

Цей винахід відноситься до методу та апаратним засобам відправлення, передачі та/або прийому інформації.

Для передачі сигналів за допомогою хвиль використовуються, як правило, постійні по частоті несучі сигнали, причому якість і швидкість передачі часто обмежується впливом перешкод у каналі передачі. Реальні канали передачі інформації можуть мати дуже різноманітні властивості, можуть представляти різні особливості, до яких можуть відноситися лінійні і нелінійні перешкоди, постійної і перемінної за часом дії, приміром, адитивні перешкоди (шум), впливу сторонніх сигналів і т.п. При використанні систем з кількома несучими сигналами, а так само при передачі по каналах з пам'яттю створюється до того ж особливе коло проблем. Властивості каналу передачі є похідною різноманітних ефектів і механізмів, що можуть впливати різним чином спільно.

Складною проблемою є (часто нестаціонарне в часі) багатопроменеве поширення сигналів. Воно відбувається, наприклад, при передачі через негомогенні середовища, структуровані об'єми і т.д., у яких сигнал, що посилюється, відбивається або розсіюється на різних поверхнях та/або границях. Сигнал надходить до приймача тоді не тільки по прямому променю (прямій шлях), а одночасно або послідовно в часі і з різним ступенем ослаблення і по різних інших шляхах (багаторазовий прийом). Крім різної тривалості, деякі шляхи можуть впливати на відповідні складові частини сигналу через їхні геометричні особливості та/або індивідуальні фізичні властивості (різні ступені ослаблення, недетерміноване та/або детерміновані внутрішні фазові зрушення). Окремі і складові сигнали будуть називатися багатопроменими компонентами (луна). Кожна з багатопромених компонент несе із собою свою власну історію до приймача, де багатопроменеві компоненти складаються. Їхнє складання може приводити до слабо передбачуваних часових і просторових змін, коливань амплітуди та фазових зрушень (зникнення й ослаблення сигналу), у несприятливих випадках може відбуватися повне придушення сигналу. Цей ефект діє особливо несприятливо в нестабільних умовах передачі, а також при використанні мобільних приймально-передавальних систем. Інтерференційне зникнення сигналу є часто вибірковою по частотам і в часі, передатна функція каналу часто не є детерміновано визначеною.

У техніці зв'язку існує велика кількість методів, за допомогою яких робляться спроби мінімізації та/або компенсації вищезгаданих перешкод на прийомі. З великого набору заходів виділяються три головні категорії: антенні системи, системи обробки сигналу за допомогою еквалайзерів, а також спеціальні методи модуляції сигналу.

Доти, доки дозволяють умови передачі або настроювання системи, проблема багатопроменевої інтерференції може пом'якшуватися за допомогою спрямованого випромінювання та/або вибіркової за кутом прийомної антени. При спрямованому випромінюванні відбувається спроба порушення, по можливості, лише одного визначеного, звичайно прямого шляху передачі сигналу, у напрямку якого концентрується енергія випромінювання. При вибіркому за кутом прийомі намагаються, у свою чергу, послабити небажані багатопроменеві компоненти прийнятого сигналу, або за допомогою спеціального об'єднання безлічі прийомних елементів намагаються такого накладення цих компонентів, що вони взаємно придушуються (іншими словами енергія відповідного складового сигналу знищується), так що по можливості залишається лише тільки один багатопроменевий компонент корисного сигналу. Ця складова сигналу відповідно підсилюється. За допомогою прийому сигналу одночасно в декількох точках простору може досягатися антенний ефект. Переваги і обмеження методу формування променя на прийомі можуть бути продемонстровані на основі передачі акустичного сигналу під водою. На невеликому віддаленні може досягатися явне поліпшення якості прийому. Для цього приймач оснащується решіткою прийомних елементів, що за допомогою елементів затримки дозволяють досягати обмеження спрямованості (кута) прийому сигналу і, тим самим, до визначеного ступеня досягати фокусування системи на визначений багатопроменевий компонент [див., наприклад, Hinton, O.R. et al: Performance of a stochastic gradient adaptive beamformer for sub-sea acoustic communication. Signal processing VII: Theories and applications M. Holt, C Cowan, P. Grant, W. Sandham (eds.), European Association for Signal Processing, 1994: pp.1540-1543]. На основі кутових співвідношень система працює, однак, тільки за умови достатнього по величині відношення глибини до дальності передачі, тобто, як правило, на невеликій відстані і вимагає досить стійких властивостей каналу передачі. Для багатьох застосувань (мобільний зв'язок і т.д.) спрямовані (залежні від кута) прийомні і передавальні системи не є особливо привабливими вже на основі їхніх розмірів і ваги, а також не є доцільними з догляду застосування їхнього основного принципу. Тут спрямованість часто становить навіть обмеження в застосуванні. Навпаки, цікаві системи з всенаправленою характеристикою випромінювання на боці приймача та/або передавача. Компактні антени повинні зменшуватися в розмірах і зводиться з визначеним ступенем допущення до однієї точки простору.

Наступна можливість боротьби з перешкодами при передачі складається в підготовці сигналу до обробки на боці приймача. У цілому розвиток, спрямований на розробку усе більш складних процедур обробки сигналу за допомогою еквалайзерів, фазостежачих петель та інших обчислювально ємних алгоритмів корекції, що завдяки сьогоднішній техніці сигнальних процесорів реалізуються зі все зростаючим успіхом. Проблему багатопроменевої інтерференції намагаються вирішити особливо часто за допомогою адаптивних зважених ліній затримки. Для компенсації сигналів луни застосовуються, наприклад, трансверсальні фільтри, у яких властивості передавального каналу оцінюються за допомогою кореляційного аналізу з відомими елементами сигналу. Крім того, звичайно на основі пересилання настроювальної послідовності формується комплексно-сполучений сигнал, що використовується для згортки з ним наступних інформаційних сигналів з метою їхнього очищення від багатопромених перешкод. В адаптивних системах відбувається донстроювання еквалайзера під час передачі («еквалайзери зі зворотним зв'язком»). Усі ці методи працюють у координатах часу (доменах часу). Як наслідок, адаптивна еквалізація в каналах з нестійкою динамікою властивостей на різних частотах стає практично не можливою. [Meineke; Gundlach: Taschenbuch der Hochfrequenztechnik, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York..., 7. Aufl, 1992: H 21.]

З давніх часів відомі різні спроби вирішити цю проблему за допомогою різних комбінацій еквалайзерів зі

зворотним зв'язком, еквалайзерів з прийняттям рішення та/або фазостежних петель високих порядків. Незважаючи на ємні структурні рішення і складні алгоритми обробки сигналу, результати залишаються як і раніше мало задовільними. Адаптивні настроювання еквалайзерів не вдаються або вдаються не досить швидко та/або не досить точно, при тім, що втрати в значенні відношення сигнал/шум є невід'ємною частиною процедури обробки.

Подальшим відомим методом поліпшення результатів передачі в зашкоджених середовищах, а також - унаслідок багатопроменового поширення і при доступі багатьох користувачів і т.п. - при умові межсимвольної інтерференції складається в застосуванні багатократною модуляції. У цьому відношенні особливо значимими є методи розширення спектра сигналу зв'язані з розподілом його енергії в широкому діапазоні частот. При цьому поняття розподілу енергії сигналу по широкому спектру відноситься не до інформаційної складової переданого сигналу, а до її несучої. Завдяки широкій смузі сигналу, що посиляється, передавальні канали можуть заповнюватися сигналами з порівняно невеликими (для виключення взаємного зашкодження) відстанями по відношенню один до одного. Істотними властивостями системи є спосіб розподілу енергії сигналу в широкому спектрі, спосіб його передачі, а також повернення розподіленого спектра сигналу до вихідної ширини смуги інформаційного сигналу. У залежності від застосування використовуються три основні методи модуляції: метод безпосередньої модуляції (DS) несучої сигналу псевдовипадковою послідовністю (PN), метод східчастих частотних зсувів (FH), а також метод частотної модуляції (CHIRP).

Відомими перевагами цих методів є можливість виборчої адресації, доступ багатьох користувачів за допомогою мультимплексування коду доступу, маскуванню факту передачі даних, підвищена стійкість до перешкод, невелика спектральна щільність потужності сигналу - протидія перехопленню, приналежність до методів з високим дозволом вимірювання дальностей і т.п. До недоліків відносяться підвищені системні вимоги, а також складність синхронізації прийомного і передавального пристроїв. Шкідливі зміни сигналу через багатопроменову інтерференцію можуть бути істотно зменшені, однак, містять у собі як і раніше ще ряд проблем.

У запропонованому контексті є особливо цікавими методи пульсуючих частотних зсувів (FH), а також метод частотної модуляції (CHIRP). Вони знаходять своє головне застосування в радарній і сонарній техніці, застосовуються, однак, також і в техніці зв'язку. Особливістю є застосування пульсуючих радіо сигналів, несучі частоти яких східчасто або неперервно змінюються у визначеній смузі частот на заданому інтервалі часу.

CHIRP-сигнали забезпечують сприятливий розподіл енергії в смузі частот, що робить їх стійкими до перешкод, забезпечують розпізнавання і поліпшення відношення сигнал/шум. Однією з переваг цього методу є можливість значного зниження потужності випромінювання.

Сигнал, що посиляється, може формуватися різними шляхами, наприклад, за допомогою осцилятора, керованого вхідною напругою, що змінюється за лінійному законом. Для CHIRP-методу використовуються в основному лінійні частотно-модульовані імпульси. Один з методів, призначених для лінеаризації частотно-модульованих систем, а також значимість лінійних частотно-модульованих сигналів, особливо для радарної техніки, описані, наприклад, у патенті DE19527325A1. Цікавим є той факт, що в радарній техніці такого роду сигнали оснащуються спеціальним «маркіруванням» для удосконалення процесу обробки сигналу.

При передачі повідомлень (за допомогою звукових, оптичних або радіо-сигналів) застосовуються, однак, в основному не кодовані частотно-модульовані сигнали (CHIRP-сигнали), що можуть формуватися нескладним чином за допомогою спеціальних фільтрів - CHIRP-генераторів або лінії частотно залежних затримок (дисперсійних ліній затримки). Як дисперсійний фільтр використовуються, як правило, SAW-компоненти - фільтри, що реалізують принцип акустичних поверхневих хвиль. При цьому, однак, конфігурація частотно модульованих сигналів задається «жорстко» застосовуваними технічними елементами.

При передачі повідомлень у цифровому вигляді за допомогою частотно-модульованих сигналів, мова йде, в основному, про здатності розрізняти два протилежних стани типу «включене»/«виключене», де стан «включене» пересилається у вигляді CHIRP-сигналу.

У патенті US-A-5,748,670 описується спосіб, що до того ж дозволяє розрізняти стани типу «висхідний» або «спадний» частотно-модульований сигнал. Для підвищення пропускної здатності можна варіювати також амплітудою та/або фазою. Це не змінює, однак, нічого в принципі, оскільки сама по собі CHIRP-модуляція припускає дуже обмежені можливості варіації несучого сигналу, що є великим недоліком, наприклад, у системах багатьох користувачів для здійснення доступу до каналу.

Відомо, що кожний зі згаданих методів з розподілом енергії сигналу в широкому спектрі має свої специфічні переваги і недоліки. Вони дозволяють, однак, робити їхнє комбінування різними способами. За допомогою гібридних методів досягається створення нових систем з поліпшеними (у порівнянні з окремими методами) властивостями, при чому вартість системи не обов'язково подвоюється. Найбільш відомими гібридними системами є: метод східчастих частотних зсувів у комбінації з методом безпосередньої модуляції FH/DS або FH/PN, метод східчастих часових і частотних зсувів, метод східчастих часових зсувів у комбінації з методом безпосередньої модуляції TH/DS, CHIRP-метод у комбінації з методом східчастих частотних зсувів, а також CHIRP-метод у комбінації з методом безпосередньої модуляції несучого сигналу псевдовипадковою послідовністю і з методом фазової модуляції. При цьому останні мають велику гнучкість завдання форми сигналу, а також, завдяки CHIRP-модуляції, невелике значення деградації при виникненні зсувів центральної частоти за рахунок доплерівських або інших відхилень частоти від погодженого між приймачем і передавачем значення.

Для повноти викладу необхідно також відзначити, що в техніці мобільного зв'язку проводяться експерименти з методами, у яких перед інформаційними сигналами, модульованими звичайним чином, пересилається преамбула, що складається з послідовності частотно-модульованих сигналів для полегшення синхронізації приймача і передавача за допомогою такого виду «заголовку». І навпаки, існують також методи, у яких вузькосмуговий заголовок, що має постійне значення несучої частоти, комбінується з послідовностями частотно-модульованих сигналів (часове упорядкування послідовностей частотно-модульованих сигналів і інших форм сигналів).

Вищезгадані методи модуляції відносяться в основному до імпульсних сигналів і попадають у категорію некогерентних методів зв'язку, що є особливо стійкими до перешкод, однак дозволяють передачу даних на порівняно невеликих швидкостях. Для того щоб відповідати зростаючим потребам у системах багатьох користувачів, а так само потребам у швидкості передачі даних, повинні братися до уваги всі можливості для поліпшення показника завантаженості каналу, а також його пропускної здатності. Відомо, що за допомогою застосування фазо-когерентних структур сигналу істотно зростає швидкість передачі даних, що, однак, через слабку перешкодозахищеність таких сигналів веде до подальшого підвищення необхідних витрат по обробці сигналу, або потрібні спеціальні додаткові захисні міри.

У колі фахівців також відомо, що в техніці мобільного зв'язку проводяться експерименти з тривалими фазо-когерентними сигналами, енергія яких розподіляється на частотному спектрі зі застосуванням частотно-модульованих сигналів. Останні генеруються за допомогою VCO-генератора, тобто осцилятора, керованого вхідною напругою, що змінюється за визначеним законом, що не вимагає розтягання і потім скорочення сигналів у часі як у випадку застосування SAW-фільтрів, після чого сигнали передаються та далі обробляються. Частотно-модульовані сигнали формуються і передаються без додаткового заголовка один за іншим в заданих часових інтервалах. Оскільки, відповідно до цього методу передачі даних, усі фрагменти несучого сигналу мають той самий частотний градієнт, сонограма несучого сигналу являє собою послідовність рівнобіжних ліній (треків), що лежать у частотно-часовій площині, причому часові інтервали вибираються таким чином, щоб у той самий момент часу існувало більш одного треку; при цьому, однак, повинна залишатися можливість якісного відділення один від одного частот, що змінюються у часі. Надходячи таким чином, як мінімум в області радіочастот, існує можливість використання більш складних форм модуляції сигналу для кодування інформації. За допомогою частотно-модульованих сигналів послаблюється або навіть усувається ефект інтерференційного ослаблення сигналу. При використанні цього методу, однак, виникають складності в процесі обробки сигналу.

