla ei myöskään ole kaikkia edellä esitettyjä toimintatiloja, jolloin nämä eri toimintatilat voidaan ilmaista tilamuuttujien tai vastaavien avulla.

Joskus saattaa olla tarpeen määrittää myös toiselle käyttöjärjestelmälle OS_B tietty vasteaika. Tällöin ensimmäisen käyttöjärjestelmän vuoron-taja SCH_A voi nostaa ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A tyhjä-käyntisäikeen THA_IDLE prioriteettia sellaisessa tilanteessa, jossa toi-selle käyttöjärjestelmälle OS_B jäänyttä suoritusajaa on ollut vähem-män kuin vasteaika edellyttäisi. Tällöin ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A tyhjäkäyntisäike THA_IDLE tulee suoritusvuoroon ennen joitakin muita, ei-kriittisiä säikeitä, joka aiheuttaa siirtymisen toisen käyttöjärjes-telmän OS_B suoritukseen. Tämä prioriteettitaso nosto voidaan käynnistää esim. ajastimella, joka asetetaan keskeyttämään tietyn ajan kuluttua. Mikäli ajastinkeskeytyksen tullessa suoritin 2 ei vielä ole pääs-syt ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A tyhjäkäyntisäikeeseen THA_IDLE, kutsutaan ensimmäisen käyttöjärjestelmän vuorontajaa SCH_A, joka nostaa tyhjäkäyntisäikeen THA_IDLE prioriteettia. Tässä on kuitenkin huomioitava se, että ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A tyhjäkäyntisäikeen THA_IDLE prioriteettia ei kannata nostaa kuin

lyhyeksi ajaksi kerrallaan, jotta myös ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A ei-kriittiset tehtävät saavat säännöllisesti suoritusaikaa. Tyhjäkäyntisäikeen THA_IDLE prioriteettia ei saa nostaa liian korkeaksi, koska ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A kriittiset säikeet on saatava suoritettua.

Taulukossa 1 on vielä yhteenvetona esitetty siirtymiset toimintatilasta toiseen keskeytysten yhteydessä. Ensimmäisellä pystyrivillä on esitetty se toimintatila, jossa suoritin 2 toimintatilan vaihtuessa oli, ja ensimmäisellä vaakarivillä on esitetty se toimintatila, johon suoritin 2 siirtyy. Muissa taulukon ruuduissa on esitetty se tilanne, joka aiheuttaa ao. toimintatilojen vaihtumisen. Lyhenteet viittaavat aiemmin tässä selityksessä eri toimintamooodeista ja keskeytyksistä käytettyihin lyhenteisiin.

	USER	UND	SVC	IRQ	FIQ
USER	----	----	OS_B-säie kutsuu SWI:tä	IRQ keskeyttää OS_B-säikeen	FIQ keskeyttää OS_B-säikeen
UND	paluu viimeisestä OS_A-säikeestä tai DSR:stä	----	DSR tai tyhjäkäyntisäie kutsuu SWI:tä	IRQ keskeyttää OS_A-säikeen, DSR:n tai tyhjäkäyntisäikeen	FIQ keskeyttää OS_A-säikeen, DSR:n tai tyhjäkäyntisäikeen
SVC	paluu nopeasta SWI:stä	hitaan SWI:n aikana	----	IRQ keskeyttää nopean SWI:n	FIQ keskeyttää nopean SWI:n
IRQ	paluu IRQ:sta, jos ei ole aktiivisia OS_A-säikeitä tai DSR:tä	paluu IRQ:sta, jos on aktiivisia OS_A-säikeitä tai DSR:tä	----	----	FIQ keskeyttää IRQ:n
FIQ	paluu FIQ:sta, jos ei ole aktiivisia OS_A-säikeitä tai DSR:tä	paluu FIQ:sta, jos on aktiivisia OS_A-säikeitä tai DSR:tä	----	paluu FIQ:sta, jos IRQ keskeytyi	----

TAULUKKO 1

Kuvataan seuraavaksi esimerkkiä sanomien välityksestä eri käyttöjärjestelmissä OS_A, OS_B suoritettavien säikeiden välillä. Kuvat 7a ja 7b esittävät tätä sanomanvälitysmekanismia pelkistettynä kaaviona. Sanomanvälitysohjain MD (Message Driver) on käyttöjärjestelmille OS_A,

OS_B yhteinen, kuten myös sanomajonot MQ1, MQ2 (Message Queue). Toisen käyttöjärjestelmän OS_B suorituksessa oleva säie THB1 kutsuu sanomanvälitysohjainta MD ja välittää parametreina edullisesti välitettävän sanoman, esim. tekstiviestin, ja kohdesäikeen THA1

5 tunnuksen (nuoli 701, kuva 7a). Sanomanvälitysohjain MD siirtää sanoman ensimmäiseen sanomajonoon MQ1 (nuoli 702) ja muodostaa edullisesti ohjelmallisen keskeytyksen (SWI), jolloin tämä keskeytys aikaansaa aikaisemmin tässä selityksessä oleellisesti kuvan 6c mukaisen keskeytyskäsitteilyn, paitsi että keskeytyksen aiheutti ohjelmallinen keskeytys SWI normaalin keskeytyksen IRQ sijasta. Keskeytyskäsitteilystä

10 poistuminen aikaansaa ensimmäisen käyttöjärjestelmän vuorontajan SCH_A käynnistymisen, jolloin kohdesäie suoritetaan prioriteetin määrittämässä vaiheessa (nuoli 703). Tämä kohdesäie THA1 käy luke-massa ensimmäisestä sanomajonosta MQ1 viestin (nuoli 704) ja suorittaa esim. viestin lähetyksen radiotielle.

15

Ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A sovellusohjelmassa voidaan suorittaa viivästetty funktiokutsu DSR, jolla voidaan mm. välittää sanomia toisen käyttöjärjestelmän OS_B säikeille esim. seuraavasti (kuva

20 7b). Toisessa käyttöjärjestelmässä OS_B suorituksessa oleva säie THB2 on muodostanut sanoman välityspyynnön ja on jäänyt odottamaan sanomaa (nuoli 705). Sanoman välityspyyntö on aikaansaanut ohjelmallisen keskeytyksen SWI, jolloin keskeytyskäsitteily on tutkinut keskeytyksen aiheuttajan ja todennut, että toisen käyttöjärjestelmän

25 OS_B säie THB2 odottaa sanomaa ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A säikeeltä THA2. Keskeytyskäsitteilyn jälkeen kutsutaan ensimmäisen käyttöjärjestelmän vuorontajaa SCH_A (nuoli 706). Halutun säikeen THA2 tultua suoritusvuoroon, muodostaa se sanoman ja lisää sen esim. toiseen sanomajonoon MQ2 (nuoli 707). Lisäksi säie THA2 muodostaa viivästetyn funktiokutsun DSR (nuoli 708). Ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A säikeiden suorituksen jälkeen käsitellään tämä viivästetty funktiokutsu DSR, jolloin säikeen THA2 lisäämä viivästetty funktiokutsu DSR muuttaa toisen käyttöjärjestelmän OS_B säikeen THB2 statuksen suoritusta odottamaan (READY) (nuoli 709). Toisen

35 käyttöjärjestelmän vuorontaja SCH_B ohjaa säikeitä vuorontamisperiaatteidensa mukaisesti suoritukseen. Välityspyynnön lähettäneen

säikeen THB2 ollessa suorituksessa (nuoli 710), se lukee sanoman toisesta sanomajonosta MQ2 sanomanvälitysohjaimen MD liityntärajapinnan kautta (nuoli 711).

- 5 Käytännön sovelluksissa sanomajonot MQ1, MQ2 ovat sopivimmin prioriteettien mukaan järjestettäviä. Tämä tarkoittaa sitä, että sellainen sanoma, jonka vastaanottavan säikeen prioriteetti on korkea, ohittaa jonossa jo olevat sellaiset sanomat, joiden vastaanottajan prioriteetti on matalampi. Vaihtoehtoisesti käytetään useampia sanomajonoja, kuin
10 tässä esimerkissä käytetyt ensimmäinen MQ1 ja toinen sanomajono MQ2.

- Yhteenvedona voidaan vielä todeta se, että tässä keksinnössä on aikaansaatu kahden tai useamman käyttöjärjestelmän OS_A, OS_B toiminta yhden suorittimen alaisuudessa. Yhteiset osat on pyritty minimoimaan, jolloin jo olemassa olevia sovelluksia voidaan suorittaa myös
15 tässä kommunikointilaitteessa 1. Käyttöjärjestelmien OS_A, OS_B yhteisenä osana ovat lähinnä keskeytyskäsittelijät, joissa muodostetaan liittymät käyttöjärjestelmiin OS_A, OS_B. Myös sanomanvälitysohjain
20 MD on yhteinen edellä esitetystä esimerkistä.

- Eri käyttöjärjestelmille OS_A, OS_B voi käytännön sulautetuissa järjestelmissä 1 olla järjestetty useita yhteisiä keskeytyskäsittelijöitä (keskeytyspalveluohjelmia). Näistä keskeytyskäsittelijöistä voi kulloinkin olla
25 yksi aktiivisena yhtä keskeytystä kohden, eli esim. nopealle keskeytykselle FIQ yksi, normaalille keskeytykselle IRQ yksi ja ohjelmalliselle keskeytykselle SWI yksi. Aktiiviseksi keskeytyskäsittelijäksi voidaan tällöin tarvittaessa vaihtaa jokin toinen kyseiselle keskeytykselle järjestetyistä keskeytyskäsittelijöistä.

