



SUOMI – FINLAND

(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS  
PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

(12) PATENTTIJULKAISU  
PATENTSKRIFT

(10) FI 122601 B

(45) Patenti myönnetty - Patent beviljats

13.04.2012

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

**G01S 19/30** (2010.01)

**G06F 17/15** (2006.01)

(21) Patentihakemus - Patentansökning

20115406

(22) Saapumispäivä - Ankomstdag

28.04.2011

(24) Tekemispäivä - Ingivningsdag

28.04.2011

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig

13.04.2012

(73) Haltija - Innehavare

1 •Fastrax Ltd, Valimotie 7, 01510 VANTAA, SUOMI - FINLAND, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1 •JOKITALO, Timo, HELSINKI, SUOMI - FINLAND, (FI)

(74) Asiamies - Ombud

Borenus & Co Oy Ab, Itämerenkatu 5, 00180 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

**KORRELAATIONLASKENTAMENETELMÄ, -LAITE JA -JÄRJESTELMÄ**  
**Korrelationsberäkningsförfarande, -anordning och -system**

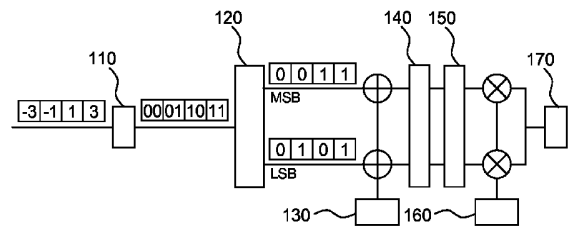
(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

US 2004/0136446 A1, US 2005/0135463 A1, US 2009/0207951 A1, WO 01/28118 A1

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Keksinnön eräs näkökulma on signaalinkäsittelymenetelmä vastaanotettujen signaalinäytteiden, koodijäljennöksen ja kantaaltojäljennöksen välistä korrelaation laskentaa varten. Menetelmä on tunnettu siitä, että menetelmä käsittää vaiheet, joissa: kuvataan (110) vastaanotetut signaalinäytteet etumerkittömien kokonaislukujen vaihteluvälille; erotellaan (120) kuvattujen N-bittisten näytteiden jonojen bittejä ainakin N:ksi bittijonoksi; suoritetaan ainakin yksi Eritoiminto (XOR, exclusive or) bittijonon ja koodin välillä; lasketaan (140) arvon 1 omaavien bittien lukumäärä Eritoiminnon (XOR) tuloksessa; kuvataan uudelleen (150) summa takaisin vastaanotettujen signaalinäytteiden numeeriselle vaihteluvälille; kerrotaan uudelleen kuvattu summa kantaaltojäljennöksellä; ja kerätään (170) kertolaskun tulo ainakin yhden koodiepookin aikavälin ajan.

En aspekt av uppfinningen är ett signalbehandlingsförfarande för beräkning a korrelationen mellan sampel av en mottgen signal, en kodkopia och en bärvågskopia. Förfarandet är kännetecknat av, att förfarandet omfattar steg, där man: avbildar (110) samplen av den mottagna signalen till en variationsvidd hos heltal utan förtecken; åtskiljer (120) bitar ur följderna med de avbildade N-bitar långa samplen i N bitföljder; utför åtminstone en exelleroperation (XOR) mellan en bitföljd och koden; räknar (140) antalet bitar med värdet 1 i exelleroperationens (XOR) resultat; återavbildar (150) summan tillbaka till den numeriska variationsvidden hos den mottagna signalens sampel; multiplicerar den återavbildade summan med bärvågskopian; och ackumulerar (170) multiplikationsprodukten under en tidsperiod om minst en kodepok.



## **Korrelaationlaskentamenetelmä, -laite ja -järjestelmä**

### **Keksinnön tekniikan ala**

Keksintö koskee menetelmää, laitetta ja järjestelmää signaalinkäsittelyä varten.

### **Keksinnön tausta**

Maailmanlaajuisen navigaationsatelliittijärjestelmän (GNSS, Global Navigation Satellite System) lähettämät signaalit koostuvat jokaiselle satelliitille ainutlaatuisella näennäissatunnaiskoodilla (PRN, pseudo-random noise) moduloidusta kantoaaltotaajuudesta.

Kaikki satelliitit lähettävät samalla kantoaaltotaajuudella, mutta satelliittien suuresta nopeudesta johtuen signaaleihin vaikuttaa Doppler-taajuussiirtymä ennen kuin ne saavuttavat GNSS-vastaanottimen. Suuruudeltaan Doppler-siirtymä voi olla useita kHz:ejä.

Näennäissatunnaiskohinan (PRN) koodijono on pituudeltaan 1023 yksikköä eli chippiä ja toistaa itseään jatkuvasti. Koodin vaihe vastaanottimessa tietyllä hetkellä riippuu vastaanottimen ja satelliitin välisestä etäisyydestä.

Signaaleja voidaan hankkia GNSS-satelliiteilta lukuisilla tavoilla. Kaikki nämä menetelmät perustuvat autokorrelaatioilmiöön, jolloin GNSS-vastaanotin generoi täsmälliset jäljennökset kantoaaltotaajuudesta ja näennäissatunnaiskoodista ja kertoo nämä jäljennökset saapuvalla signaalilla. Jos generoitujen signaalien kantoaaltotaajuus ja koodivaihe täsmäyvät saapuvan signaalin

vastaaviin, syntyy tuottaa maksimaalinen korrelaatioteho ja tuloksena oleva sekoitettu signaali on helposti ilmaistavissa.

Suora tapa signaalien hankkimiseksi on sarjallisen haun suorittaminen, siis kaikilla mahdollisilla taajuuksilla ja koodivaiheilla testaaminen. Tässä tapauksessa yhdistelmien kokonaislukumäärä on yli 40 000 jokaista satelliittisignaalia kohti (1023 koodivaihetta ja 40 taajuutta).

Useimmat navigointi- ja paikannuslaitteet ovat kannettavia, mikä tarkoittaa sitä, että alhainen virrankulutus on merkittävä etu. Signaalin hankkiminen ja seuraaminen vaatii suuren määrän laskutoimituksia, mikä kuluttaa virtaa CPU:ssa. Mikä tahansa muutos, joka vähentää tarvittavien toimenpiteiden lukumäärää ja johtaa alhaisempaan virrankulutukseen on akun kestoajan suhteen parannus.

### **Keksinnön tarkoitus**

Esillä olevan keksinnön yksi tarkoitus on menetelmän, laitteen ja/tai järjestelmän tarjoaminen satelliittinavigointijärjestelmän vastaanotetun RT-signaalin käsittelyyn tarvittavan CPU-ajan tai laskentatyömäärän vähentämiseksi.

