



FI000106897B



SUOMI - FINLAND
(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

(12) PATENTTIJULKAISU
PATENTSKRIFT

(10) FI 106897 B

(45) Patentti myönnetty - Patent beviljats

30.04.2001

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

H04B 7/08, 1/69

(21) Patenttihakemus - Patentansökning

981977

(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag

14.09.1998

(24) Alkupäivä - Löpdag

14.09.1998

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig

15.03.2000

(73) Haltija - Innehavare

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

(72) Keksijä - Uppfinnare

1 •Ylitalo, Juha, Alangontie 9 A, 90540 Oulu, SUOMI - FINLAND, (FI)

2 •Muszynski, Peter, Lansankuja 5 C, 02630 Espoo, SUOMI - FINLAND, (FI)

3 •Tirola, Esa, Merikoskenkatu 2 A 10, 90500 Oulu, SUOMI - FINLAND, (FI)

(74) Asiamies - Ombud: Kolster Oy Ab

Iso Roobertinkatu 23, 00120 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

RAKE-vastaanotin

RAKE-mottagare

(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

FR A 2746233 (H04B 1/16), US A 5652765 (H04B 3/36)

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Keksinnön kohteena on IRC:tä käyttävä CDMA-järjestelmän RAKE-vastaanotin, jossa vastaanotetaan ainakin kahta antennihaaraa (232A, 232B) käyttäen radiosignaali. Keksinnön mukaisesti RAKE-haarassa (270A, 270B) on - painokerroinosa (272) muodostaa signaalin suhteen interferenssiin ja kohinaan (SINR) maksimoivat painokertoimet kullekin antennihaaralle (232A, 232B);

- kertoja (284A, 284B) kertoo painokertoimella kussakin antennihaarassa (232A, 232B) koostajan (276A, 276B) levityksestä poistama pilottiosa (274A);

- kertoja (284C, 284D) kertoo painokertoimella kussakin antennihaarassa (232A, 232B) koostajan (276C, 276D) levityksestä poistaman dataosa (274B);

- antennihaarasummain (278A) yhdistää eri antennihaarojen (232A, 232B) kautta vastaanotetut levityksestä poistetut ja painokertoimella kerrotut pilottiosat (274A) yhdeksi pilottisignaaliiksi;

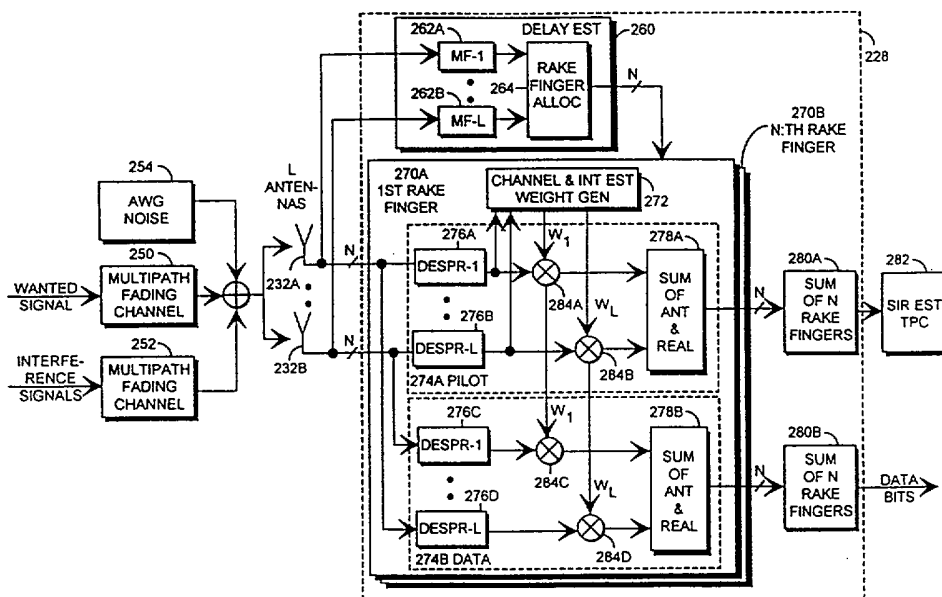
- antennihaarasummain (278B) yhdistää eri antennihaarojen (232A, 232B) kautta vastaanotetut levityksestä poistetut ja painokertoimella kerrotut dataosat (274B) yhdeksi datasignaaliiksi.

Lisäksi vastaanottimessa on RAKE-haarasummain (280B) yhdistää eri viiveillä toimivien RAKE-haarojen (270A, 270B) datasignaaliit vastaanotettuja bittejä esittäväksi summadatasignaaliiksi.

Uppfinningen avser en RAKE-mottagare i ett CDMA-system, vilken använder sig av IRC, varvid med hjälp av minst två antenngrenar (232A, 232B) en radiosignal mottages. Enligt uppfinningen har en RAKE-gren (270A, 270B)

- en betoningsfaktordel (272) för alstring av maximerade betoningsfaktorer för signalen i förhållande till interferens och brus (SINR) för varje antenngren (232A, 232B);
- en multiplikator (284A, 284B) för multiplicering med en betoningsfaktor av en pilotdel (274A), som avlägsnats från utbredningen av en sammanfattare (276A, 276B) i varje antenngren (232A, 232B);
- en multiplikator (284C, 284D) för multiplicering med en betoningsfaktor av en datadel (274B), som avlägsnats från utbredningen av en sammanfattare (276C, 276D) i varje antenngren (232A, 232B);
- en antenngrensummerare (278A) för sammanföring av via olika antenngrenar (232A, 232B) mottagna och från utbredningen avlägsnade och med en betoningsfaktor multiplicerade pilotdelar (274A) till en pilotsignal;
- en antenngrensummerare (278B) för sammanföring av via olika antenngrenar (232A, 232B) mottagna och från utbredningen avlägsnade och med en betoningsfaktor multiplicerade datadelar (274B) till en datasignal.

I mottagaren finns ytterligare en RAKE-grensummerare (280B) för sammanföring av med olika fördröjning fungerande RAKE-grenars (270A, 270B) datasignaler till en summadatasignal, som representerar mottagna bitar.



RAKE-vastaanotin

Keksinnön ala

Keksinnön kohteena on koodijakoista monikäyttömenetelmää (CDMA) käyttävän radiojärjestelmän RAKE-vastaanotin.

5 Keksinnön tausta

Radiojärjestelmissä käytetään erilaisia diversiteettimenetelmiä järjestelmän peittoalueen ja/tai kapasiteetin kasvattamiseksi. Tämän julkaisun kannalta mielenkiintoisia ovat paikkadiversiteetti (space) eli antennidiversiteetti, polarisaatiodiversiteetti (polarization) ja monitiediversiteetti (multipath). Paikkadiversiteetissä antennit asetetaan tarpeeksi etäälle toisistaan, jotta saavutetaan riittävä dekorrelaatio eri antennien kautta vastaanotettujen signaalien kesken. Polarisaatiodiversiteetin lajeista kiintoisa on implisiittinen polarisaatio, jossa signaali lähetetään yhdessä polarisaatiossa, mutta vastaanotetaan ristipolarisoiduilla antennilla. Monitiediversiteetillä tarkoitetaan monitie-edenneiden signaalikomponenttien luomaa diversiteettiä, joka on käyttökelpoinen järjestelmässä, kuten CDMA-järjestelmässä, jossa signaalin kaistanleveys on paljon laajempi kuin kanavan koherentti kaistanleveys.

CDMA-järjestelmässä käytetään RAKE-vastaanotinta monitie-edenneiden signaalikomponenttien erottamiseen vastaanotossa. Yleensä signaalikomponenttien täytyy erota tällöin toisistaan vähintään yksi käytetyn hajotuskoodin osa, eli chippi. RAKE-vastaanotin käsittää RAKE-haaroja (RAKE-fingers), joissa kussakin tapahtuu spektrin koostaminen (despreading) ja diversiteettikombinointi. Lisäksi vastaanottimessa on viive-estimaattori, jossa on sovitettu suodatin jokaista antennihaaraa kohti, sekä RAKE-haarojen allokointilohko. Sovitetussa suodattimessa korreloidaan signaalin levitykseen käytetyllä hajotuskoodilla vastaanotettua signaalia eri viiveillä, jolloin hajotuskoodin ajoitusta siis muutetaan esimerkiksi yhden chipin portaisa. Korrelaation ollessa suuri on löydetty monitie-edennyt signaalikomponentti, jota voidaan sitten vastaanottaa löydetyllä viiveellä.

Signaaliin summautuu radiotiellä halutun signaalin lisäksi kohinaa (noise) ja muiden käyttäjien tai järjestelmien aiheuttamaa interferenssiä. Diversiteettiä käyttävissä järjestelmissä kohinan ja interferenssin vaikutusta voidaan vähentää esimerkiksi maximal ratio combining -menetelmällä (MRC), jossa painotetaan eri antennien kautta vastaanotettuja signaaleja suhteessa signaalin tehoon eri antennihaaroissa. Tämä menetelmä kuitenkin olettaa, että inter-

ferenssi on kussakin antennissa itsenäistä. Tämä oletus ei käytännön solukko-radioverkoissa pidä aina paikkaansa, vaan saman interferenssin voidaan ajatella olevan läsnä kussakin antennissa.

Interference rejection combining -menetelmässä (IRC) ei ole tätä rajoitusta. Menetelmää on kuitenkin käytetty vain aikajakoista monikäyttömenetelmää (TDMA) käyttävissä järjestelmissä, joissa ei useinkaan pystytä erottelemaan monitie-edenneitä signaalikomponentteja. IRC-menetelmällä tarkoitetaan tässä adaptiivista keilanmuodostusta (signaalien optimiyhdistelyä), jolla maksimoidaan signaalin teho suhteessa interferenssin ja kohinan tehoon, eli maksimoidaan SINR (Signal/(Interference and Noise)-Ratio).

Keksinnön lyhyt selostus

Keksinnön tavoitteena on siten RAKE-vastaanotin, jossa käytetään IRC:tä. Tämä saavutetaan seuraavaksi esitettävällä RAKE-vastaanottimella. Kysessä on RAKE-vastaanotin, käsittäen ainakin kaksi antennihaaraa vastaanottaa radiosignaali; antennihaaroihin kytketyn ainakin yhden RAKE-haaran käsitellä radiosignaalin monitie-edennyttä signaalikomponenttia; antennihaaroihin kytketyn viive-estimaattorin hakea ainakin yhden monitie-edenneen signaalikomponentin viive, ja allokoida löydetyn monitie-edenneen signaalikomponentin käsittelemiseksi RAKE-haara, ja ilmoittaa kyseiselle RAKE-haaralle löydetty viive; RAKE-haara käsittäen: kanavaestimaattorin muodostaa kunkin antennihaaran radiosignaalin sisältämän tunnetun pilottiosan avulla löydetyn monitie-edenneen signaalikomponentin kanavan impulssivaste; interferenssiestimaattorin muodostaa kunkin antennihaaran radiosignaalin sisältämä interferenssistä ja kohinasta muodostunut interferenssisignaali vähentämällä vastaanotetusta radiosignaalista regeneroitu haluttu radiosignaali, joka regeneroitu haluttu radiosignaali saadaan tunnetun pilottiosan sekä kanavan estimoidun impulssivasteen avulla; kuhunkin antennihaaraan kytketyn koostajan poistaa monitie-edenneen signaalikomponentin sisältämän pilottiosan levitys käyttäen tunnettua hajotuskoodia viive-estimaattorin ilmoittamalla viiveellä; kuhunkin antennihaaraan kytketyn koostajan poistaa monitie-edenneen signaalikomponentin sisältämän dataosan levitys käyttäen tunnettua hajotuskoodia viive-estimaattorin ilmoittamalla viiveellä. RAKE-haara käsittää lisäksi: painokerroinosan muodostaa signaalin suhteen interferenssiin ja kohinaan (SINR) maksimoivat painokertoimet kullekin antennihaaralle; kertojan kertoa painokertoimella kussakin antennihaarassa koostajan levityksestä poistama pilottiosa; kertojan kertoa painokertoimella kussakin antennihaarassa koostajan levityk-

sestä poistaman dataosa; antennihaarasummaimen yhdistää eri antennihaarojen kautta vastaanotetut levityksestä poistetut ja painokertoimella kerrotut pilottiosat yhdeksi pilottisignaaliiksi; antennihaarasummaimen yhdistää eri antennihaarojen kautta vastaanotetut levityksestä poistetut ja painokertoimella kerrotut dataosat yhdeksi datasiignaaliiksi; ja RAKE-vastaanotin käsittää lisäksi RAKE-haarasummaimen yhdistää eri viiveillä toimivien RAKE-haarojen data-

5 signaalit vastaanotettuja bittejä esittäväksi summadatasignaaliiksi.