- 30 Mainittakoon, että kahden käyttöjärjestelmän OS_A, OS_B toiminta yhden suorittimen 2 järjestelmässä voidaan toteuttaa myös esim. siten, että toisen käyttöjärjestelmän OS_B säikeistä THB1, THB2, THB_IDLE muodostetaan yksi ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A säie, kuten tyhjäkäyntisäie
35 THA_IDLE tai supersäie, jolloin kaikki suorituksessa olevat toiseen käyttöjärjestelmään OS_B liittyvät säikeet THB1, THB2, THB_IDLE suoritetaan tässä säikeessä. Vastaavasti voidaan ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A säikeistä THA1, THA2, THA_IDLE

muodostaa yksi toisen käyttöjärjestelmän OS_B säie, kuten tyhjäkäynti-
säie THB_IDLE tai supersäie 511, jolloin kaikki suorituksessa olevat
ensimmäiseen käyttöjärjestelmään OS_A liittyvät säikeet THA1, THA2,
THA_IDLE suoritetaan tässä säikeessä. Vielä eräänä vaihtoehtona on,
5 että jokainen ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A säie THA1, THA2,
THA_IDLE muodostetaan omaksi toisen käyttöjärjestelmän OS_B su-
persäikeeksi 511, jolloin toinen käyttöjärjestelmä OS_B käsittelee niitä
erillisinä supersäikeinä (ei esitetty). Kuten jo aikaisemmin tässä selityk-
sessä on esitetty, näiden supersäikeiden vasteajat ovat tyypillisesti
10 huomattavasti pienemmät kuin normaalien säikeiden vasteajat. Vaste-
aikavaatimuksiltaan kaikkein kriittisimmät tehtävät voidaan silti suorittaa
muodostamalla niitä varten keskeytyskäsitteily esim. ajastimen keskey-
tyskäsitteilyn yhteyteen, jolloin näiden tehtävien suoritukseen siirtymi-
sessä ei välttämättä käytetä vuorontajatoimintoja.

15 Mikäli kukin ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A säie THA1, THA2,
THA_IDLE toteutetaan omana supersäikeenä 511 toisessa käyttöjärjes-
telmässä OS_B, tarvitaan toisen käyttöjärjestelmän OS_B mukaista
signaalien välitystä haluttaessa siirtää tietoa ensimmäisen käyttöjärjes-
20 telmän OS_A eri säikeiden THA1, THA2, THA_IDLE välillä. Sen sijaan
toteutettaessa ensimmäisen käyttöjärjestelmän OS_A säikeet THA1,
THA2, THA_IDLE yhtenä supersäikeenä 511, on tiedonvälitys toteutet-
tavissa yksinkertaisemmin käyttäen ensimmäisen käyttöjärjestelmän
OS_A viestinvälitysmenetelmää.

25 Keksintöä ei ole rajoitettu ainoastaan edellä esitettyihin suoritusmuo-
toihin, vaan sitä voidaan muunnella oheisten patenttivaatimusten puit-
teissa.

Patenttivaatimukset:

1. Sulautettu järjestelmä (1), joka käsittää:

- 5 – ainakin yhden suorittimen (2) käyttöjärjestelmän (OS_A, OS_B) suorittamiseksi,
- välineet (17, 401, 412) ainakin kahden käyttöjärjestelmän (OS_A, OS_B) suorittamiseksi mainitussa suorittimessa (2),
- ensimmäisen käyttöjärjestelmän (OS_A), joka käsittää ensimmäisen ryhmän säikeitä (THA1, THA2, THA_IDLE),
- 10 – toisen käyttöjärjestelmän (OS_B), joka käsittää toisen ryhmän säikeitä (THB1, THB2, THB_IDLE),
- välineet (nFIQ, nIRQ, SWI) keskeytyksen (FIQ, IRQ, SWI) aikaansaamiseksi mainitulle suorittimelle (2), ja
- tutkimisvälineet (401, 603, 617) sen tutkimiseksi, minkä säikeen (THA1, THA2, THB1, THB2, THA_IDLE, THB_IDLE) suoritukseen
- 15 suorittimelle (2) tullut keskeytys (FIQ, IRQ, SWI) vaikuttaa,

jossa sulautetussa järjestelmässä (1) mainitut tutkimisvälineet (401, 603, 617) käsittävät ainakin yhden, ainakin osittain yhteisen keskeytyskäsittelijän (603, 617) mainituille ainakin kahdelle käyttöjärjestelmälle (OS_A, OS_B), **tunnettu** siitä, että sulautettu järjestelmä (1) käsittää lisäksi:

- 20 – välineet (401, 412, 603, 609, 617) keskeytystiedon välittämiseksi kuhunkin mainittuun käyttöjärjestelmään (OS_A, OS_B), johon liittyvään säikeeseen (THA1, THA2, THB1, THB2, THA_IDLE, THB_IDLE) suorittimelle (2) tullut keskeytys (FIQ, IRQ, SWI) vaikuttaa, ja
- matkaviestintoimintoja ja tietojenkäsittelytoimintoja, jolloin mainituista ainakin kahdesta käyttöjärjestelmästä (OS_A, OS_B) ensimmäinen käyttöjärjestelmä (OS_A) liittyy matkaviestintoimintojen suorittamiseen, ja toinen käyttöjärjestelmä (OS_B) liittyy tietojenkäsittelytoimintojen suorittamiseen.
- 25
- 30

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen sulautettu järjestelmä (1), **tunnettu** siitä, että se käsittää ainakin yhden käyttöliittymän (UI1), joka liittyy ainakin osittain matkaviestintoimintoihin, ja ainakin yhden käyttöliittymän (UI2), joka liittyy ainakin osittain tietojenkäsittelytoimintoihin.

35

3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen sulautettu järjestelmä (1), **tunnettu** siitä, että matkaviestintoihin liittyvä käyttöliittymä (UI1) ja tietojenkäsittelytoimintoihin liittyvä käyttöliittymä (UI2) käsittävät ainakin osittain yhteisen näyttölaitteen (10, 15).

5

4. Patenttivaatimuksen 2 tai 3 mukainen sulautettu järjestelmä (1), **tunnettu** siitä, että matkaviestintoihin liittyvä käyttöliittymä (UI1) ja tietojenkäsittelytoimintoihin liittyvä käyttöliittymä (UI2) käsittävät ainakin osittain yhteiset välineet (9, 14) tietojen syöttämiseksi.

10

5. Jonkin patenttivaatimuksen 1–4 mukainen sulautettu järjestelmä (1), **tunnettu** siitä, että se käsittää välineet (2, THA_IDLE) siirtymiseksi ensimmäisen käyttöjärjestelmän (OS_A) suorituksesta toisen käyttöjärjestelmän (OS_B) suoritukseen, kun mikään ensimmäisen käyttöjärjestelmän (OS_A) säikeistä (THA1, THA2, THA_IDLE) ei ole suoritustilassa.

15

6. Jonkin patenttivaatimuksen 1–5 mukainen sulautettu järjestelmä (1), **tunnettu** siitä, että se käsittää välineet (2, SCH_A) siirtymiseksi toisen käyttöjärjestelmän (OS_B) suorituksesta ensimmäisen käyttöjärjestelmän (OS_A) suoritukseen, kun suorittimelle (2) tullut keskeytys (FIQ, IRQ, SWI) vaikuttaa ainakin yhden ensimmäisen käyttöjärjestelmän (OS_A) alaisen säikeen (THA1, THA2, THA_IDLE) suoritukseen.

20

7. Jonkin patenttivaatimuksen 1–6 mukainen sulautettu järjestelmä (1), **tunnettu** siitä, että ainakin ensimmäinen käyttöjärjestelmä (OS_A) on reaaliaikainen käyttöjärjestelmä.

25

8. Jonkin patenttivaatimuksen 1–7 mukainen sulautettu järjestelmä (1), **tunnettu** siitä, että suorittimessa (2) on ainakin seuraavat toimintatilat:

30

- käyttäjän toimintatila (USER moodi),
- etuoikeutettu toimintatila (SVC moodi),
- tunnistamattomien käskyjen toimintatila (UND moodi), ja
- yksi tai useampi keskeytystoimintatila (FIQ moodi, IRQ moodi, SWI moodi),

35

ja että ensimmäinen käyttöjärjestelmä (OS_A) on järjestetty toimimaan ainakin osittain tunnistamattomien käskyjen toimintatilassa (UND

moodi), toinen käyttöjärjestelmä (OS_B) on järjestetty toimimaan ainakin osittain käyttäjän toimintatilassa (USER moodi), ja keskeytyskäsitteijä on järjestetty toimimaan jossakin keskeytystoimintatilassa (FIQ moodi, IRQ moodi, SWI moodi).

5

9. Jonkin patenttivaatimuksen 1–8 mukainen sulautettu järjestelmä (1), **tunnettu** siitä, että mainitun ensimmäisen säieryhmän säikeistä yksi säie (THA1, THA2, THA_IDLE) käsittää mainitun toisen käyttöjärjestelmän (OS_B).

10

10. Menetelmä käyttöjärjestelmän (OS_A, OS_B) suorittamiseksi sulautetun järjestelmän (1) suorittimessa (2), jossa menetelmässä:

- suoritetaan ainakin kahta käyttöjärjestelmää (OS_A, OS_B) mainitussa suorittimessa (2),

15

- ensimmäiseen käyttöjärjestelmään (OS_A) liittyen suoritetaan ensimmäistä ryhmää säikeitä (THA1, THA2, THA_IDLE),

- toiseen käyttöjärjestelmään (OS_B) liittyen suoritetaan toista ryhmää säikeitä (THB1, THB2, THB_IDLE),

- aikaansaadaan keskeytys (FIQ, IRQ, SWI) mainitulle suorittimelle (2),

20

- tutkitaan, minkä säikeen (THA1, THA2, THB1, THB2, THA_IDLE, THB_IDLE) suoritukseen suorittimelle (2) tullut keskeytys (FIQ, IRQ, SWI) vaikuttaa, ja

25

- suorittimelle (2) tulleen keskeytyksen (FIQ, IRQ, SWI) tutkimisessa käytetään ainakin yhtä, ainakin osittain yhteistä keskeytyskäsitteijää mainituille ainakin kahdelle käyttöjärjestelmälle (OS_A, OS_B),

tunnettu siitä, että menetelmässä välitetään tieto suorittimelle (2) tulleesta keskeytyksestä (FIQ, IRQ, SWI) kuhunkin mainittuun käyttöjärjestelmään (OS_A, OS_B), johon liittyvään säikeeseen (THA1, THA2,

30

THB1, THB2, THA_IDLE, THB_IDLE) suorittimelle (2) tullut keskeytys (FIQ, IRQ, SWI) vaikuttaa, ja että sulautetussa järjestelmässä (1) suori-

tetaan matkaviestintoimintoja ja tietojenkäsittelytoimintoja, jolloin mainituista ainakin kahdesta käyttöjärjestelmästä (OS_A, OS_B) ensimmäinen käyttöjärjestelmä (OS_A) liittyy matkaviestintoimintojen suorittami-

35

seen, ja toinen käyttöjärjestelmä (OS_B) liittyy tietojenkäsittelytoimintojen suorittamiseen.