### **Keksinnön yhteenveto**

Keksinnössä esitetään signaalinkäsittelymenetelmä, -laite ja -järjestelmä vastaanotetun signaalin näytteiden, koodijäljennöksen ja kantoaaltojäljennöksen välisen korrelaation laskemiseksi.

Keksinnön ensimmäinen näkökulma on signaalinkäsittelymenetelmä vastaanotetun signaalin näytteiden, koodijäljennöksen ja kantoaaltojäljennöksen välisen korrelaation laskemiseksi. Menetelmä on tunnettu siitä, että menetelmä käsittää vaiheet, joissa kuvataan vastaanotetun signaalin näytteitä vastaanotetun signaalin näytteiden numeeriselta vaihteluväliltä etumerkittömien kokonaislukujen vaihteluvälille, joissa on sama lukumäärä bittejä kuin vastaanotetun signaalin näytteellä; erotellaan kuvatus N-bittisen näytejonojen bitit N bittijonoksi, jotka jonot järjestetään eniten merkitsevästä vähiten merkitsevään bittiin ja annetaan kertoja jokaiselle bittijonolle bittiposition perusteella kuvatussa näytejonossa; suoritetaan ainakin yksi Eri-logiikkatoiminto (XOR, exclusive or) bittijonon ja koodijäljennöksen välillä ennalta määrätyn näytelukumäärän yli; lasketaan arvon 1 omaavien bittien lukumäärä Eri-toiminnon (XOR) tuloksessa ja kerrotaan lukumäärä bittijonon annetulla kertojalla ja lasketaan yhteen kustakin bittijonosta, jolle on suoritettu Eri-toiminto, saadut tulot; kuvataan summa takaisin vastaanotetun signaalin näytteiden numeeriselle vaihteluvälille; kerrotaan takaisin kuvattu summa kantoaaltojäljennöksellä; ja kerätään kertolaskun tulo ainakin yhden koodiepookin aikavälin ajalta.

Keksinnön ensimmäisen näkökulman eräessä suoritusmuodossa vastaanotetun signaalin näytteet ovat kompleksiarvoa, jotka käsittävät vaiheessa olevan näytteen (I, in-phase) ja kvadratuurivaiheen näytteen (Q, quadrature-phase), jotka molemmat erotetaan yksilöllisesti erotteluvaiheessa, ja kantoaaltojäljennös on kompleksiarvoina.

Keksinnön ensimmäisen näkökulman eräessä suoritusmuodossa kuvausvaiheen jälkeen kuvatus vastaanotetun signaalin

parillisesti ja parittomasti numeroidut näytteet erotetaan yksittäisiksi näytejonoiksi käsiteltäviksi erikseen viimeiseen keräysvaiheeseen saakka, ja samankaltainen erottelu suoritetaan koodijäljennökselle.

Keksinnön ensimmäisen näkökulman eräessä suoritusmuodossa, vaiheessa, jossa suoritetaan ainakin yksi "Eri"-toiminto bittijonon ja koodijäljennöksen välillä ennalta määrätyn näytelukumäärän yli, bittijono, jolle toiminto suoritetaan, valitaan aikaisempien korrelaatiolaskutoimitusten signaalinvoimakkuuden perusteella.

Keksinnön ensimmäisen näkökulman eräessä suoritusmuodossa, erotteluvaiheessa näytejonoista erotetut bitit järjestetään uudelleen näytejonosta poikkeavaan järjestykseen tarkoituksena minimoida erotteluun vaadittavien toimintojen lukumäärä, ja samankaltainen uudelleenjärjestäminen suoritetaan koodijäljennökselle.

Keksinnön ensimmäisen näkökulman eräessä suoritusmuodossa vaiheessa, jossa suoritetaan ainakin yksi "Eri"-toiminto bittijonon ja koodijäljennöksen välillä ennalta määrätyn näytelukumäärän yli, mainittu ennalta määrätty näytelukumäärä määritetään kantoaaltoajuuden perusteella.

Keksinnön toinen näkökulma on signaalinkäsittelymoduuli vastaanotetun signaalin näytteiden, koodijäljennöksen ja kantoaaltojaljennöksen välisen korrelaation laskemiseksi. Moduuli on tunnettu siitä, että moduuli käsittää välineet, joissa kuvataan vastaanotetun signaalin näytteitä vastaanotetun signaalin näytteiden numeeriselta vaihteluväliltä etumerkittömien kokonaislukujen

vaihteluvälille, joissa on sama lukumäärä bittejä kuin vastaanotetun signaalin näytteellä; erotellaan kuvatus N-bittisen näytejonojen bitit ainakin N bittijonoksi, jotka jonot järjestetään eniten merkitsevistä vähiten merkitsevään bittiin ja annetaan kertoja jokaiselle bittijonolle bittiposition perusteella kuvatussa näytejonossa; suoritetaan ainakin yksi Eri-logiikkatoiminto (XOR, exclusive or) bittijonon ja koodijäljennöksen välillä ennalta määrätyn näytelukumäärän yli; lasketaan arvon 1 omaavien bittien lukumäärä Eri-toiminnon (XOR) tuloksessa ja kerrotaan lukumäärä bittijonon annetulla kertojalla ja lasketaan yhteen kustakin bittijonosta, jolle on suoritettu Eri-toiminto, saadut tulot; kuvataan summa takaisin vastaanotetun signaalin näytteiden numeeriselle vaihteluvälille; kerrotaan takaisin kuvattu summa kantoaaltojäljennöksellä; ja kerätään kertolaskun tulo ainakin yhden koodiepookin aikavälin ajalta.

Keksinnön kolmas näkökulma on laite, joka käsittää keksinnön toisen näkökulman mukaisen signaalinkäsittelymoduulin.

Keksinnön neljäs näkökulma on paikannusjärjestelmä, joka käsittää keksinnön kolmannen näkökulman laitteen.

Keksinnön viides näkökulma on navigointijärjestelmä, joka käsittää keksinnön kolmannen näkökulman laitteen.

Keksinnön kuudes näkökulma on keksinnön kolmannen näkökulman laitteen käyttö navigointi- ja/tai paikannusjärjestelmän järjestelmäelementtinä.

Keksintö sisältää myös järjestelmän, joka toteuttaa tässä esitetyn menetelmän.

Keksinnön joitakin suoritusmuotoja on selitetty tässä, ja keksinnön lisäsovelluksia ja -sovituksia ovat ilmeisiä alan ammattimiehille.