Keksinnön edulliset suoritusmuodot ovat epäitsenäisten patenttivaatimusten kohteena.

10 Keksintö perustuu siihen, että muodostetaan IRC:tä käyttävä RAKE-vastaanotin.

Keksinnön mukaisella RAKE-vastaanottimella saavutetaan signaalin E_p/I_0 -suhteelle (energia bittiä kohti jaettuna interferenssin tehotiheydellä) jopa kaksi desibeliä parempi arvo kuin tavanomaisessa MRC:tä käyttävässä RAKE-vastaanottimessa.

15

Kuvioiden lyhyt selostus

Keksintöä selostetaan nyt lähemmin edullisten suoritusmuotojen yhteydessä, viitaten oheisiin piirroksiin, joista:

Kuviot 1A ja 1B esittävät matkapuhelinjärjestelmää;

20 Kuvio 2A esittää matkapuhelinjärjestelmän lähetintä ja vastaanotinta;

Kuvio 2B esittää lähettimessä suoritettavaa hajotusta ja modulointia;

Kuvio 2C esittää keksinnön mukaista ratkaisua kuviossa 2A esitetyn vastaanottimen yhdistetylle sekoituksenpurku-, hajotuskoodinpurku- ja demodulointilohkolle;

25

Kuvio 3 esittää matkapuhelinjärjestelmän kanavia sijoitettuina kehukseen;

Kuvio 4 esittää yksinkertaistaen tilaajapäätelaitteen rakennetta.

30 Keksinnön yksityiskohtainen selostus

Keksintöä voidaan käyttää erilaisissa matkapuhelinjärjestelmissä, jotka käyttävät koodijakoista monikäyttömenetelmää (CDMA). Esimerkeissä kuvataan keksinnön käyttöä suorasekvenssitekniikalla toteutettua laajakais-

35 taista koodijakoista monikäyttömenetelmää käyttävässä universaalissa matkapuhelinjärjestelmässä, keksintöä siihen kuitenkin rajoittamatta. Siten esimer-

kiksi Japanissa ARIB:in (Association of Radio Industries and Businesses) kehittämä IMT-2000 matkapuhelinjärjestelmä ja Euroopassa kehitettävä universaali matkapuhelinjärjestelmä (UMTS) ovat keksinnön mukaisia järjestelmiä. Esimerkit pohjautuvat WCDMA-järjestelmän kuvaukseen, josta on saatavissa
5 lisätietoa ETSI:n (European Telecommunications Standards Institute) spesifikaatiosta "The ETSI UMTS Terrestrial Radio Access (UTRA) ITU-R RTT Candidate Submission (Tdoc SMG2 260/98, May/June 1998)", joka otetaan tähän viitteeksi.

Viitaten kuvioihin 1A ja 1B selostetaan universaalien matkapuhelinjärjestelmän rakenne. Kuvio 1B sisältää vain keksinnön selittämisen kannalta oleelliset lohkot, mutta alan ammattimiehelle on selvää, että tavanomaiseen matkapuhelinjärjestelmään sisältyy lisäksi muitakin toimintoja ja rakenteita, joiden tarkempi selittäminen ei tässä ole tarpeen. Matkapuhelinjärjestelmän pääosat ovat ydinverkko (core network) CN, universaalien matkapuhelinjärjestelmän maanpäällinen radioliittymäverkko (UMTS terrestrial radio access network) UTRAN ja tilaajapäätelaitte (user equipment) UE. CN:n ja UTRAN:in välinen rajapinta on nimeltään lu, ja UTRAN:in ja UE:n välinen ilmarajapinta on nimeltään Uu.
10
15

UTRAN muodostuu radioverkkoalijärjestelmistä (radio network subsystem) RNS. RNS:ien välinen rajapinta on nimeltään lur. RNS muodostuu radioverkkokontrollerista (radio network controller) RNC ja yhdestä tai useammasta B-solmusta (node B) B. RNC:n ja B:n välinen rajapinta on nimeltään lub. B-solmun kuuluvuusaluetta eli solua merkitään kuviossa 1B C:llä.
20

Kuviossa 1A esitetty kuvaus on hyvin abstrakti, joten sitä selvennetään kuviossa 1B esittämällä mikä GSM-järjestelmän osa suunnilleen vastaa mitäkin UMTS:in osaa. On huomattava, että esitetty mappaus ei ole mitenkään sitova, vaan suuntaa antava, sillä UMTS:in eri osien vastuut ja toiminnot ovat vielä suunnittelun alla.
25

Kuvion 1B mukaisesti voidaan tilaajapäätelaitteesta UE muodostaa piiriyhteyden yhteys yleiseen puhelinverkkoon (PSTN = Public Switched Telephone Network) 102 kytkettyyn puhelimeen 100. Tilaajapäätelaitte UE voi olla esimerkiksi kiinteästi sijoitettu, ajoneuvoon sijoitettu tai kannettava mukana pidettävä päätelaitte. Radioverkon infrastruktuuri UTRAN muodostuu radioverkkoalijärjestelmistä RNS eli tukiasemajärjestelmistä. Radioverkkoalijärjestelmä RNS muodostuu radioverkkokontrollerista RNC eli tukiasemaohjaimesta ja sen ohjauksessa olevasta ainakin yhdestä B-solmusta B eli tukiasemasta.
30
35

Tukiasemassa B on multiplekseri 114, lähetinvastaanottimia 116, ja ohjausyksikkö 118, joka ohjaa lähetinvastaanottimien 114 ja multiplekserin 116 toimintaa. Multiplekserillä 116 sijoitetaan useiden lähetinvastaanottimien 114 käyttämät liikenne- ja ohjauskanavat siirtoyhteydelle lub.

5 Tukiaseman B lähetinvastaanottimista 114 on yhteys antenniyksikköön 120, jolla toteutetaan kaksisuuntainen radioyhteys Uu tilaajapäätelaitteeseen UE. Kaksisuuntaisessa radioyhteydessä Uu siirrettävien kehysten rakenne on tarkasti määritelty.

10 Tukiasemaohjain RNC käsittää ryhmäkytkentäkentän 110 ja ohjausyksikön 112. Ryhmäkytkentäkenttää 110 käytetään puheen ja datan kytkentään sekä yhdistämään signaalointipiirejä. Tukiaseman B ja tukiasemaohjaimen RNC muodostamaan tukiasemajärjestelmään kuuluu lisäksi transkooderi 108. Tukiasemaohjaimen RNC ja tukiaseman B välinen työnjako ja fyysinen rakenne voivat vaihdella toteutuksesta riippuen. Tyypillisesti tukiasema B huolehtii edellä kuvatulla tavalla radiotien toteutuksesta. Tukiasemaohjain RNC hallinnoi tyypillisesti seuraavia asioita: radioresurssien hallinta, solujen välisen kanavanvaihdon kontrolli, tehonsäätö, ajastus ja synkronointi, tilaajapäätelaitteen kutsuminen (paging).

20 Transkooderi 108 sijaitsee yleensä mahdollisimman lähellä matkapuhelinkeskusta 106, koska puhe voidaan tällöin siirtokapasiteettia säästäten siirtää matkapuhelinjärjestelmän muodossa transkooderin 108 ja tukiasemaohjaimen RNC välillä. Transkooderi 108 muuntaa yleisen puhelinverkon ja radiopuhelinverkon välillä käytettävät erilaiset puheen digitaaliset koodausmuodot toisilleen sopiviksi, esimerkiksi kiinteän verkon 64 kbit/s muodosta solukkora-

25 dioverkon johonkin muuhun (esimerkiksi 13 kbit/s) muotoon ja päinvastoin. Tässä ei tarkemmin kuvata vaadittavia laitteistoja, mutta voidaan kuitenkin todeta, ettei muulle datalle kuin puheelle suoriteta muunnosta transkooderissa 122. Ohjausyksikkö 112 suorittaa puhelunohjausta, liikkuvuuden hallintaa, tilastotietojen keräystä ja signaalointia.

30 Ydinverkko CN muodostuu UTRAN:in ulkopuolisesta matkapuhelinjärjestelmään kuuluvusta infrastruktuurista. Kuviossa 1B kuvataan ydinverkon CN laitteista matkapuhelinkeskus 106 ja porttimatkapuhelinkeskus 104, joka hoitaa matkapuhelinjärjestelmän yhteydet ulkopuoliseen maailmaan, tässä yleiseen puhelinverkkoon 102.

35 Kuviossa 4 kuvataan esimerkki tilaajapäätelaitteen UE rakenteesta. Tilaajapäätelaitteen UE oleelliset osat ovat: rajapinta 404 tilaajapäätelaitteen

antennille 402, lähetinvastaanotin 406, tilaajapäätelaitteen ohjausosa 410, ja rajapinta 412 akulle 414. Käyttöliittymä muodostuu yleensä näytöstä 400, näppäimistöä 408, mikrofonista 416 ja kaiuttimesta 418. Tilaajapäätelaite voi olla esimerkiksi mukana kannettava matkapuhelin, autoon sijoitettava puhelin, langattoman tilaajaliittymän (wireless local loop) terminaali tai tietokoneeseen integroitu tiedonsiirtolaitteisto.

Kuviossa 2A kuvataan radiolähetin-radiovastaanotin -parin toimintaa. Radiolähetin voi sijaita B-solmussa B tai tilaajapäätelaitteessa UE, ja radiovastaanotin tilaajapäätelaitteessa UE tai B-solmussa B.

Kuvion 2A yläosassa kuvataan radiolähettimen oleelliset toiminnot. Erilaisia fyysiseen kanavaan sijoitettavia palveluita ovat esimerkiksi puhe, data, liikkuva tai pysäytetty videokuva ja järjestelmän ohjauskanavat. Kuviossa kuvataan ohjauskanavan ja datan käsittely. Eri palvelut edellyttävät erilaisia lähdekoodausvälineitä, esimerkiksi puhe edellyttää puhekoodekkia. Lähdekoodausvälineitä ei ole selvyuden vuoksi kuitenkaan kuvattu kuviossa 2A.

Ohjauskanavaan 214 sijoitetaan myös pilottibitit, joita vastaanotin käyttää kanavaestimoinnissa. Datakanavaan sijoitetaan käyttäjän dataa 200.

Eri kanaville suoritetaan sitten erilaista kanavakoodausta lohkoissa 202A ja 202B. Kanavakoodausta ovat esimerkiksi erilaiset lohkokoodit (block codes), joista eräs esimerkki on syklinen redundanttisuuden tarkistus (cyclic redundancy check, CRC). Lisäksi käytetään tyypillisesti konvoluutiokoodausta ja sen erilaisia muunnelmia, esimerkiksi punkturoitua konvoluutiokoodausta tai turbokoodausta. Mainittuja pilottibittejä ei kuitenkaan kanavakoodata, koska tarkoitus on saada selville kanavan signaaliin aiheuttamat vääristymät.

Kun eri kanavat on kanavakoodattu, niin ne lomitetaan lomittimessa 204A, 204B. Lomittamisen tarkoitus on helpottaa virheenkorjausta. Lomittamisessa eri palveluiden bitit sekoitetaan määrättyllä tavalla keskenään, jolloin hetkellinen häipymä radiotiellä ei välttämättä vielä tee siirrettyä informaatiota tunnistuskelvottomaksi. Sitten lomitetut bitit levitetään hajotuskoodilla (spreading code) lohkoissa 206A, 206B. Sitten saadut chipit sekoitetaan sekoituskoodilla (scrambling code) ja moduloidaan lohkoissa 208, jonka toimintaa kuvataan tarkemmin kuviossa 2B. Siten erilliset signaalit yhdistetään lohkoissa 208 lähetettäväksi saman lähettimen kautta.

Lopuksi yhdistetty signaali viedään radiotaajuusosille 210, jotka voivat käsittää erilaisia tehonvahvistimia ja kaistanleveyttä rajoittavia suodattimia. Lähetyksen tehonsäädössä käytetty suljetun silmukan säätö ohjaa yleensä

tässä lohkoissa olevaa lähetystehonsäätövahvistinta. Analoginen radiosignaali lähetetään sitten antennin 212 kautta radiotielle Uu.