11. Patenttivaatimuksen 10 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että matkaviestintotoimintoja käytetään ensimmäisellä käyttöliittymällä (UI1), tietojenkäsittelytoimintoja käytetään toisella käyttöliittymällä (UI2).
- 5 12. Patenttivaatimuksen 11 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että matkaviestintotoimintoja ja tietojenkäsittelytoimintoja näytetään ainakin osittain yhteisellä näyttölaitteella (10, 15).
- 10 13. Patenttivaatimuksen 11 tai 12 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että matkaviestintotoimintojen ja tietojenkäsittelytoimintojen käyttämiseksi tietoja syötetään ainakin osittain yhteisillä välineillä (9, 14).
- 15 14. Jonkin patenttivaatimuksen 10–13 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että ensimmäisen käyttöjärjestelmän (OS_A) suorituksesta siirrytään toisen käyttöjärjestelmän (OS_B) suoritukseen siinä vaiheessa, kun mikään ensimmäisen käyttöjärjestelmän (OS_A) säikeistä (THA1, THA2, THA_IDLE) ei ole suoritustilassa.
- 20 15. Jonkin patenttivaatimuksen 10–14 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että toisen käyttöjärjestelmän (OS_B) suorituksesta siirrytään ensimmäisen käyttöjärjestelmän (OS_A) suoritukseen siinä vaiheessa, kun suorittimelle (2) tullut keskeytys vaikuttaa ainakin yhden ensimmäisen käyttöjärjestelmän (OS_A) alaisen säikeen (THA1, THA2, THA_IDLE) suoritukseen.
- 25 16. Jonkin patenttivaatimuksen 10–15 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että ainakin ensimmäinen käyttöjärjestelmä (OS_A) on reaaliaikainen käyttöjärjestelmä.
- 30 17. Jonkin patenttivaatimuksen 10–16 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että mainitun ensimmäisen säieryhmän yhdessä säikeessä (THA1, THA2, THA_IDLE) suoritetaan mainittua toista käyttöjärjestelmää (OS_B).

18. Kommunikointilaite (1), joka käsittää:

- ainakin yhden suorittimen (2) käyttöjärjestelmän (OS_A, OS_B) suorittamiseksi,
- 5 – välineet (17, 401, 412) ainakin kahden käyttöjärjestelmän (OS_A, OS_B) suorittamiseksi mainitussa suorittimessa (2),
- ensimmäisen käyttöjärjestelmän (OS_A), joka käsittää ensimmäisen ryhmän säikeitä (THA1, THA2, THA_IDLE),
- toisen käyttöjärjestelmän (OS_B), joka käsittää toisen ryhmän säikeitä (THB1, THB2, THB_IDLE),
- 10 – välineet (nFIQ, nIRQ, SWI) keskeytyksen (FIQ, IRQ, SWI) aikaansaamiseksi mainitulle suorittimelle (2), ja
- tutkimisvälineet (401, 603, 617) sen tutkimiseksi, minkä säikeen (THA1, THA2, THB1, THB2, THA_IDLE, THB_IDLE) suoritukseen suorittimelle (2) tullut keskeytys (FIQ, IRQ, SWI) vaikuttaa,
- 15 jossa kommunikointilaitteessa (1) mainitut tutkimisvälineet (401, 603, 617) käsittävät ainakin yhden, ainakin osittain yhteisen keskeytyskäsitteijän (603, 617) mainituille ainakin kahdelle käyttöjärjestelmälle (OS_A, OS_B), **tunnettu** siitä, että kommunikointilaite (1) käsittää lisäksi:
- 20 – välineet (401, 412, 603, 609, 617) keskeytystiedon välittämiseksi kuhunkin mainittuun käyttöjärjestelmään (OS_A, OS_B), johon liittyvään säikeeseen (THA1, THA2, THB1, THB2, THA_IDLE, THB_IDLE) suorittimelle (2) tullut keskeytys (FIQ, IRQ, SWI) vaikuttaa, ja
- 25 – matkaviestintotoimintoja ja tietojenkäsittelytoimintoja, jolloin mainituista ainakin kahdesta käyttöjärjestelmästä (OS_A, OS_B) ensimmäinen käyttöjärjestelmä (OS_A) liittyy matkaviestintotoimintojen suorittamiseen, ja toinen käyttöjärjestelmä (OS_B) liittyy tietojenkäsittelytoimintojen suorittamiseen

30

19. Patenttivaatimuksen 18 mukainen kommunikointilaite (1), **tunnettu** siitä, että se käsittää ainakin yhden käyttöliittymän (UI1), joka liittyy ainakin osittain matkaviestintotoimintoihin, ja ainakin yhden käyttöliittymän (UI2), joka liittyy ainakin osittain tietojenkäsittelytoimintoihin.

35

20. Patenttivaatimuksen 19 mukainen kommunikointilaite (1), **tunnettu** siitä, että matkaviestintoihin liittyvä käyttöliittymä (UI1) ja tietojenkäsittelytoimintoihin liittyvä käyttöliittymä (UI2) käsittävät ainakin osittain yhteisen näyttölaitteen (10, 15).

5

21. Patenttivaatimuksen 19 tai 20 mukainen kommunikointilaite (1), **tunnettu** siitä, että matkaviestintoihin liittyvä käyttöliittymä (UI1) ja tietojenkäsittelytoimintoihin liittyvä käyttöliittymä (UI2) käsittävät ainakin osittain yhteiset välineet (9, 14) tietojen syöttämiseksi.

10

22. Jonkin patenttivaatimuksen 18–21 mukainen kommunikointilaite (1), **tunnettu** siitä, että se käsittää välineet (2, THA_IDLE) siirtymiseksi ensimmäisen käyttöjärjestelmän (OS_A) suorituksesta toisen käyttöjärjestelmän (OS_B) suoritukseen, kun mikään ensimmäisen käyttöjärjestelmän (OS_A) säikeistä (THA1, THA2, THA_IDLE) ei ole suoritustilassa.

15

23. Jonkin patenttivaatimuksen 18–22 mukainen kommunikointilaite (1), **tunnettu** siitä, että se käsittää välineet (2, SCH_A) siirtymiseksi toisen käyttöjärjestelmän (OS_B) suorituksesta ensimmäisen käyttöjärjestelmän (OS_A) suoritukseen, kun suorittimelle (2) tullut keskeytys (FIQ, IRQ, SWI) vaikuttaa ainakin yhden ensimmäisen käyttöjärjestelmän (OS_A) alaisen säikeen (THA1, THA2, THA_IDLE) suoritukseen.

20

24. Jonkin patenttivaatimuksen 18–23 mukainen kommunikointilaite (1), **tunnettu** siitä, että ainakin ensimmäinen käyttöjärjestelmä (OS_A) on reaaliaikainen käyttöjärjestelmä.

25

25. Jonkin patenttivaatimuksen 18–24 mukainen kommunikointilaite (1), **tunnettu** siitä, että suorittimessa (2) on ainakin seuraavat toimintatilat:

30

- käyttäjän toimintatila (USER moodi),
- etuoikeutettu toimintatila (SVC moodi),
- tunnistamattomien käskyjen toimintatila (UND moodi), ja
- yksi tai useampi keskeytystoimintatila (FIQ moodi, IRQ moodi, SWI moodi),

35

ja että ensimmäinen käyttöjärjestelmä (OS_A) on järjestetty toimimaan ainakin osittain tunnistamattomien käskyjen toimintatilassa (UND moodi), toinen käyttöjärjestelmä (OS_B) on järjestetty toimimaan aina

kin osittain käyttäjän toimintatilassa (USER moodi), ja keskeytyskäsitteijä on järjestetty toimimaan jossakin keskeytystoimintatilassa (FIQ moodi, IRQ moodi, SWI moodi).

- 5 26. Jonkin patenttivaatimuksen 18–25 mukainen kommunikointilaite (1), **tunnettu** siitä, että mainitun ensimmäisen säieryhmän säikeistä yksi säie (THA1, THA2, THA_IDLE) käsittää mainitun toisen käyttöjärjestelmän (OS_B).

Patentkrav:

1. Inbyggt system (1), som omfattar:

- 5 – minst en processor (2) för att utföra ett operativsystem (OS_A, OS_B),
 - medel (17, 401, 412) för att utföra minst två operativsystem (OS_A, OS_B) i sagda processor (2),
 - ett första operativsystem (OS_A), som omfattar en första grupp tåtar (THA1, THA2, THA_IDLE),
 - 10 – ett andra operativsystem (OS_B), som omfattar en andra grupp tåtar (THB1, THB2, THB_IDLE),
 - medel (nFIQ, nIRQ, SWI) för att åstadkomma ett avbrott (FIQ, IRQ, SWI) för sagda processor (2), och
 - medel (401, 603, 617) för att granska vilken tåts (THA1, THA2, THB1, THB2, THA_IDLE, THB_IDLE) utföring det till processorn
 - 15 (2) inkomna avbrottet (FIQ, IRQ, SWI) påverkar,
- i vilket inbyggt system (1) sagda granskningsmedel (401, 603, 617) omfattar minst en, åtminstone delvis gemensam avbrottsbehandlare (603, 617) för sagda minst två operativsystem (OS_A, OS_B), **kännetecknat** därav, att det inbyggda systemet (1) omfattar vidare:
- 20 – medel (401, 412, 603, 609, 617) för att förmedla avbrottsdata till varje sagt operationssystem (OS_A, OS_B), som hör samman med tåten (THA1, THA2, THB1, THB2, THA_IDLE, THB_IDLE) som det till processorn (2) inkomna avbrottet (FIQ, IRQ, SWI) påverkar, och
 - 25 – mobilteleapparatsfunktioner och databehandlingsfunktioner, varvid av sagda minst två operativsystem (OS_A, OS_B) det första operativsystemet (OS_A) anknyter till utföring av mobilteleapparatsfunktioner, och det andra operativsystem (OS_B) anknyter till
 - 30 utföring av databehandlingsfunktioner.

2. Inbyggt system (1) enligt krav 1, **kännetecknat** därav, att det omfattar minst ett användargränssnitt (UI1), som anknyter åtminstone delvis till mobilteleapparatsfunktioner, och minst ett användargränssnitt (UI2), som anknyter åtminstone delvis till databehandlingsfunktioner.