### **Piirustusten lyhyt selitys**

Seuraavassa keksintö selitetään yksityiskohtaisemmin viitaten oheiseen piirustukseen, jossa

kuviossa 1 näkyy, keksinnön erään suoritusmuodon kahden bittivirran signaalinkäsittelymoduulin esimerkinomainen kaaviokuva, ja

kuviossa 2 näkyy keksinnön erään suoritusmuodon neljän bittivirran signaalinkäsittelymoduulin esimerkinomainen kaaviokuva.

### **Piirustusten yksityiskohtainen selitys**

Kuviossa 1 näkyy keksinnön erään suoritusmuodon signaalinkäsittelymoduulin esimerkinomainen kaaviokuva. Tämän, kuvion 1 havainnollistettua kaaviokuvaa toteuttavan suoritusmuodon erästä moduulia voidaan käyttää GNSS-signaalien käsittelyssä. Moduuli on toteutettavissa laitteiston, ohjelmiston tai laitteisto- ja ohjelmistoelementtien yhdistelmän avulla.

Eräässä suoritusmuodossa saapuva signaali on esimerkiksi numeerisella vaihteluvälillä, jolla on neljä tasoa: -3, -1, 1 ja 3. Saapuva signaali voi olla esimerkiksi RF-vastaanottimesta analogi-digitaalimuuntimesta tai jostakin muusta signaalinkäsittelymoduulista tuleva lähtö, ja sillä voi olla mikä tahansa vaihteluväli ja mikä tahansa lukumäärä

tasoja. Saapuva signaali kuvataan kuvausmoduulissa 110 numeerisesta esitysmuodosta etumerkittömään binaarimuotoon. Kuvausmoduuli tulostaa etumerkittömät binaarisanat, jotka tässä esimerkissä, jossa on neljä saapuvan signaalin tasoa, koostuvat kahdesta binaarinumerosta. Binaarisanat olisivat 3 binaarinumeroa 8:lle saapuvan signaalin tasolle, 4 binaarinumeroa 16:lle tasolle, jne. Kuvaus on lineaarinen kuvaus siten että, kun tulostuksen etumerkitön N bittinen binaarisana pidetään kokonaislukuna vaihteluvälissä 0:sta  $2^N-1$ :een, arvo 0 vastaa syötön vaihteluvälin minimiarvoa ja arvo  $2^N-1$  syötön vaihteluvälin maksimiarvoa. Esimerkiksi edellä mainitussa syötön neljän tason tapauksessa kuvaus olisi "lähtö = (syöttö+3)/2".

Binaarisanat koostuvat biteistä, joille voidaan antaa arvo niiden sijainnin perusteella siten, että eniten vasemmalla olevaa bittiä kutsutaan eniten merkitseväksi bitiksi (MSB, most significant bit), seuraavaksi oikealla oleva bitti on toiseksi merkitsevin bitti, jne. Vastaavasti eniten oikealla olevaa bittiä kutsutaan vähiten merkitseväksi bitiksi (LSB, least significant bit).

Tässä esimerkissä binaarisanoissa kuvausmoduulin 110 lähdössä on vain kaksi bittiä - eniten merkitsevä bitti ja vähiten merkitsevä bitti. Kuvausmoduulin 110 lähtö on bitinerottelumoduulin 120 syöttö. Bitinerottelumoduulin 120 syötön binaarisanat erotetaan bitinerottelumoduulin 120 lähdöistä tuleviksi kahdeksi erilliseksi bittivirraksi. Tässä esimerkissä bitinerottelumoduuli tuottaa yhtä monta lähtöbittivirtaa kuin syötön binaarisanoissa on bittejä. Kahden lähtöbittivirran tapauksessa ensimmäinen bittivirta koostuu syötön sanojen eniten merkitsevistä biteistä ja toinen bittivirtaa koostuu syötön sanojen vähiten



merkitsevistä biteistä. Bittivirtojen erottelu voidaan tehdä esimerkiksi siten, että otetaan huomioon perustana olevan tietokonearkkitehtuurin sananpituus. Tietokone olisi tässä yhteydessä labeasti ymmärrettävä olevan laite, joka käsittää mikroprosessorin ja välineet tarvittavien laskutoimitusten suorittamiseksi. Esimerkiksi 32-bittisessä tietokoneessa, kahden lähtöbittivirran tapauksessa voisimme merkitä ensimmäiset 32-bittiset näytteet etumerkittömässä formaatissa muodossa (MSB1, LSB1), (MSB2, LSB2), (MSB3, LSB3), ... , (MSB32, LSB32). Nämä voidaan erotella kahdeksi bittivirraksi (MSB1, MSB2, ... , MSB32), (LSB1, LSB2, ... , LSB32). Näytteiden järjestys erotetuissa virroissa ei ole jatkokäsittelyssä merkityksellinen, kunhan sama järjestys pidetään syöttövirran ja PRN-koodin erottelussa. Suorituskyvyn optimoimiseksi eroteltujen bittien toisen järjestyksen käyttö tietyssä toteutuksessa saattaa olla edullista.

Koodinjäljennösmoduuli 130 on konfiguroitu tulostamaan yhden tai useamman GPS-satelliitin Coarse/Acquisition-koodien jäljennöksiä. C/A-koodit samoin kuin niiden jäljennökset ovat 1023 bitin pituisia binaarisia näennäissatunnaisjonoja. Tapausta GPS:n C/A-koodi käytetään vain esimerkkinä. Samat menetelmät soveltuvat muihin GNSS-signaaleihin, joissa bittien lukumäärä on erilainen, ja signaaleihin, joita näytteitetään suuremmalla taajuudella kuin noin 1 MHz. Bittilukumäärä 1023 on esimerkki, joka vastaa tapausta, jossa käytetään GPS:n C/A-koodia ja näytteitystaajuus on yksi näyte GPS:n C/A-koodin chippiä kohti, siis noin 1,023 MHz. GPS-satelliitit lähettävät ainutlaatuiset C/A-koodinsa joka millisekunti. C/A-koodi ja koodijäljennös korreloivat voimakkaasti kyseiseltä satelliitilta saapuvan signaalin kanssa kun jäljennös ja saapuva signaali ovat täydellisesti kohdakkain. Koodijäljennökset voivat olla tallennettuina

esimerkiksi koodijäljennösmoduulin 130 taulukossa. Kun tiettyä koodijäljennöstä tarvitaan, se voidaan valita taulukosta ja tulostaa koodijäljennösmoduulista. Vaihtoehtoisesti koodijäljennöksiä voidaan generoida uudelleen joka kerta kun niitä käytetään.