Kuvion 2A alaosassa kuvataan radiovastaanottimen oleelliset toiminnot. Radiovastaanotin on tyypillisesti RAKE-vastaanotin. Radiotieltä Uu vastaanotetaan analoginen radiotaajuinen signaali antennilla 232. Signaali vi-
5 viedään radiotaajuusosiin 230, jotka käsittävät suodattimen, joka estää halutun taajuuskaistan ulkopuoliset taajuudet.

Sen jälkeen signaali muunnetaan lohkoissa 228 väli- ja taajuuksille tai suoraan kantataajuuksille, jossa muodossa oleva signaali näytteistetään ja kvantisoidaan. Koska kyseessä on monitie-edennyt signaali, eri teitä pitkin edenneet signaalikomponentit pyritään yhdistämään lohkoissa 228, joka käsit-
10 tää tunnetun tekniikan mukaisesti vastaanottimen varsinaiset RAKE-haarat (RAKE fingers). Lohkoa 228 kuvataan tarkemmin kuviossa 2C.

Saadun fyysisen kanavan lomitus puretaan sitten lomituksen purku-
15 välineissä 226. Lomituksesta purettu fyysinen kanava jaetaan sitten demultiplekserissa 224 eri kanavien datavirtoihin. Kanavat ohjataan kukin omaan kanavakoodauksen purkulohkoon 222A, 222B, jossa puretaan lähetyksessä käytetty kanavakoodaus, esimerkiksi lohkokoodaus ja konvoluutiokoodaus. Konvoluutiokoodaus puretaan edullisesti Viterbi-dekooderilla. Kukin lähetetty
20 kanava 220A, 220B, voidaan sitten viedä tarvittavaan jatkokäsittelyyn, esimerkiksi data 220 viedään tilaajapäätelaitteeseen UE kytkettyyn tietokoneeseen 122. Järjestelmän ohjauskanavat viedään radiovastaanottimen ohjausosaan 236.

Kuviossa 2B kuvataan tarkemmin kanavan levittämistä hajotuskoodilla ja sen modulointia. Kuvassa vasemmalta tulee kanavan bittivirta lohkoon S/P, jossa suoritetaan kullekin kahden bitin jaksolle muunnos sarjamuodosta rinnakkaismuotoon, eli toinen bitti viedään signaalin I-haaraan ja toinen signaalin Q-haaraan. Sitten signaalin I- ja Q-haarat kerrotaan hajotuskoodilla c_{ch} , jolloin suhteellisen kapeakaistainen informaatio leviää laajalle taajuuskaistalle.
30 Hajotuskoodi voi olla sama tai eri kummallekin haaralle. Kullekin yhteydelle Uu on oma hajotuskoodi tai hajotuskoodit, jolla tai joilla vastaanotin tunnistaa itselleen tarkoitettut lähetykset. Sitten signaali sekoitetaan kertomalla se sekoituskoodilla $c_{I_scramb} + j c_{Q_scramb}$, joka on eri kullekin lähettimelle. Saadun signaalin pulssimuotoa suodatetaan suodattimilla $p(t)$. Lopuksi signaali moduloidaan radiotaajuiselle kanta-aalloille kertomalla sen eri haarat toisistaan 90 astetta siirrettyinä, näin saadut haarat yhdistetään yhdeksi kanta-aalloksi, joka on valmis
35

lähetettäväksi radiotielle Uu, mahdollisia suodatuksia ja tehonvahvistuksia lu-
kuunottamatta. Kuvattu modulointitapa on QPSK (Quadrature Phase Shift Ke-
ying).

5 Kuvatun I/Q-multipleksauksen sijasta voidaan käyttää myös aika-
multipleksausta, jossa data- ja ohjauskanavat sijoitetaan aikatasossa peräk-
kain. Tällöin kanavien välinen aikaero on kuitenkin niin pieni, että ohjauskana-
vasta estimoidun interferenssin voidaan olettaa olevan sama myös datakana-
vassa.

10 Tyypillisesti keskenään ortogonaalisia hajotuskoodeja voi maksii-
missaan olla käytössä samanaikaisesti kaksisataaviisikymmentäkuusi erilaista.
Esimerkiksi UMTS:in laskevalla siirtotiellä käytettäessä viiden megahertsin
kantoaaltoa nopeudella 4.096 megachippiä per sekunti hajotustekijä kaksisa-
taaviisikymmentäkuusi vastaa kolmenkymmenen kahden kilobitin siirtonopeutta
15 sekunnissa, vastaavasti suurin käytännöllinen siirtonopeus saavutetaan hajo-
tustekijällä neljä, jolloin tiedonsiirtonopeus on kaksituhattaneljäkymmentäkah-
deksan kilobittiä sekunnissa. Siirtonopeus kanavassa siis vaihtelee portaittain
32, 64, 128, 256, 512, 1024, ja 2048 kbit/s hajotustekijän vaihtuessa vastaa-
vasti 256, 128, 64, 32, 16, 8, ja 4. Käyttäjän käyttöönsä saama tiedonsiirtono-
peus riippuu käytetystä kanavakoodauksesta. Esimerkiksi käytettäessä 1/3-
20 konvoluutiokoodausta käyttäjän tiedonsiirtonopeus on noin yksi kolmasosa
kanavan tiedonsiirtonopeudesta. Hajotustekijä ilmoittaa hajotuskoodin pituu-
den. Esimerkiksi hajotustekijää yksi vastaava hajotuskoodi on (1). Hajotuste-
kijällä kaksi on kaksi keskenään ortogonaalista hajotuskoodia (1,1) ja (1,-1).
Edelleen hajotustekijällä neljä on neljä keskenään ortogonaalista hajotuskoo-
25 dia: ylemmän tason hajotuskoodin (1,1) alla ovat hajotuskoodit (1,1,1,1) ja
(1,1,-1,-1), ja ylemmän tason toisen hajotuskoodin (1,-1) alla ovat hajotuskoo-
dit (1,-1,1,-1) ja (1,-1, -1, 1). Näin jatketaan hajotuskoodien muodostusta edet-
täessä koodipuussa alemmille tasoille. Tietyn tason hajotuskoodit ovat aina
keskenään ortogonaalisia. Samoin tietyn tason jokin hajotuskoodi on ortogo-
30 naalinen jonkin toisen saman tason hajotuskoodin kaikkien siitä johdettujen
seuraavien tasojen hajotuskoodien kanssa.

Lähetyksessä yksi symboli kerrotaan hajotuskoodilla, jolloin data le-
viää käytettävälle taajuuskaistalle. Esimerkiksi hajotuskoodia 256 käytettäessä
yhtä symbolia esittää 256 chippiä. Vastaavasta hajotuskoodia 16 käytettäessä
35 yhtä symbolia esittää 16 chippiä.

Kuvioon 3 viitaten selostetaan esimerkki siitä, minkälaista kehysrakennetta fyysisessä kanavassa voidaan käyttää. Kehykset 340A, 340B, 340C, 340D numeroidaan juoksevasti yhdestä seitsemäänkymmeneenkahteen, ja ne muodostavat 720 millisekunnin pituisen superkehyyksen. Yhden kehyyksen
5 340C pituus on 10 millisekuntia. Kehys 340C jaetaan kuuteentoista väliin 330A, 330B, 330C, 330D. Yhden välin 330C pituus on 0.625 millisekuntia. Yksi väli 330C vastaa tyypillisesti yhtä tehonsäätöperiodia, jonka aikana tehoa säädetään esimerkiksi yksi desibeli ylös- tai alaspäin.

Fyysiset kanavat jaetaan kahteen eri tyyppiin: dedikoidut fyysiset
10 datakanavat (dedicated physical data channel, DPDCH) 310 ja dedikoidut fyysiset kontrollikanavat (dedicated physical control channel, DPCCH) 312. Dedikoituja fyysisiä datakanavia 310 käytetään kuljettamaan dataa 306, joka on generoitu OSI:n (Open Systems Interconnection) kakkoskerroksessa ja sen yläpuolella, eli lähinnä dedikoituja liikennekanavia. Dedikoidut fyysiset kontrol-
15 likanavat 312 kuljettavat OSI:n ykköskerroksessa generoitua kontrolli-informaatiota. Kontrolli-informaatio käsittää: kanavaestimoinnissa apuna käytettävän pilottiosan eli pilottibitit (pilot bits) 300, lähetystehon säätökomennot (transmit power-control commands, TPC) 302, ja optionaalisesti kuljetusformaatin indikaattorin (transport format indicator, TFI) 304. Kuljetusformaatin in-
20 dikaattori 304 kertoo vastaanottimelle sen hetkisen käytössä olevan siirtonopeuden kullekin nousevan siirtotien dedikoidulle fyysiselle datakanavalle.

Kuten kuviosta 3 nähdään laskevalla siirtotiellä dedikoidut fyysiset datakanavat 310 ja dedikoidut fyysiset kontrollikanavat 312 aikamultipleksataan samaan väliin 330C. Nousevalla siirtotiellä sitävastoin kyseiset kanavat
25 lähetetään rinnakkaisesti (parallel) siten, että ne ovat IQ-multipleksattu (I=in-phase, Q=quadrature) kuhunkin kehyykseen 340C ja lähetetään käyttäen kaksiskanava QPSK-modulaatiota (dual-channel quadrature phase-shift keying modulation). Haluttaessa lähettää lisää dedikoituja fyysisiä datakanavia 310 ne koodimultipleksataan ensimmäisen kanavaparin joko I- tai Q-haaraan.

Seuraavaksi tarkastellaan kuviota 2C, jossa kuvataan tarkemmin
30 kuviossa 2A esitetty vastaanottimen yhdistetty sekoituksenpurku-, hajotuskoodinpurku- ja demodulointilohko 228. Sekoituksenpurkua ei kuitenkaan ole kuvattu, koska se ei ole keksinnön kannalta mielenkiintoista. Radiotielle Uu lähetetty haluttu radiosignaali monitie-etenee ajoittain häipyvässä kanavassa
35 250. Lisäksi signaaliin summautuu summautuvaa nollakeskiarvoista valkoista gauss-jakautunutta kohinaa (additive zero mean white gaussian noise) 254.

Edelleen signaaliin summautuu häiritseviä signaaleita, jotka myös monitie-
etenevät ajoittain häipyvässä kanavassa 252.

Radiotieltä Uu vastaanotettava signaali siis sisältää halutun signaa-
lin lisäksi sekä kohinaa että interferenssiä. Signaali vastaanotetaan ainakin
5 kahta eri haaraa 232A, 232B käyttäen. Haarat 232A, 232B voivat muodostaa
antennivahvistuksen aikaansaamiseksi antenniryhmän, jolloin yksittäiset an-
tennit ovat suhteellisen lähellä toisiaan, esimerkiksi aallonpituuden puolikkaan
etäisyydellä toisistaan. Toinen mahdollisuus on se, että haarat 232A, 232B
ovat diversiteettihaaroja, jolloin yksittäiset antennit ovat suhteellisen kaukana
10 toisistaan, esimerkiksi 10-20 aallonpituuden etäisyydellä toisistaan. Diversi-
teetti voidaan toteuttaa paikka- tai polarisaatiodiversiteettinä.

Kuvion 2C esimerkissä kuvataan paikkadiversiteetin käyttö, jolloin
haarat 232A, 232B toteutetaan adaptiivisena antennina. Adaptiivinen antenni
toteutetaan toisistaan riittävän etäälle sijoitetuilla antennilla 232A, 232B, joi-
15 den kautta vastaanotetaan monitie-edennyt signaali.

Antenneja voi olla L kappaletta. Kuviossa kuvataan vain kaksi an-
tennia, ensimmäinen antenni 232A ja L:s antenni 232B. Antennien välissä ole-
vat kaksi pistettä kuvaavat olemassaolevia antenneja, joita ei kuitenkaan ole
selvyyden vuoksi kuvattu. Tavallisesti antennien lukumäärä vaihtelee kahden
20 ja kahdeksan välillä.

Keksinnön mukaisesti eri antennihaarojen 232A, 232B kautta vas-
taanotettuja signaaleja painotetaan siten, että kohinan ja interferenssin vaiku-
tus saadaan minimoitua.