35

3. Inbyggt system (1) enligt krav 2, **kännetecknat** därav, att det till mobilteleapparatsfunktioner anknyttande användargränssnittet (UI1) och

det till databehandlingsfunktioner anknyttande användargränssnittet (UI2) omfattar en åtminstone delvis gemensam visningsanordning (10, 15).

5 4. Inbyggt system (1) enligt krav 2 eller 3, **kännetecknat** därav, att det till mobilteleapparatsfunktioner anknyttande användargränssnittet (UI1) och det till databehandlingsfunktioner anknyttande användargränssnittet (UI2) omfattar åtminstone delvis gemensamma medel (9, 14) för inmatning av data.

10

5. Inbyggt system (1) enligt något av kraven 1–4, **kännetecknat** därav, att det omfattar medel (2, THA_IDLE) för att övergå från utföring av det första operativsystemet (OS_A) för att utföra det andra operativsystemet (OS_B), då ingen tåt (THA1, THA2, THA_IDLE) av det första operativsystemet (OS_A) är i utföringsmodet.

15

6. Inbyggt system (1) enligt något av kraven 1–5, **kännetecknat** därav, att det omfattar medel (2, SCH_A) för att övergå från utföring av det andra operativsystemet (OS_B) för att utföra det första operativsystemet (OS_A), då det i processorn (2) inkomna avbrottet (FIQ, IRQ, SWI) påverkar utföringen av åtminstone en tåt (THA1, THA2, THA_IDLE) som är underordnad av det första operativsystemet (OS_A).

20

7. Inbyggt system (1) enligt något av krav 1–6, **kännetecknat** därav, att åtminstone det första operativsystemet (OS_A) är ett realtidsoperativsystem.

25

8. Inbyggt system (1) enligt krav 1–7, **kännetecknat** därav, att processorn (2) omfattar åtminstone de följande operationsmoden:

30

- användarens operationsmod (USER mod),
- prioriterat operationsmod (SVC mod),
- operationsmod av oidentifierade order (UND mod), och
- ett eller flera avbrottsoperationsmod (FIQ mod, IRQ mod, SWI mod),

35

och att det första operativsystemet (OS_A) är anordnat att fungera åtminstone delvis i operationsmodet av oidentifierade order (UND mod), det andra operationssystemet (OS_B) är anordnat att fungera åtminstone delvis i användarens operationsmod (USER mod), och

avbrottsbehandlaren är anordnad att fungera i något av avbrottsoperationsmod (FIQ mod, IRQ mod, SWI mod).

5 9. Inbyggt system (1) enligt något av krav 1–8, **kännetecknat** därav, att en tåt av sagda första tåtgrupps tåtar (THA1, THA2, THA_IDLE) omfattar sagda andra operativsystemet (OS_B).

10. Förfarande för att utföra ett operativsystem (OS_A, OS_B) i en processor (2) av ett inbyggt system (1), i vilket förfarande:

10 – minst två operativsystem (OS_A, OS_B) utförs i sagda processor (2),

– en första grupp tåtar (THA1, THA2, THA_IDLE) utförs anknytande det första operativsystemet (OS_A),

– en andra grupp tåtar (THB1, THB2, THB_IDLE) utförs anknytande

15 det andra operativsystemet (OS_B),

– ett avbrott (FIQ, IRQ, SWI) utförs för sagda processor (2),

– granskas vilken tåts (THA1, THA2, THB1, THB2, THA_IDLE, THB_IDLE) utföring det till processorn (2) inkomna avbrottet (FIQ, IRQ, SWI) påverkar, och

20 – vid granskning av det till processorn (2) inkomna avbrottet (FIQ, IRQ, SWI) används minst en, åtminstone delvis gemensam avbrottshandlare för sagda minst två operativsystem (OS_A, OS_B),

kännetecknat därav, att i förfarandet förmedlas data om det till

25 processorn (2) inkomna avbrottet (FIQ, IRQ, SWI) till varje sagd operativsystem (OS_A, OS_B), som hör samman med tåten (THA1, THA2, THB1, THB2, THA_IDLE, THB_IDLE) som det till processorn (2) inkomna avbrottet (FIQ, IRQ, SWI) påverkar, och att i det inbyggda systemet (1) utförs mobilteleapparatsfunktioner och databehandlingsfunktioner, varvid av sagda minst två operativsystem (OS_A, OS_B) det

30 första operativsystemet (OS_A) an knyter till utföring av mobilteleapparatsfunktioner, och det andra operativsystemet (OS_B) an knyter till utföring av databehandlingsfunktioner.

35 11. Förfarande enligt krav 10, **kännetecknat** därav, att mobilteleapparatsfunktioner används med ett första användargränssnitt (UI1), databehandlingsfunktioner används med ett andra användargränssnitt (UI2).

12. Förfarande enligt krav 11, **kännetecknat** därav, att mobilteleapparatfunktioner och databehandlingsfunktioner visas med en åtminstone delvis gemensam visningsanordning (10, 15).

5

13. Förfarande enligt krav 11 eller 12, **kännetecknat** därav, att för att använda mobilteleapparatsfunktioner och databehandlingsfunktioner inmatas data med åtminstone delvis gemensamma medel (9, 14).

10

14. Förfarande enligt något av kraven 10–13, **kännetecknat** därav, att från utföring av det första operativsystemet (OS_A) övergår det att utföra det andra operativsystemet (OS_B) då ingen tåt (THA1, THA2, THA_IDLE) av det första operativa systemet (OS_A) är i utföringsmodet.

15

15. Förfarande enligt något av kraven 10–14, **kännetecknat** därav, att från utföring av det andra operativsystemet (OS_B) övergår det att utföra det första operativsystemet (OS_A) då det till processorn (2) inkomna avbrottet påverkar utförandet av minst en tåt (THA1, THA2, THA_IDLE), som är underordnad av det första operativsystemet (OS_A).

20

16. Förfarande enligt något av kraven 10–15, **kännetecknat** därav, att åtminstone det första operativsystemet (OS_A) är ett realtidsoperativsystem.

25

17. Förfarande enligt något av krav 10–16, **kännetecknat** därav, att av i en tåt av sagda första tåtgrupps tåtar (THA1, THA2, THA_IDLE) utförs sagda andra operativsystem (OS_B).

30

18. Kommunikationsanordning (1), som omfattar:

- minst en processor (2) för att utföra ett operativsystem (OS_A, OS_B),
 - 5 – medel (17, 401, 412) för att utföra minst två operativsystem (OS_A, OS_B) i sagda processor (2),
 - ett första operativsystem (OS_A), som omfattar en första grupp tåtar (THA1, THA2, THA_IDLE),
 - ett andra operativsystem (OS_B), som omfattar en andra grupp
 - 10 tåtar (THB1, THB2, THB_IDLE),
 - medel (nFIQ, nIRQ, SWI) för att åstadkomma ett avbrott (FIQ, IRQ, SWI) för sagda processor (2), och
 - medel (401, 603, 617) för att granska vilken tåts (THA1, THA2, THB1, THB2, THA_IDLE, THB_IDLE) utföring det till processorn
 - 15 (2) inkomna avbrottet (FIQ, IRQ, SWI) påverkar,
- i vilken kommunikationsanordning (1) sagda granskningsmedel (401, 603, 617) omfattar minst en, åtminstone delvis gemensam avbrottsbehandling (603, 617) för sagda minst två operativsystem (OS_A, OS_B), **kännetecknat** därav, att det inbyggda systemet (1) omfattar vidare:
- 20 – medel (401, 412, 603, 609, 617) för att förmedla avbrottsdata till varje sagt operationssystem (OS_A, OS_B), som hör samman med tåten (THA1, THA2, THB1, THB2, THA_IDLE, THB_IDLE) som det till processorn (2) inkomna avbrottet (FIQ, IRQ, SWI) påverkar, och
 - 25 – mobilteleapparatsfunktioner och databehandlingsfunktioner, varvid av sagda minst två operativsystem (OS_A, OS_B) det första operativsystemet (OS_A) anknyter till utföring av mobilteleapparatsfunktioner, och det andra operativsystem (OS_B) anknyter till utföring av databehandlingsfunktioner.
 - 30

19. Kommunikationsanordning (1) enligt krav 18, **kännetecknad** därav, att den omfattar minst ett användargränssnitt (UI1), som anknyter åtminstone delvis till mobilteleapparatsfunktioner, och minst ett användargränssnitt (UI2), som anknyter åtminstone delvis till databehandlingsfunktioner.

35

20. Kommunikationsanordning (1) enligt krav 19, **kännetecknad** därav, att det till mobilteleapparatsfunktioner anknyttande användargränssnittet

(UI1) och det till databehandlingsfunktioner anknyttande användargränssnittet (UI2) omfattar en åtminstone delvis gemensam visningsanordning (10, 15).

5 21. Kommunikationsanordning (1) enligt krav 19 eller 20, **kännetecknad** därav, att det till mobilteleapparatsfunktioner anknyttande användargränssnittet (UI1) och det till databehandlingsfunktioner anknyttande användargränssnittet (UI2) omfattar åtminstone delvis gemensamma medel (9, 14) för inmatning av data.

10

22. Kommunikationsanordning (1) enligt något av kraven 18–21, **kännetecknad** därav, att den omfattar medel (2, THA_IDLE) för att övergå från utföring av det första operativsystemet (OS_A) för att utföra det andra operativsystemet (OS_B), då ingen tåt (THA1, THA2, THA_IDLE) av det första operativsystemet (OS_A) är i utföringsfasen.

15

23. Kommunikationsanordning (1) enligt något av kraven 18–22, **kännetecknad** därav, att den omfattar medel (2, SCH_A) för att övergå från utföring av det andra operativsystemet (OS_B) för att utföra det första operativsystemet (OS_A), då det i processorn (2) inkomna avbrottet (FIQ, IRQ, SWI) påverkar utföringen av åtminstone en tåt (THA1, THA2, THA_IDLE) som är underordnad av det första operativsystemet (OS_A).

20

25 24. Kommunikationsanordning (1) enligt något av kraven 18–23, **kännetecknad** därav, att åtminstone det första operativsystemet (OS_A) är ett realtidsoperativsystem.