Seuraavaksi suoritetaan Eri-toiminto (XOR) bittikohtaisesti ja erikseen bitinerottelumoduulin 120 ja koodijäljennösmoduulin 130 jokaisen lähdön välillä. Toisin sanoen, toimintoja ei suoriteta itse bitinerottelumoduulin 120 lähtöbittivirtojen välillä vaan yhden lähtöbittivirran ja koodijäljennöksen välillä.

XOR-toiminnon tuloksena olevat bittivirrat ovat bitinlaskumoduulin 140 syöttöjä. Bitinlaskumoduuli laskee arvon 1 omaavat bitit ja kertoo tuloksen vastaavalla kertojalla. Kertoja riippuu bitin sijainnista binaarisanassa ennen kuin bitinerottelumoduuli 120 erotteli binaarisanan erillisiksi bittivirroiksi. Kertoja on  $2^n$  jossa n on bitin sijainti laskettuna oikealta vasemmalle ja alkaen nolasta. Esimerkiksi vähiten merkitsevän bitin kertoja on 1, toiseksi merkitsevimmän bitin kertoja on 2, kolmanneksi merkitsevimmän bitin kertoja on 4, neljänneksi merkitsevimmän bitin kertoja on 8, jne. Koska 0 kerrottuna minkä tahansa kanssa on nolla jätetään nollien laskeminen pois. Näin siis bitinlaskumoduulin 140 lähdöt ovat jokaisen saapuvan bittivirran 1-bittien summia kerrottuina vastaavalla kertojalla tietyn ajan tai bittimäärän yli.

XOR-toiminnon tuloksista tulevien bittien yhteenlasku yhdeksi ainoaksi yhteenlasketuksi arvoksi tehdään ennalta määrätyn bittilukumäärän yli. Tämä bittilukumäärä riippuu alkuperäisen signaalin kantoaaltotaajuudesta. Selitetyssä menetelmässä

tehdään oikeastaan approksimaatio olettamalla kantoaaltotaajuuden olevan vakio yhteenlaskun aikavälin ajan. Todellisuudessa näin ei ole, mutta jos yhteenlaskun aikaväli on riittävän lyhyt, approksimaatiosta seuraava häviö on hyväksyttävissä. Edullista on käyttää suurempaa bittimäärää, koska bitinlaskenta voidaan tehdä tehokkaammin pitempien bittijonojen osalta. Joissakin tietokoneissa bittien laskeminen voidaan tehdä yhdellä käskyllä muistisanaa kohti, ja ohjelmiston bitinlaskumenetelmiä on myös olemassa, jotka ovat nopeampia suorittaa pitempien bittijonojen kohdalta. Mutta jos bittien lukumäärä on liian suuri, tulostetut arvot nollaavat toisensa koska kantoaaltotaajuus ei ole riittävän lähellä vakiota. Yhdeksi arvoksi yhteenlaskettava bittilukumäärä ei saisi olla kantoaallonpituuden puolikasta suurempi. Edullisesti sen tulisi olla pienempi kuin  $\frac{1}{4}$  aallonpituudesta. On myös edullista valita yhteenlaskettavien bittien lukumäärä tietokoneen sanan monikerraksi, koska silloin yhteenlaskeminen vastaa hyvin bittien sijainta tietokoneen muistissa.

Esimerkkinä, jos kantoaaltojäljennöksen taajuus on 5000 Hz, aallonpituus on 1/5000 sekunti. Silloin tapauksessa, jossa näytteitystaajuus on noin 1,023 MHz, edullinen valinta bittien lukumääräksi voisi olla 32, koska  $(1023000/5000)/32 =$  noin 6,4, mikä tarkoittaa että 32 bittiä vastaa noin 1/6,4 aallonpituutta. Suorituskyvyn häviö tällä määrällä yhteenlaskua on useimmissa sovelluksissa hyväksyttävissä ja 32 bitin käsittely yhdessä voidaan tehdä tehokkaasti tyypillisessä 32-bittisessä tietokonearkkitehtuurissa.

Seuraavaksi bitinlaskumuodulin 140 lähdön summat kuvataan takaisin alkuperäiselle signaalin esitystavalle uudelleenkuvausmoduulissa 150. Jos esimerkiksi alkuperäinen

signaali ennen kuvausmoduulia 110 oli etumerkillä varustettu kokonaisluku, joilla oli arvot  $-3:n$  ja  $+3:n$  välillä, uudelleenkuvausmoduuli 150 kuvaa uudelleen syötön summan tässä vaihteluvälissä olevaan lähtöön. Uudelleenkuvaus on käänteinen sille lineaariselle kuvaukselle, joka tehtiin syöttösignaalin vaihteluvälin muuntamiseksi etumerkittömäksi esitystavaksi. Esimerkkitapauksen syöttösignaalin vaihteluvälin  $-3, -1, 1, 3$  kohdalta, jossa kuvaus oli "lähtö = (syöttö + 3)/2" käänteinen kuvaus olisi "lähtö = summa\*2-3".

Seuraavaksi uudelleenkuvausmoduulin 150 lähdöt kerrotaan kantaaltojäljennösmoduulista 160 tulevalla kantaaltojäljennöksellä. Kantaaltojäljennös on pala palalta vakiona pysyvä kompleksii- tai reaalisignaalin approksimaatio. Arvot voidaan saada esimerkiksi menetelmän avulla, joka perustuu NCO:hon (numeerisesti ohjattu oskillattori, numerically controlled oscillator), tai taulukkohakuun.

Kantaaltojäljennöksen ja uudelleenkuvausmoduulin 150 lähtöjen välinen tulo kerätään keräysmoduulissa 170 tietyn aikavälin ajan. Keräysmoduulilta 170 saatavat tulokset voidaan syöttää edelleen koodin ja kantaallon seurantasilmukoille. Nämä seurantasilmukat voivat olla tavallisia GNSS-seurantasilmukoita, kuten tavallisessa GNSS-kirjallisuudessa kuvatut silmukat. Keräysaikaväli keräysmoduulissa 170 on edullisesti ainakin yksi koodiepookki joka GPS-järjestelmässä on yhtä kuin 1023 koodichippiä eli ajallisesti noin millisekunti. Voidaan myös käyttää lyhyempiä keräysaikavälejä, mutta silloin signaalin kohina kasvaa, koska koodiepookin koko kesto ei kerätä. Tämä voi olla hyväksyttävää, jos seurantasilmukat suorittavat oman signaalintasauksensa, tai jos saapuva signaali on selkeä ja

voimakas. Voidaan myös käyttää pitempiä keräysaikavälejä ja silloin seurantasilmukoille saapuva datataajuus alenee. Pitempien keräysaikavälien haittana voi olla se, että vastaanottimen suorituskyky laskee voimakkaan dynamiikan, siis vastaanottimen voimakkaiden kiihtymisien myötä.