Diversiteettiä käytettäessä pyrkimys on saada haarojen välinen kor-
25 relaatio mahdollisimman pieneksi. Toinen tapa diversiteetin toteuttamiseksi on
käyttää polarisaatiodiversiteettiä, jolloin signaali vastaanotetaan ristipolarisoi-
duilla antennilla. Teoriassa myös hybridimuodot ovat mahdollisia, eli voidaan
käyttää samanaikaisesti sekä paikka- että polarisaatiodiversiteettiä. Tilaaja-
päätelaitteeseen mahtuvasta ratkaisusta voidaan mainita esimerkkinä ns.
30 patch-antenni, joka voi olla kooltaan noin neliötuuman kokoinen levy, jossa on
ristikkäiset polarisaatiotasot. Toinen esimerkki on ajoneuvoon sijoitettu tilaaja-
päätelaitteeseen, johon myös paikkadiversiteetin toteuttaminen on suhteellisen help-
poa.

Kustakin L:stä antennihaarasta 232A, 232B vastaanotettu signaali
35 viedään radiotaajuusosien (joita ei ole kuviossa 2C kuvattu) kautta antenni-
haaraan 232A, 232B kytkettyyn viive-estimaattoriin 260. Viive-estimaattorissa

260 haetaan parhaiten kuuluvien monitie-edenneiden signaalikomponenttien viiveet. Löydettyjen monitie-edenneiden signaalikomponenttien käsittelemiseksi allokoidaan RAKE-haara 270A, 270B. Viive-estimaattori 260 ilmoittaa kullekin RAKE-haaralle 270A, 270B löydetyn viiveen.

5 Viive-estimaattorissa 260 on kullekin antennihaaralle 232A, 232B sovitettu suodatin 262A, 262B. Siten sovitettuja suodattimia 262A, 262B on myös L kappaletta. Sovitetussa suodattimessa 262A, 262B suoritetaan ennalta tunnettu määrä rinnakkaisia korrelaatioiden laskentoja vastaanotetulle radiosignaalin eri viiveillä monitie-edenneiden signaalikomponenttien viivei-
10 den estimoimiseksi. Korrelaation laskennassa poistetaan vastaanotetun radio-
signaalin sisältämän pilottiosan levitys tunnetulla hajotuskoodilla käyttäen ennalta määrättyä viivettä.

Viive-estimaattorissa oleva allokattori 264 valitsee laskettujen korrelaatioiden perusteella ainakin yhden viiveen, jolla vastaanotetaan monitie-
15 edennyt signaalikomponentti. Allokattori allokoii RAKE-haaran 270A, 270B löydetyn signaalikomponentin käsittelemiseksi ilmoittamalla sille löydetyn viiveen. Valinnan suorittamiseksi allokattorissa 264 tyypillisesti yhdistetään kunkin sovitetun suodattimen 262A, 262B korrelaatiotulokset. Korrelaation ollessa suuri on löydetty viive, joka kuvaa kyseiselle antennihaaralle 232A, 232B tu-
20 levan radiosignaalin monitie-edenneen signaalikomponentin viivettä. Yleensä voimakkaimmat monitiekomponentit ovat samalla koodivaiheella kaikilla antenneil-
le johtuen antennien läheisyydestä ja siitä, että radiosignaalit etenevät valon nopeutta.

Käytännössä RAKE-haaroja 270A, 270B allokoidaan ennalta ha-
25 luttu lukumäärä ja/tai korrelaation laskennassa ennalta määrätyn kynnysarvon ylittäneille viiveille tarvittava määrä. Yleensä rajoittavaksi tekijäksi muodostuu käytettävien RAKE-haarojen 270A, 270B maksimilukumäärä. Tässä esimerkissä allokoitujen RAKE-haarojen 270A, 270B lukumäärää merkitään kirjaimella N. Signaalikomponenttien lukumäärä riippuu radio-olosuhteista, sekä
30 esimerkiksi maaston muodosta ja rakennuksista, jotka aiheuttavat heijastumia. Yleensä pienin viive, jolla monitie-edenneitä signaalikomponentteja haetaan on yksi chippi.

Yksi RAKE-haara 270A, 270B käsittelee yhtä monitie-edennyttä signaalikomponenttia tietyllä koodiviiveellä. RAKE-haarassa 270A, 270B on ka-
35 navaestimaattori, 272 jolla muodostetaan kunkin antennihaaran 232A, 232B radiosignaalin sisältämän tunnetun pilottiosan avulla löydetyn monitie-edenne-

neen signaalikomponentin kanavan impulssivaste, eli käytännössä kanavan kompleksiset impulssivastetapit.

Lisäksi RAKE-haarassa 270A, 270B on interferenssiestimaattori 272, jolla muodostetaan kunkin antennihaaran 232A, 232B radiosignaalin sisältämä interferenssistä ja kohinasta muodostunut interferenssisignaali vähentämällä vastaanotetusta radiosignaalista regeneroitu haluttu radiosignaali. Regeneroitu haluttu radiosignaali saadaan radiosignaalin sisältämän tunnetun pilottiosan sekä kanavan estimoidun impulssivasteen avulla.

Kuviossa 2C kuvataan katkoviivoitetuilla alueilla radiosignaalin sisältämän pilottiosan käsittelyä 274A ja radiosignaalin sisältämän dataosan käsittelyä 274B.

RAKE-haarassa 270A, 270B kuhunkin antennihaaraan 232A, 232B on kytketty koostaja 276A, 276B, joka poistaa monitie-edenneen signaalikomponentin sisältämän pilottiosan 274A levityksen käyttäen tunnettua hajotuskoodia viive-estimaattorin 260 ilmoittamalla viiveellä.

Vastaavasti RAKE-haarassa 270A, 270B kuhunkin antennihaaraan 232A, 232B on kytketty koostaja 276C, 276D, joka poistaa monitie-edenneen signaalikomponentin sisältämän dataosan 274B levityksen käyttäen tunnettua hajotuskoodia viive-estimaattorin 260 ilmoittamalla viiveellä. Koostajia on L kappaletta sekä dataosan että pilottiosan käsittelyyn, eli kaksi kutakin antennihaaraa 232A, 232B kohti kussakin RAKE-haarassa 270A, 270B. Käytännössä levityksen poistossa, eli spektrin koostamisessa signaalikomponentin dataosa tai pilottiosa kerrotaan käytetyn hajotuskoodin oikeavaiheisella kompleksikonjugaatilla.

Tilanne on siis kokonaisuudessaan sellainen, että viive-estimaattori 260 allokoi parhaiten kuuluville signaalikomponenteille N kappaletta RAKE-haaroja 270A, 270B. Kussakin RAKE-haarassa 270A, 270B käsitellään L:ää antennihaaraa 232A, 232B. Käsittely tehdään erikseen sekä radiosignaalin pilottiosalle että radiosignaalin dataosalle. Lukumäärä N voi vaihdella olosuhteista riippuen tai monitie-edenneen signaalikomponentin tasolle voidaan asettaa jokin kynnyksarvo, jonka ylittyessä kyseinen RAKE-haara 270A, 270B huomioidaan ja vastaanottoa jatketaan. Ajoituksen haku on siis dynaaminen prosessi, samoin yhdisteltävien RAKE-haarojen 270A, 270B allokointi.

RAKE-haarassa 270A, 270B oleva painokerroinosa 272 muodostaa signaalin suhteen interferenssiin ja kohinaan (SINR) maksimoivat painokertoimet kullekin antennihaaralle 232A, 232B. Tämä voidaan tehdä esimerkiksi ker-

tomalla antennihaarojen 232A, 232B interferenssistä ja kohinasta muodostetun interferenssisignaalin kovarianssimatriisin käänteismatriisi kanavan estimoidulla impulssivasteella. Painokertoimet ovat kompleksiset.

RAKE-haarassa 270A, 270B sijaitsevalla kertojalla 284A, 284B kerrotaan saaduilla painokertoimilla kussakin antennihaarassa 232A, 232B koostajan 276A, 276B levityksestä poistama pilottiosa 274A. Vastaavasti kussakin antennihaarassa 232A, 232B koostajan 276C, 276D levityksestä poistama dataosa 274B kerrotaan saaduilla painokertoimella kertojaa 284C, 284D käyttäen. Samoilla painokertoimilla kertominen tehdään siis erikseen sekä pilottiosan sisältäville signaalikomponenteille että dataosan sisältäville signaalikomponenteille.

RAKE-haarassa 270A, 270B viimeksi sijaitsevalla antennihaarasummaimella 278A yhdistetään eri antennihaarojen 232A, 232B kautta vastaanotetut levityksestä poistetut ja painokertoimella kerrotut pilottiosat 274A yhdeksi pilottisignaaliiksi.

Vastaavasti eri antennihaarojen 232A, 232B kautta vastaanotetut levityksestä poistetut ja painokertoimella kerrotut dataosat 274B yhdistetään antennihaarasummaimella 278B yhdeksi datasignaaliiksi.

RAKE-vastaanottimessa on lisäksi RAKE-haarasummain 280B, jolla yhdistetään eri viiveillä toimivien RAKE-haarojen 270A, 270B datasignaalit vastaanotettuja bittejä esittäväksi summadatasignaaliiksi. Databitit viedään sitten kuvion 2A mukaisesti lohkoista 228 lohkokoon 226, jossa puretaan databitien lomitut.

Esitetty vastaanotin soveltuu käytettäväksi sekä tukiasemassa että tilaajapäätelaitteessa. Toisin sanoen datakanavan ja ohjauskanavan sekä I/Q-multipleksaus että aikamultipleksaus ovat mahdollisia.

Antennihaarasummainen 278A, 278B ja RAKE-haarasummainen 280A, 280B välissä voi olla reaali-osa 278A, 278B, joka poistaa kunkin antennihaaran yhdistetystä signaalista sen imaginaariosan, sillä imaginaariosa on kanavaestimoinnissa syntyvä virhetermi.

Eräessä edullisessa toteutusmuodossa RAKE-vastaanottimessa on RAKE-haarasummain 280A, jolla yhdistetään eri viiveillä toimivien RAKE-haarojen 270A, 270B pilottisignaalit vastaanotettuja pilottibittejä esittäväksi summapilottisignaaliiksi. Tämä summapilottisignaali voidaan viedä signaali/interferenssi-suhteen estimoijaan 282, jossa estimoidaan kyseisen kanavan signaali/interferenssi-suhde. Saadulla kyseisen kanavan signaali/interferenssi-

suhteella voidaan ohjata suljetun silmukan tehonsäätöä. Tätä kuvaa kuviossa 2C lohossa 282 teksti TPC (= Transmission Power Control).

Keksintö toteutetaan edullisesti ohjelmallisesti, jolloin ainakin osa lohkon 228 sisältämistä toiminnoista muutetaan prosessorilla suoritettavaksi ohjelmistoksi. Suurta laskentatehoa vaativa viive-estimaattori 260 toteutetaan kuitenkin edullisesti ASIC:ina (Application Specific Integrated Circuit).

Seuraavaksi esitetään menetelmä SINR:n maksimoivien painoker- toimien laskemiseksi, olettaen että kanavan impulssivaste \mathbf{h} ja interferenssin sekä kohinan kovarianssimatriisi \mathbf{R}_{uu} ovat tunnettuja. Sen jälkeen esitetään 10 menetelmä \mathbf{h} :n ja \mathbf{R}_{uu} :n estimoimiseksi signaalin sisältämien tunnettujen pilotti- bittien avulla. Esitys on symbolitason kompleksi kantataajuussignaalmalli sig- naalin käsittelemiseksi. Esityksessä lihavoidut termit kuvaavat pystyvektoria tai matriisia. Oletetaan, että N kappaletta monitie-edenneitä kiinnostuksen koh- teena olevia signaaleita (signal of interest, SOI) löydetään aikatasossa sovite- 15 tuilla suodattimilla, ja kukin signaalikomponentti vastaanotetaan L :n eri anten- nin kautta. N :nulle monitie-edenneelle signaalikomponentille L :ää kompleksia kanavatappia merkitään vektoreilla \mathbf{h}_n , joiden pituus on L . Summautuvaa mui- den käyttäjien aiheuttamaa monikäyttöinterferenssiä (MAI), monitieomainterfe- renssiä, ja kohinaa merkitään vektorilla \mathbf{u}_n , jota mallinnetaan L -variaattisena 20 kompleksisena gauss-jakautuneena prosessina, jolla on spatiaalinen, mahdol- lisesti väritynyt kovarianssi $\mathbf{R}_{u_n u_n} = E[\mathbf{u}_n \mathbf{u}_n^H]$. L :stä antennista vastaanotettua signaalia merkitään vektorilla \mathbf{r}_n . M :nnen käyttäjän informaatioymbolia aakko- sistosta, jonka koko on M , merkitään termillä s_m .

