



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 92899

(13) C2

(51) МПК-2011.01  
H04B 7/005

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

**(54) СПОСІБ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ДИНАМІЧНОГО ЗМІНЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ПЕРЕДАВАННЯ ТА ПОТУЖНОСТІ ПЕРЕДАВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОТОКОЛУ ОБМІНУ КАДРАМИ-МАЯЧКАМИ**

1

2

(21) а200704338

(22) 19.10.2005

(24) 27.12.2010

(86) PCT/IB2005/053424, 19.10.2005

(31) 60/620,448

(32) 20.10.2004

(33) US

(31) 60/663,670

(32) 21.03.2005

(33) US

(46) 27.12.2010, Бюл.№ 24, 2010 р.

(72) ХАБЕТА ЙОРГ, DE

(73) КОНІНКЛІЙКЕ ФІЛІПС ЕЛЕКТРОНІКС Н.В., NL

(56) "Part 15.3: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for High Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs)", IEEE STD 802.15.3-2003; 29.09.2003

US 2002172186 A1; 21.11.2002

WO 2004002049 A; 31.12.2--3

WO 02091623 A; 14.11.2002

WO 03047176 A; 05.06.2003

(57) 1. Спосіб динамічного вибору швидкості передавання даних та/або потужності передавання у мережі передавання даних, яка включає в себе множину пристроїв, до складу якої входять щонайменше один пристрій, який приймає дані, та щонайменше один пристрій, який передає дані, який включає такі операції:

- розділення часу на послідовність щонайменше з одного суперкадру;

- у пристрої, який приймає дані: введення у кадр-маячок зворотного відгуку, що містить інформацію, яка має стосунок до вибору швидкості передавання даних та/або потужності передавання;

- передавання згаданого кадру-маячка у час відповідного суперкадру; та

- у пристрої, який передає дані: вибір швидкості передавання даних та/або потужності передавання, виходячи, принаймні частково, зі зворотного відгуку від щонайменше одного зі згаданої множини пристроїв;

і який включає також такі операції:

- у пристрої, який приймає дані: введення в кадр-маячок інформації стосовно поточних, минулих або майбутніх параметрів передавання; а також

- у пристрої, який приймає дані: визначення рекомендацій стосовно швидкості передавання даних

та/або потужності передавання, виходячи, принаймні частково, зі згаданої інформації; причому кадри-маячки пристроїв у суперкадри згруповані у щонайменше один період кадрів-маячків (BP).

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що згаданий зворотний відгук містить щонайменше одне з переліченого: повний зворотний відгук, який містить рекомендований рівень/вибір швидкості передавання даних та/або потужності передавання; інкрементний зворотний відгук, який містить рекомендовані відносні зміни швидкості передавання даних та/або потужності передавання; зворотний відгук стосовно стану або якості каналу; а також зворотний відгук стосовно кількості антен або параметрів діаграм направленості антен.

3. Спосіб за п. 2, який **відрізняється** тим, що зворотний відгук стосовно стану або якості каналу містить щонайменше одне з переліченого:

- співвідношення сигнал-шум (SNR);

- потужність прийнятого сигналу (RSS);

- рівень шуму (N);

- частота трапляння пакетів з помилками (PER);

- частота трапляння помилкових бітів (BER);

- втрати в лінії; та

- будь-яка інша характеристика якості каналу або приймання.

4. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що згадані параметри передавання включають в себе щонайменше одне з переліченого: потужність передавання, швидкість передавання даних, схема модуляції, схема кодування, кількість антен, параметри MIMO або параметри діаграм направленості антен, параметри, що характеризують поточне/минуле/майбутнє передавання.

5. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що згаданий зворотний відгук включає в себе складову інформаційного елемента кадру-маячка.

6. Спосіб за п. 5, який **відрізняється** тим, що згаданий існуючий інформаційний елемент кадру-маячка являє собою інформаційний елемент DRPIE, який також може використовуватися для резервування середовища передавання даних для майбутнього передавання.

7. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що згаданий зворотний відгук передається в окремому інформаційному елементі кадру-маячка.

(13) C2

(11) 92899

(19) UA

8. Спосіб за п. 7, який **відрізняється** тим, що згаданий окремий інформаційний елемент кадр-маячка вибраний з групи, що складається з:

- інформаційного елемента зворотного відгуку стосовно каналу (LFIE), який містить зворотний відгук, вибраний зі згаданої групи варіантів;
- інформаційного елемента керування потужністю передавання (PCIE), який містить повний або інкрементний зворотний відгук стосовно потужності передавання;
- інформаційного елемента керування швидкістю передавання даних (RCIE) або інформаційного елемента адаптації до каналу (LAIE), який містить зворотний відгук стосовно принаймні швидкості передавання даних та/або схеми модуляції, та/або схеми кодування;
- інформаційного елемента MIMO (MTMOIE) або інформаційного елемента діаграм направленості (BFIE), який містить зворотний відгук стосовно кількості антен або параметрів діаграм направленості антен; та
- комбінацій попередніх варіантів.

9. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що згадана інформація передається як частина існуючого інформаційного елемента кадр-маячка.

10. Спосіб за п. 9, який **відрізняється** тим, що згаданий існуючий інформаційний елемент кадр-маячка являє собою інформаційний елемент DRP IE, який також використовується для резервування середовища передавання даних для майбутнього передавання.

11. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що згадана інформація передається в окремому інформаційному елементі кадр-маячка.

12. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що швидкість передавання даних та/або потужність передавання визначаються в умовних одиницях, а їхня величина задається комбінацією бітів.

13. Спосіб за п. 2, який **відрізняється** тим, що згаданий інкрементний зворотний відгук задається комбінацією бітів, що вказує принаймні перелічене:

- швидкість передавання даних та/або потужність передавання має бути збільшена; або
  - швидкість передавання даних та/або потужність передавання має бути зменшена;
- і яка також може (необов'язково) вказувати на те, що швидкість передавання даних та/або потужність передавання має бути залишена незмінною.

14. Спосіб за п. 13, який **відрізняється** тим, що згаданий інкрементний зворотний відгук також містить вказівки щодо того, наскільки суттєво – відповідно, на скільки умовних одиниць – має бути змінена швидкість передавання даних та/або потужність передавання.

15. Спосіб за п. 4, який **відрізняється** тим, що швидкість передавання даних та/або потужність передавання визначаються в умовних одиницях, а їхня величина задається комбінацією бітів.

16. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що згаданий зворотний відгук у кадрі-маячку складається зі зворотних відгуків для усіх каналів, в яких відповідний пристрій є приймачем даних.

17. Бездротовий пристрій для роботи у бездротовій мережі передавання даних, який включає в себе:

- передавач для передавання кадрів-маячків цього пристрою та даних, в тому числі одного або декількох інформаційних елементів, які мають стосуюнок до вибору швидкості передавання даних та/або потужності передавання;
- приймач, виконаний з можливістю здійснення зв'язку через бездротове середовище передавання даних;
- процесор;
- модуль-процесор кадрів-маячків;
- локальний запам'ятовувальний пристрій;
- причому процесор виконаний з можливістю приймання від приймача кадр-маячка, який містить один або декілька інформаційних елементів, які мають стосунок до вибору швидкості передавання даних та/або потужності передавання, та вибирання швидкості передавання даних та/або потужності передавання, виходячи, принаймні частково, з інформації у згаданих інформаційних елементах.

18. Бездротовий пристрій за п. 17, який **відрізняється** тим, що модуль-процесор кадрів-маячків обробляє кадр-маячок для визначення щонайменше одної характеристики іншого пристрою та зберігання її/їх у локальному запам'ятовувальному пристрої.

19. Бездротовий пристрій за п. 17, який **відрізняється** тим, що процесор виконаний з можливістю використання модуля вибору схеми MCS та/або потужності передавання і зворотного відгуку для визначення належних схеми MCS та потужності передавання для відповідного каналу.

20. Бездротовий пристрій за п. 17, який **відрізняється** тим, що розв'язує колізії між кадрами-маячками шляхом прослуховування слотів для кадрів-маячків, а також шляхом декодування інформаційних елементів, що повідомляють про зайнятість періоду кадрів-маячків (BPOIE), з пакетів-маячків інших пристроїв.

21. Бездротовий пристрій за п. 17, який **відрізняється** тим, що процесор функціонально з'єднаний із:

- згаданим модулем-процесором кадрів-маячків і виконаний з можливістю розділення середовища передавання даних на послідовність щонайменше з одного суперкадру, що включає розділений на слоти період кадрів-маячків і період передавання даних, для обробки прийнятих під час них, відповідно, кадрів-маячків і даних, а також форматування власних кадрів-маячків і власних даних, що передаються під час них, і здійснення відповідного керування;
- згаданими приймачем і передавачем і виконаний з можливістю керування, відповідно, прийманням і передаванням кадрів-маячків під час згаданого розділеного на слоти періоду кадрів-маячків і відповідного керування швидкістю передавання даних та/або потужністю передавання під час згаданого періоду передавання даних.