Siinä tapauksessa että saapuva signaali on selkeä ja voimakas signaali, LSB-bittivirran käsittely voidaan jättää pois vaikuttamatta liikaa vastaanottimen suorituskykyyn. Kun puolet biteistä jätetään pois, CPU-ajan määrä pienenee merkittävästi, mikä johtaa alhaisempaan virrankulutukseen.

Kuviossa 2 näkyy keksinnön erään suoritusmuodon mukaisen signaalinkäsittelymoduulin toinen esimerkinomainen kaaviokuva. Tämän, kuvion 2 havainnollistettua kaaviokuvaa toteuttavan suoritusmuodon erästä moduulia voidaan käyttää GNSS-signaalien käsittelyssä. Perustoiminnot ovat samankaltaiset kuin kuvion 1 moduulissa, mutta bittivirtojen lukumäärä ja sisältö voivat olla erilaisia. Moduuli on toteutettavissa laitteiston, ohjelmiston tai laitteisto- ja ohjelmistoelementtien yhdistelmän avulla.

Tässä suoritusmuodossa saapuva signaali on esimerkiksi numeerisella vaihteluvälillä, jolla on neljä tasoa: -3, -1, 1 ja 3. Saapuva signaali voi olla esimerkiksi RT-vastaanottimesta, analogi-digitaalimuuntimesta tai jostakin muusta signaalinkäsittelymoduulista tuleva lähtö, ja sillä voi olla mikä tahansa vaihteluväli ja mikä tahansa lukumäärä tasoja. Saapuva signaali kuvataan kuvausmoduulissa 210 numeerisesta esitysmuodosta etumerkittömään binaarimuotoon. Kuvausmoduuli tulostaa etumerkittömät binaarisanat, jotka tässä esimerkissä, jossa on neljä saapuvan signaalin tasoa, koostuvat kahdesta binaarinumerosta. Binaarisanat olisivat 3

numeroa 8:lle saapuvan signaalin tasolle, 4 numeroa 16:lle tasolle, jne.

Tässä esimerkissä binaarisanoilla kuvausmoduulin 210 lähdöstä on vain kaksi bittiä - eniten merkitsevä bitti ja vähiten merkitsevä bitti. Kuvausmoduulin 210 lähtö on bitinerottelumoduulin 220 syöttö.

Bitinerottelumoduulin 220 syötön binaarisanat erotetaan bitinerottelumoduulin 220 lähdöistä tuleviksi neljäksi erilliseksi bittivirraksi. Tässä esimerkissä bitinerottelumoduuli tuottaa kaksi kertaa niin monta lähtöbittivirtaa kuin syötön binaarisanoissa on bittejä. Lähdössä on kaksi bittivirtaparia - parittomat bittivirrat ja parilliset bittivirrat. Parittomat bittivirrat koostuvat sanoista, jotka saapuvat bitinerottelumoduuliin 220 ensimmäisenä, kolmantena, viidentenä, seitsemäntenä, jne. Parilliset bittivirrat koostuvat sanoista, jotka saapuvat bitinerottelumoduuliin 220 toisena, neljäntenä, kuudentena, kahdeksantena, jne. Parilliset ja parittomat parit erotellaan edelleen kaikkiaan neljäksi lähtöbittivirraksi: pariton MSB, pariton LSB, parillinen MSB ja parillinen LSB. Bittien erottelu tehdään samankaltaisesti kuin ensin selitettyssä suoritusmuodossa, mutta käyttäen neljä lähtövirtaa kahden sijasta.

Toisessa suoritusmuodossa bitinerottelumoduuli voi erotella syötön niin moneen lähtöbittivirtaan kuin on tarpeen. Bitinerottelumoduuli voisi esimerkiksi erotella joka neljännen syöttösanan erilliselle lähdölle. Neljän bitin sanoilla tämä johtaisi bitinerottelumoduuliin, jossa on 16 lähtöä: 1., 5. ja 9. sanassa olisi MSB-, 2. MSB-, 3. MSB- ja

LSB-lähtöjä; 2.:ssa, 6.:ssa ja 10.:ssä olisi myös MSB-, 2. MSB-, 3. MSB- ja LSB-lähtöjä, jne.

Toisessa suoritusmuodossa saapuva signaali sisältää kompleksiarvoja. Kompleksisignaali demoduloidaan kuvausmoduulin tai bitinerottelumoduulin sisällä olevassa IQ-demodulaattorissa erillisiksi I- (vaiheessa oleva, in-phase) ja Q- (kvadratuuri, quadrature) signaaleiksi. Nämä I- ja Q-signaalit molemmat muodostavat omat bittivirtansa, joita käsitellään kuten mitä tahansa muuta bittivirtaa. Tässä suoritusmuodossa jäljennöskoodi ja kantaaltojäljennös ovat myös kompleksisia ja/tai demoduloitu I- ja Q-bittivirroiksi.

Toisessa suoritusmuodossa bitinerottelumoduuli järjestää erotetut bitit uudelleen siten, etteivät  $n$ :nnen sanan bitit ole lähdössä  $n$ :nsiä bittejä. Lähtöbittivirtojen bittien uudelleenjärjestämistä voidaan käyttää erotteluun tarvittavien toimintojen lukumäärän minimoimiseksi. Kun bittien järjestystä muutetaan, on koodijäljennösmoduulissa tehtävä samankaltaisia muutoksia koodijäljennöksen bittien järjestykseen koodijäljennöksessä. Uudelleenjärjestäminen ei muuta moduulin ulkoisesti havaittavaa käyttäytymistä, koska bittien yhteenlaskun tulos on bittien järjestyksestä riippumaton. Kuitenkin XOR suoritetaan ennen yhteenlaskua, minkä vuoksi molempien XOR:n syöttönä käytettävien bittijonojen on oltava samalla tavalla järjestettyjä.

Seuraavana kuvion 2 suoritusmuodossa on konfiguroitu koodinjäljennösmoduuli 230 tulostamaan yhden tai useamman GPS-satelliitin Coarse/Aquisition-koodien jäljennöksiä. C/A-koodit samoin kuin niiden jäljennökset ovat 1023 bitin pituisia näennäissatunnaisia binaarijonoja. GPS-satelliitit lähettävät ainutlaatuisen C/A-koodinsa joka millisekunti.