Gauss-jakauma oletus levityksestä palautetulle MAI:lle on validi 25 laajalle joukolle eri pituisia hajotustekijöitä.

Seuraavaksi kukin symboliperiodi muutetaan diskreetiksi muunta- malla se K :ksi näytteeksi, jolloin vektori \mathbf{r}_n voidaan esittää muodossa:

$$\mathbf{r}_n[k] = \mathbf{h}_n s_m[k] + \mathbf{u}_n[k], \quad k = 1, \dots, K \quad (1)$$

30

Pinoamalla kukin N :stä vektorista vektoreiksi, joiden pituus on LN , saadaan tiiviimpi esitysmuoto:

$$\mathbf{r}[k] = \mathbf{h} s_m[k] + \mathbf{u}[k], \quad k = 1, \dots, K \quad (2)$$

35

Gauss-jakautuneet interferenssi muuttujat $\mathbf{u}_n[k]$ ja $\mathbf{u}[k]$ ovat keskenään korreloimattomia näytteenottoajanhetkien yli, ja myös yli eri monitie-
edenneiden SOI:n komponenttien. Silloin:

$$5 \quad \mathbf{R}_{uu}[k] = E[\mathbf{u}[k]\mathbf{u}^H[k]] = \text{diag}(\mathbf{R}_{uu,1}[k], \dots, \mathbf{R}_{uu,N}[k]) \quad (3)$$

Olettaen että symbolit s_m ovat yhtä todennäköisiä, ja kanavapara-
metrit \mathbf{h} ja interferenssin sekä kohinan kovarianssimatriisi $\mathbf{R}_{uu}[k]$ ovat molem-
mat tunnettuja, niin optimaalinen demodulaatio käsittää log-todennäköisyys
10 funktion maksimoinnin ($|\cdot|$ tarkoittaa determinanttia):

$$\begin{aligned} L(\mathbf{r}, \mathbf{s}_m) &= \ln\left(\prod_{k=1}^K \frac{1}{\pi^{LN} |\mathbf{R}_{uu}[k]|} \exp\{-\mathbf{u}[k]\mathbf{R}_{uu}^{-1}[k]\mathbf{u}^H[k]\}\right) \\ &= -\sum_{k=1}^K (\mathbf{r}[k] - \mathbf{h}s_m[k])^H \mathbf{R}_{uu}^{-1}[k] (\mathbf{r}[k] - \mathbf{h}s_m[k]) + \text{const}_1 \end{aligned} \quad (4)$$

Olettaen symboleille sama energia, niin kaava 4 voidaan kehittää
muotoon:

$$\begin{aligned} L(\mathbf{r}, \mathbf{s}_m) &= \sum_{k=1}^K 2 \text{Re}\{\mathbf{r}^H[k]\mathbf{R}_{uu}^{-1}[k]\mathbf{h}s_m[k]\} + \text{const}_2 \\ &= 2 \text{Re}\left\{\sum_{k=1}^K \left(\sum_{n=1}^N \mathbf{w}_n^H[k]\mathbf{r}_n[k]\right) s_m^*[k]\right\} + \text{const}_2 \\ &= 2 \text{Re}\{\mathbf{s}_m^H \mathbf{t}\} \end{aligned} \quad (5)$$

15

jolloin N interferenssin minimoivat painokertoimet ovat
 $\mathbf{w}_n[k] = \mathbf{R}_{uu,n}^{-1}[k]\mathbf{h}_n$, ja vektorit \mathbf{s}_m ja \mathbf{t} pituudeltaan K elementtien $s_m[k]$ kera, vas-
taavasti $\sum_{n=1}^N \mathbf{w}_n^H[k]\mathbf{r}_n[k]$.

20

Aiemmin esitetty IRC RAKE vastaanotin voidaan siis jakaa N :ään
temporaaliseen RAKE-haaraan, joissa kussakin suoritetaan spatiaalista IRC:tä
 L :lle antenni inputille käyttäen painokertoimia $\mathbf{w}_n[k] = \mathbf{R}_{uu,n}^{-1}[k]\mathbf{h}_n$. RAKE-haarojen
outputit summataan, eli yhdistetään, ja korrelaatiodektektoria käytetään päättä-
mään symbolille s_m arvo, jolla saadaan suurin symbolikorrelaatiometriikka.

25

Mikäli SOI:n monitieomainterferenssi voidaan jättää huomioimatta
esimerkiksi kun ilmaisuvahvistus (processing gain) on tarpeeksi suuri, niin $\mathbf{R}_{uu,n}$
on oleellisesti sama kaikissa N :ssä haarassa, jolloin se tarvitsee estimoida ja
kääntää vain kerran. Kun interferenssi kovarianssimatriisi on spatiaalisesti val-
koinen, eli $\mathbf{R}_{uu,n} = \mathbf{I}$, niin IRC:stä tulee MRC, koska $\mathbf{w}_n[k] = \mathbf{h}_n$. Suora matriisiin

kääntö (direct matrix inversion, DMI) matriisille $\mathbf{R}_{uu,n}$ voidaan välttää, jos käytetään rekursiivisia algoritmeja, kuten LMS (least mean square) tai RLS (recursive least square). Vastaanotin voidaan siis rakentaa sellaiseksi, että interferenssipoistomenetelmää voidaan vaihtaa olosuhteiden mukaan MRC:n ja IRC:n välillä. Tiedonsiirtonopeuksien ollessa suuria interferenssi on väritynnyttä, jolloin käytetään IRC:tä, ja vastaavasti pienillä tiedonsiirtonopeuksilla voidaan käyttää MRC:tä. Periaatteessa MRC on vain yksi erikoistapaus IRC:stä, eli käytettävä menetelmä voi olla aina IRC.

Seuraavaksi esitetään, olettaen etteivät \mathbf{h} ja \mathbf{R}_{uu} ole tunnettuja, ylläolevaan perustuen strukturoimaton maximum likelihood (ML) kanavaestimointi vektorille \mathbf{h} , sekä suoritettua kanavaestimointia hyödyntävä kovarianssimatriisin \mathbf{R}_{uu} estimointi. Kuten aiemmin todettiin nousevalla siirtotiellä käytetään I/Q-multipleksausta, jossa datakanava multipleksataan I-haaraan ja ohjauskanava Q-haaraan. Ohjauskanava sisältää myös ennalta tunnetun pilottiosan. Kumpikin kanava voidaan erottaa toisistaan poistamalla levitys ortogonaalisilla hajotuskoodilla. Symbolitason signaalimalli saadaan yhtälöstä 1 kirjoittamalla se kummallekin I- ja Q-osalle erikseen käyttäen BPSK symboleja $s_m \in \{-1,1\}$. Edelleen oletetaan että indeksi k viittaa nyt symbolisekvenssin bitti-indeksiin. Kerätään K bittiä DPCCH:sta yhteen väliin.

Aiemmin oletettiin kanavaparametrit \mathbf{h} ja interferenssikovarianssi \mathbf{R}_{uu} tunnetuiksi. Oletetaan nyt, ettei mitään etukäteistietoa ole saatavilla kummankaan spatiaalisesta rakenteesta, jolloin optimaaliset kanavaestimaatit luodaan maximum likelihood -periaatteella. Käytetään vektoria $\mathbf{r}[k]$, $k=1,\dots,K$ ja DPCCH:n pilotbittejä $s_p[k]$ yhdestä välistä, joilla generoidaan ML estimaatit $[\hat{\mathbf{h}}, \hat{\mathbf{R}}_{uu}]$, jotka ovat log-todennäköisyysfunktion yhteiset minimoijat:

$$\begin{aligned} L(\mathbf{r}, \mathbf{h}, \mathbf{R}_{uu}) &= \\ &= \ln \left(\prod_{k=1}^K \frac{1}{\pi^{LN} |\mathbf{R}_{uu}[k]|} \exp \left\{ -(\mathbf{r}[k] - \mathbf{h} s_p[k])^H \mathbf{R}_{uu}^{-1} [\mathbf{r}[k] - \mathbf{h} s_p[k]] \right\} \right) \quad (6) \\ &= -\ln |\mathbf{R}_{uu}^{-1}| - \text{trace} \left\{ \mathbf{R}_{uu} \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K (\mathbf{r}[k] - \mathbf{h} s_p[k]) \right\} + \text{const}_1 \end{aligned}$$

Tämä ML estimointiongelma on separoituva. Annettaessa ML estimaatti $\hat{\mathbf{h}}$, saadaan vektoriksi $\hat{\mathbf{R}}_{uu}$:

$$\hat{\mathbf{R}}_{uu} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K (\mathbf{r}[k] - \hat{\mathbf{h}} s_p[k]) (\mathbf{r}[k] - \hat{\mathbf{h}} s_p[k])^H \quad (7)$$

ja ML estimaatti $\hat{\mathbf{h}}$ saadaan kustannusfunktion minimoijana ($|\cdot|$ esittää determinanttia):

$$F = \left| \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K (\mathbf{r}[k] - \mathbf{h}_{s_p}[k]) (\mathbf{r}[k] - \mathbf{h}_{s_p}[k])^H \right| \quad (8)$$

$$= \left| (\mathbf{h} - \hat{\mathbf{r}}_{sr}^H) (\mathbf{h} - \hat{\mathbf{r}}_{sr}^H)^H + \hat{\mathbf{R}}_{rr} - \hat{\mathbf{r}}_{sr}^H \hat{\mathbf{r}}_{sr} \right|$$

$$\text{jossa } \hat{\mathbf{r}}_{sr} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K s_p[k] \mathbf{r}^H[k], \quad \hat{\mathbf{R}}_{rr} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \mathbf{r}[k] \mathbf{r}^H[k]$$

F minimoituu valinnalle:

$$\mathbf{h} = \hat{\mathbf{r}}_{sr}^H \quad (9)$$

5

Yllä on esitetty suoraviivainen pilottibitteihin perustuva kanavaestimaattori. Alan ammattimiehelle on selvää, että tunnettuja kehittyneempiä kanavaestimointimenetelmiä, esimerkiksi sellaisia, joissa hyödynnetään myös datakanavaa, voidaan soveltaa keksinnön mukaisessa menetelmässä.

10

Vaikka keksintöä on edellä selostettu viitaten oheisten piirustusten mukaiseen esimerkkiin, on selvää, ettei keksintö ole rajoittunut siihen, vaan sitä voidaan muunnella monin tavoin oheisten patenttivaatimusten esittämän keksinnöllisen ajatuksen puitteissa.