Цей винахід стосується протоколу для керування доступом до надширокопasmового (відомого фахівцям як "ultra wide-band" - UWB) середовища передавання даних (відомого фахівцям як "medium access control" - MAC). Більш конкретно, цей винахід стосується вдосконаленого протоколу для керування доступом до надширокопasmового середовища передавання даних. Також цей винахід стосується вдосконаленого протоколу для керування доступом до надширокопasmового середовища передавання даних, що включає в себе протокол розподіленого резервування (відомий фахівцям як "distributed reservation protocol", DRP). Винахід також стосується будь-якої бездротової системи, в якій використовується протокол керування доступом до середовища передавання даних і в якій пристрої передають кадр-маячок.

Персональні бездротові мережі (відомі фахівцям як "wireless personal area networks", WPAN) призначені для передавання даних на короткі відстані до десяти, або декількох десятків, метрів і у більшості випадків не передбачають використання інфраструктури (тобто центрального вузла). Але у деяких існуючих мережах WPAN, таких як Bluetooth або IEEE 802.15.3, передбачається використання центрального вузла, такого як "координатор пікомережі" (відомого фахівцям як "Piconet Coordinator"). Це ускладнює керування мережами довільної структури, коли інфраструктура відсутня. При використанні протоколу розподіленого керування доступом до середовища передавання даних відсутня необхідність у мережевій інфраструктурі - відповідні функції розподіляються між всіма пристроями (вузлами). У децентралізованій бездротовій персональній мережі (WPAN) немає ані точки доступу, ані центрального координатора. Іншими словами, всі пристрої в децентралізованій мережі WPAN працюють за одним і тим самим протоколом і мають однакову апаратну/програмну функціональність. У більшості мереж WPAN підтримується як асинхронне, так й ізохронне передавання даних. Тоді як у Bluetooth і IEEE 802.15.3 ізохронне передавання організовується координатором пікомережі, відповідно до даного винаходу функціональність, необхідна для його здійснення, розподілена поміж вузлами.

На даний момент стадію підготовки до стандартизації проходить протокол керування доступом до середовища передавання даних групи MBOA, див. MultiBand OFDM Alliance (MBOA) MAC Wireless Medium Access Control (MAC) Specification For High Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs), Draft 0.61, 3 серпня 2004 р.

Відповідно до цього стандарту групи MBOA, усі пристрої повинні періодично передавати кадри-маячки 105 (дивись Фіг. 1) для координування роботи пристроїв, що обмінюються даними. Кадри-маячки 105 (відомі фахівцям як «beacon») надають базовий механізм синхронізації у мережі і передають інформацію, яка стосується ізохронних резервувань, переходу в режим очікування тощо. Усі пристрої оголошують про використання ними середовища передавання даних в ізохронному режимі шляхом передавання кадрів-маячків, дізна-

ються про використання середовища передавання даних сусідніми пристроями за одержаними від них кадрами-маячками і враховують використання середовища передавання даних іншими пристроями при здійсненні передавання/приймання даних.

Завдяки цьому протокол розподіленого керування доступом до середовища передавання даних виявляється добре придатним для мереж довільної структури (так званих «ad hoc»-мереж), а також для роботи в однорангових мережах. Крім того, резервування середовища передавання даних пристроями, на чому й базується розподілене керування доступом до середовища передавання даних, дозволяє уникати втрат часу на прослуховування середовища передавання даних та розв'язання колізій. При цьому збільшується пропускна спроможність і значно поліпшується можливість керування маршрутизацією трафіка.

Завдяки розподіленню резервування середовища передавання даних може бути гарантована підтримка потокового передавання в реальному часі. Дуже ефективний протокол потокового передавання в реальному часі забезпечує контрольовану доставку даних реального часу, таких як аудіо і відео. Джерелами таких даних можуть бути як потоки «живих» даних, такі як трансльовані наживо аудіо або відео, так і збережений контент, наприклад - заздалегідь записані передачі.

Відповідно до цього стандарту групи MBOA час поділений на суперкадри 100 тривалістю 65536 мкс, що складаються з 256 слотів доступу до середовища передавання даних (відомих фахівцям як "Media Access Slot", MAS), причому тривалість кожного слота MAS становить 256 мкс. Слоти MAS мають номери від 0 до 255. Визначені декілька типів слота, залежно від того, як даний слот MAS використовується даним пристроєм або сусідніми до нього пристроями.