C/A-koodi ja koodijäljennös korreloivat voimakkaasti kyseiseltä satelliitilta saapuvan signaalin kanssa, kun jäljennös ja saapuva signaali ovat täydellisesti kohdakkain. Koodin jäljennökset voivat olla tallennettuina esimerkiksi koodijäljennösmoduulin 230 taulukossa. Kun tietty koodijäljennös tarvitaan, se voidaan valita taulukosta ja tulostaa koodijäljennösmoduulista.

Seuraavaksi suoritetaan Eri-toiminto (XOR) bittikohtaisesti ja erikseen bitinerottelumoduulin 220 jokaisen lähdön ja koodijäljennösmoduulin 230 lähdön välillä. Tässä tapauksessa käytetään jäljennöskoodin parittomia bittejä parittoman MSB:n ja parittoman LSB:n XOR-toimintoja varten ja parillisia bittejä parillista MSB:tä ja parillista LSB:tä varten. XOR-toiminto suoritetaan ennalta määrätyn bittimäärän yli. Bittien lukumäärä riippuu alkuperäisen signaalin kantoaaltotaajuudesta.

XOR-toiminnon tuloksena olevat bittivirrat ovat bitinlaskumoduulin 240 syöttöinä. Bitinlaskumoduuli laskee arvon 1 omaavat bitit ja kertoo tuloksen vastaavalla kertojalla. Kertoja riippuu bitin sijainnista binaarisanassa ennen kuin bitinerottelumoduuli 220 erotti binaarisanan erillisiksi bittivirroiksi. Kertoja on  $2^n$ , jossa n on bitin sijainti laskettuna oikealta vasemmalle ja alkaen nolasta. Esimerkiksi vähiten merkitsevän bitin kertoja on 1, toiseksi merkitsevimmän bitin kertoja on 2, kolmanneksi merkitsevimmän bitin kertoja on 4, neljänneksi merkitsevimmän bitin kertoja on 8, jne. Koska nolla kerrottuna mikä tahansa kanssa on nolla, jätetään nollien laskeminen pois. Näin siis bitinlaskumoduulin 240 lähdöt ovat jokaisen saapuvan bittivirran 1-bittien summia kerrottuina vastaavalla kertojalla tietyn ajan tai bittimäärän yli.



Seuraavaksi bitinlaskumuodulin 240 lähtösummat kuvataan takaisin alkuperäisen signaalin esitystavalle uudelleenkuvausmoduulissa 250. Jos esimerkiksi alkuperäinen signaali ennen kuvausmoduulia 210 oli etumerkillä varustettu kokonaisluku, joilla oli arvot -3:n ja +3:n välillä, uudelleenkuvausmoduuli 250 kuvaa uudelleen syötön summan tässä vaihteluvälissä olevalle lähdölle.

Seuraavaksi uudelleenkuvausmoduulin 250 lähdöt kerrotaan kantaaltojäljennösmoduulista 260 tulevalla kantaaltojäljennöksellä. Taaskin kantaaltojäljennöksen parittomia bittejä käytetään parittoman MSB:n ja parittoman LSB:n XOR-toimintoihin ja parillisia bittejä parillista MSB:tä ja parillista LSB:tä varten.

Kantaaltojäljennöksen ja uudelleenkuvausmoduulin 250 lähtöjen välinen tulo kerätään keräysmoduulissa 270 tietyn aikavälin ajalta. Aikaväli on edullisesti ainakin yksi koodiepookki, joka GPS-järjestelmässä on yhtä kuin 1023 bittiä eli ajallisesti noin millisekunti.

Voimakkaan saapuvan signaalin tapauksessa parittoman tai parillisen bittivirtaparin käsittely voidaan jättää pois vaikuttamatta liikaa vastaanottimen suorituskykyyn. Jos saapuva signaali on hyvin voimakas, myös jäljelle jäävän parittoman/parillisen bittivirtaparin LSB-bittivirta voidaan jättää pois, silti ylläpitäen hyväksyttävä suorituskyky. Parittomien sanojen jättäminen pois kokonaan, ja parillisten sanojen LSB:iden jättäminen pois tarkoittaa, että käsitellään vain joka neljäs bitti. Tämä merkitsee, että CPU-aika ja virrankulutus on karkeasti ottaen neljännes verrattuna kaikkien bittien käsittelyyn.

Keksinnön eräessä suoritusmuodossa signaalinkäsittelymoduulin käsittävä laite voi olla paikannus- tai navigointijärjestelmän osa. Laite voi esimerkiksi olla keksinnön suoritusmuodon mukaisen signaalinkäsittelymoduulin käsittävä GNSS-vastaanotin. GNSS-vastaanotin vastaanottaa paikannussignaaleja satelliittinavigointijärjestelmältä ja käsittelee vastaanotetut signaalit mainitulla signaalinkäsittelymoduulilla. Vastaanotin voi olla sovitettu lähettämään sijaintidataa navigointi- ja/tai paikannusjärjestelmän toiselle laitteelle, esimerkiksi näyttölaitteelle tai järjestelmälle siinä ajoneuvossa, jossa vastaanotinta käytetään.

Vaikka joitakin suoritusmuotoja tai esimerkkejä on kuvattu maailmanlaajuisen paikannusjärjestelmän (GPS) yhteydessä, esillä olevaa keksinnöllistä ideaa voidaan hyödyntää erilaisten nykyisten ja tulevaisuuden satelliittinavigointijärjestelmien yhteydessä, esimerkiksi sellaiset kuin GLONASS, Galileo, COMPASS jne.

Alan ammattimiehelle edellä olevat esimerkinomaiset suoritusmuodot havainnollistavat tässä hakemuksessa esitettyä mallia, jolloin on mahdollista suunnitella erilaisia menetelmiä ja järjestelyjä, jotka asiantuntijalle ilmeisillä tavoilla hyödyntävät tässä hakemuksessa esitettyä keksinnöllistä ideaa.