Для відділення треків прийнятий лінійно-частотний модульований сигнал перетворюється тимчасово до вузькосмугового сигналу постійної частоти і потім фільтрується. На основі профільованого сигналу оцінюється передатна функція каналу зв'язку, сам фільтрований сигнал трансформується назад у форму частотно-модульованого сигналу (для його обробки еквалайзером у формі частотно-модульованого сигналу), і в остаточному підсумку відбувається його частотна демодуляція і передача його в якості вузькосмугового сигналу для оцінки інформаційних параметрів.

Одне з джерел проблем полягає в тому, що функція еквалайзера будується (якщо взагалі вдається) на основі вузькосмугового, однак, складно структурованого, особливо в умовах багатопроменевої інтерференції, прийнятого сигналу. У випадку багатопроменевого поширення цей сигнал завжди містить цілий спектр частот, що розрізняються. Це, однак, ніяк не враховується. Наслідком є в будь-якому випадку той факт, що при зведенні в ступінь і потім узятті кореня з метою вилучення інформаційної модуляції несучого сигналу, з'являється змішаний з багатьох частот складений сигнал, що не дозволяє з достатньою якістю побудувати передатну функцію каналу. Чим більша кількість багатопромених компонентів і триваліше час багатопроменевого розсіювання, тим більш помітно виражена ця проблема. У тому випадку якщо, окремі багатопроменеві складові мають ще і власні і до того ж перемінні в часі перекручування (різні по силі доплєровскі зсуви і т.п.), виникає суцільний хаос. Функція еквалайзера будується тоді на основі сильно зашкодженого сигналу. Таке джерело помилок у цілому погано піддається обробці еквалайзерами, що працюють у тимчасових доменах; проблема боротьби з інтерференцією лише тільки переводиться в іншу площину, але не вирішується.

За всіма відомими на даний момент часу методах розглядається багатопроменеве поширення сигналу як недолік, проти якого намагаються бороти усіма відомими способами, замість того, що б використовувати луну як рівнобіжний набір сигналів наданого самою природою. Для цього необхідно, однак, спочатку виконати відділення окремих багатопромених компонентів. У всіх використовуваних сьогодні несучих лінійно-частотно-модульованих сигналів частотні градієнти встановлюються занадто малими і структури є в цілому занадто негнучкими, для того, щоб скористатися цією можливістю. Вироблялися різні спроби розглянути рівнобіжну роботу декількох еквалайзерів, для того, щоб використовувати енергію двох або більшої кількості багатопромених компонент з метою одержання системних переваг і досягти поліпшених результатів обробки прийнятого сигналу. Нам не відомі, однак, випадки, коли подібні спроби були б реалізовані на практиці. У будь-якому випадку, через необхідні великі вкладення широкомасштабне використання такого підходу є сумнівним через несприятливе відношення вартості системи до її користі.

У цілому, у техніці зв'язку прагнуть прийняти, по можливості, незбурену копію переданого сигналу (корисний сигнал). Усілякі зміни, пов'язані з умовами передачі сигналу, сприймаються як перешкоди і, відповідно, виробляються спроби їх послабити, компенсувати або, в ідеальному випадку, цілком усунути. При цьому, однак, вся інформація, що переданий сигнал одержав у процесі поширення по передавальному каналі, ігнорується.

З іншого боку, з метою локації і проведення інших вимірів випромінюються в точі числі інші сигнали, призначені для визначення просторово-структурних і фізичних властивостей передавального каналу, його профілю та/або об'єктів, що утримуються в ньому, для визначення положення і параметрів руху цілей. Для цього застосовуються, як правило, некодовані сигнали або сигнали, оснащені спеціальним маркіруванням, причому таке маркірування служить як допоміжний засіб для обробки сигналу, однак, не є інформаційним повідомленням у розумінні передачі даних.

У патентній заявці РСТ/DE99/02628, опублікованої після дати пріоритету поточної патентної заявки (WO00/118117), що цілком входить до поточної патентної заявки, описується метод передачі сигналів, у якому вперше застосовуються складні структури сигналів, що одночасно використовують кілька частотно-модульованих несучих сигналів (частотні градієнтні канали). У кожному випадку один з каналів використовується як посилення для демодуляції або декодування інших каналів (інформаційних каналів). Для деяких застосувань, такий підхід сполучений з недоліками або не є необхідним, коли для передачі даних

призначаються як мінімум два канали, з яких один служить тільки лише для передачі опорного сигналу, що не робить ніякого внеску для передачі власне інформаційного сигналу.

Задачею поточного винаходу є надання методу і відповідної системи для прийому і передачі інформації, спрощеного у порівнянні з методом передачі даних за допомогою безлічі частотних градієнтних каналів і які гарантують більш високу якість передачі даних, є стійким стосовно вищевказаних перешкод і дозволяє налаштування на різні умови зв'язку.

Цей метод і система передачі і прийому даних повинні в першу чергу забезпечувати поліпшену якість обробки сигналу й оцінки інформаційних параметрів сигналу, дозволяти передачу даних на більш високих швидкостях і бути здатними до передачі безлічі інформаційних сигналів у заданому частотному діапазоні одночасно або зі зсувом у часі, поліпшуючи у такий спосіб використання частотних діапазонів. У такому ж контексті створюється також можливість для паралельного використання двох або більшого числа частотних діапазонів.

Цей метод і система прийому і передачі даних повинні забезпечувати до того ж можливість гнучкого формування й обробки сигналів, що дозволять виконання налаштувань структур сигналів відповідно до різних спеціальних вимог, забезпечать обробку прийнятих сигналів з різних точок зору, особливо обробку багатопроменевих компонент по окремоті, паралельно або також у комплексі з метою одержання додаткового вирашу в застосуванні методу для передачі даних та/або для витягу інформації з прийнятого сигналу про оточення, у якому сигнал здобував зміни в процесі свого поширення.

Ці задачі вирішуються за допомогою методу, що має властивості, описані в пункті 1 формули винаходу, а також за допомогою технічних пристроїв, описаних у пунктах 32, 38 або 39 формули винаходу. Корисні форми виконання та використання, розроблені за цим винаходом, заявлені в підлеглих пунктах формули винаходу.

Основна ідея винаходу складається у формуванні переданого сигналу у вигляді несучого коливання, частота якого неперервно змінюється за заданим законом в межах заданого часового інтервалу та є несучою частотою інформаційного сигналу, що її модулює. При такій передачі несучого сигналу не передбачається ніякої передачі сигналу-посилання (опорного сигналу). Передача виконується без опорних компонент. Обробка сигналу у відношенні переданих інформаційних параметрів виконується виключно на основі інформації що міститься в самому переданому сигналі. Для обробки не використовуються ніякі додаткові прийняті сигнали, у тому числі ніякі сигнали-посилання (опорні сигнали).

З технічної точки зору в цьому контексті можливі дві різні стратегії виконання, що рівною мірою включені в поточний винахід. З одного боку,

неперервна зміна частоти може сприйматися в якості однієї з форм розподілу енергії інформаційного сигналу на частотному спектрі, що, загалом, не є проблематичним, у випадку, якщо такий інформаційний сигнал вже володіє власним несучим коливанням. З іншого боку також можливо, що інформаційний сигнал містить усього лише попередні дані для модуляції несучого коливання, наприклад, у формі, так званої, базової модуляції, що потім наноситься безпосередньо на несучий частотно-модульований сигнал (або модулюють такий).

Для представленого винаходу істотно, що за допомогою неперервної зміни частоти несучого сигналу привносяться деякі властивості в процес передачі даних, що дають переваги при їх використанні. Істотна частина методу і технічних заходів, передбачені поточним винаходом, відносяться в першу чергу до такого роду спеціальних властивостей, а також до роботи з ними, формуванню й обробці частотно-модульованих несучих сигналів, причому те, у якій формі і як, такі частотно-модульовані несучі сигнали модулюються більш тонкими методами інформаційної модуляції є скоріше другорядним по важливості, доти поки відповідна інформаційна модуляція не приводить до істотних змін характеристик частотно-модульованого несучого сигналу. Відповідно до цього, наступний виклад сконцентрований на варіанті розгляду, де частотно-модульовані сигнали виступають у ролі основних елементів несучого сигналу, при цьому, однак, також і інші варіанти не виключаються з розгляду.

У даному описі коливання, чия частота неперервно змінюється в заданому інтервалі часу, буде позначатися як «світ» або «несучий світ». Ці поняття використовуються тут як синоніми для понять, введених в опублікованій згодом патентній заявці PCT/DE99/02628 (WO0011817), таких як «градієнтний несучий сигнал» або як у міжнародній літературі «сигнал змінної частоти» або «частотно-модульована несуча». Для простоти термін «світ» буде використовуватися тут у якості адоптованого поняття для сигналу, що характеризується неперервною зміною частоти.

Пропонований метод, що спирається на застосування одного несучого коливання з неперервною зміною частоти, буде називатися тут як «технологія частот, що плавають» («floating frequency technology») або «P2-технологія», або, спираючи на сучасну міжнародну термінологію як «технологія розподілу енергії сигналу світом» («sweep spread technology») або «82-технологія». Для застосування в зв'язку будемо використовувати короткі позначення, такі, як «F2-комунікація» або «S2-комунікація» або «S2C».

На відміну від сигналів з несучою постійної частоти, тут, за допомогою зміни частоти несучого сигналу, впроваджується додаткова змінна, тобто додатковий вимір, що, крім корисного розподілу енергії сигналу в широкій смузі частот (розподілений спектр), насамперед, приводить до того, що багатопроменеві компоненти, що можливо з'являються в процесі передачі сигналу, або взагалі не накладаються один на одного, або накладаються, але не цілком. Часові затримки (час розсіювання) являють собою просто зсуви в частотно-часовій площині, у якій відповідні компоненти лежать послідовно один за одним, звичайно, при лінійній частотній модуляції (ЛЧМ), лежать паралельно один одному, у той час, як їхні відносні видалення являють собою функцію різниць часу пробігу і частотного градієнту відповідного несучого світа. Час пробігу обумовлений природою поширення сигналу, і навряд чи може керуватися методом або технічно, у той час як частотний градієнт (частотний нахил) є керованим параметром. При цьому стає ясно, що конфігурація несучих світів може використовуватися як інструмент у пропонованому методі, за допомогою якого стає можливим керування відстанню між багатопроменевими компонентами («щільністю упакування») у частотно-часовій площині, при цьому стає можливим зменшення впливу або запобігання ефекту інтерференції.

Відповідно до методу після прийому сигнал перетворюється або трансформується в іншу частотну форму, причому перетворення виробляється переважно до смуги частот або спектру, у якій частота несучого сигналу більш не змінюється. Однієї з альтернатив є можливість фільтрації багатопромених компонент за допомогою фільтра, що супроводжує частотні зміни світ-несучої, що, однак, на практиці погано реалізується, з наступним перемноженням, згортанням і т.д. зі спеціальною функцією обробки.

За допомогою бажаного тут перетворення досягається той ефект, що багатопромених компоненти, зміщені в частотно-часовій площині, отримують відповідні відносні віддалення один щодо одного тепер у частотних смугах, що розрізняються. За допомогою такого на диво простого перетворення досягається дуже істотний якісний ефект в обробці сигналу, а саме те, що проблема поділу багатопромених компонент, зрушених у часі, зміщається з часових доменів у частотні. Величезна перевага полягає в тому, що існуючі методи обробки сигналу в частотних координатах, що приносять у цілому кращі результати, реалізуються значно простіше.

Для відділення/очищення від різних складових-перешкод може вистачити застосування простих фільтрів, наприклад смугово-пропускних фільтрів (СПФ). При цьому такі фільтри можуть настроюватися на розташування цікавих компонентів; або, з іншого боку, відповідні компоненти можуть розташовуватися в заданих частотних діапазонах, наприклад, за допомогою синхронізації відповідної допоміжної частоти і перемноження її з відповідним багатопроменим компонентом. У багатьох додатках застосування такого смугово-пропускного фільтру вже може бути достатнім для розв'язку основних проблем. У цілому, відповідно до пропонованого методу існує, однак, можливість обробки спектральних складових прийнятого частотно-перетвореного сигналу з застосуванням комплексних фільтрів по одній, паралельно або також групою, у разі потреби комбінуючи їх один з одним з метою відновлення, вилучення або ізоляції параметрів, що несуть інформацію. Для цього можуть застосовуватися способи і методи, відомі з загальнодоступних джерел по обробці сигналів, та тут нема рації описувати їх в деталях. Необхідно, однак підкреслити, що після поділу багатопромених компонент у прийнятому сигналі, після їх приведення в діапазон проміжних постійних частот, застосування таких способів і методів відбувається в умовах, істотно більш сприятливих для його подальшої обробки. У процесі розміщення багатопромених компонент у виді спектральних ліній, що розрізняються, різні форми інтерференції та інтермодуляції послабляються або навіть виключаються.

В усіх попередніх методах проблема інтерференції або інтерференційного ослаблення сигналу розглядається у якості основної. Велика частина складностей при обробці прийнятого багатопроменового сигналу еквалайзером виникає, однак, також через їх індивідуальні і, до того ж, непостійні у часі частотні та фазові зміни, наприклад, через вплив різних доплерівських зсувів. Інтермодуляція різних доплерівських складових призводить до ускладнення побудови передатної функції каналу, а також, до істотного зменшення часу когерентності імпульсних відгуків у каналі. Простий еквалайзер є занадто коротким, щоб установити досить точну спрямляючу функцію еквалайзера, більш довгі еквалайзери є занадто інертними для того, щоб мати змогу додержуватися всіх змін, що відбуваються у каналі, образно кажучи, вони «розсипаються» (дивергують). У F2-методі такого роду інтермодуляції вдається уникнути найкращим чином. Випрямлення ж багатопромених компонент по окремоті може виконуватися найкраще, що істотно полегшує задачу, переважно зменшує методичну і технічну вартість, а також забезпечує істотно більш гарні результати. Деякі бажані варіанти обробки, а також методо-специфічні доробки описуються у зв'язку з відповідними пунктами формули винаходу.