Patenttivaatimukset

1. RAKE-vastaanotin, käsittäen:

ainakin kaksi antennihaaraa (232A, 232B) vastaanottaa radiosignaali;

5 antennihaaroihin (232A, 232B) kytketyn ainakin yhden RAKE-haaran (270A, 270B) käsittellä radiosignaalin monitie-edennyttä signaalikomponenttia;

antennihaaroihin (232A, 232B) kytketyn viive-estimaattorin (260) hakea ainakin yhden monitie-edenneen signaalikomponentin viive, ja allokoida
10 löydetyn monitie-edenneen signaalikomponentin käsittelemiseksi RAKE-haara (270A, 270B), ja ilmoittaa kyseiselle RAKE-haaralle (270A, 270B) löydetty viive;

RAKE-haara (270A, 270B) käsittäen:

kanavaestimaattorin (272) muodostaa kunkin antennihaaran (232A,
15 232B) radiosignaalin sisältämän tunnetun pilottiosan avulla löydetyn monitie-edenneen signaalikomponentin kanavan impulssivaste;

interferenssiestimaattorin (272) muodostaa kunkin antennihaaran (232A, 232B) radiosignaalin sisältämä interferenssistä ja kohinasta muodostunut interferenssisignaali vähentämällä vastaanotetusta radiosignaalista regeneroitu haluttu radiosignaali, joka regeneroitu haluttu radiosignaali saadaan
20 tunnetun pilottiosan sekä kanavan estimoidun impulssivasteen avulla;

kuhunkin antennihaaraan (232A, 232B) kytketyn koostajan (276A, 276B) poistaa monitie-edenneen signaalikomponentin sisältämän pilottiosan (274A) levitys käyttäen tunnettua hajotuskoodia viive-estimaattorin (260) ilmoittamalla viiveellä;
25

kuhunkin antennihaaraan (232A, 232B) kytketyn koostajan (276C, 276D) poistaa monitie-edenneen signaalikomponentin sisältämän dataosan (274B) levitys käyttäen tunnettua hajotuskoodia viive-estimaattorin (260) ilmoittamalla viiveellä,

30 t u n n e t t u siitä, että:

RAKE-haara (270A, 270B) käsittää lisäksi:

painokerroinosan (272) muodostaa signaalin suhteen interferenssiin ja kohinaan (SINR) maksimoivat painokertoimet kullekin antennihaaralle (232A, 232B);

kertojan (284A, 284B) kertoa painokertoimella kussakin antennihaarassa (232A, 232B) koostajan (276A, 276B) levityksestä poistama pilottiosa (274A);

5 kertojan (284C, 284D) kertoa painokertoimella kussakin antennihaarassa (232A, 232B) koostajan (276C, 276D) levityksestä poistaman dataosa (274B);

antennihaarasummaimen (278A) yhdistää eri antennihaarojen (232A, 232B) kautta vastaanotetut levityksestä poistetut ja painokertoimella kerrotut pilottiosat (274A) yhdeksi pilottisignaaliiksi;

10 antennihaarasummaimen (278B) yhdistää eri antennihaarojen (232A, 232B) kautta vastaanotetut levityksestä poistetut ja painokertoimella kerrotut dataosat (274B) yhdeksi datasignaaliiksi;

ja RAKE-vastaanotin käsittää lisäksi RAKE-haarasummaimen (280B) yhdistää eri viiveillä toimivien RAKE-haarojen (270A, 270B) datasignaaliit vastaanotettuja bittejä esittäväksi summadatasignaaliiksi.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen RAKE-vastaanotin, tunnettu siitä, että käsittää RAKE-haarasummaimen (280A) yhdistää eri viiveillä toimivien RAKE-haarojen (270A, 270B) pilottisignaaliit vastaanotettuja pilottibittejä esittäväksi summapilottisignaaliiksi.

20 3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen RAKE-vastaanotin, tunnettu siitä, että summapilottisignaali viedään signaali/interferenssi-suhteen estimoijaan (282), jossa estimoidaan kanavan signaali/interferenssi-suhde.

4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen RAKE-vastaanotin, tunnettu siitä, että saadulla kyseisen kanavan signaali/interferenssi-suhteella ohjataan suljetun silmukan tehonsäätöä.

5. Patenttivaatimuksen 1 mukainen RAKE-vastaanotin, tunnettu siitä, että viive-estimaattori (260) käsittää:

kullekin antennihaaralle (232A, 232B) sovitetun suodattimen (262A, 262B) suorittaa ennalta tunnettu määrä rinnakkaisia korrelaatioiden laskentoja vastaanotetulle radiosignaaliille eri viiveillä, jossa korrelaation laskennassa poistetaan vastaanotetun radiosignaalin sisältämän pilottiosan levitys tunnetulla hajotuskoodilla käyttäen ennalta määrättyä viivettä;

30 allokaattorin (264) valita kullekin antennihaaralle (232A, 232B) laskettujen korrelaatioiden perusteella ainakin yksi viive, jolla vastaanotetaan monitie-edennyt signaalikomponentti, ja allokoida RAKE-haara (270A, 270B) ilmoittamalla sille löydetty viive.

6. Patenttivaatimuksen 1 mukainen RAKE-vastaanotin, tunnettu siitä, että antennihaarat (232A, 232B) muodostavat antennivahvistuksen aikaansaamiseksi antenniryhmän, jolla yksittäisiä antennisignaaleja vaiheistamalla suunnataan antennikeila haluttuun suuntaan.

5 7. Patenttivaatimuksen 1 mukainen RAKE-vastaanotin, tunnettu siitä, että antennihaarat (232A, 232B) ovat diversiteettihaaroja.

8. Patenttivaatimuksen 1 mukainen RAKE-vastaanotin, tunnettu siitä, että antennihaarat (232A, 232B) ovat paikkadiversiteetillä toteutettuja antenneja.

10 9. Patenttivaatimuksen 1 mukainen RAKE-vastaanotin, tunnettu siitä, että antennihaarat (232A, 232B) ovat polarisaatiodiversiteetillä toteutettuja antenneja.

10. Patenttivaatimuksen 1 mukainen RAKE-vastaanotin, tunnettu siitä, että kanavaestimaattori (272) suorittaa kanavaestimoinnin optimaalisen Maximum Likelihood -periaatteen mukaisesti.

15 11. Patenttivaatimuksen 1 mukainen RAKE-vastaanotin, tunnettu siitä, että signaalin suhteen interferenssiin ja kohinaan maksimoivat painokertoimet kullekin antennihaaralle (232A, 232B) muodostetaan kertomalla antennihaarojen (232A, 232B) interferenssisignaalista muodostetun kovarianssimatriisin käänteismatriisi kanavan estimoidulla impulssivasteella.

20 12. Patenttivaatimuksen 11 mukainen RAKE-vastaanotin, tunnettu siitä, että optimaalisella Maximum Likelihood -menetelmällä muodostettua kanavaestimaattia käytetään hyväksi interferenssistä ja kohinasta muodostetun kovarianssimatriisin estimoinnissa.

Patentkrav

1. RAKE-mottagare, som omfattar:

åtminstone två antenngrenar (232A, 232B) för mottagning av en radiosignal;

5 åtminstone en RAKE-gren (270A, 270B), som kopplats till antenngrenarna (232A, 232B), för behandling av radiosignalens flervägsutbredda signalkomponent;

 en fördröjningsestimator (260), som kopplats till antenngrenarna (232A, 232B), för sökning av en fördröjning för åtminstone en flervägsutbredd
10 signalkomponent och för allokering av RAKE-grenen (270A, 270B) för behandling av den funna flervägsutbredda signalkomponenten och för meddelande av den funna fördröjningen till den ifrågavarande RAKE-grenen (270A, 270B);

 RAKE-grenen (270A, 270B), som omfattar:

15 en kanalestimator (272) för bildning av ett impulssvar för en kanal i den flervägsutbredda signalkomponenten, som funnits med hjälp av en känd pilotdel, som radiosignalen i varje antenngren (232A, 232B) innehåller;

 en interferensestimator (272) för bildning av en interferenssignal, som radiosignalen i varje antenngren (232A, 232B) innehåller och som bildats
20 av interferens och brus, genom att subtrahera från den mottagna radiosignalen en regenererad önskad radiosignal, vilken regenererad önskad radiosignal erhålls med hjälp av den kända pilotdelen samt kanalens estimerade impulsvar;

 en sammanfattare (despreader) (276A, 276B), som kopplats till
25 varje antenngren (232A, 232B), för avlägsnande av en utbredning av en pilotdel (274A), som den flervägsutbredda signalkomponenten innehåller, genom att använda en känd spridningskod med en fördröjning meddelad av fördröjningsestimatorn (260);

 en sammanfattare (despreader) (276C, 276D), som kopplats till
30 varje antenngren (232A, 232B), för avlägsnande av en utbredning av en data-del (274B), som den flervägsutbredda signalkomponenten innehåller, genom att använda en känd spridningskod med en fördröjning meddelad av fördröjningsestimatorn (260),

 k ä n n e t e c k n a d av att

35 RAKE-grenen (270A, 270B) ytterligare omfattar:

 en vägningstaldel (272) för bildning av i förhållande till signalen för

interferens och brus (SINR) maximerande vägningstal för varje antenngren (232A, 232B);

en multiplikator (284A, 284B) för multiplicering med ett vägningstal en pilotdel (274A), som avlägsnats från utbredningen av sammanfattaren (despreader) (276A, 276B) i varje antenngren (232A, 232B);

en multiplikator (284C, 284D) för multiplicering med ett vägningstal en datadel (274B), som avlägsnats från utbredningen av sammanfattaren (despreader) (276C, 276D) i varje antenngren (232A, 232B);

en antenngrenadderare (278A) för sammanföring av via olika antenngrenar (232A, 232B) mottagna, från utbredningen avlägsnade och med ett vägningstal multiplicerade pilotdelar (274A) till en pilotsignal;

en antenngrenadderare (278B) för sammanföring av via olika antenngrenar (232A, 232B) mottagna, från utbredningen avlägsnade och med ett vägningstal multiplicerade datadelar (274B) till en datasignal;

och RAKE-mottagaren ytterligare omfattar en RAKE-grenadderare (280B) för sammanföring av med olika fördröjningar fungerande RAKE-grenars (270A, 270B) datasignaler till en summadatasignal, som representerar mottagna bitar.

2. RAKE-mottagare enligt patentkrav 1, k ä n n e t e c k n a d av att den omfattar en RAKE-grenadderare (280A) för sammanföring av de med olika fördröjningar fungerande RAKE-grenarnas (270A, 270B) pilotsignaler till summapilotsignaler, som representerar mottagna pilotbitar.

3. RAKE-mottagare enligt patentkrav 2, k ä n n e t e c k n a d av att summapilotsignalen förs till en estimator (282) av signal/interferensförhållandet, i vilken kanalens signal/interferens-förhållande estimeras.

4. RAKE-mottagare enligt patentkrav 3, k ä n n e t e c k n a d av att effektregleringen av en sluten slinga styrs med det erhållna signal/interferensförhållandet av den ifrågavarande kanalen.

5. RAKE-mottagare enligt patentkrav 1, k ä n n e t e c k n a d av att fördröjningsestimatorn (260) omfattar:

ett filter (262A, 262B), som anordnats i varje antenngren (232A, 232B), för utförande av ett förut känt antal parallella korrelationskalkyleringar för den mottagna radiosignalen med olika fördröjningar, i vilken korrelationskalkylering avlägsnas utbredningen av pilotdelen, som den mottagna radiosignalen innehåller, med den kända spridningskoden genom att använda en förutbestämd fördröjning;

en allokerare (264) för väljande av åtminstone en fördröjning på basis av för varje antenngren (232A, 232B) kalkylerade korrelationer, med vilken mottas den flervägsutbredda signalkomponenten, och för allokering av RAKE-grenen (270A, 270B) genom att meddela den funna fördröjningen till den.

5 6. RAKE-mottagare enligt patentkrav 1, k ä n n e t e c k n a d av att antenngrenarna (232A, 232B) bildar för åstadkommande av en antennförstärkning en antenngrupp, med vilken en antennlob genom synkronisering av enskilda antennsignaler riktas i en önskad riktning.

10 7. RAKE-mottagare enligt patentkrav 1, k ä n n e t e c k n a d av att antenngrenarna (232A, 232B) är diversitetsgrenar.

8. RAKE-mottagare enligt patentkrav 1, k ä n n e t e c k n a d av att antenngrenarna (232A, 232B) är med rumsdiversitet realiserade antenner.

15 9. RAKE-mottagare enligt patentkrav 1, k ä n n e t e c k n a d av att antenngrenarna (232A, 232B) är med polarisationsdiversitet realiserade antenner.

10. RAKE-mottagare enligt patentkrav 1, k ä n n e t e c k n a d av att kanalestimatören (272) utför kanalestimeringen enligt den optimala Maximum Likelihood-principen.

20 11. RAKE-mottagare enligt patentkrav 1, k ä n n e t e c k n a d av att de i förhållande till signalen för interferens och brus maximerande vägningstalen för varje antenngren (232A, 232B) bildas genom att multiplicera en inverterad matris av en koverensmatris, som bildats av antenngrenarnas (232A, 232B) interferenssignal, med kanalens estimerade impulssvar.

25 12. RAKE-mottagare enligt patentkrav 11, k ä n n e t e c k n a d av att kanalestimatet, som bildats med det optimala Maximum Likelihood-förfarandet, utnyttjas i estimeringen av koverensmatrisen, som bildats av interferens och brus.