## Patenttivaatimukset

1. Signaalinkäsittelymenetelmä korrelaation laskemiseksi vastaanotettujen signaalinäytteiden, koodijäljennöksen ja kantoaaltojäljennöksen välillä, menetelmän ollessa **tunnettu** siitä, että menetelmä käsittää vaiheet, joissa:

kuvataan (110) vastaanotetut signaalinäytteet vastaanotettujen signaalinäytteiden numeeriselta vaihteluväliltä etumerkittömien kokonaislukujen vaihteluvälille, joissa on sama bittimäärä kuin vastaanotetussa signaalinäytteessä,

erotellaan (120) kuvattujen N-bittisten näytteiden jonojen bittejä ainakin N:ksi bittijonoksi, jotka jonot järjestetään eniten merkitsevistä vähiten merkitsevään bittiin ja annetaan jokaiselle bittijonolle perustuen bitin sijaintiin kuvatussa näytejonossa,

suoritetaan ainakin yksi Eri-toiminto (XOR, exclusive or) bittijonon ja koodijäljennöksen välillä ennalta määrätyn näytemäärän yli,

lasketaan (140) arvon 1 omaavien bittien lukumäärä Eri-toiminnon (XOR) tuloksessa ja kerrotaan luku bittijonolle annetulla kertojalla ja lasketaan yhteen tuloksena olevat tulot kustakin bittijonosta, jolle on tehty Eri-toiminto,

kuvataan uudelleen (150) summa takaisin vastaanotettujen signaalinäytteiden numeeriselle vaihteluvälille,

kerrotaan uudelleen kuvattu summa kantoaaltojäljennöksellä, ja

kerätään (170) kertolaskun tulo ainakin yhden koodiepookin aikavälin ajalta.

2. Patenttivaatimuksen 1 menetelmä, **tunnettu** siitä, että vastaanotetut signaalinäytteet ovat kompleksiarvoina käsittäen vaiheessa olevan (I, in-phase) näytteen ja

kvadratuurivaihenäytteen (Q, quadrature-phase), jotka kummatkin erotetaan yksilöllisesti erotteluvaiheessa, ja kantoaaltojäljennös on kompleksiarvoina.

3. Patenttivaatimuksen 1 menetelmä, **tunnettu** siitä, että kuvausvaiheen jälkeen vastaanotetun signaalin parillisiksi ja parittomiksi numeroidut näytteet erotellaan yksilöllisiksi näytejonoiksi erikseen käsiteltäviksi viimeiseen keräysvaiheeseen saakka, ja suoritetaan samankaltainen erottelu koodijäljennökselle.

4. Patenttivaatimuksen 1 menetelmä, **tunnettu** siitä, että vaiheessa ainakin yhden Eri-toiminnon (exclusive or) suorittamiseksi bittijonon ja koodijäljennöksen välillä ennalta määrätyn näytelukumäärän yli, bittijonot, joille toiminto suoritetaan, valitaan aikaisempien korrelaatiolaskutoimitusten signaalivoimakkuuden perusteella.

5. Patenttivaatimuksen 1 menetelmä, **tunnettu** siitä, että näytejonoista erotteluvaiheessa erotetut bitit järjestetään uudelleen näytejonosta poikkeavaan järjestykseen erotteluun tarvittavien toimintojen lukumäärän minimoimiseksi, ja suoritetaan samankaltainen uudelleenjärjestäminen koodijäljennökselle.

6. Patenttivaatimuksen 1 menetelmä, **tunnettu** siitä, että vaiheessa ainakin yhden Eri-toiminnon (exclusive or) suorittamiseksi bittijonon ja koodijäljennöksen välillä ennalta määrätyn näytelukumäärän yli, mainittu ennalta määrätty näytelukumäärä on määrätty kantoaaltotaajuuden perusteella.

7. Signaalinkäsittelymoduuli korrelaation laskentaa varten vastaanotettujen signaalinäytteiden, koodijäljennöksen ja kantoaaltojäljennöksen välillä, **tunnettu** siitä että moduuli käsittää välineet, joilla:

kuvataan (110) vastaanotetut signaalinäytteet vastaanotettujen signaalinäytteiden numeeriselta vaihteluväliltä etumerkittömien kokonaislukujen vaihteluvälille, joissa on sama bittimäärä kuin vastaanotetussa signaalinäytteessä,

erotellaan (120) kuvattujen N-bittisten näytteiden jonojen bittejä N bittijonoksi, jotka jonot järjestetään eniten merkitsevästä vähiten merkitsevään bittiin ja annetaan kertoja jokaiselle bittijonolle perustuen bitin sijaintiin kuvatussa näytejonossa,

suoritetaan ainakin yksi Eri-toiminto (XOR, exclusive or) bittijonon ja koodijäljennöksen välillä ennalta määrätyn näytemäärän yli,

lasketaan (140) arvon 1 omaavien bittien lukumäärä Eri-toiminnon (XOR) tuloksessa ja kerrotaan luku bittijonolle annetulla kertojalla ja lasketaan yhteen tuloksena olevat tulot kustakin bittijonosta, jolle on tehty Eri-toiminto,

kuvataan uudelleen (150) summa takaisin vastaanotettujen signaalinäytteiden numeeriselle vaihteluvälille,

kerrotaan uudelleen kuvattu summa kantoaaltojäljennöksellä, ja

kerätään (170) kertolaskun tulo ainakin yhden koodiepookin aikavälin ajalta.

8. Patenttivaatimuksen 7 mukaisen signaalinkäsittelymoduulin käsittävä laite.

9. Patenttivaatimuksen 8 laitteen käsittävä paikannusjärjestelmä.

**10.** Patenttivaatimuksen 8 laitteen käsittävä navigointijärjestelmä.

**11.** Patenttivaatimuksen 8 laitteen käyttö navigointi- ja/tai paikannusjärjestelmän järjestelmäelementtinä.

**Patentkrav**

1. Ett signalbehandlingsförfarande för korrelationsberäkning mellan sampel av en mottagen signal, en kodkopia och en bärvågskopia,

**kännetecknat** av, att förfarandet omfattar steg, där man:

avbildar (110) samplen av den mottagna signalen från en numerisk variationsvidd hos samplen av den mottagna signalen till en variationsvidd hos heltal utan förtecken med samma antal bitar som samplen av den mottagna signalen,

åtskiljer (120) bitar i följderna med av de avbildade N-bitar långa samplen i åtminstone N bitföljder, vilka följder ordnas från den mest signifikanta till den minst signifikanta biten, och tilldelar varje bitföljd en multiplikator på basen av bitposition i följderna av avbildade sampel,

utför åtminstone en exelleroperation (XOR) mellan en bitföljd och kodkopian över ett på förhand bestämt antal sampel,

räknar (140) antalet bitar med värdet 1 i exelleroperationens (XOR) resultat och multiplicerar antalet med den för bitföljden tilldelade multiplikatorn, och summerar de resulterande produkterna för varje bitföljd för vilka exelleroperationen utförs,

återavbildar (150) summan tillbaka till den numeriska variationsvidden hos den mottagna signalens sampel,

multipliserar den återavbildade summan med bärvågskopian, och

ackumulerar (170) multiplikationsprodukten under en tidsperiod om minst en kodepok.