Підкреслюється, що пропонований метод містить можливість вилучення з прийнятого сигналу безлічі різної інформації, а також використання інформації, що міститься в переданому або прийнятому сигналах та/або різних видах модуляції. У розпорядженні користувача знаходиться те, наскільки і яким чином, можна одержувати вигоди від цих можливостей.

Одне з найкращих застосувань складається в передачі інформації між приймачем і передавачем. Одночасно і незалежно від цього прийняті сигнали можуть оброблятися у відношенні змін, що здобуваються ними в процесі поширення по передавальному середовищу, що поставляє безліч в однаковій мірі корисної інформації приймачеві про особливості і властивості середовища. Наприклад, на основі аналізу частотного спектра прийнятого і частотно-перетвореного сигналу може проводитися оцінка якості окремих шляхів поширення, що може враховуватися в процесі передачі даних (наприклад, для корекції положення приймача і передавача, фокусування антен і т.п.). Крім цього, після проведення відповідної процедури обробки, фахівцеві може виявитися під силу витяг різноманітних додаткових даних із прийнятих сигналів. При цьому, інформаційно-модульований сигнал може використовуватися, у числі іншого, як маркування для поліпшення процедури обробки. У цьому змісті можуть обиратися визначені форми модуляції, що задовольняють обом згаданим аспектам. Різноманітні форми модуляції, застосовні в представленому винаході згадуються в рамках різних форм виконання далі по тексту.

Несуче коливання може формуватися як акустична хвиля для твердих, текучих або газоподібних середовищ поширення, або як електромагнітну хвилю (наприклад, високочастотні сигнали, оптичні хвилі). Зміна частоти може вироблятися в заданому інтервалі часу, для найпростішого, однак задовольняючого багато застосувань, випадку, лінійно, або, також відповідно до заданого переважно монотонною неперервною функцією або, наприклад, відповідно до гаусівської функції. Оскільки надана або корисна частотна смуга найчастіше є обмеженою, знак частотного градієнта несучого коливання повинен змінюватися наприкінці відповідного часового інтервалу (точка повороту) або повинен заново встановлюватися для значення, наприклад, стартової частоти. При цьому несуче коливання розчленовується на ряд елементів, що позначаються як світ, або - для того щоб підкреслити той факт, що мова йде в першу чергу про структурні елементи несучого коливання - як несучий світ.

Предметом винаходу є як метод прийому, так і метод передачі сигналів на основі вищеописаного принципу. Для передачі сигналу інформаційна складова наноситься на несучий світ або градієнтне несуче коливання, тобто відповідні параметри сигналу модулюються відповідно до обраного користувача методом кодування (модуляції). Модульований несучий сигнал будемо називати F2-сигнал або S2-сигнал.

Відповідно до однієї з переважних форм виконання винаходу несуче коливання являє собою послідовність одноманітних світів, що можуть розташовуватися через визначені проміжки, не перетинаючись в часі. Часові інтервали можуть бути корисні, наприклад, для очікування природного ослаблення запізнілих багатопроменевих компонент або інших відгуків передавального каналу (обумовлених як луна для акустичних сигналів). Можливість задавати змінні відстані між світами може використовуватися, наприклад, для розчленовування інформації на окремі інформаційні пакети. Це забезпечує подальший базис для Застосування систем багатьох користувачів.

Відповідно до винаходу несучі світи можуть мати різні варіації і забудовуватися на різні задачі й умови зв'язку. Наприклад, висхідні і східні несучі світи можуть чергуватися через визначені інтервали часу, а також несучі світи можуть чергуватися так, що в підсумку утвориться замкнутий осцилюючий контур зміни частоти в межах заданого частотного діапазону. Може передбачатися також мультиплексування в межах одного або декількох частотних діапазонів так, що положення частот (початкова частота) змінюється від одного світа до наступного.

Відповідно до одного з наступних варіантів реалізації винаходу передбачається досягнення підвищених швидкостей передачі даних за допомогою розподілу світа на два або більше тактів модуляції, що мають, при необхідності, перемінну тривалість. В одному з варіантів виконання використовуються не абсолютні значення параметрів сигналу, а їхні відносні зміни від одного такту модуляції інформаційного параметра до іншого; при цьому досягається більш висока стійкість при передачі даних в умовах динамічних перешкод. Для оптимального використання заданої смуги частот можливий варіант передачі декількох сигналів паралельно (кількох модульованих світів). У разі потреби можливим є також такий варіант реалізації винаходу, де замість режиму багатьох користувачів або комбінації з таким, світи того самого F2-сигналу розташовуються таким чином, що відбувається їхнє часткове сполучення в часі. Надалі стає також можливою передача двох або більше світів, що розрізняються, наприклад протилежними за знаком градієнтами (хрестоподібні світи) для подвоєння або істотного збільшення швидкості передачі даних. Таким чином, цей варіант містить цілий ряд можливостей для підвищення швидкості передачі інформації в заданому частотному діапазоні.

В одній із кращих форм реалізації винаходу передбачається особливо, що несуче коливання підрозділяється на два або більше інтервалів, що мають різні частотні характеристики. При цьому як мінімум один з інтервалів виконується у формі світу. Цей світ може передаватися в послідовності з частковим сполученням у часі або одночасно з іншими фрагментами сигналу, наприклад, зі зрушенням по частоті, однак однаково структурованим несучим світом та/або в комбінації з фрагментом несучого сигналу постійної частоти та/або разом з одним або кількома несучими світами, що мають інший, переважно протилежний, нахил та/або маючи також іншу форму світу. Незважаючи на те, що це вже явно впливає з контексту, необхідно окремо відзначити, що в поле зору методу знаходиться такий варіант, що передані послідовності, утворені з двох або розташовані один над іншим фрагменти несучого сигналу також, як це вже описано раніш для окремих несучих елементів, як замкнута послідовність, розташовуються в різних групах або у вигляді окремих пакетів в одному універсальному частотному діапазоні або також поперемінно в частотно-часовому просторі.

При реалізації пропонованого методу з'являється безліч можливостей завдяки розділенню окремих фрагментів сигналів, що мають різну конфігурацію або досить рознесених один від одного в частотно-часовій області, включаючи прийняті багатопроменеві компоненти. Цей інструмент може бути різноманітно використаний. Наприклад, за допомогою відповідної модуляції передача інформації може стати більш швидкісною та/або надійною, або може привести до поліпшення можливостей визначення параметрів навколишнього середовища. Крім можливості розміщення інформаційного сигналу більш-менш рівномірно на відповідних фрагментах несучого сигналу, крім того, може стати, кращим кодування одного символу в двох або більшому числі фрагментів несучої, у яких розташовується та сама інформація. При цьому стає можливим, наприклад, уникати провалів, небезпечних втратах інформації, сприяти роботі алгоритмів корекції даних, наносити маркери для обробки сигналу та/або створювати окремі фрагменти в якості опорного сигналу, що використовується в обробці. В останньому випадку можна при необхідності цілком відмовитися від інформаційної модуляції відповідного фрагмента сигналу.

Така розмаїтість часових і частотних форм первинної обробки сигналів дозволяє їхнє переважне використання для розпізнавання, поділу, і аналізу сигналів при множинному доступі до каналу, тобто в режимі багатьох користувачів в заданій частотній смузі.

Світи або фрагменти несучої F2-сигналу конфігуруються переважно за визначеним протоколом, установленим як на стороні приймача, так і на стороні випромінювача. Цей протокол може, наприклад, відрізнятися для різних пар користувачів, причому, в основному в режимі багатьох користувачів доступу до того самого каналу, знижується небезпека шкідливого впливу сигналів один на одного. З іншого боку, у випадку застосування однакової конфігурації світ-несучих при паралельній роботі багатьох F-сигналів, такий протокол передачі може служити, наприклад, для встановлення або завдання часових інтервалів (часових слотів) і відповідного упорядкування сигналів у часі. Також може передбачатися оперативне настроювання на поточні умови передачі, на спеціальні вимоги при використанні або побажанні користувача. Змінювані протоколи передачі даних можуть служити, наприклад, для досягнення кращої якості прийому, ефективного використання частотної смуги, запобігання втрат часу на очікування в черзі, для переключення на інший частотний діапазон або для зменшення небезпеки перехоплення сигналу третьою стороною, підслуховування і т.д.

В одній з наступних форм реалізації методу представляється можливим комбінування з іншими, уже використовуваними на практиці методами, особливо з відомим методом безпосередньої модуляції несучого сигналу псевдовипадковою послідовністю. Для цілого ряду застосувань можливість використання багаторазової модуляції разом з методом безпосередньої модуляції несучого сигналу псевдовипадковою послідовністю або PN-методом може давати переваги, наприклад, для подальшого підвищення стійкості до перешкод при передачі даних, збільшення розмаїтості у формах модуляції, збільшення пропускної здатності передавального каналу, поліпшення можливості доступу багатьох користувачів, маскування або приховання

сигналів або повідомлень.

Приймач, створений за пропонуваним методом, оснащується для прийому переданих передавачем сигналів, а також для обробки й оцінки їх параметрів. Обробка відповідно до погодженого протоколу передачі або відповідно до частотного та/або часового шаблону розміщення фрагментів сигналу уможлиблює ізоляцію інформаційного сигналу з прийнятого спектра і, особливо, доцільне комбінування фрагментів сигналу, розсіяних у частотно-часовій площині. Особливо для багаторазово модульованих, наприклад, модульованих по PN-методу сигналів згаданий шаблон може складатися з окремих частин, що розташовуються, як правило, послідовно в заданому порядку. У ході поділу і демодуляції різні шумові компоненти послаблюються або усуваються, що з погляду передачі інформації, загалом, оцінюється як виграш за рахунок застосування множинної модуляції.

Пропонований метод передбачає, що F2-сигнал після прийому трансформується або перетворюється в іншу частотну форму, наприклад, до постійних проміжних частот. Це відбувається, наприклад, за допомогою змішування або перемножування зі згенерованою на прийомі допоміжною частотою (гетеродинною частотою), що має такий же хід зміни частоти, як і несуче коливання (GTV) переданого сигналу, однак паралельно зрушена стосовно неї, так, що проміжна частота трансформованого сигналу має константне значення. Як альтернативу, перетворення може вироблятися за допомогою гетеродинної частоти з протилежним ходом зміни частоти у порівнянні з таким у переданого сигналу, що може бути паралельно зміщена або лежати в тій же частотній смузі. Ці варіанти можуть при необхідності комбінуватися для обробки більш складних структур сигналів, наприклад для розміщення трансформованих сигналів або компонент у різних спектральних діапазонах. Також у поле зору методу знаходиться варіант перетворення сигналу до постійних проміжних частот у кілька етапів, наприклад, з метою ітеративного поліпшення результатів обробки або компенсації непостійних у часі змін визначених компонент сигналу.

Перетворення частоти, проведене для демодуляції свіп-несучої має, крім розчленовування багатопроменевих компонентів на вузькосмугові спектральні лінії, ще один корисний ефект. Він полягає в тому, що енергія компонент, що утримується в прийнятому сигналі і розподілена по смузі частот, зосереджується в одному частотному «осередку». У теж час, вузькосмугові шуми, що утримуються в прийнятому сигналі, розсіюються, їхня енергія розподіляється в широкій смузі. У залежності від обраного методу розподілу енергії сигналу на цьому етапі відбувається збільшення відношення сигнал/шум, і з цим одержання системного виграшу і виграшу від застосування багаторазової модуляції. При виробництві допоміжної частоти, у разі потреби, в увагу приймаються також частотні зрушення, що здобуваються сигналом у передавальному каналі.

Після перетворення прийнятого сигналу до іншої частотної форми може вироблятися його подальша обробка в частотних доменах: при необхідності фільтрація для виділення окремих частот або очищення від шкідливих складових, а також кінцева обробка.

Базовий варіант передбачає ізоляцію однієї зі спектральних ліній зі спектра трансформованого сигналу, утвореного в ході багатопроменевого поширення, найбільш сприятливої для її наступної обробки. Ухвалення рішення може відбуватися на основі різних критеріїв, наприклад, на основі схематичних настроювань. Важливими критеріями вибору є, насамперед, потужність відповідної частотної лінії та/або відстань до сусідніх частотних ліній. У багатьох випадках виділена спектральна лінія може безпосередньо оброблятися. На одному з наступних етапів розвитку, наприклад, після ізоляції може вироблятися додаткова фільтрація в доменах часу, особливо за допомогою адаптивних фільтрів типу еквалайзера та/або адаптивної корекції фази, зокрема за допомогою фазослідкуючої петлі, наприклад з метою поліпшення можливості відновлення переданого сигналу та/або проведення більш успішної оцінки параметрів сигналу. Одна з переваг пропонуваного методу полягає в тому, що після перетворення сигналу до константних проміжних частот він зберігає сумісність із усіма відомими способами і методами обробки, причому в залежності від потреби може інтегруватися практично будь-яке число окремих операцій або етапів більш складної обробки сигналу, методів фільтрації зі зворотним зв'язком і т.п., за допомогою яких практично будь-які параметри сигналу в координатах часу, частоти та/або будь-які інші еквівалентні представлення сигналу можуть опитуватися й оброблятися.

Аналіз відбувається, наприклад, для демодуляції фазо-модульованих F2-сигналів за допомогою розкладання прийнятого сигналу на допоміжних компонентах, згенерованих на стороні приймача (допоміжні коливання, квадратурні компоненти, фазослідкуючі петлі, ШПФ або знакослідкуючі схеми), причому, визначення фазових кутів обчислюється диференційно, наприклад, у вигляді різниці між двома, переважно, сусідніми тактами модуляції.