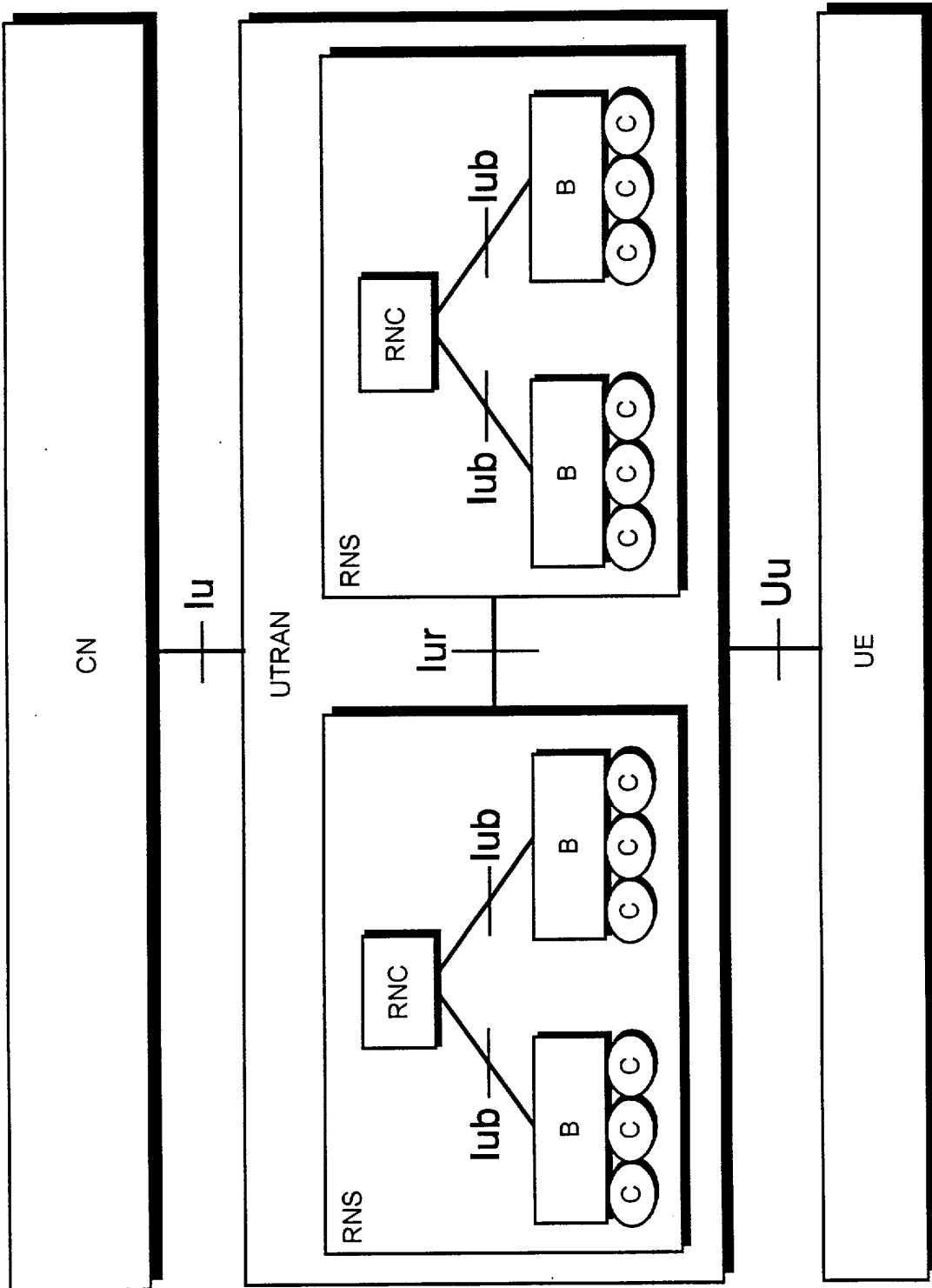


Fig 1A

•••
•••

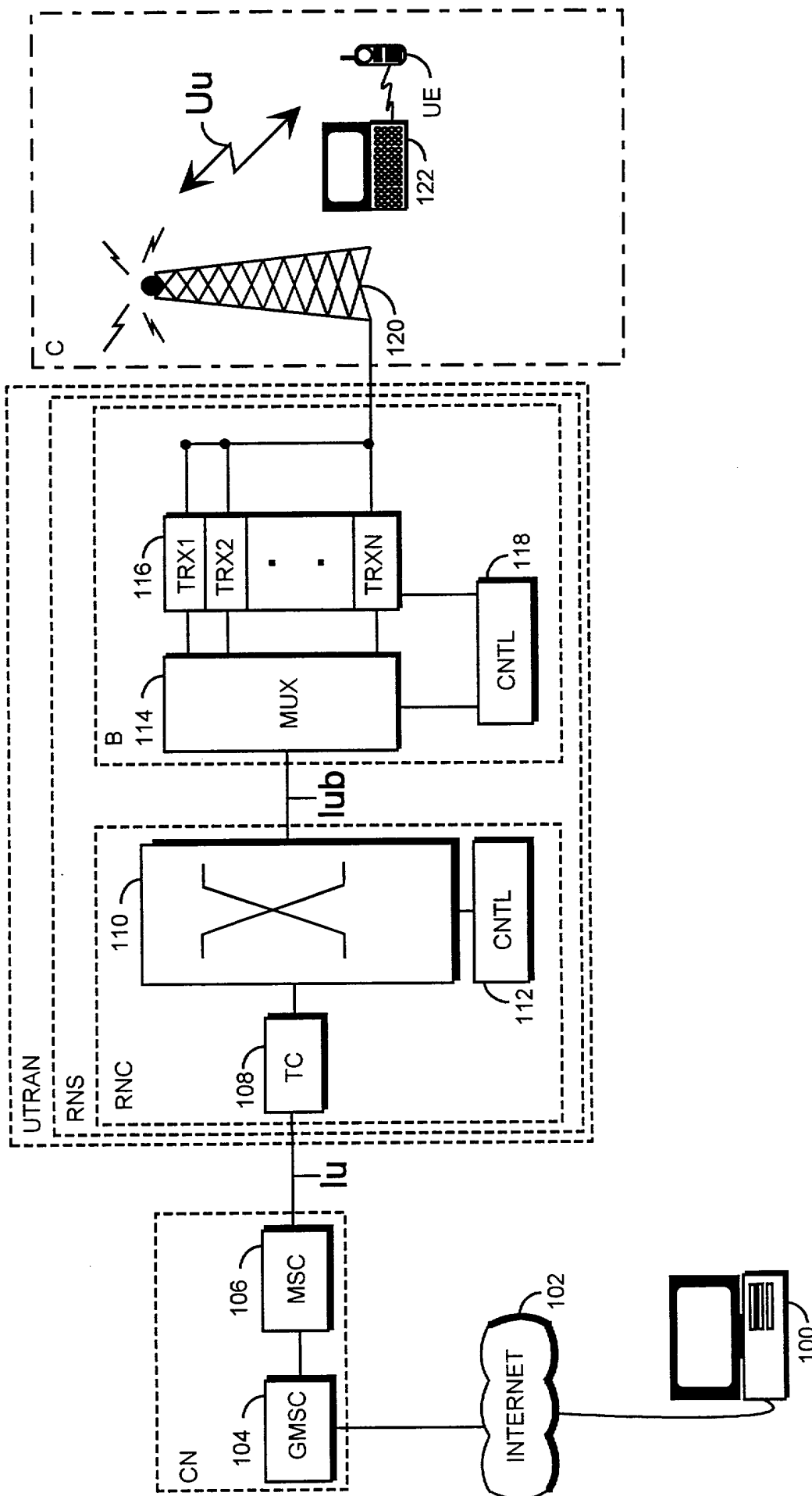


Fig 1B

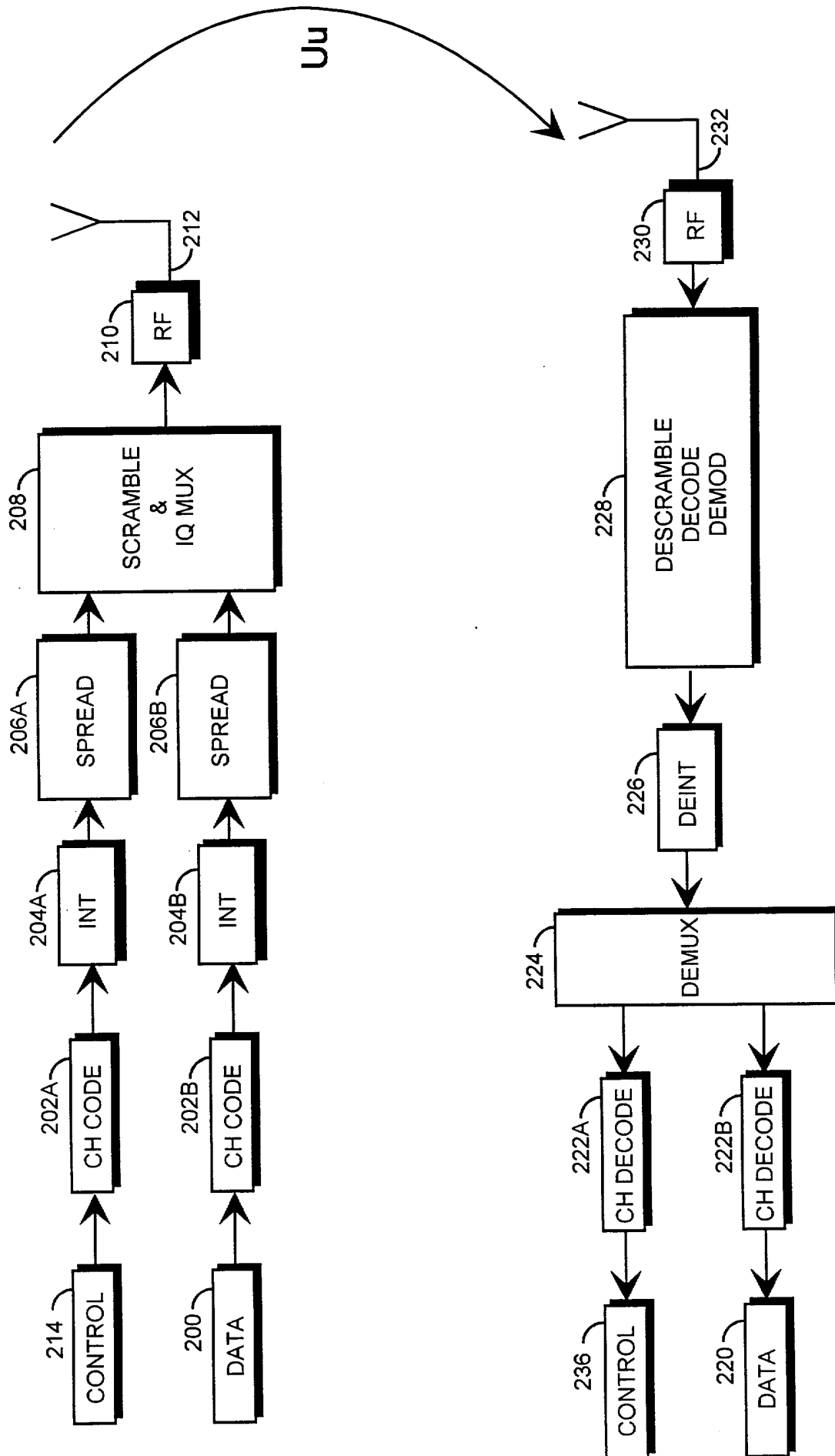


Fig 2A