30 25. Kommunikationsanordning (1) enligt något av kraven 18–24, **kännetecknad** därav, att processorn (2) omfattar åtminstone de följande operationsmoden:

- användarens operationsmod (USER mod),
- prioriterat operationsmod (SVC mod),
- operationsmod av oidentifierade order (UND mod), och
- 35 – ett eller flera avbrottsoperationsmod (FIQ mod, IRQ mod, SWI mod),

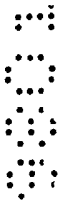
och att det första operativsystemet (OS_A) är anordnat att fungera åtminstone delvis i operationsmodet av oidentifierade order (UND

mod), det andra operationssystemet (OS_B) är anordnat att fungera åtminstone delvis i användarens operationsmod (USER mod), och avbrottsbehandlaren är anordnad att fungera i något av avbrottsoperationsmod (FIQ mod, IRQ mod, SWI mod).

5

26. Kommunikationsanordning (1) enligt något av kraven 18–25, **kännetecknad** därav, att en tåt (THA1, THA2, THA_IDLE) av sagda första tåtgrupps tåtar omfattar sagda andra operativsystem (OS_B).

10



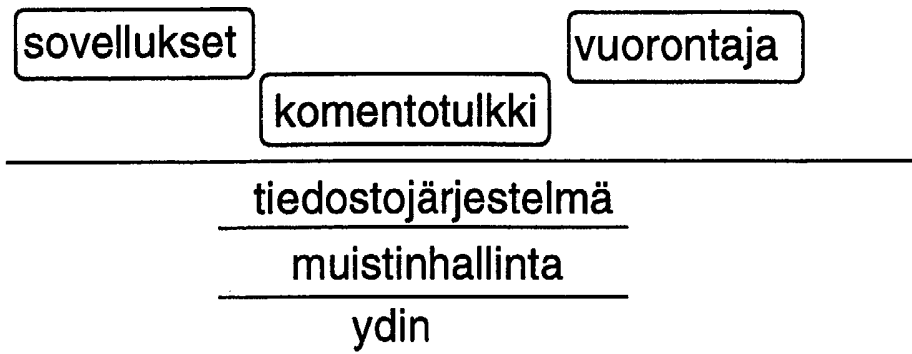


Fig. 1

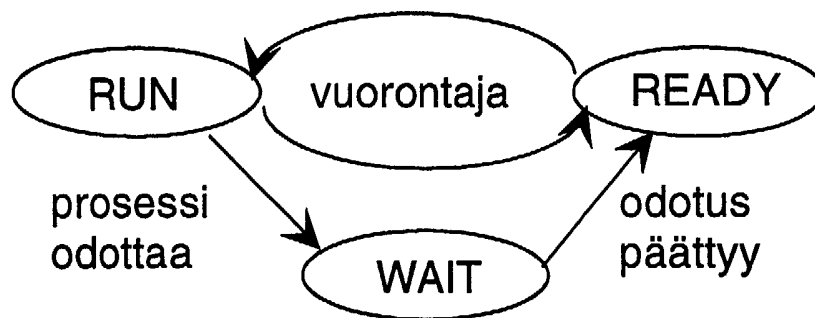


Fig. 2

Status
Prosessitunnus
Prioriteetti
Tapahtumanro
Signaalinro
...signaalin käsittelijät...
Ajastinylyitys
tiedot_tallennettu
...ympäristöpino...
...avoimet tiedostot...
●
●
●

Fig. 3

0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
L
M
N
O
P
Q
R
S
T
U
V
W
X
Y
Z0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
L
M
N
O
P
Q
R
S
T
U
V
W
X
Y
Z

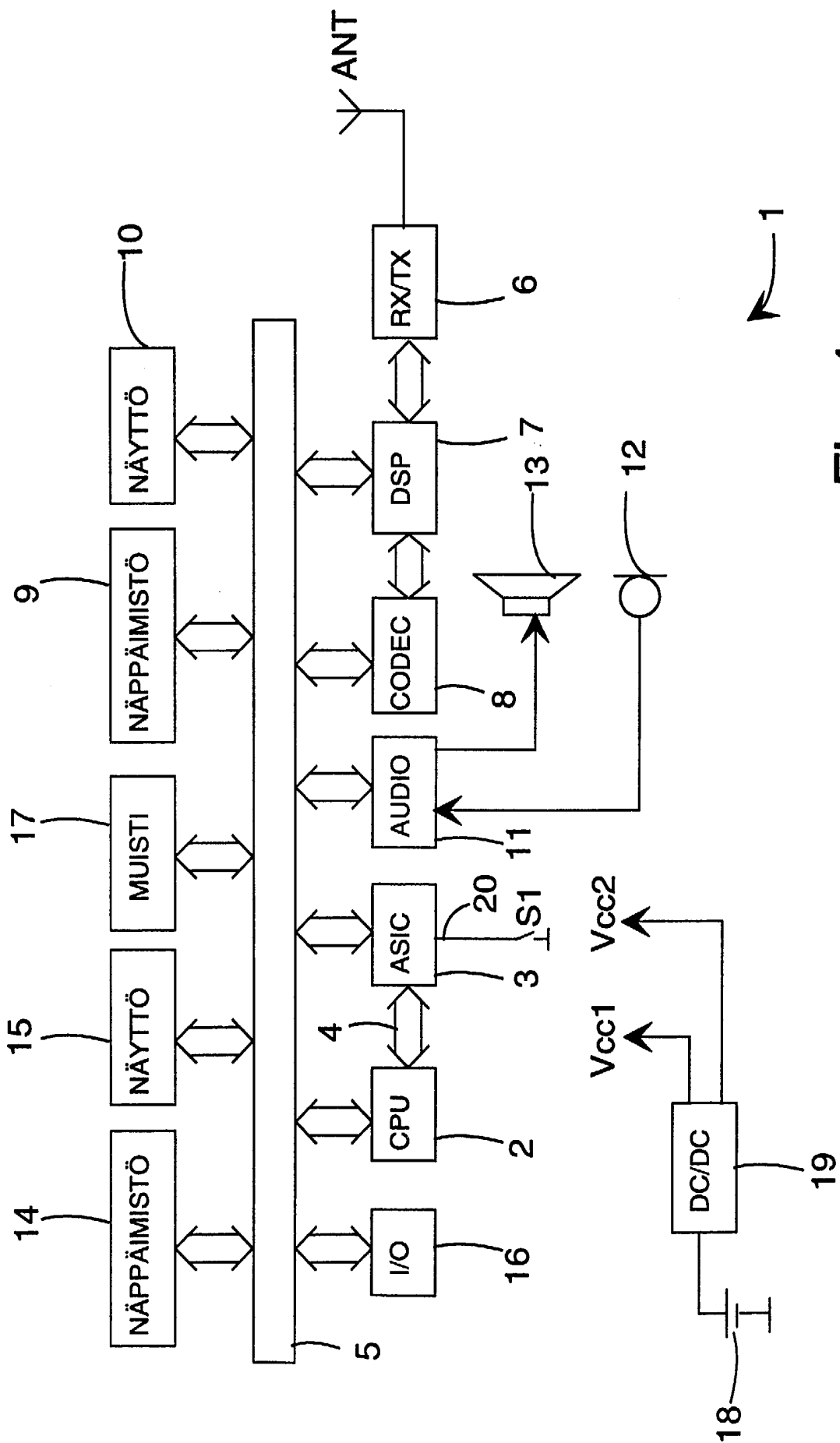
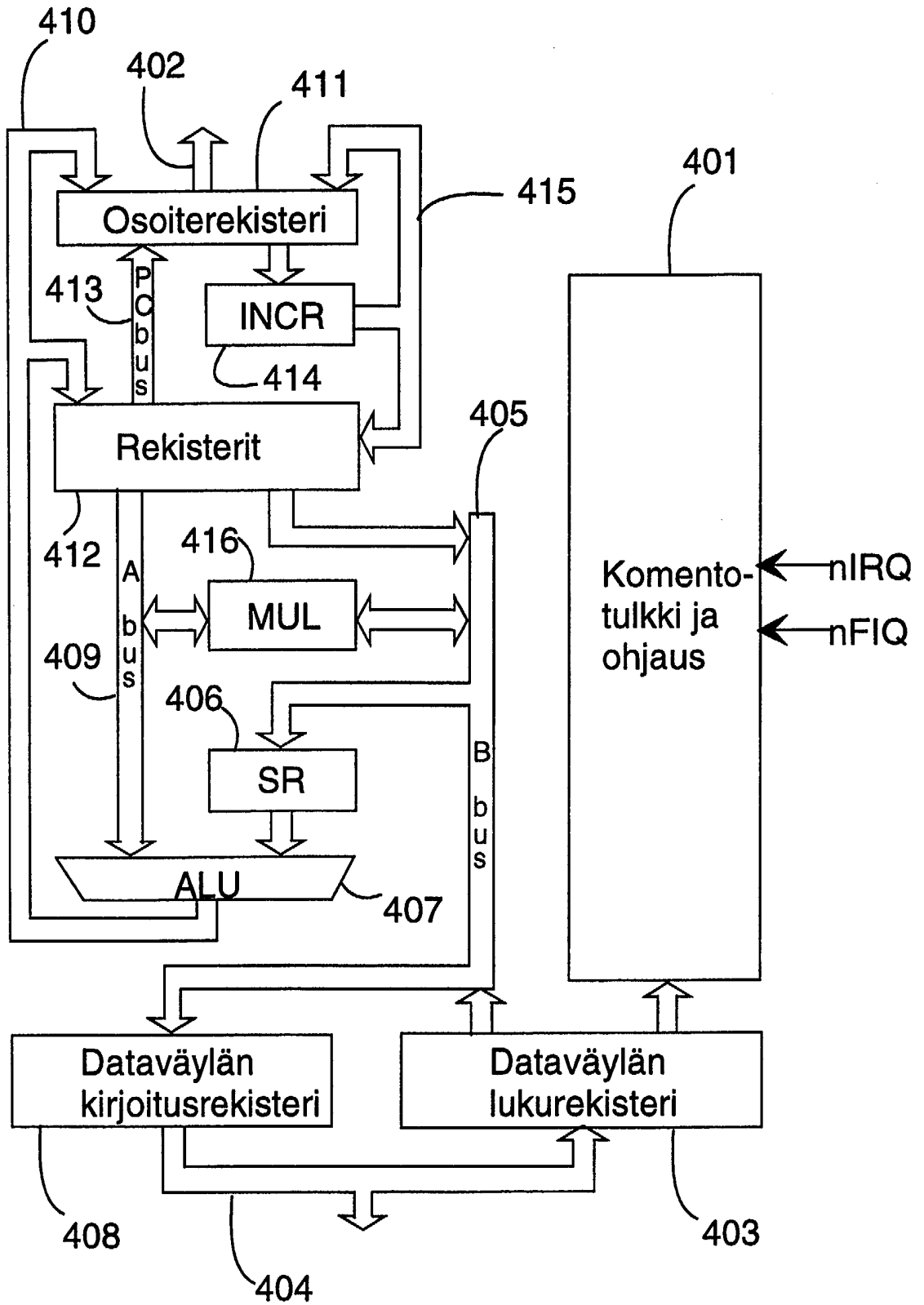