В одному з подальших варіантів реалізації методу передбачається можливість ізоляції не одного, а двох або більшої кількості частотних (багатопроменевих) компонент зі спектра трансформованого сигналу, а також їхньої наступної обробки переважно в розділених каналах обробки сигналу або послідовно в одному єдиному каналі обробки. Результати обробки, наприклад, різних багатопроменевих компонент, можуть порівнюватися або оброблятися далі спільно. Так уже, наприклад, такий простий захід як побудова середнього значення даного параметра сигналу зі зважуванням відповідно до потужності відповідного компонента, дає істотне звуження діапазону розсіювання кінцевого результату, що призводить до зниження рівня помилок, а також дозволяє використання більш складних методів модуляції (наприклад, фазової модуляції зі збільшеною кількістю цифрових станів). При цьому, за допомогою застосування F2-методу, ефект багатопроменевого поширення може бути використаний з вигодою, і це ми будемо називати «перевагою багатопроменевого поширення».

Один зі шляхів розвитку методу містить варіант, у якому окремі частотні лінії, що містяться в спектрі прийнятого і трансформованого сигналу, ізолюються в парі або в більшій кількості, і так зрушуються по відношенню один до одного і піддаються перетворенню частоти, так що несучі коливання стають когерентними, комбінуються, зокрема проектується одна над іншою або складаються, і в остаточному підсумку піддаються аналізу. Перевага такого методу обробки складається, насамперед, у концентрації енергії сигналу відповідних фрагментів таким чином, що, в остаточному підсумку, істотно більш потужний

сигнал надходить на обробку. Крім того, має місце подальший, важливий ефект, що складається в тім, що в такому ж порядку складаються і шумові компоненти, що, однак, не призводить в обов'язковому порядку до посилення результуючого рівня шуму.

Оскільки кожен багатопроменевий компонент, особливо при багатопроменевому поширенні, несе із собою власну складового шуму, при додаванні випадкових значень складового шуму декількох компонентів відбувається відповідне згладжування енергетичної кривої шумового спектра. Природно, необхідно враховувати реальне оточення при використанні луни як рівнобіжну послідовність багаторазово прийнятого корисного сигналу, а саме те, що багатопроменеві компоненти можуть мати різну якість і, як правило, приймаються з різними рівнями потужності. Проте, на базі описаного тут основного принципу, що може бути розширений у залежності від додатка, а так само уточнений, досягається до всього іншого істотне поліпшення відношення сигнал/шум, а так само виграш за рахунок комбінування множини багатопроменевих компонент.

Як корисну властивість в описаному способі додавання (згладжування) шумовий складової необхідно відзначити можливість оцінки просторово-структурних і фізичних властивостей передавального каналу, одержуваних і застосовуваних при розрахунку величин корекції компонент для досягнення їхньої когерентності, що у відомому смислі є вже досить підготовленими для цієї мети.

Подальша обробка і розрахунки для вилучення інформації такого роду являють собою одну з можливостей надбудови і реалізації пропонованого методу.

Одна з подальших форм, що задовольняє вимогам цілого ряду застосувань, особливо для передачі даних, являє собою реалізацію прийомної частини у вигляді так названого «сліпого приймача». Для цього розроблена спеціальна процедура обробки сигналу, що позначається як «обробка сигналу наосліп» (англ.: blind signal processing). У цьому контексті «наосліп» означає відмовлення від спеціальних заходів, призначених для одержання точної часової синхронізації приймача і передавача, при якому, однак, приймач, не звертаючись до додаткових заходів щодо встановлення часу синхронізації, автоматично знаходить певний сигнал і оцінює його.

Однієї зі специфічних особливостей F2-методу, крім автоматизованої демодуляції свіп-несучої, є додаткова опція, що складається в тім, що багатопроменеві компоненти прийнятого сигналу можна повністю автоматично зробити когерентними, а енергію всіх багатопроменевих компонент можна зібрати в одному неперервному вузькосмуговому сигналі, що потім передається обробному пристроєві. Цей базовий принцип може бути виконаний за допомогою різних методо-технічних заходів.

Один із бажаних варіантів реалізації, що особливо вдало може застосовуватися при лінійній частотній модуляції свіп-несучої, складається в основній частині з трьох ступіней або етапів обробки, що потім по одному або в комплексі можуть надбудовуватися до будь-якого ступеня складності. Основна ідея містить наступні риси: а) проекція прийнятого сигналу на два різних допоміжних свіпа для одержання двох окремих частотних спектрів із внутрішнім (стосовно спектра) дзеркальним розташуванням спектральних ліній постійної частоти, при необхідності здійснюється корекція фази однієї або обох спектральних елементів; б) усунення часового розсіювання компонент за рахунок використання функціональної залежності між затримкою часу поширення сигналу і його зсуву по частоті, при необхідності також випрямлення індивідуальних частотних і фазових перекичувань для більш тонкої синхронізації елементів в обох спектрах, а також с) перемноження обох спектрів один з одним для концентрації енергії окремих елементів сигналу в одному «частотному осередку» деякої нової центральної частоти і сполучення окремих елементів у безперервну хвилю, що має цю нову центральну частоту. У наслідку центральна частота фільтрується й обробляється. Подальші деталі пояснюються далі на основі малюнків.

Вищевказаний метод уможливорює максимізацію відношення сигнал/шум за рахунок використання багатопроменевого поширення. Великою перевагою є також те, що переданий частотно-модульований сигнал може бути зведений на стороні приймача до неперервної хвилі. Усе це є важливими передумовами для збільшення швидкості передачі даних, надійності передачі, і т.п., може використовуватися, однак, так само й інакше, наприклад, у мобільному зв'язку для зниження вимог до потужності випромінювання (більш тривалий термін життя акумулятора, поліпшений перенесення випромінювання і т.п.). Разом з можливістю сліпої обробки практичне застосування методу істотно спрощується. Крім великих переваг, обробка наосліп несе із собою, імовірно, так само і певні обмеження у відношенні різноманіття форм сигналів, їх частотних і часових форм. Крім того, наприклад, при фазовій модуляції необхідно враховувати, що при перемноженні обох спектрів один з одним, число поділюваних цифрових фазових станів стає вдвічі меншим. Підбір методу кодування інформаційного сигналу, однак, не повинний виявляти собою проблему. Крім того, завжди існує можливість синхронізації приймача і передавача після встановлення зв'язку за допомогою обробки наосліп, наприклад, «на лету», і потім переключиться в інший режим зв'язку.

Наступна форма виконання методу містить заходи по настроюванню, наприклад, для постановки задачі комбінаторного вигляду, приміром, у підводній техніці, локації, орієнтуванні, що часто є таким же важливими, як і зв'язок. Пропонований метод містить так само принциповий розв'язок, що може використовуватися подібним чином у різних областях техніки, що працює із сигналами (включаючи високочастотну область, лазерну техніку і т.д.). Особливо передбачається, що інформація, демодульована приймачем на основі і відповідно до одного з вищеописаних способів створює копію сигналу, що відправляється, та/або копію його трансформованого вигляду, і такий штучно згенерований сигнал, що є вільним від усіляких перекичувань, перешкод і інших змін, що виникають у передавальному каналі, обробляється разом із прийнятим сигналом або з копією його трансформованого вигляду, для обчислення якісних і кількісних змін у каналі передачі, і, отже, для одержання інформації про навколишнє середовище, наприклад, з метою визначення положення і параметрів руху, визначення структурно-просторових і фізичних особливостей передавального каналу, його профіль і об'єкти, що утримуються в ньому, і т.п.; у загальному: одержання будь-якого роду інформації, придбаної сигналом у процесі його поширення в каналі. При цьому, інформаційний сигнал, нанесений передавачем на несучу, може, по необхідності, або обчислюватися, або прийматися далі в розрахунки, наприклад, як маркірування.

Для різних застосувань представляється вигідним той факт, що так само і передавач можна пристосувати для проведення подібного роду аналізу. Відповідно до того, що передає, пристрій оснащується так, що передані їм самим сигнали або їхні фрагменти, відбивані від границь передавального каналу або від об'єктів, що містяться в них, приймаються й обробляються разом з вихідним сигналом для вилучення інформації про навколишнє середовище.

Надалі, відповідно до пропонованого методу, може враховуватися інформація про властивості й інші особливості переданого каналу при генеруванні переданого сигналу та/або при його обробці, наприклад для поліпшення або уточнення результатів обробки та/або аналізу або для розширення можливостей методу.

Предметом винаходу є також пристрої для передачі і прийому інформації що реалізує метод передачі і прийому інформації і системи, що складається з комбінації таких пристроїв прийому і передачі.

Передавальний пристрій охоплює як мінімум один генератор для виробництва несучих коливань, що мають у складі хоча б один елемент несучої з неперервною зміною частоти (несучий світ, GTW) і, відповідно, як мінімум один пристрій для модуляції для здійснення такого роду модуляції.

Приймаючий пристрій виконується з урахуванням можливості охоплення сигналів, що мають у своєму складі несучі свіпи. Воно містить у своєму складі генератор опорного сигналу для виробництва, як мінімум, одного допоміжного сигналу зі штучною допоміжною частотою, як мінімум одного змішувача для змішання прийнятого сигналу з відповідним допоміжним сигналом, а так само, при необхідності, один або кілька фільтруючих пристроїв і, як мінімум, одного пристрою аналізу.

Винахід має особливо наступні переваги. У першу чергу, реалізується варіант використання широкосмугових сигналів за допомогою частотно-модульованих сигналів, що уможливорює передачу додаткової інформації поверх існуючих вузькосмугових каналів, що використовують константні несучі частоти, не викликаючи при цьому істотних перешкод для систем передачі даних, заснованих на використанні константних несучих частот. За допомогою використання частот F2-сигналів, що неперервно змінюються, досягається згладжування впливу шуму (усереднення по широкій смузі частот) і створюються передумови поліпшення відношення сигнал/шум при підготовці до обробки сигналу на стороні приймача. Модуляція несучого коливання або несучого свіпа може відбуватися на базі цифрового або аналогового кодування, у залежності від типу застосування. На відміну від відомих методів імпульсної світ-модуляції застосовувані тут несучі свіпи містять у кожному випадку сполучний фрагмент сигналу, що уможливорює застосування фазо-когерентних методів модуляції і, з цим, збільшення швидкості передачі інформації.

Досягаються також переваги, що так само були розкриті в патенті PCT/DE99/02628 (WO0011817) для описаного там варіанта передачі даних. Оскільки F2-метод дозволяє найбільш якісний поділ багатопроменевих компонентів і, при цьому, також надає можливість їхнього роздільного використання, проблеми інтерференції виникаючі при багатопроменевому поширенні, можуть бути успішно усунуті, а також може бути досягнута найбільша стабільність значень фази й амплітуди. Далі надаються різні можливості, що дозволяють використовувати ефект багатопроменевого розсіювання. Особливо значимим є те, що енергія запізнілих багатопроменевих компонентів, що надходять до приймача, може бути зібрана і сконцентрована. Посилення, що досягається в такому випадку, може розглядатися так само як антенне посилення, що досягається завдяки одночасному зборі енергії сигналу від рознесених у просторі точок, з тією відмінністю, що тут використовується багаторазовий прийом часової послідовності багатопроменевих компонент (луна). Обидва підходи можуть, однак, цілком успішно комбінуватися. Головна риса пропонованого винаходу складається в першу чергу в наданні інструмента для переважно компактного вирішення.

Висока якість розпізнавання сигналу відкриває можливості виконання одночасної більш тонкої модуляції окремих параметрів або цілої групи параметрів сигналу для передачі даних. При цьому користувач F2-технології може вирішувати сам, чи буде інформація передаватися у формі аналогових сигналів або у формі іншої придатної модуляційної кривої. Варіанти модуляції амплітуди, фази та/або частоти по окремоті або в певних сполученнях можуть комбінуватися так, що будуть створюватися дискретні стани, що можуть використовуватися для цифрової передачі даних. Збільшення числа помітних цифрових станів може використовуватися для збільшення швидкості передачі даних. Крім того, додаткові цифрові стани можуть реалізовуватися за рахунок можливості комбінування різноманітних параметрів модуляції. Цифрова форма модуляції може використовуватися з перевагою також і для окремих свіпів, що сприяє організації режиму доступу багатьох користувачів.

За допомогою представленого тут F2-методу може досягатися рівномірна по всій зоні покриття якість прийому, причому, особливо для застосування мобільних прийомних і передавальних пристроїв, може виявитися дуже корисним те, що за допомогою цього методу усунуться ефекти нестійкості і «провали» у прийомі, зв'язані з багатопроменевою інтерференцією.

Для ряду застосувань може виявитися корисним, що F2-сигнали, будучи досить широкосмуговим, слабо піддані впливу з боку сторонніх перешкод. Так, наприклад, представляється мало ймовірним, що вся частотна смуга цілком може бути блокована перешкодами. Далі є корисним той факт, що енергія (або спектральна щільність потужності) F2-сигналів розподіляється в широкому діапазоні частот. З цієї причини, що кожен частотний осередок спектра сигналу містить при цьому невелику кількість енергії і є «активним» дуже короткий час, досягається, з однієї сторони те, що ці сигнали складніше перехоплюються (особливо, якщо структура світ-несучої невідома або характеристики свіпа змінюються в процесі передачі), і, з іншого боку, що вони слабо взаємодіють з іншими сигналами, наприклад, випромінюваними з несучої постійної частоти, або такими що являються також F2-сигналами, що мають інший, наприклад, протилежний за знаком градієнт зміни частоти (свіпи, хрестоподібної форми і т.п.). Принципово представляється можливим використання так званих «частотних світ-каналів» у доповненні до існуючих частотних каналів, що передають традиційні сигнали з константною несучою частотою, частотних світ-каналів, що «уздовж і поперек» використовують відповідно широку частотну смугу. Через можливість комбінування з іншими методами, що реалізують розподіл енергії в широкому діапазоні частот, з'являються корисні варіанти доробки методу, за допомогою чого, названі переваги, а також спектр застосування можуть розвиватися і далі.