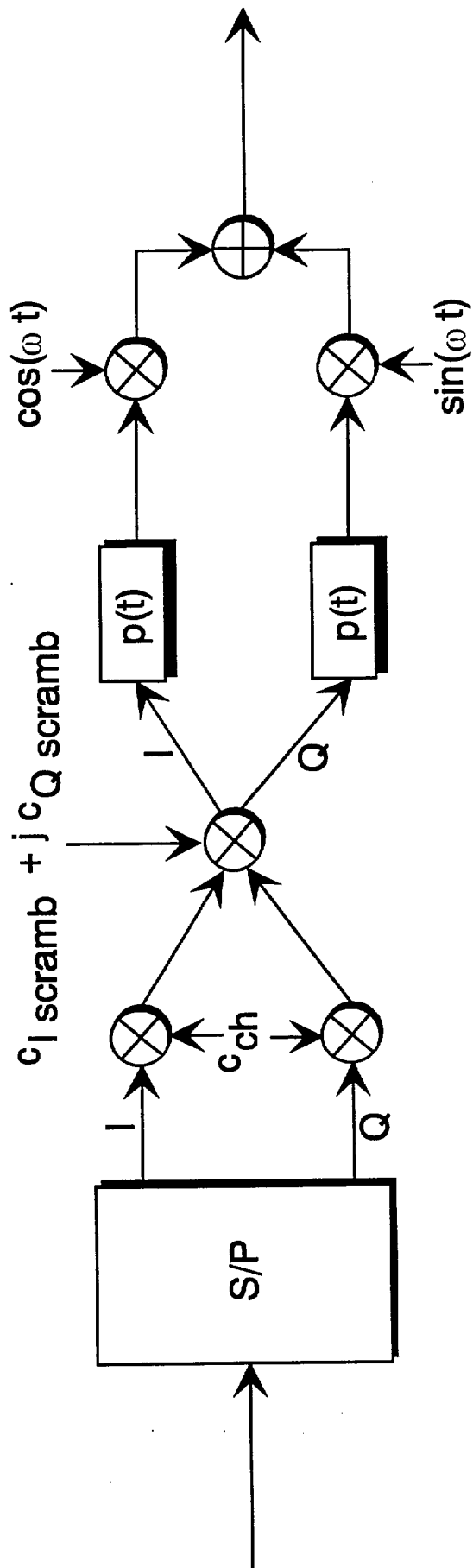


Fig 2B

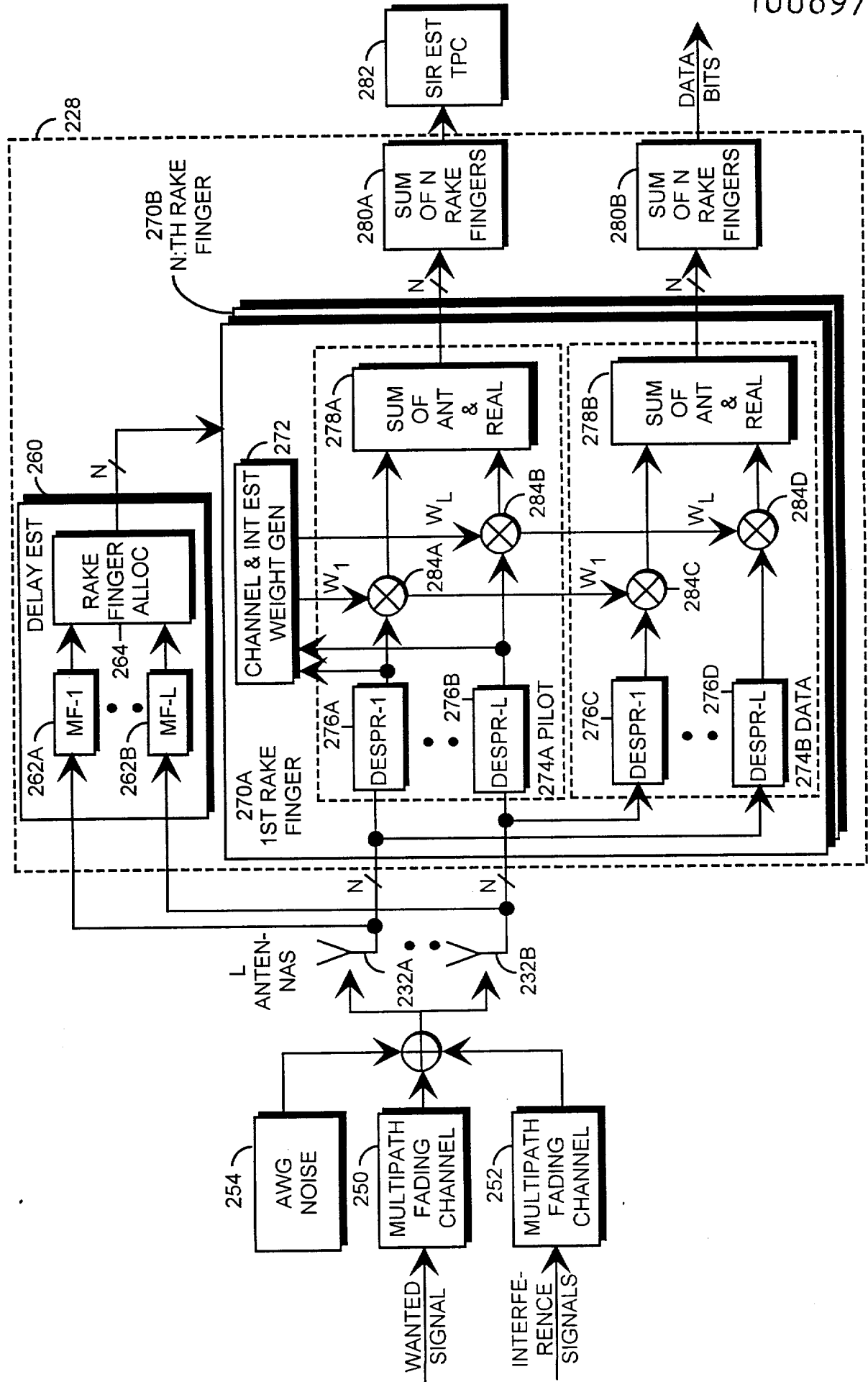


Fig 2C

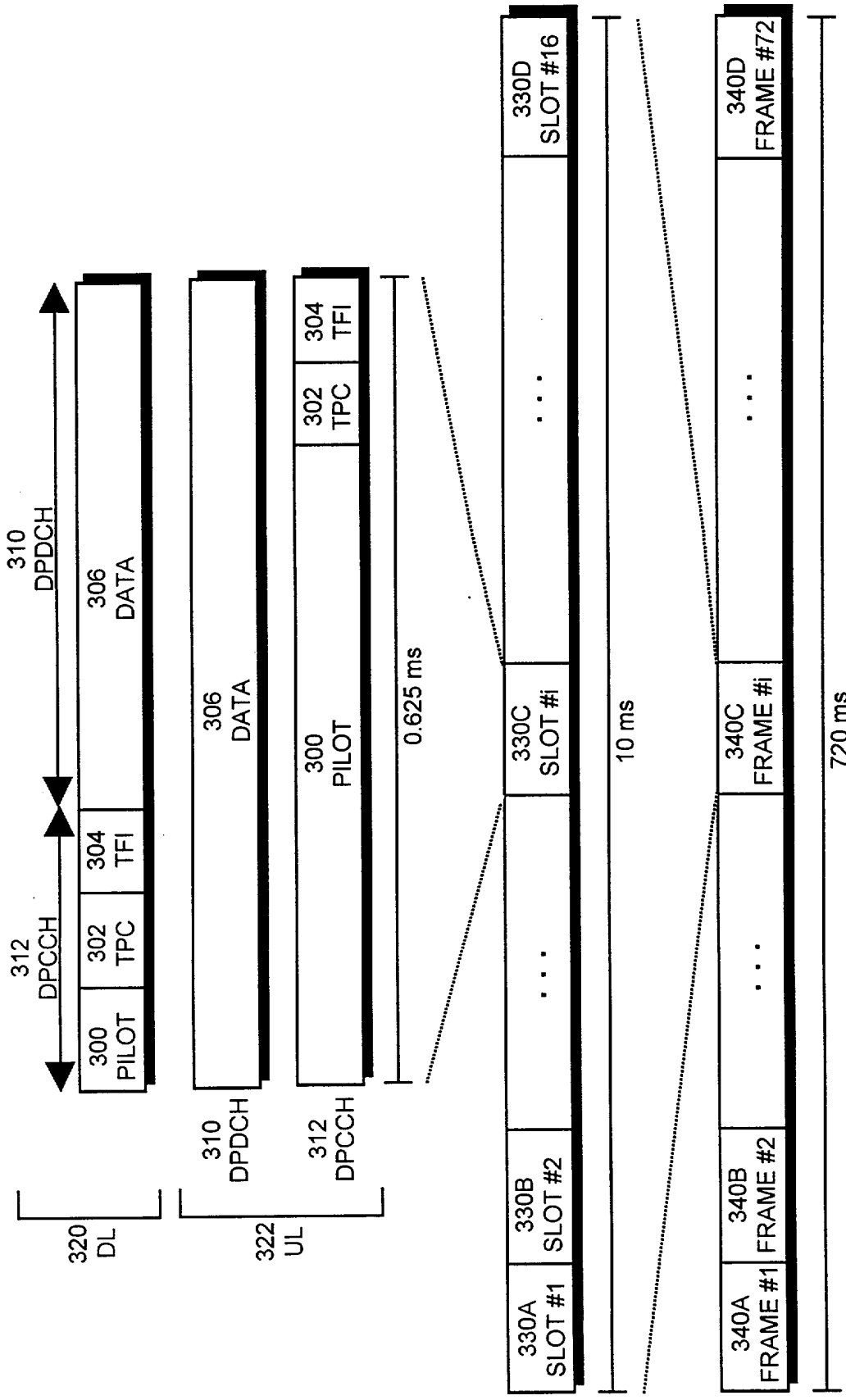


Fig 3

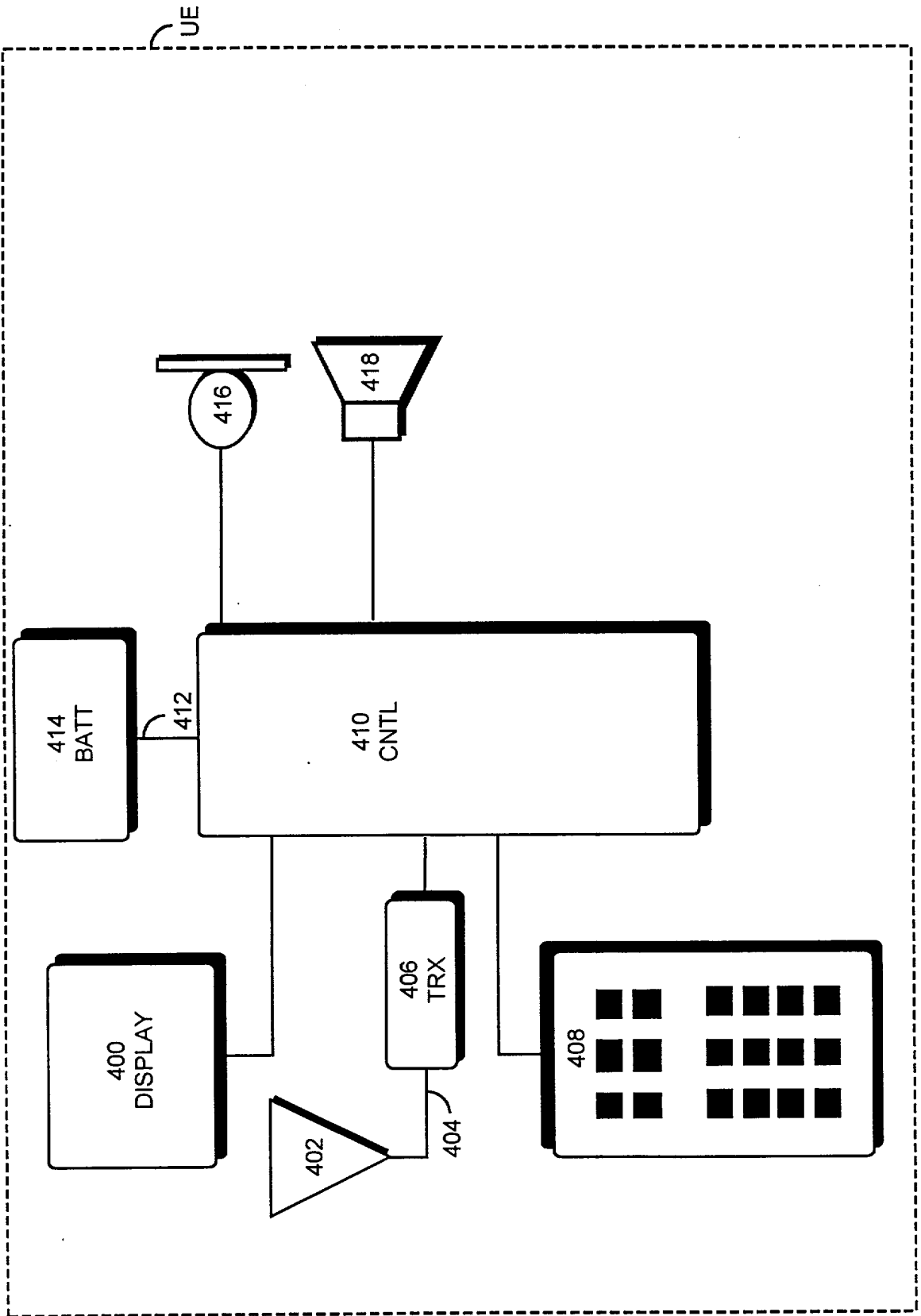


Fig 4