2. Förfarandet i patentkrav 1, **kännetecknat** av, att den mottagna signalens sampel är i form av komplexvärden som omfattar ett i fas varande sampel (I, in-phase) och ett kvadraturfassampel (Q, quadrature-phase) vilka båda åtskiljs

individuellt i åtskiljningssteget, och också bärvågskopian är i form av komplexa värden.

3. Förfarandet i patentkrav 1, **kännetecknat** av, att man efter avbildningssteget åtskiljer de jämnt och udda numrerade samplen av den avbildade mottagna signalen i individuella sampelföljder för att behandlas separat fram till det sista ackumuleringssteget, och man utför liknande åtskiljning för kodkopian.

4. Förfarandet i patentkrav 1, **kännetecknat** av, att man i steget, där man utför minst en "exeeller"-operation mellan en bitföljd och kodkopian över ett på förhand bestämt antal sampel, väljer de bitföljder, för vilka operationen utförs, på basen av signalstyrkan i tidigare korrelationsberäkningar.

5. Förfarandet i patentkrav 1, **kännetecknat** av, att man i åtskiljningssteget omsorterar de ur sampelföljderna åtskiljda bitarna i en annan ordningsföljd än i sampelföljden för att minimera det antal operationer som krävs för åtskiljningen, och man utför liknande omsortering för kodkopian.

6. Förfarandet i patentkrav 1, **kännetecknat** av, att man i steget, där man utför minst en "exeeller"-operation mellan en bitföljd och kodkopian över ett på förhand bestämt antal sampel, bestämmer det nämnda på förhand bestämda antalet sampel på basen av bärvågsfrekvensen.

7. En signalbehandlingsmodul för beräkning av korrelationen mellan sampel av en mottagen signal, en kodkopia och en bärvågskopia, **kännetecknad** av, att modulen omfattar medel för att:



avbilda (110) samplen av den mottagna signalen från en numerisk variationsvidd hos samplen av den mottagna signalen till en variationsvidd hos heltal utan förtecken med samma antal bitar som samplen av den mottagna signalen,

åtskilja (120) bitar i följderna med de avbildade N-bitar långa samplen i N bitföljder, vilka följder ordnas från den mest signifikanta till den minst signifikanta biten, och tilldela varje bitföljd en multiplikator på basen av bitposition i följderna av avbildade sampel,

utföra åtminstone en exelleroperation (XOR) mellan en bitföljd och kodkopian över ett på förhand bestämt antal sampel,

räkna (140) antalet bitar med värdet 1 i exelleroperationens (XOR) resultat och multiplicera antalet med den för bitföljden tilldelade multiplikatorn och summera de resulterande produkterna för varje bitföljd för vilka exelleroperationen utförs,

återavbilda (150) summan tillbaka till den numeriska variationsvidden hos den mottagna signalens sampel,

multipluera den återavbildade summan med bärvågskopian, och

ackumulera (170) multiplikationsprodukten under en tidsperiod om minst en kodepok.

8. En anordning som omfattar signalbehandlingsmodulen enligt patentkrav 7.
9. Ett positioneringssystem som omfattar anordningen i patentkrav 8.
10. Ett navigationssystem som omfattar anordningen i patentkrav 8.

**11.** Användning av anordningen i patentkrav 8 som ett systemelement i ett navigations- och/eller positioneringssystem.

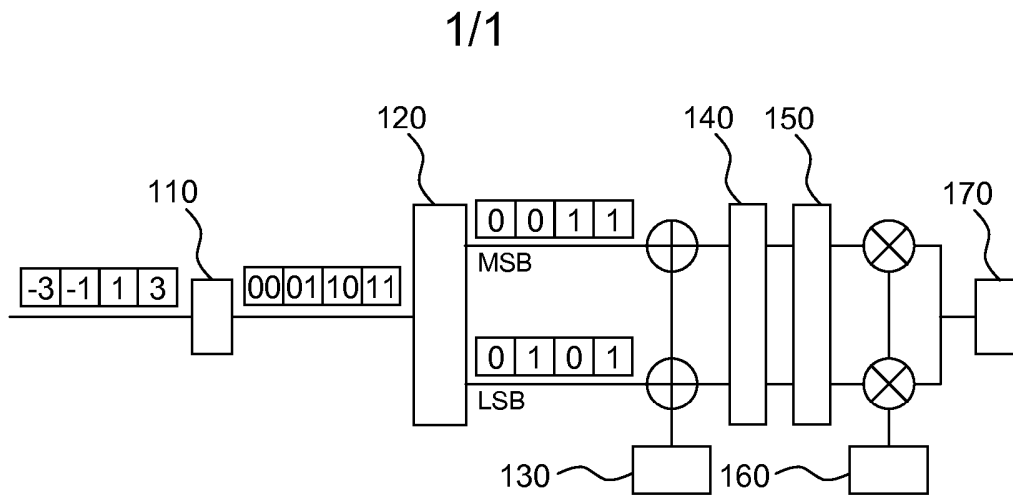


Fig. 1

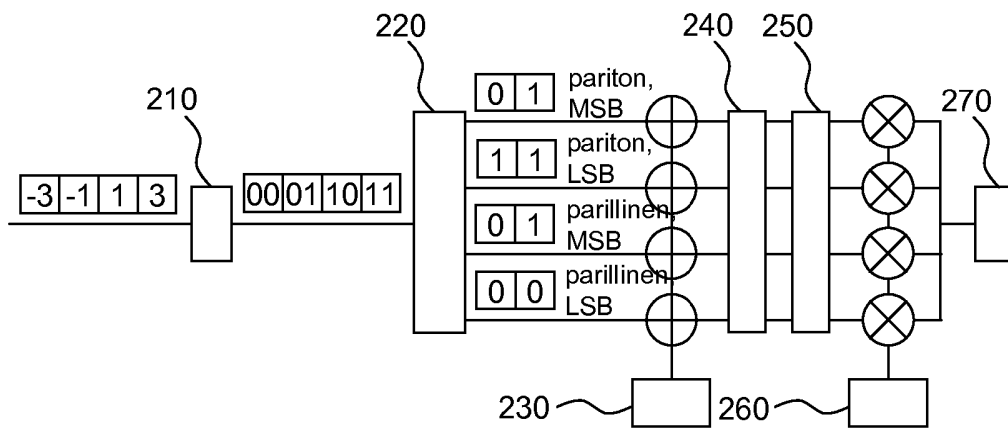


Fig. 2