Fig. 4a



2 ↗

Fig. 4b

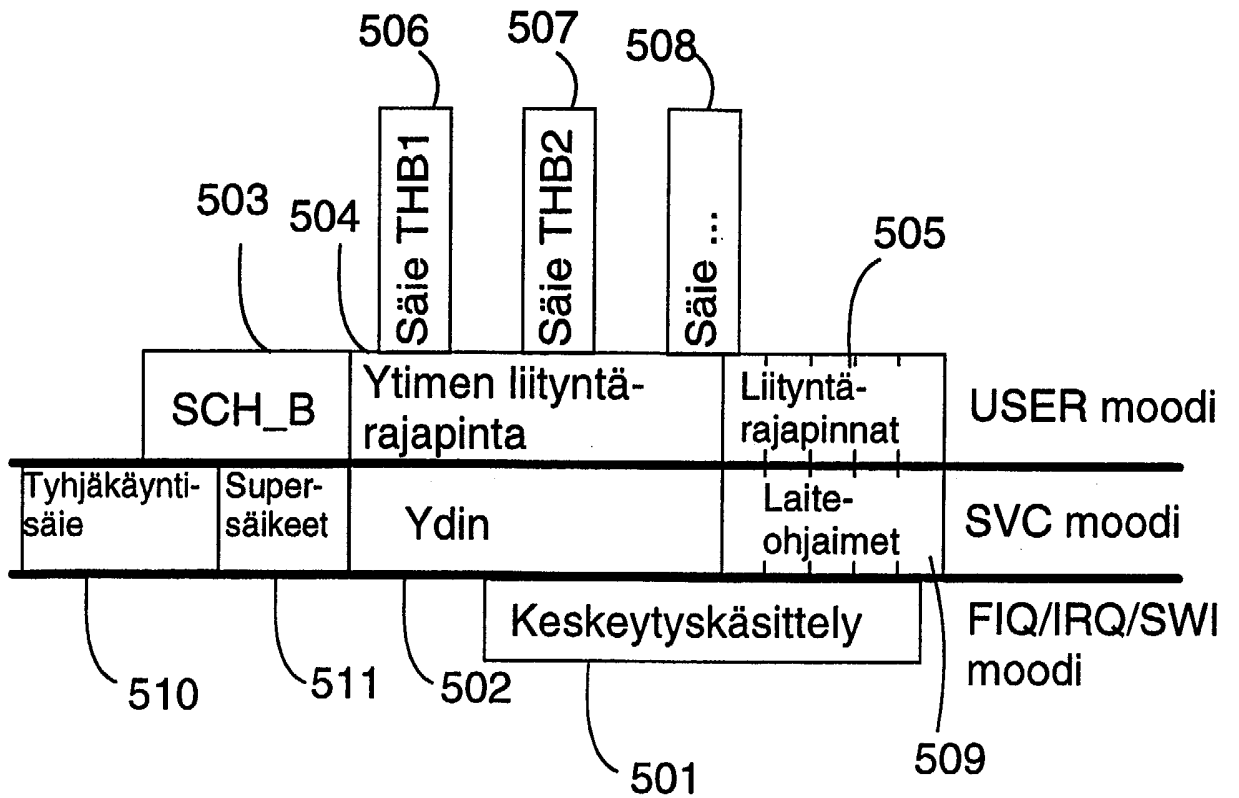


Fig. 5

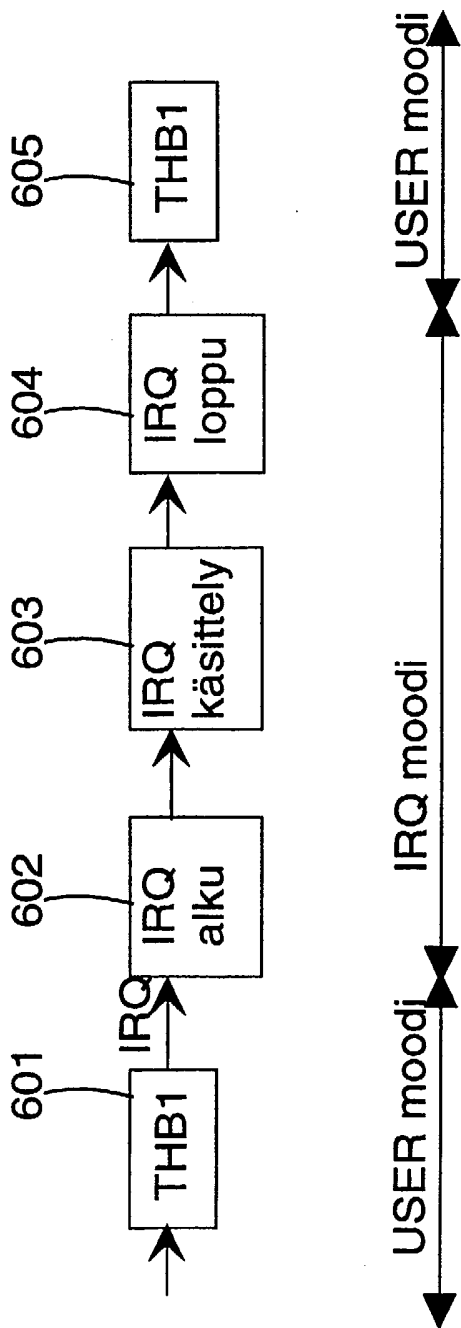


Fig. 6a

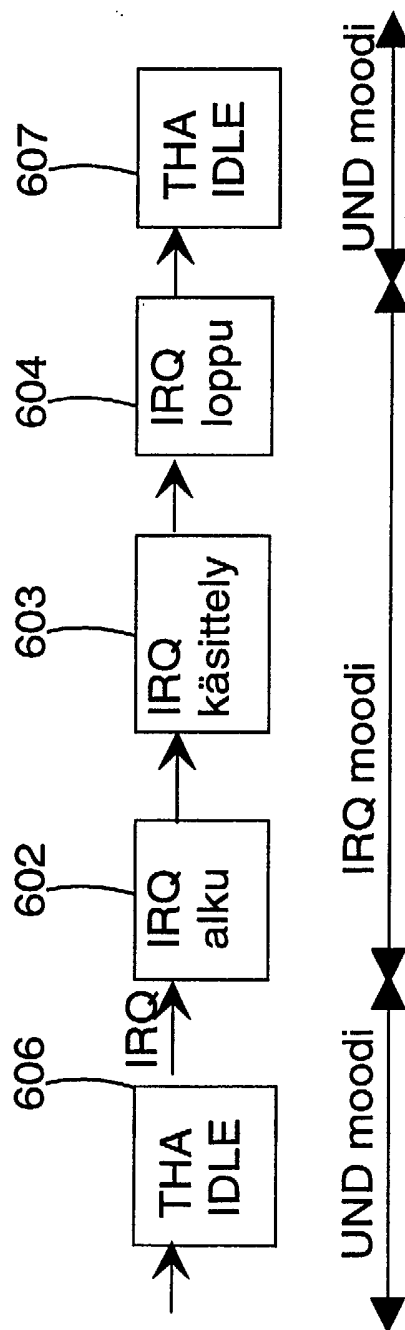


Fig. 6b

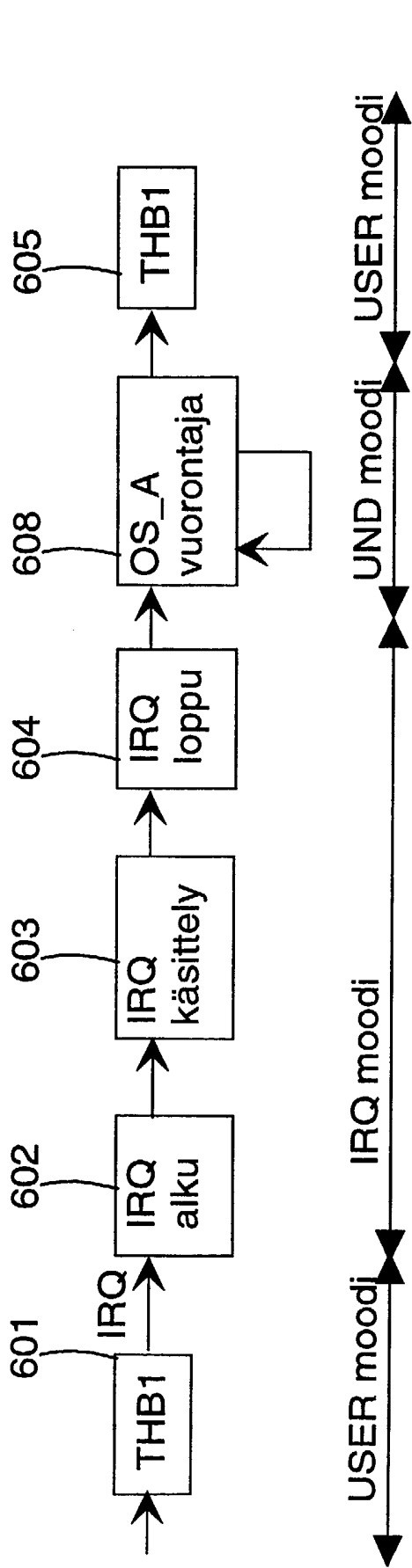


Fig. 6c