Подальші деталі, а також переваги винаходу стають більш зрозумілими з опису прикладених малюнків. Вони представляють:

Фіг.1а, 1b: зображення кривих для ілюстрації змін у свіп-сигналі в часі з лінійним висхідним (а) і спадним (в) ходом частоти;

Фіг.2а, 2b: представлення коливач двох ділянок F2-сигналу;

Фіг.3а, 3b: представлення кривих із прикладами накладення несучих коливач: свіп-несучої та несучої постійної частоти (а), двох лінійних свіпів з лінійним висхідним і спадним ходом зміни частоти (b), що можуть належати одному або двом різним інформаційним сигналам;

Фіг.4а, 4b, 4с: схематичне представлення з ілюстрацією розподілу спектральної щільності енергії сполучених сигналів, а також її перерозподілу відповідно до процедури перетворення сигналу: свіп-сигнал (F2-сигнал), вузькосмугова перешкода плюс шум (а), зміна відношення унаслідок трансформації сигналу (b), трансформований корисний сигнал плюс шумовий компонент після фільтрації (с);

Фіг.5: ілюстрація розподілу модуляції свіп-несучої на такти;

Фіг.6: ілюстрація варіанта реалізації з множинною модуляцією при формуванні переданого F2-сигналу; наприклад, зміщеного 4-х позиційного фазокодованого інформаційного сигналу після модуляції лінійного частотно-модульованого несучого сигналу (свіпа) і наступної фільтрації.

Фіг.7: приклад заповнення частотної смуги декількома F2-сигналами.

Фіг.8: приклад часового упорядкування несучих свіпів F2-сигналу в одній частотній смузі.

Фіг.9: ілюстрація варіанту розподілу фрагментів свіп-несучої F2-сигналу по декількох частотних діапазонах.

Фіг.10: ілюстрація формування допоміжної частоти приймаючого пристрою;

Фіг.11: ілюстрація проєкції несучого коливач на допоміжну частоту на приймаючій стороні;

Фіг.12: ілюстрація тонкої структури прийнятого сигналу;

Фіг. 13а, 13b: представлення кривої для ілюстрації спектральних складових частотно трансформованого сигналу на прийомі;

Фіг.14а, 14b: блокове представлення передавального пристрою (а) і приймаючого пристрою (b) відповідно до винаходу;

Фіг.15: блокове представлення приймаючого пристрою відповідно до одного з варіантів реалізації винаходу;

Фіг.16: блокове представлення передавального пристрою для виробництва F2-сигналів зі сполученими за часом несучими коливачами;

Фіг.17: блокове представлення приймаючого пристрою з розділними каналами обробки;

Фіг.18: блокове представлення приймаючого пристрою для комбінованої обробки багатопромених компонентів;

Фіг.19: блокове представлення приймаючого пристрою для комбінованої обробки багатопромених компонентів з індивідуальною корекцією фази;

Фіг.20: блокове представлення приймаючого пристрою з еквайзером;

Фіг.21: блокове представлення приймаючого пристрою для комбінованої обробки багатопромених компонентів з індивідуальними еквайзерами;

Фіг.22: блокове представлення приймаючого пристрою з обробкою прийнятого сигналу «наосліп»;

Фіг.23: ілюстрація проєкції прийнятого сигналу з однією компонентом-луною на дві різні допоміжні частоти для виробництва двох дзеркальних частотних спектрів;

Фіг.24: детальна ілюстрація проєкції на верхню допоміжну частоту;

Фіг.25: детальна ілюстрація проєкції на нижню допоміжну частоту;

Фіг.26а, 26b: ілюстрація дзеркального розташування частотних складових у трансформованих спектрах, а також корекція часових зсувів за допомогою спеціальних фільтруючих функцій;

Фіг.27а, 27b: ілюстрація розташування частотних складових після їхнього зсуву уздовж осі часу;

Фіг.28: ілюстрація для утворення неперервного коливач і концентрації енергії сигналу в смузі частот з відповідною центральною частотою (перед фільтрацією розсіяних складових);

Фіг.29а, 29b: Блокове представлення передавального пристрою (а) і приймаючого пристрою (b) для PN-модульованих сигналів;

Фіг.30: блокове представлення приймаючого пристрою з компенсацією по Допплеру.

Фіг.31: блокове представлення приймаючого пристрою з інтегруванням модулем для проведення аналізу спектра, особливо для реально-часового аналізу багатопроменової структури.

Передача сигналів відповідно до запропонованого винаходу описується згодом у відношенні формування сигналу (генерація несучого коливача і його модуляція), а також обробки і демодуляції на стороні приймаючого пристрою. Відомі фізико-технічні заходи для формування і розпізнавання сигналів, для їх цифрового інформаційного кодування, для прийому і передачі не представляються тут у деталях.

Модуляція на передавальній стороні

Фіг.1а та 1b представляють приклади несучих свіпів з різними частотними градієнтами по окремої, що у цьому простому випадку є лінійними функціями. Рисунки 2а та 2b, спираючись на Фіг.1а, схематично представляють кілька періодів кривої коливача з постійним значенням частотного градієнта, де, однак, значення початкової фази розрізняється на 180 градусів. Установка початкової фази являє собою приклад фазового кодування F2-сигналів. Інші можливості кодування базуються на відомих методах амплітудної і частотної модуляції або комбінації всіляких методів модуляції.

Фіг.3а та 3b представляють можливість одночасної передачі несучих свіпів разом з несучими коливачами, конфігурованими іншим способом, при цьому Фіг.4, на основі схематично представленого спектрального розподілу енергії, показує, що, наприклад, F2-свіп-сигнал та вузько смуговий сигнал (тут як інтерферуєючий сигнал по відношенню до свіп-сигналу), впливають один на одного лише тільки в незначному ступені. У той час як вузькосмуговий компонент виражений явно в складі переданого і прийнятого сигналів,

енергія F2-сигналу, однак, є розподіленою в широкій смузі (Фіг.4а), і тому відношення між ними змінюється в результаті трансформації сигналу після обробки прийнятого сигналу за допомогою допоміжного свіпу, згенерованого на прийомі (Фіг.4б). У результаті, енергія вихідного вузькосмугового сигналу-перешкоди розподіляється на частотному діапазоні, у той час, як енергія F2-сигналу концентрується в одному частотному осередку, при цьому він стає вираженням набагато більш явно над рівнем шуму. Це полегшує його фільтрацію й обробку (аналіз). Фіг.4с представляє той факт, що у фільтрованому сигналі усе ще утримується шумова складова, котра може призвести до помилки в оцінці прийнятого інформаційного сигналу.

До цього необхідно відзначити, що при накладенні одного свіпу на інший із протилежним градієнтом (тут не представлено), у ході перетворення першого до константних проміжних частот, енергія другого свіпу розподіляється на ще більш широкому діапазоні частот.

Несучий свіп може бути носієм одного або декількох біт або (при аналоговій обробці інформації) може містити одну або більш порцій інформації. Для декількох біт або порцій інформації несучий свіп підрозділяється на кілька тактів модуляції, що, наприклад, ілюструється Фіг.5. Розділення свіпу з лінійним частотним градієнтом на два такти рівної тривалості T_1 і T_2 представлено в кожному випадку тривалостями тактів t_1 і t_2 . За допомогою розділу несучих свіпів на два або більшу кількість тактів модуляції можуть досягатися підвищені швидкості передачі даних.

Розділення на такти модуляції є особливо корисним при передачі цифрової інформації, поділі бітових потоків, розпізнаванні. Наприклад, при передачі двох нулів, що впливають один за одним, вони можуть розноситися як окремі біти за допомогою тактів модуляції. При використанні великої кількості тактів (наприклад, 10 на свіп) виникає можливість передачі даних на особливо великих швидкостях.

Введення тактів модуляції являє собою важливу відмітну рису в порівнянні з вищевказаним використанням свіпів для передачі даних в інших методах. Відповідно до пропонованого методу свіпи не просто «включаються» і «виключаються», а потактно модулюються.

У залежності від застосування, такти модуляції можуть мінятися неперервно або східчасто, відповідно до вимог конкретного застосування. При цьому виходять з того, що для демодуляції F2-сигналу необхідною є тільки деяка визначена кількість періодів коливань несучої хвилі. Оскільки у свіп-сигналі кількість коливань в одиницю часу неперервно змінюється, істотне збільшення швидкості передачі даних може досягатися за допомогою того, що тривалість такту модуляції зменшується до мінімально необхідного значення, тобто коли тривалість такту встановлюється в залежності від поточного значення частоти.

Подальша можливість для збільшення швидкості передачі даних складається, крім того, у застосуванні більш складних методів модуляції для кодування інформації. Фіг.6 ілюструє варіант застосування множинної модуляції при формуванні F2-сигналу на прикладі одного з відомих методів зміщеного фазового кодування інформаційного сигналу з наступною модуляцією несучого свіпа; тут представлений тільки переданий сигнал. Зайва частина спектра відфільтрована. При такому представленні інформаційний сигнал має власну несучу частоту, що потім модулює або модулюється свіп-сигналом; результат в обох випадках той самий. У пропонованому методі, однак, як уже було вказано вище, переважає розгляд свіпа як несуче коливання для всього сигналу. У цьому відношенні необхідно, однак, ще раз указати на те, що формування F2-сигналів не припускає в обов'язковому порядку те, що інформаційний сигнал володіє власною несучою частотою. Цілковитим можливим є варіант прямої модуляції свіп-несучої інформаційним сигналом. З цієї причини, Фіг.6е, 6f до 6е можна опустити з розгляду.

Фіг.7 показує приклад багаторазового (одночасного) використання смуги частот F2-сигналами, що мають різну конфігурацію. Обидві жирні лінії являють собою свіпи, що належать одному сигналові, що передаються через інтервал часу t_w . Свіпи, що належать іншим сигналам, мають інтервали зсуву t_s (часові слоти).

Відповідно до винаходу свіпи F2-сигналів можуть конфігуруватися за визначеним протоколом, погодженим для використання, як приймачем, так і передавачем. Загалом, у протоколі визначається те, що являє собою свіп (частотно-часова функція) і те, як його енергія розподіляється по частотних діапазонах. Протоколи можуть бути різними для кожної пари користувачів, особливо, з метою зниження небезпеки впливу сигналів один на одного, розташованих в одній і тій же смузі частот. У випадку, якщо декілька паралельно використовуваних F2-сигналів мають однакову конфігурацію, протокол передачі даних може служити, наприклад, для того, щоб за допомогою введення або завдання часових вікон або зсувів (часових слотів) досягалось їхнє сприятливе розміщення (див. приклад на Фіг.7).

Може також передбачатися варіант, у якому протокол змінює свій зміст під час передачі даних за погодженим планом або відповідно до коду (передача команди «перехід від протоколу 1 до протоколу 10» і т.п.).

Наступна можливість запобігання випадкових накладень декількох F2-сигналів складається у введенні нерівних інтервалів між елементами свіп-несучої. Фіг.8 представляє приклад псевдо-випадкового розташування елементів свіп-несучої в одній і тій же смузі частот (випадкове змішування в часі). Штрихові лінії показують очікуване розташування відповідних фрагментів свіп-несучої у випадку їхнього рівномірного розподілу у часі. Введення псевдо-випадкових інтервалів має ту перевагу, що навіть без завдання спеціальних часових вікон (часових слотів), тобто при випадковому змішуванні сигналів у часі в режимі доступу багатьох користувачів, практично виключається повне накладення двох або більшого числа сигналів, що належать різним користувачам. Накладення окремих свіпів компенсується за допомогою відповідних алгоритмів корекції.

Фіг.9 представляє приклад протоколу передачі, при якому фрагменти свіп-несучої одного інформаційного сигналу розподіляються на дві різні, переважно сусідні, частотні смуги \square_{f_a} і \square_{f_b} . Відбувається поперемінне переключення двох різних каналів або смуг без зміни характерного частотного градієнта.

Демодуляція на прийомі

Відповідно до винаходу демодуляція свіп-несучої на прийомній стороні відбувається за тим же принципом, що описаний у РСТ/DE99/02628 (WO0011817). У наступному будемо звертатися лише до принципів перетворення інформаційного сигналу до смуги константних проміжних частот, наприклад за допомогою змішування або перемножування з допоміжною частотою, згенерованою на прийомі. Додатково, відомі заходи

призначаються для поліпшення відношення сигнал/шум і смугової фільтрації.

Fig.10 у верхній частині схематично представляє результат прийому сигналів в одній частотній смузі, що часто застосовується для здійснення одночасного доступу багатьох користувачів до каналу. При цьому F2-сигнал, призначений для визначеного приймача, позначається жирною лінією, і часове вікно, де в цей час знаходиться аналізований сигнал, позначений вертикальними штриховими лініями. Лінії в тонах сірого кольору відносяться до чужих F2-сигналам. З боку приймача формується допоміжне коливання (допоміжний свіп-сигнал або гетеродинний сигнал), що у тому ж часовому вікні t_{sweep} має такий же частотний градієнт \square_{het} , що і відповідний аналізований сигнал свіп-несучої що відрізняється, однак, значенням стартової частоти, наприклад, як у нижній частині Fig.10, розташований нижче.

Потім виробляється змішування або перемножування прийнятого свіпа з допоміжним гетеродинним сигналом. Результат проілюстрований на Fig.11, що має у верхній частині подібну вихідну конфігурацію, як і на Fig.10. За допомогою проєкції аналізованого свіпа на допоміжний гетеродинний сигнал за допомогою змішувача або перемножника несучого сигналу всіх розташованих у цьому часовому вікні свіпів трансформуються до проміжних константних частот, що тепер відрізняються лише по висоті або значенню константної частоти (нижня частина на Fig.11). З цього спектра, наприклад за допомогою смугового фільтра, фільтруються необхідні компоненти, тут трансформований сигнал. При трансформації сигналу відфільтровуються, при необхідності, також і бічні частотні смуги, що з'являються, (тут не показані). Трансформований у такий спосіб і «очищений» свіп може в далі оброблятися як звичайний сигнал з константною несучою частотою шляхом залучення відомих у практиці обробки сигналів способів виділення інформаційних параметрів, таких як фазовий кут, амплітуда або, як у випадку частотної модуляції, що ще залишилися після трансформації сигналу частотного ходу або характеру зміни фази. Істотною перевагою F2-технології є можливість одержання повної сумісності з іншими відомими методами обробки сигналу просто за допомогою виконання одного проміжного етапу трансформації частоти.

Крім того, F2-метод містить також можливість аналізу доплерівських зсувів, наприклад, на основі обчислення відхилень у значеннях трансформованої несучої частоти від очікуваного значення, наприклад, для оцінки швидкості зміни відстані між приймачем і передавачем або для прийняття в розрахунки іншим шляхом отриманих доплерівських зсувів при формуванні допоміжного свіп-сигналу з метою підвищення якості і стабільності зв'язку. Такий варіант виконання має переваги особливо для комунікації між швидко рухливими об'єктами. Також і тут необхідно вказати на можливість одержання даних про навколишнє середовище з аналізу прийнятих сигналів.

Наступна перевага винаходу полягає в тому, що в результаті описаної трансформації прийнятого сигналу за допомогою допоміжних сигналів, у випадку багатопроменевого поширення представляється можливим виділення й аналіз з безлічі багатопроменевих компонентів однієї або декількох підходящих, наприклад, найбільш могутнього багатопроменевого компонента, наприклад, із застосуванням відповідно в'язкосмугових фільтрів або відповідного ШПФ-аналізу. На Fig.12 і 13 (за аналогією з Fig.10 і 11) дається детальне представлення, на основі якого порозуміваються можливості методу, що дає зовсім нову якість передачі даних спеціально в неоднорідних і структурованих середовищах.

У загальному випадку передбачається ізоляція зі спектра трансформованого сигналу окремих, найбільш підходящих для обробки спектральних ліній (відгуків каналу), наприклад, найбільш сильних, - багатопроменевого поширення, що утримуються в спектрі через - і їхня оцінка, переважно за допомогою фільтруючих пристроїв або на базі простого або комплексного ШПФ-аналізу.

У випадку багатопроменевого поширення безперервна зміна частоти викликає той ефект, що окремі багатопроменеві компоненти приходять до приймача як зміщені в часі рівнобіжні свіпи. Крім різної тривалості шляхів поширення, форма взаємного рівнобіжного розміщення в частотно-часовій площині визначається також частотним градієнтом свіпів. Існування частотних градієнтів визначає той ефект, що зсуви у часі, тобто розходження в тривалості поширення різних відгуків каналу, викликають інтерференцію багатопроменевих компонент і через різні значення їхніх миттєвих частот є поділюваними за допомогою сигнально-технічних засобів і їхній взаємний вплив послабляється. Чим крутіше свіп, тобто чим більше частотний градієнт у межах заданого фрагмента сигналу, тим, більше є спектральний дозвіл багатопроменевих компонентів.

Цей факт уможливорює оптимальне настроювання методу на різні умови зв'язку, причому, наприклад, при передачі даних по радіоканалах усередині будинків, у місті або за містом, застосовуються ситуативно-залежні різні частотні градієнти, тобто застосовуються несучі свіпи з різними нахилами.

Fig.12. представляє послідовність багатопроменевих відгуків (відзначених як R1-R5), що приходять з різними часовими затримками (позначені взагалі як t_{crd} для затримки каналу поширення) у вигляді паралельних свіпів. Унаслідок цього розширюється часове вікно на прийомі різних копій того самого свіп-сигналу на величину t_{sd} (затримка часу поширення). Fig.13a схематично показує, що в результаті трансформації частоти відповідні розходження в часі поширення представляються частотними лініями, що розрізняються, у спектрі проміжних частот. Тут набирає сили той ефект, уже пояснений на підставі Fig.4, що за допомогою трансформації сигналу енергія, у вихідному виді розподілена в широкому діапазоні частот у вигляді свіпів, збирається в околиці одного частотного осередку (Fig.13b), при цьому досягається істотне поліпшення відношення сигнал/шум і, разом з цим, зм'якшується вплив випадкових складових шуму.

Незважаючи на помітне поліпшення, трансформовані багатопроменеві компоненти, у залежності від їхньої передісторії (ходу поширення в каналі) можуть, однак, мати різну потужність, як це вже було показано на прикладі Fig.13b. Першим, технічно просто реалізованим, критерієм вибору представляється визначення частоти, що має найбільшу амплітуду, з її наступною фільтрацією, наприклад, за допомогою керованих, досить вузькосмугових фільтрів. Відповідне настроювання фільтра може здійснюватися, наприклад, в аналоговому вигляді, як це описано в PCT/DE99/02628 (WO0011817). У такий же спосіб, розміщення бажаних компонент у заданій смузі фільтра можливо за допомогою зміни початкового значення допоміжної частоти. За допомогою одного з таких заходів може забезпечуватися в кожному випадку найкраще відношення сигнал/шум. З іншого боку, наприклад, при застосуванні фазового кодування може виявитися корисним варіант вилучення

зі спектра проміжних частот одного кращого, по можливості, окремо розташованого багатопроменевого компонента, оскільки значення його фазового кута знаходиться в цьому випадку під ще більш слабким впливом сусідніх компонентів спектру.

У цьому зв'язку відзначається особливо те, що за допомогою використання досить великих частотних градієнтів для несучого світ-сигналу можуть відокремлюватися один від одного в тому числі і ті багатопроменеві компоненти, різниця в дистанції шляху поширення яких веде до різниці по фазі на π , однак їхнє взаємне знищення внаслідок інтерференції виключається.

Одержання спектра окремих частотних ліній, що утримуються в трансформованому сигналі відповідно до Фіг.13b обумовлює подальше поліпшення відношення сигнал/шум. Всі окремі частотні лінії несуть однакову корисну інформацію разом з різними шумовими складовими, відповідними різним геометріям передавальних каналів. При цьому з'являється корисна надмірність. У кожному випадку два або більша кількість компонент (відгуків каналу) ізолюються і по окремоті аналізуються. Потім, результати аналізу порівнюються або обробляються спільно, наприклад, за допомогою утворення усередненого значення відповідного параметру сигналу, при необхідності зважаючи ці результати відповідно до потужності компонент. Це означає, що природна надмірність, обумовлена багатопроменевим поширенням, тобто поява безлічі копій сигналу (відгуків каналу) від того самого інформаційного сигналу, що є головною проблемою при передачі даних, може бути використана з користю для поліпшення якості результатів обробки прийнятого сигналу. Незважаючи на вищеописане поліпшення відношення сигнал/шум і часткове згладжування шумової складової по відомій смузі частот, може усе ще спостерігатися ефект розсіювання значень фази шумом, особливо, при використанні коротких тактів часу. У техніці обробки сигналу для такого випадку, звичайно, використовуються більш тривалі такти модуляції з метою досягнення ефекту усереднення шуму у часі. У F2-технології, однак, може додатково використовуватися паралельний набір багатопроменевих компонент, наданий природою у вигляді луни, при якому параметр сигналу, що несе інформацію, оцінюється в процесі одночасної рівнобіжної обробки кількох таких компонент, результати обробки яких, потім, використовуються відповідним чином спільно.

Різні можливості досягнення синхронізації при спільній обробці компонент спеціальними методами і, потім, об'єднання енергії цих компонент в околиці одного частотного осередку для відповідного посилення сигналу, переданого на оцінку інформаційного параметра, пояснювалося раніше.

Фіг.23-28 представляють спосіб обробки сигналу «наосліп». Представлено приклад одного з варіантів реалізації винаходу, при якому прийнятий сигнал, схематично представлений у формі двох багатопроменевих компонентів, зрушених на час Δ , по-перше, перемножується з першою допоміжною гетеродинною частотою, що лежить у смузі більш високих частот, і в других, перемножується з іншою гетеродинною частотою, що має такий же частотний хід, як і перша, однак, у порівнянні з нею лежить у більш низькій смузі частот. Фіг.23 показує, що обидві допоміжні частоти формуються синхронно, однак вони не обов'язково повинні синхронізуватися з прийнятим сигналом. Тривалість світів T_{sw} є, однак, у всіх випадках однаковою. Стрілки, позначені як \square і \square , і відповідні індекси представляють миттєві значення відносини частот, що утворюються через випадкове значення зсуву між багатопроменевими компонентами прийнятого сигналу і допоміжними світими.

Фіг.24 і 25 представляють відповідні фрагменти в деталях. Фіг.24 дає детальне представлення проєкції на верхню допоміжну частоту і Фіг.25 дає детальне представлення проєкції на нижню допоміжну частоту. У цьому відношенні, при необхідності, можуть проводитися фазові перетворення одного або обох спектрів. Фіг.26a і 26b схематично представляють обидва спектри, що виходять після перемноження з відповідними допоміжними частотами. У цих спектрах представлені окремі спектральні складові дзеркально стосовно центральної частоти відповідного спектра (тут означається в обох випадках як ω_c). У випадку якщо центральні частоти допоміжних світів (гетеродинні частоти) упорядковані несиметрично стосовно прийнятого сигналу, центральні частоти обох спектрів можуть відрізнитися. Важливими є лише дзеркально-симетричні відносини усередині цих спектрів. У правій частині рисунків схематично представлені фільтруючі функції, за допомогою яких коректуються часові зсуви спектральних компонент. Ця ступінь обробки може надбудовуватися при необхідності еквівалентом для випрямлення індивідуальних частотних і фазових перекручувань, а також для тонкої синхронізації елементів в обох спектрах. Фіг.27a та 27b схематично представляють за аналогією до Фіг.26a та 26b положення частотних складових після зсуву уздовж осі часу. Якщо представлені на Фіг.27a та 27b спектри перемножити, тоді раніше синхронізовані елементи зберуться у формі неперервної хвилі, що має частоту $2\omega_c$, причому енергія сигналу сконцентрується у відповідному частотному вікні. Фіг. 28 схематично показує результат такої операції. Нове значення центральної частоти (показаною жирною лінією) може тепер фільтруватися і далі оброблятися.

Пристрій прийому і передачі

Фіг.14 представляє пропонування винаходом передавальний пристрій 10, що має у своєму складі пристрій 11 для генерування градієнтного несучого коливання (GTW), що модулює пристрій 12 для модуляції несучого коливання, а також змішувач 13. Пристрій генерування 11 призначено для виробництва градієнтних несучих коливань або несучих світів відповідно до принципів, згаданих вище, і надстроєно відомими в техніці керованими формувачами сигналів. Пристрій, що модулює, призначено для кодування переданої інформації. Модуляція відбувається відповідно до одного з методів, обраного зі складу відомих у техніці методів кодування інформації. Змішувач 13 являє собою модуль для змішування несучого і інформаційного компонента (змішувач, перемножник і т.п.). Такий змішувач має у своєму складі вихід 14, при необхідності оснащений фільтром 15 або зв'язаний за допомогою випромінювача з фізичним, передавальним каналом. Фільтруючий пристрій 15 виконується переважно у формі смугово-пропускний фільтра, і може включатися між виходом 14 і випромінюючою антеною або випромінюючим перетворювачем (на рисунку не представлений). Фільтруючий пристрій 15 призначений для усунення бічних частот, що з'являються. У випадку якщо вони не являють собою перешкоду, пристрій може приєднуватися прямо до виходу.

У цій системі передачі передана інформація (символ) перетворюється в модулі 13 до відповідного вигляду за допомогою модулятора 12 і в наслідок наноситься на несуче градієнтне коливання, створюване генератором 11, також приєднаного до цього модуля. Перемикач 16 і смугово-пропускний фільтр, позначений

штриховою лінією, показують, що фільтруючий пристрій 15 може факультативно включатися в ланцюг з модулем у послідовному порядку.

Фіг.14b представляє одну з форм виконання пропонованого у винаході пристрою прийому 20, що має у своєму складі генератор 21, розташований на приймаючій стороні і призначений для виробництва допоміжної частоти, переважно градієнтного коливання або свіпа, пристрій для проєкції сигналів 22 для накладення прийнятого сигналу, що надходить від прийомної антени або прийомного перетворювача (не представлений), на такі градієнтні коливання або свіпи, пристрій для поділу компонент сигналу 23, а також демодулятор 24. Схеми 21-24 утворюють пристрій для прийому сигналів, що мають несучі частоти, що неперервно змінюються.

Генератор 21 також надбудовується відомими в техніку обробки сигналів керованими формувачами сигналів. Пристрій для проєкції сигналів 22 має у своєму складі змішувач, перемножник і т.п. Пристрій для поділу компонентів сигналу 23 містить як мінімум один модуль для поділу компонентів сигналу, наприклад смуристо-пропускний фільтр, керований пристрій фільтрації або ШПФ-фільтр. Пристрій демодуляції 24 для проведення аналізу/демодуляції сигналу повертає передану інформацію. При застосуванні комплексного ШПФ-модуля як пристрою аналізу, пристрій для поділу компонентів сигналу і пристрій демодуляції може бути реалізовані також спільно у вигляді сполученої схеми.

Фіг.15 фрагментарно представляє виконання прийомного пристрою, що здійснює цільову обробку одного багатопроменевого компонента.

Наступні варіанти виконання прийомного і передавального пристроїв мають переваги, особливо в режимі доступу багатьма користувачами. Фіг. 16 і 17 представляють приклади, у яких передбачена множина рівнобіжних каналів для формування й обробки сигналів, причому відповідні модулятори і генератори включаються переважно паралельно і поєднуються один з одним за допомогою центрального керуючого модуля (не представлений), що керує формою, положенням по висоті і часовому порядку проходження свіпів та/або їх модуляцією (переважно відповідно до протоколу передачі). Відповідно, прийомний пристрій може також мати у своєму складі модуль керування, що у свою чергу керує процесом обробки сигналу. При необхідності множина схем, зазначених на Фіг.14a, 14b і 15 включаються паралельно і поєднуються за допомогою загального модуля керування і доповнюються іншими елементами схеми.

Фіг.18 дає блокове представлення прийомного пристрою для комбінованої обробки багатопроменевих компонент, причому □ позначає групу елементів, відповідальних за корекцію зсувів і перекручувань, наприклад часових зсувів. Як доробку варіанта, представленого на Фіг.18, Фіг.19 дає блокове представлення фрагмента прийомного пристрою, призначеного для комбінованої обробки множини багатопроменевих компонент з індивідуальною корекцією фази.

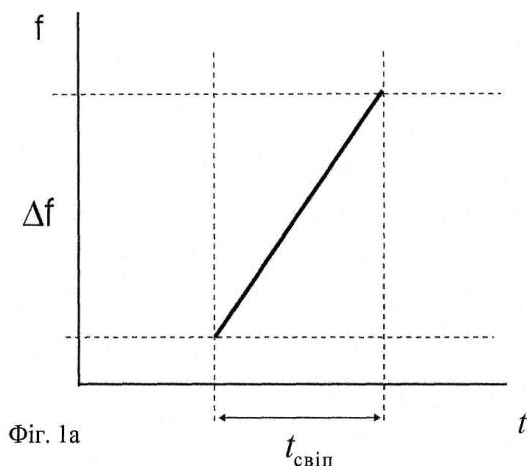
Для уточнення Фіг.20 представляє один з каналів обробки прийомного пристрою, доповненого нелінійним фільтром для еквалізації одного багатопроменевого компонента. Спираючись на Фіг.20, Фіг.21 представляє варіант виконання, що дозволяє комбіновану обробку багатопроменевих компонент, що мають у своєму складі елементи схеми для проведення їхньої індивідуальної точної корекції.