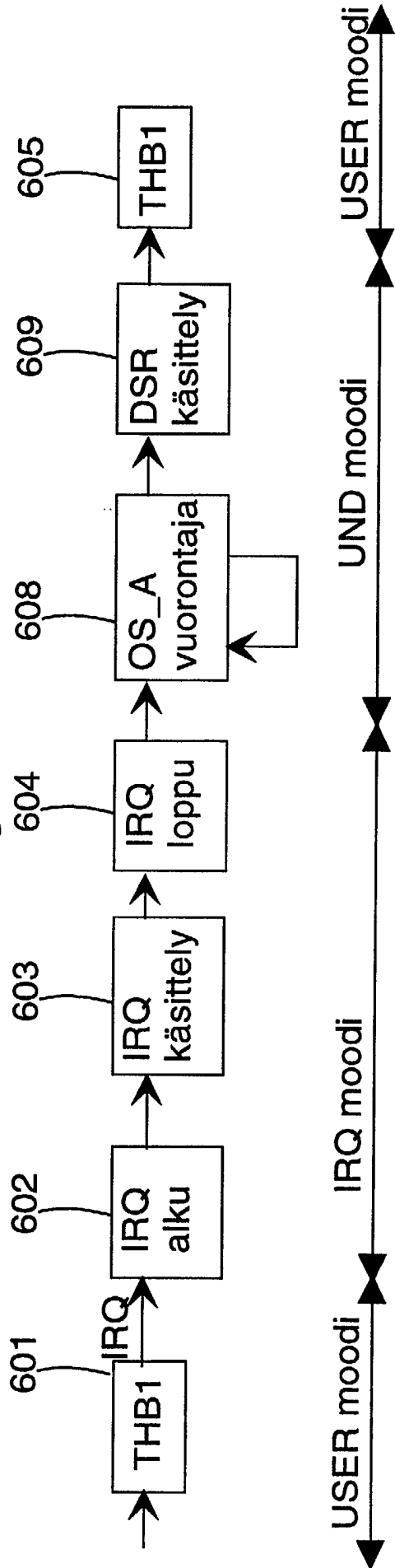


Fig. 6d

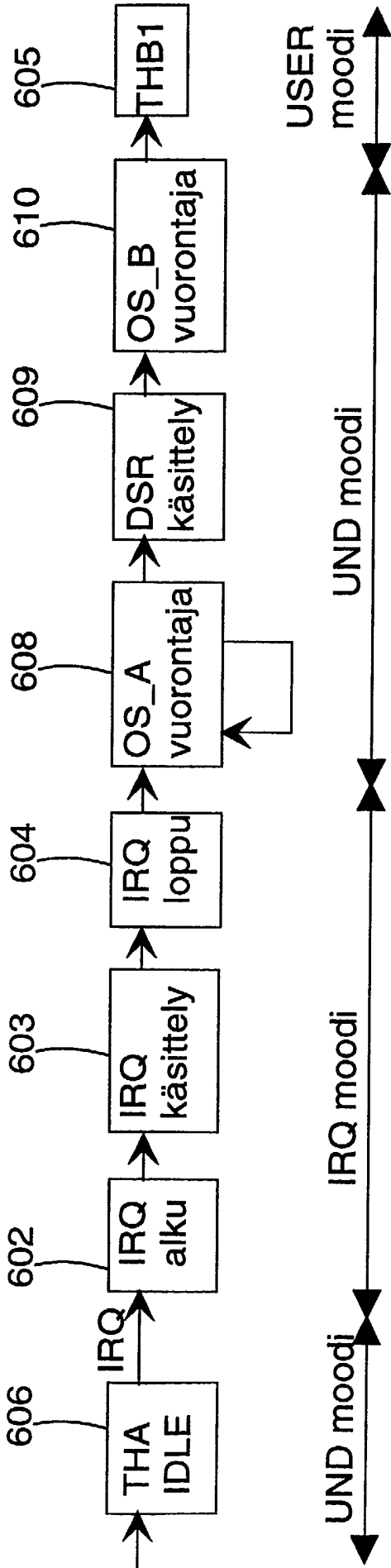


Fig. 6e

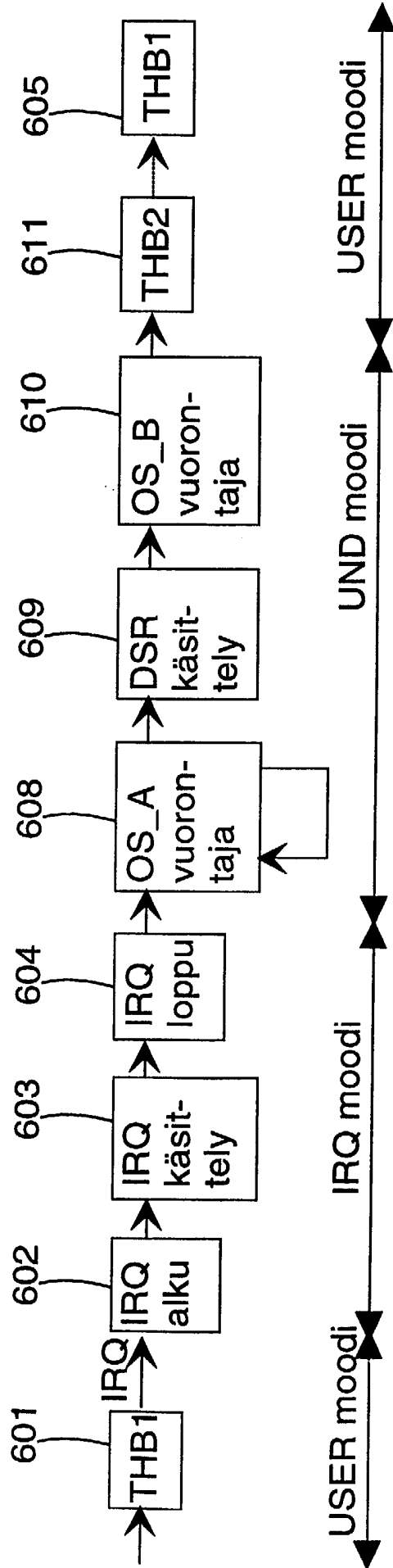


Fig. 6f

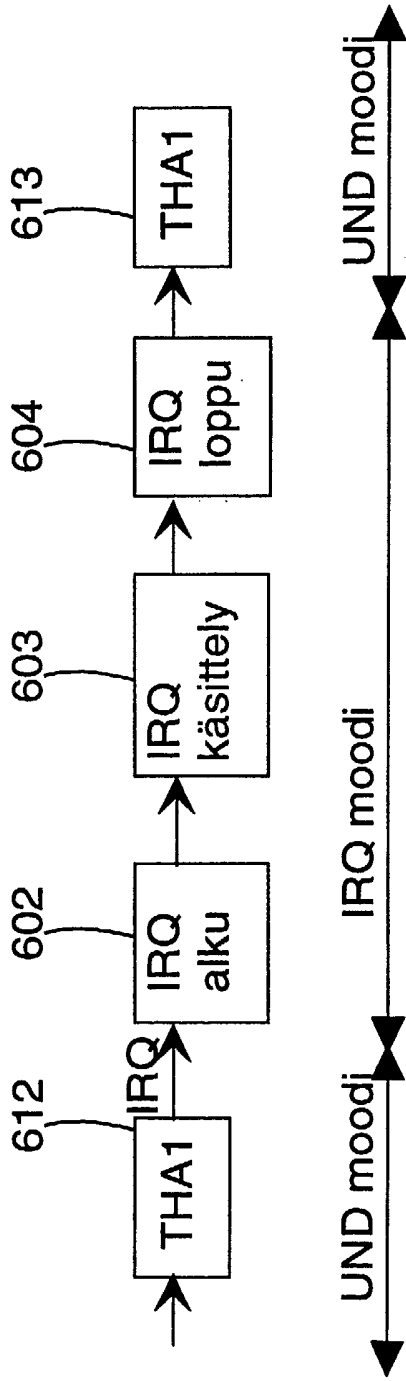


Fig. 6g

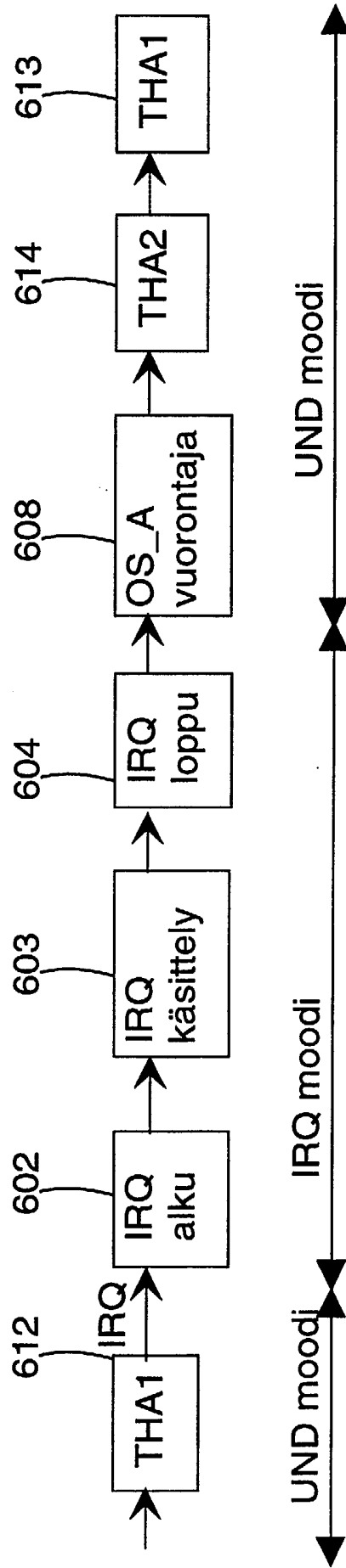