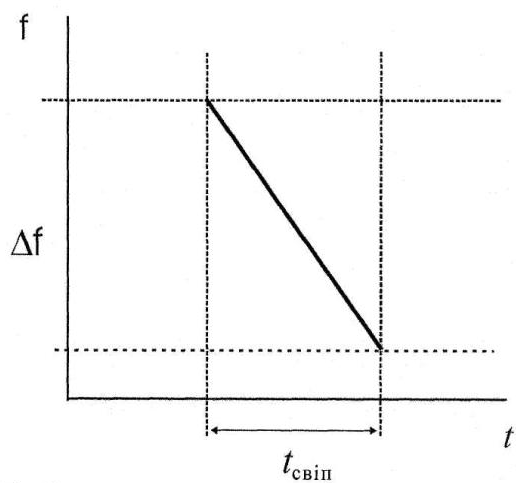
Фіг.22 представляє приклад центральної частини прийомного пристрою для проведення вищевказаної «обробки сигналу наосліп». Фіг.29-31 представляють подальші варіанти виконання прийомних пристроїв, призначених для реалізації разом з вищевказаним PN-методом або для обліку в розрахунках доплерівських зсувів.

Додатки

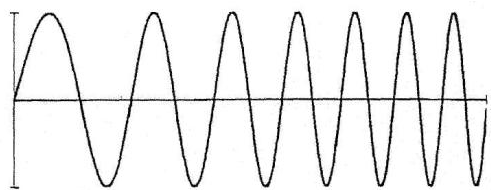
Застосування винаходу не обмежується визначеними методами кодування інформації, її змістовною частиною, методами передачі даних і передавальним середовищем. Наприклад, існує можливість застосування методу для передачі даних акустичним шляхом, наприклад за допомогою акустичних хвиль по повітрю (керування електронними пристроями, акустичне миша, клавіатура і т.п.) або через інші газоподібні, рідкі або тверді середовища, наприклад під водою, крізь твердотілісні об'єкти або по спеціальних хвилеводах. Інші застосування можуть бути представлені в області радіозв'язку, передачі даних по лазерному, електричному або оптичному кабелю, при дистанційному керуванні (телевізор, клавіатура) або керуванні під водою, а також при комбінованому або самостійному застосуванні в області передачі даних та/або для визначення параметрів навколишнього середовища.

Ознаки винаходу, дані в цьому описі, рисунках і пунктах формули винаходу можуть становити інтерес як самостійно, так і в будь-якій комбінації для реалізації винаходу в його численних формах виконання.