Fig. 6h

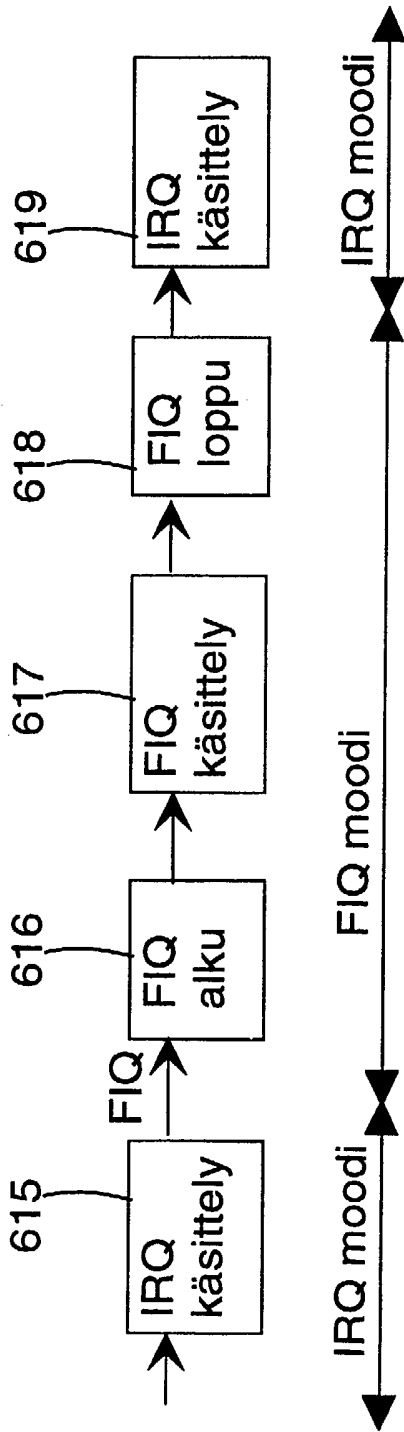


Fig. 6i

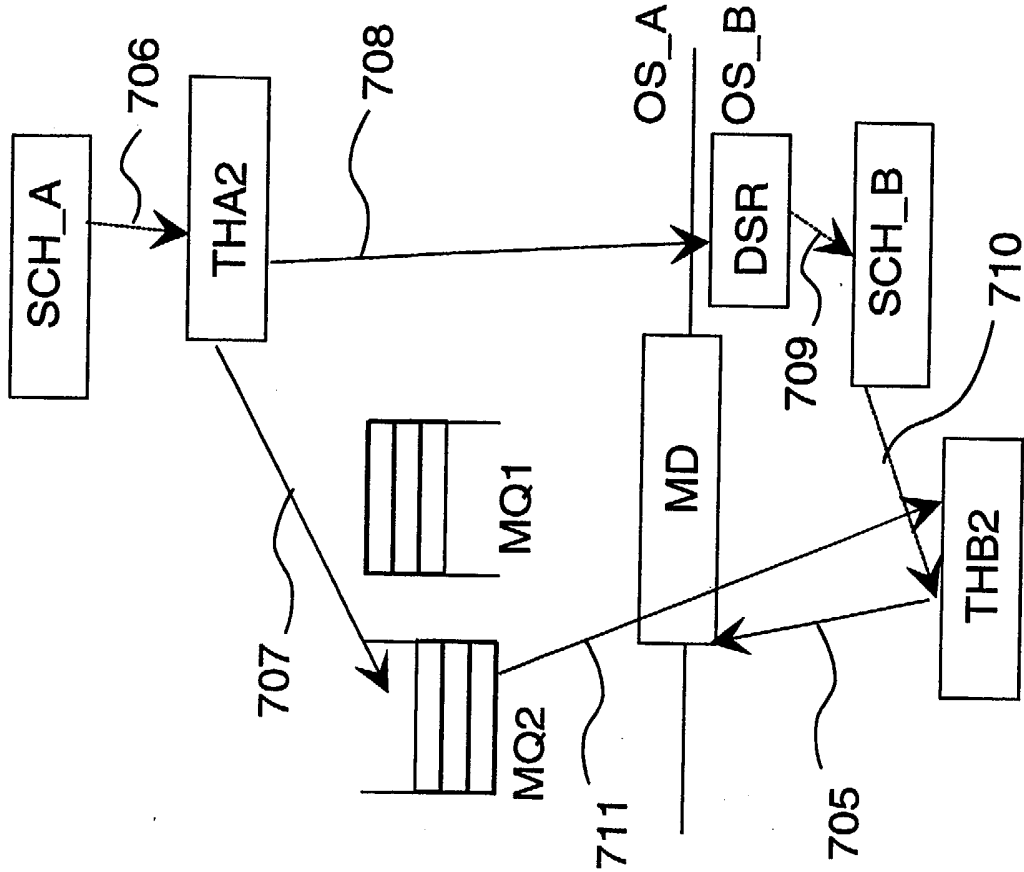


Fig. 7a

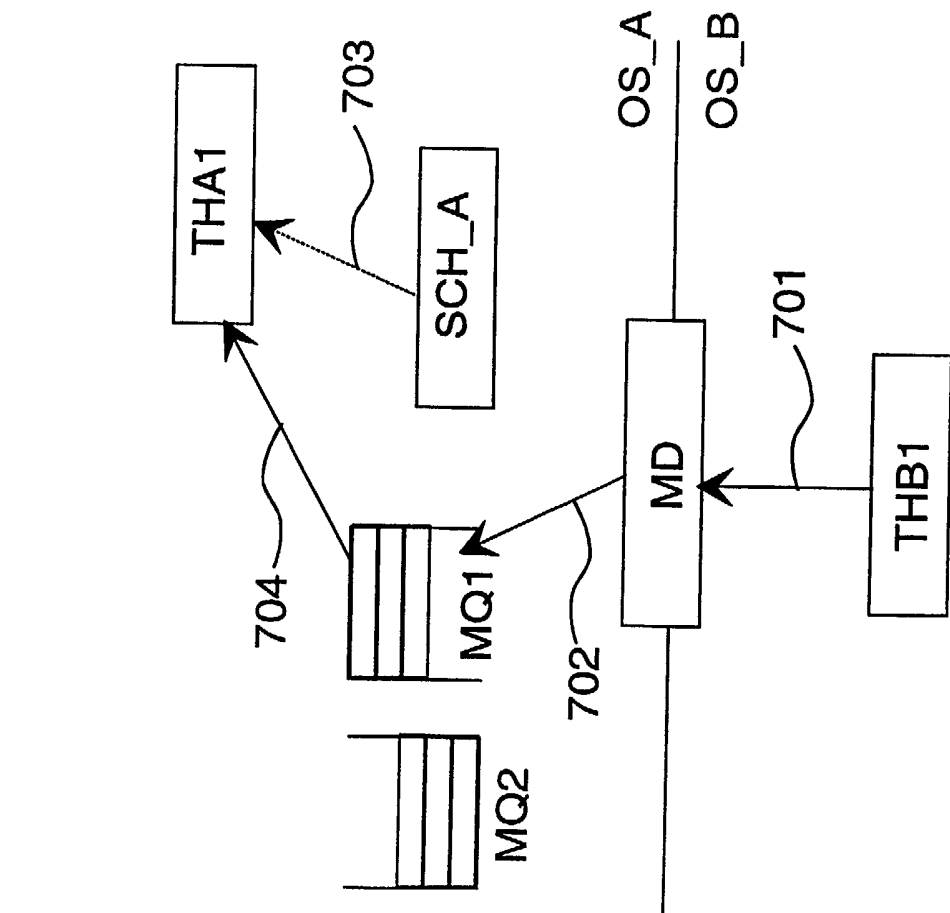


Fig. 7b

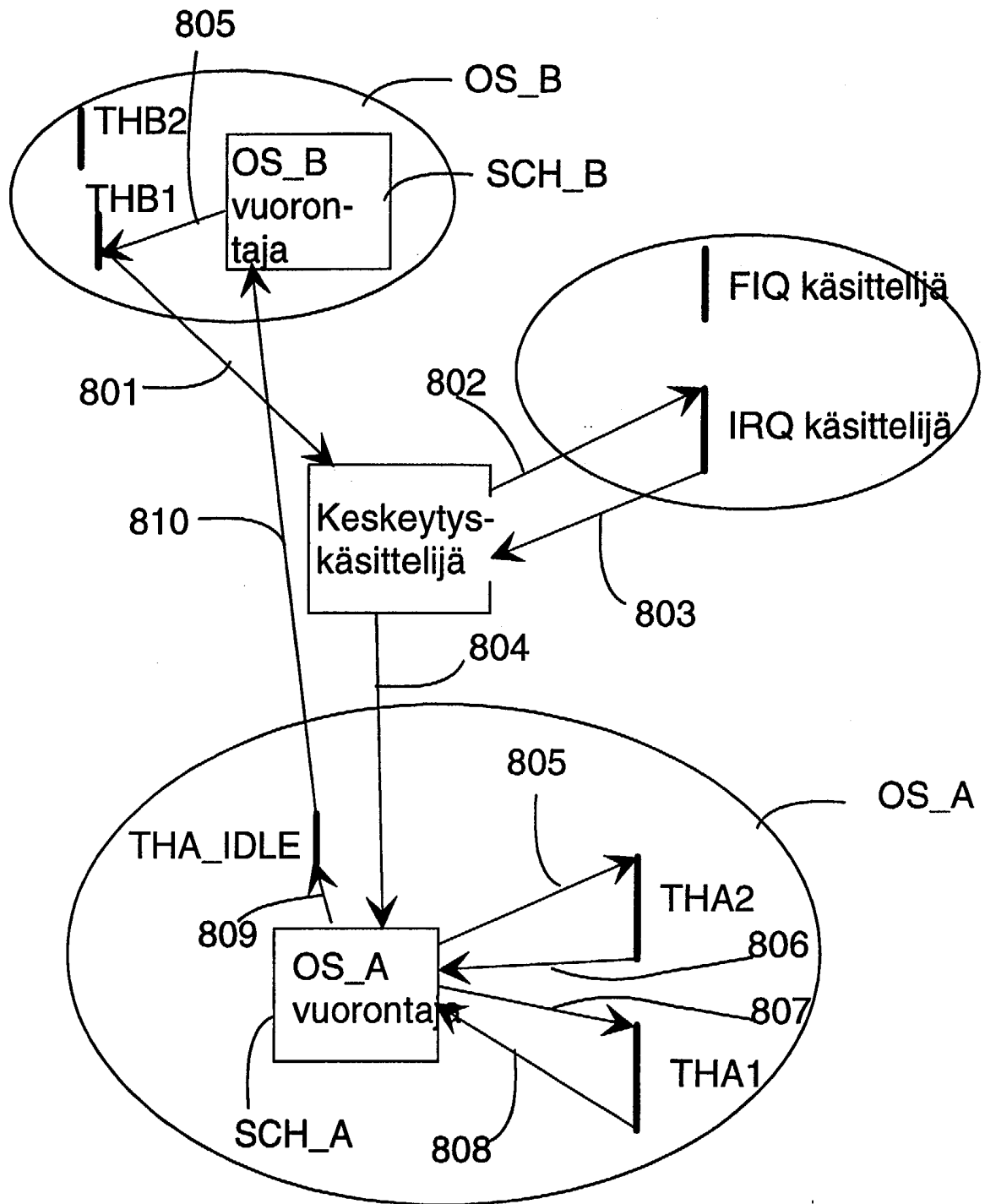


Fig. 8