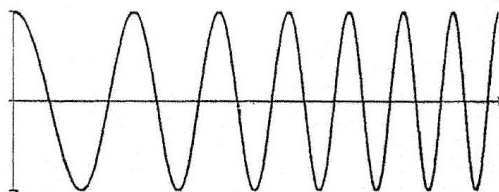




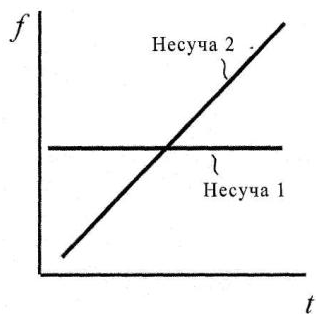
Фіг. 1b



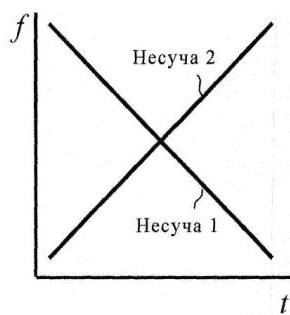
Фіг. 2a



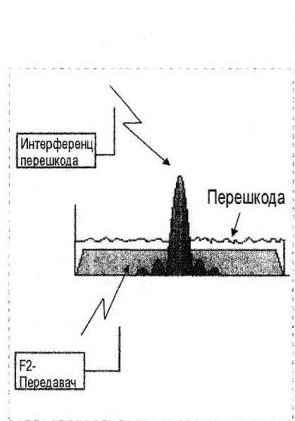
Фіг. 2b



Фіг. 3a

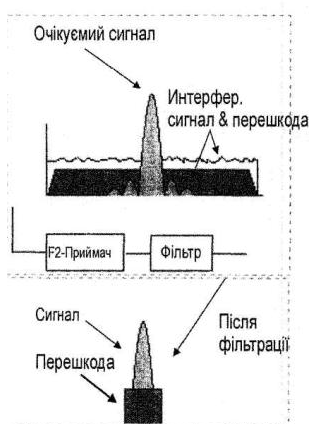


Фіг. 3b

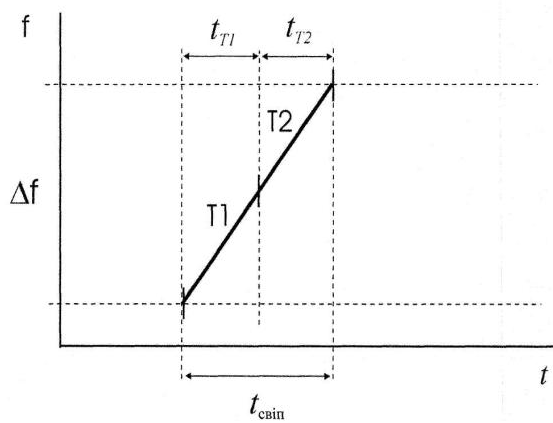


Фіг. 4a

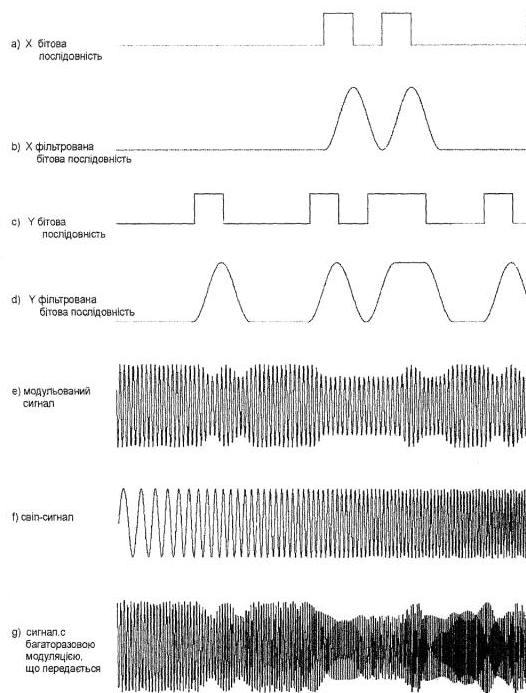
Фіг. 4b



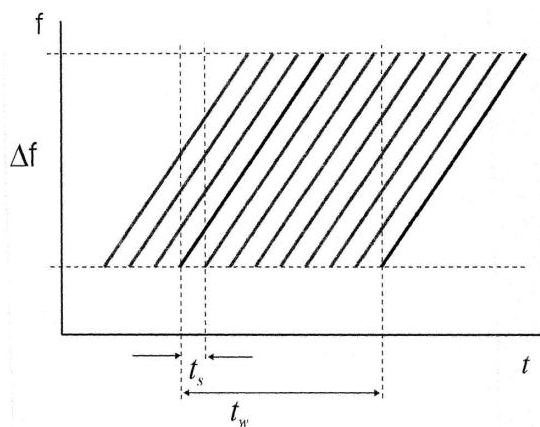
Фіг. 4c



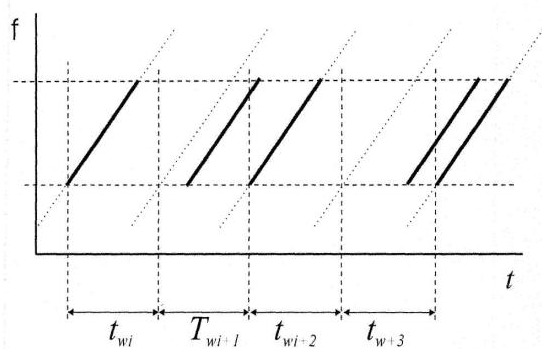
Фіг. 5



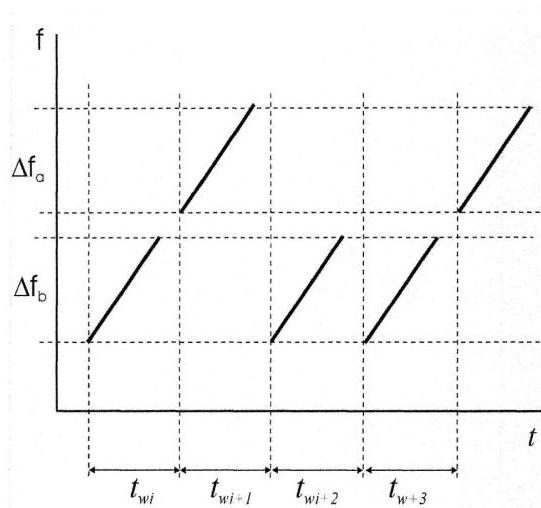
Фиг. 6



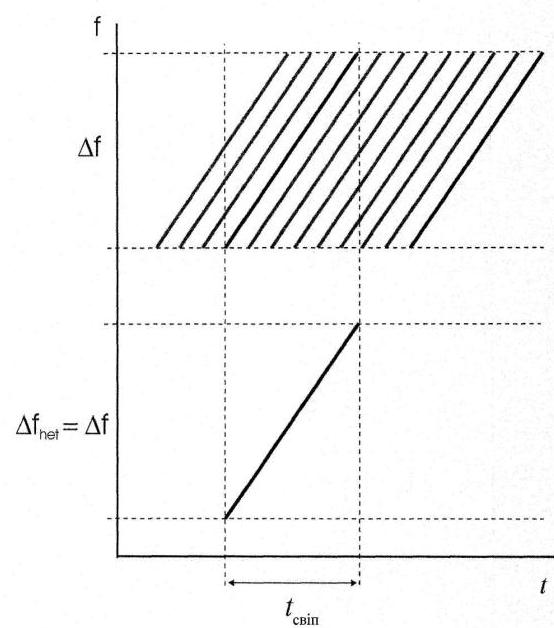
Фиг. 7



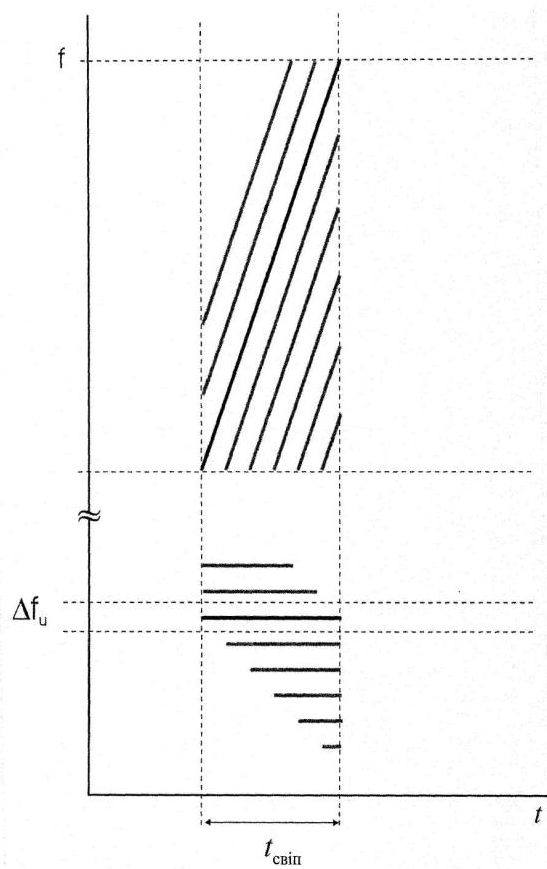
Фиг. 8



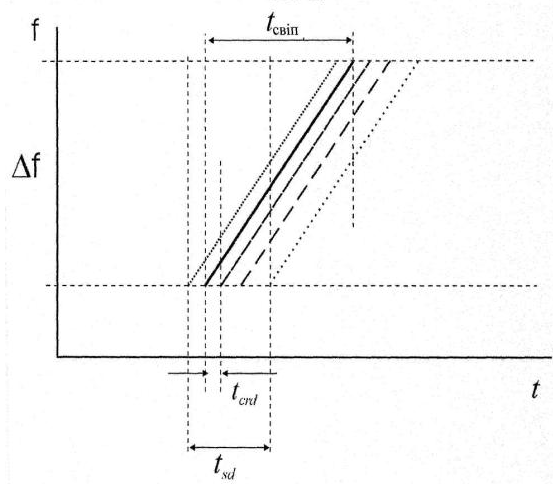
Фиг. 9



Фиг. 10

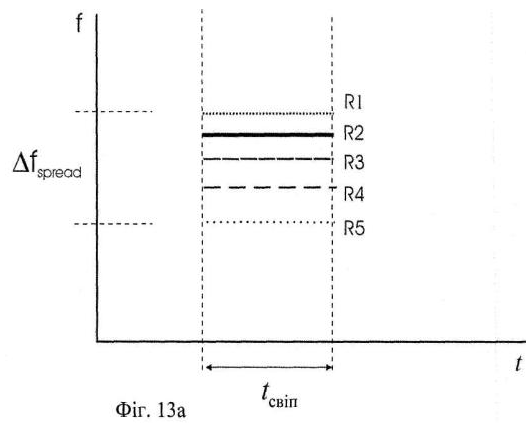


Фиг. 11

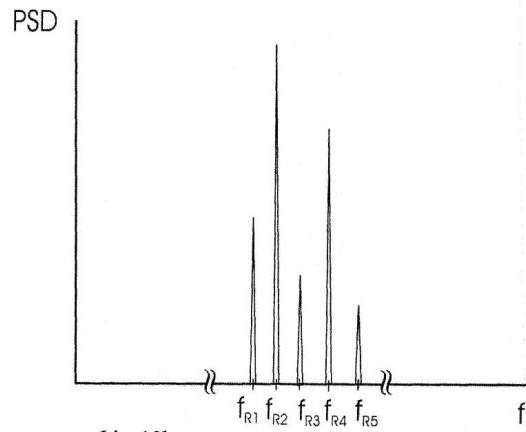


- R1
- R2
- R3
- - - - R4
- R5

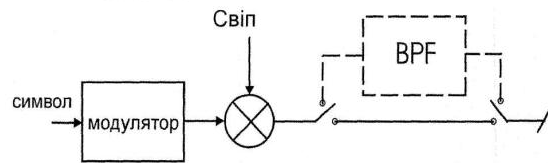
Фиг. 12



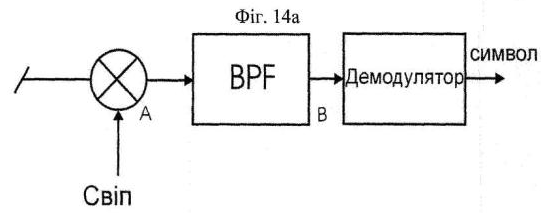
Фіг. 13a



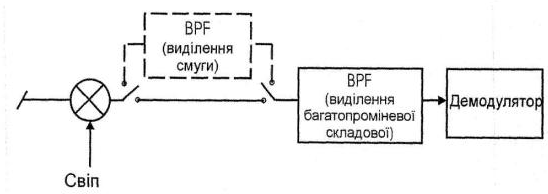
Фіг. 13b



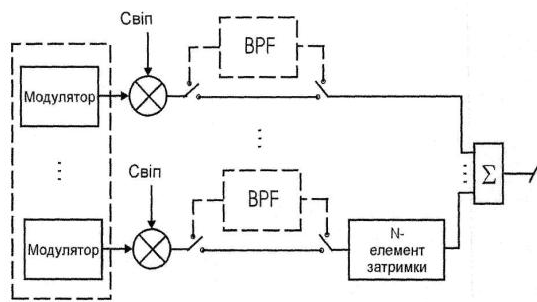
Фіг. 14a



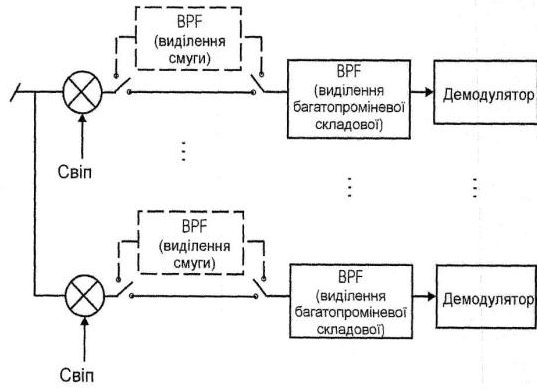
Фіг. 14b



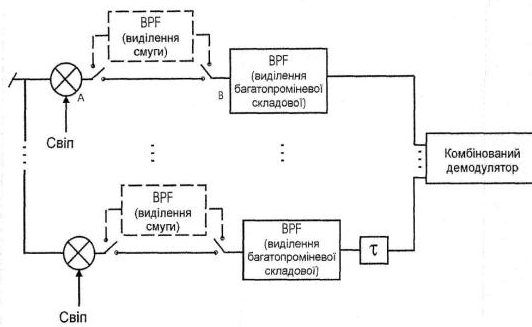
Фіг. 15



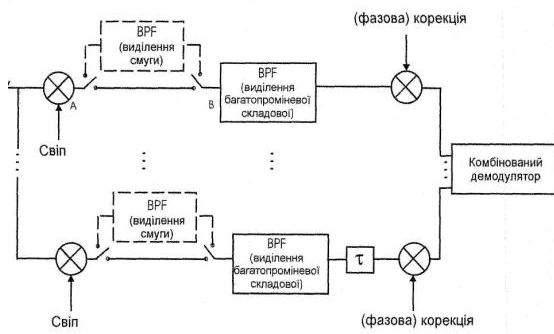
Фіг. 16



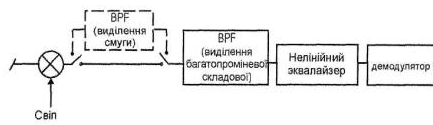
Фіг. 17



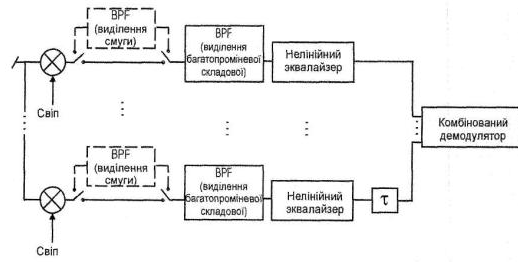
Фіг. 18



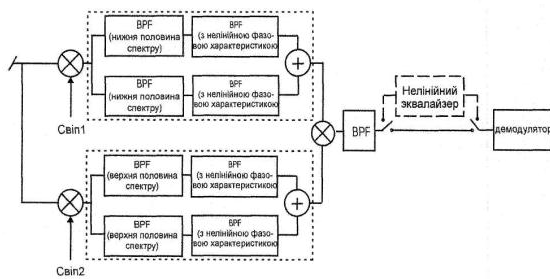
Фіг. 19



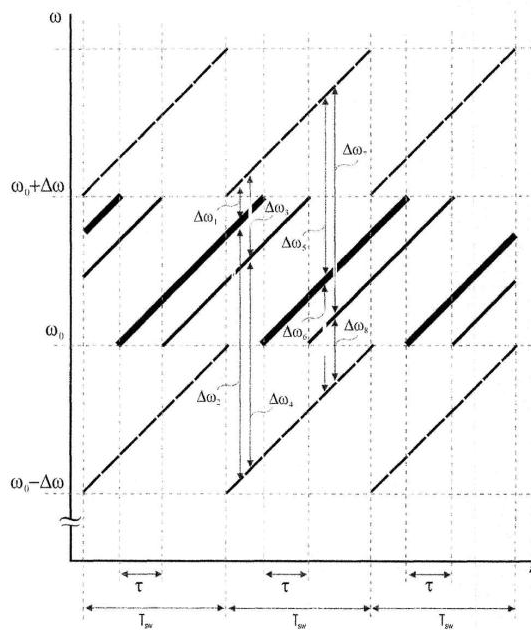
Фиг. 20



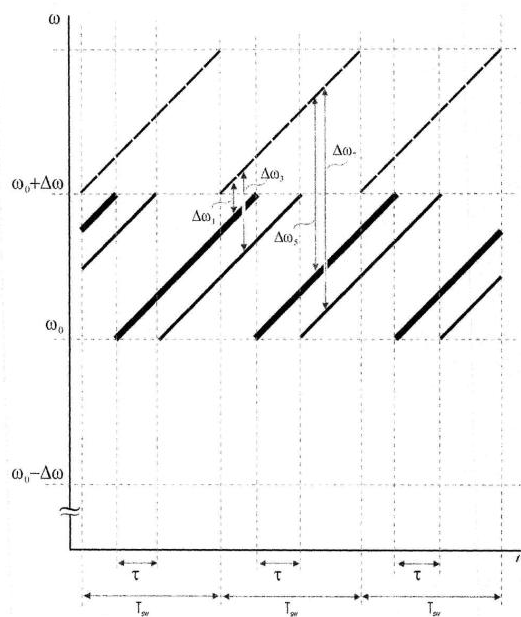
Фиг. 21



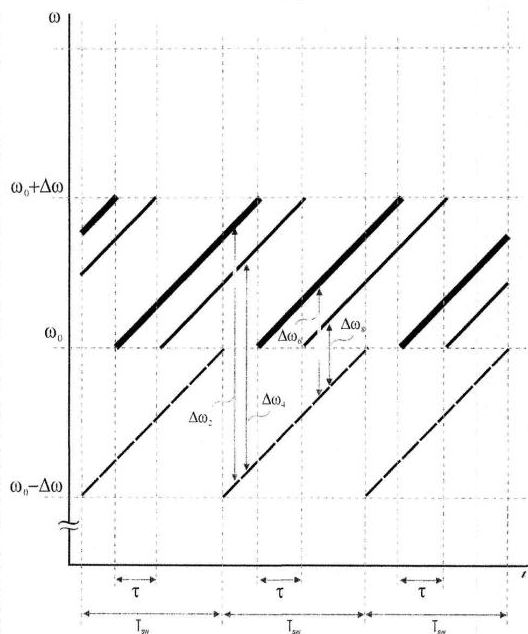
Фиг. 22



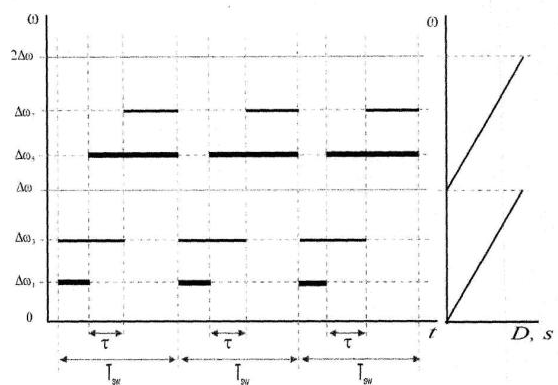
Фиг. 23



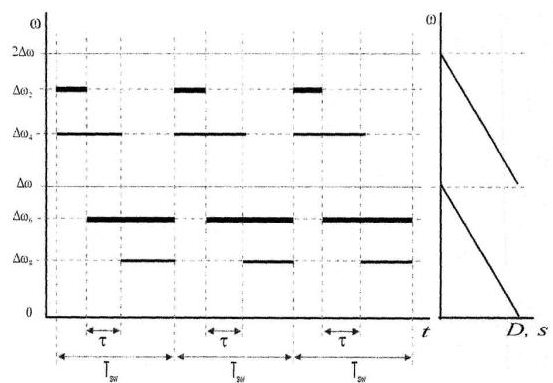
Фиг. 24



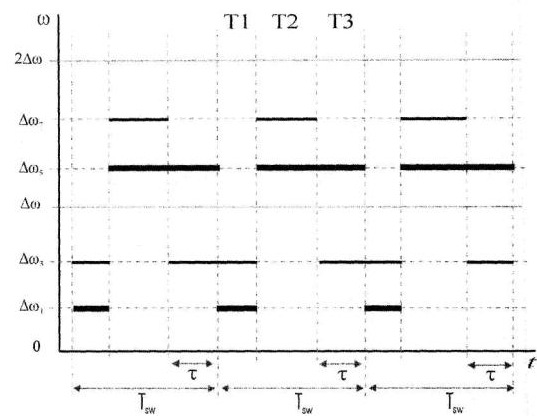
Фиг. 25



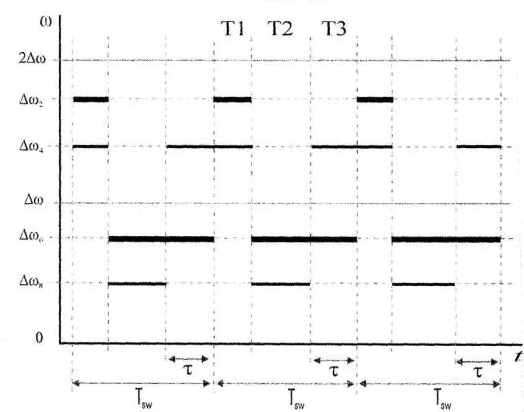
Фиг. 26a



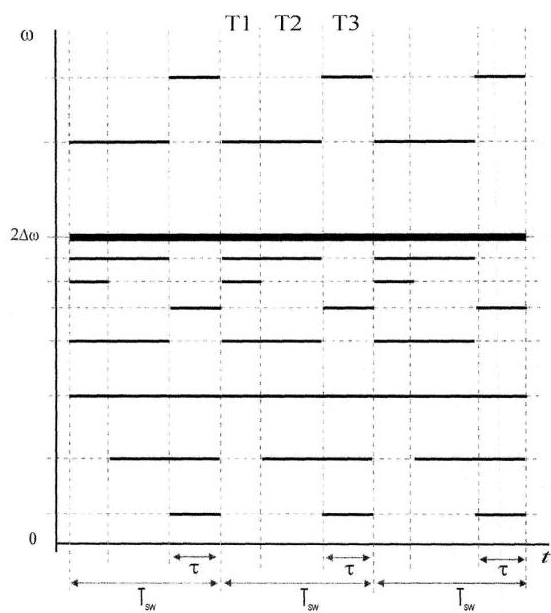
Фиг. 26b



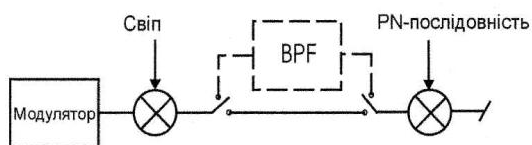
Фиг. 27a



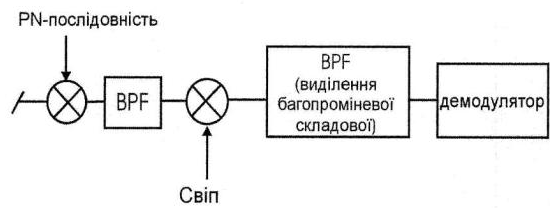
Фиг. 27b



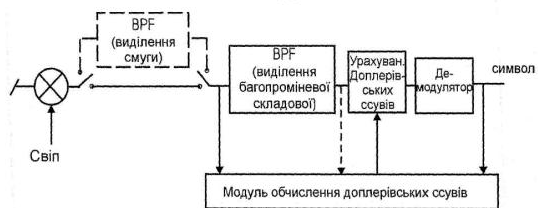
Фіг. 28



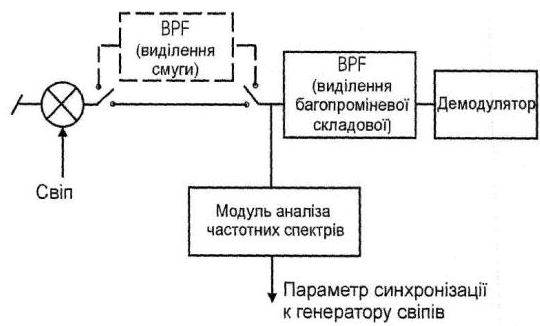
Фіг. 29а



Фіг. 29b



Фіг. 30



Фіг. 31