Пристрої періодично передають кадри-маячки для оголошення про своє існування, резервування середовища передавання даних, перехід в режим очікування тощо. Кадри-маячки одного або декількох пристроїв групуються у один або декілька послідовних періодів 102 кадрів-маячків (відомих фахівцям як "Beacon Period", BP) (в останній версії згаданого стандарту групи MBOA в одному суперкадрі передбачається лише один період кадрів-маячків). Перш ніж зможе бути започатковане передавання, пристрій має створити свій період кадрів-маячків або приєднатися до існуючого періоду кадрів-маячків. У кожному періоді 102 кадрів-маячків певна кількість послідовних слотів MAS використовуються як слоти для кадрів-маячків, впродовж яких усі пристрої передають свої кадри-маячки 105. Кожний слот MAS включає в себе 3 слоти для кадрів-маячків. Тривалість періоду пакетів-маячків визначається динамічно і відповідає кількості зайнятих слотів для кадрів-маячків у відповідному періоді BP. Момент часу початку суперкадру 100 визначається початком періоду 101 кадрів-маячків та називається моментом часу початку періоду кадрів-маячків (відомий фахівцям як "beacon period start time", BPST); слоти MAS нумерують відносно цього моменту часу початку.

Багато сучасних систем зв'язку передбачають динамічний вибір схеми модулювання та кодування (відома фахівцям як "Modulation and Coding Scheme", MCS), а також потужності передавання. Нагальною проблемою є вибір у передавачі належних схеми MCS та потужності передавання.

Цей винахід спрямований на вирішення проблеми вибору у передавачі належних схеми MCS та потужності передавання та пропонує дуже потужне та ефективне рішення, що передбачає використання кадрів-маячків.

Потреба у зміні схеми MCS та/або потужності передавання виникає часто, що пояснюється змінами робочих параметрів каналу у бездротових системах (а також до певної міри - і у дротових системах). Зміна робочих параметрів каналу може бути зумовлена перешкодами від інших пристроїв цієї самої або іншої мережі, загасанням у каналі, зумовленим, наприклад, переміщенням терміналу, зміною відстані між передавачем та приймачем тощо. Складність вибору належних схеми MCS та потужності передавання полягає у тому, що цей вибір має залежати від робочих параметрів каналу з боку приймача, оскільки приймач має бути в змозі коректно декодувати прийняті дані. Однак передавач, взагалі-то, обізнаний лише з робочими параметрами каналу зі свого боку, а не робочими параметрами каналу з боку приймача. Існують два основні підходи до розв'язання цієї проблеми.

Перший підхід полягає у тому, що передавач оцінює робочі параметри каналу з боку приймача. Ця оцінка може, наприклад, базуватися на співвідношенні між кількістю позитивних підтверджень, прийнятих від приймача, та кількістю кадрів із помилками. Вона може також базуватися на показнику потужності прийнятого сигналу (параметр, відомий фахівцям як "Received Signal Strength", RSS), визначеному для отриманих від приймача кадрів, або співвідношенні сигнал-шум (параметр, відомий фахівцям як "Signal to Noise Ratio", SNR) для таких кадрів - на боці передавача. Цей підхід виходить з того, що канал є до певної міри симетричним, або що принаймні є певна кореляція між напрямками передавач-приймач та приймач-передавач. Такі оціночні підходи є можливими, але мають недоліки - вони є досить повільними або не дуже точними.

Другий підхід полягає у тому, що приймач передає передавачу явний зворотний відгук стосовно робочих параметрів каналу на боці приймача або навіть свої рекомендації стосовно схеми MCS та потужності передавання. Такий підхід загалом є більш точним та швидким, ніж оціночний підхід. З іншого боку, передавання такого явного зворотного відгуку призводить до утворення більшого обсягу службових сигналів, ніж при оціночному підході.

Цей винахід уможливорює передавання приймачем явного зворотного відгуку з мінімальним обсягом службових сигналів. Відповідно до даного винаходу кожний пристрій передає кадр-маячок, у який уміщує зворотний відгук стосовно поточного передавання, в якому даний пристрій є приймачем. Цей зворотний відгук може бути інкрементним або повним зворотним відгуком стосовно вибору схеми MCS та потужності передавання, або ж мо-

же лише містити інформацію про канал з боку приймача.

Інкрементний зворотний відгук стосовно вибору схеми MCS та потужності передавання означає, що приймач повідомляє у своєму кадрі-маячку, чи варто збільшити або зменшити (або зберегти незмінною) швидкість передавання даних (отже - схему MCS) та потужність передавання. Збільшення або зменшення визначається в умовних одиницях. Отримавши це повідомлення, передавач може прийняти цю рекомендацію та збільшити/зменшити/зберегти незмінною схему MCS та потужність передавання на одну (або декілька) умовну одиницю. Кадр-маячок містить окремі рекомендації стосовно схеми MCS та потужності передавання. Передавач може також застосовувати якійсь різновид схеми із ковзним середнім та може слідувати рекомендаціям приймача лише з певною затримкою.

Повний зворотний відгук стосовно вибору схеми MCS та потужності передавання передбачає уміщення приймачем у його кадр-маячок конкретних рекомендацій стосовно схеми MCS та потужності передавання, які має застосувати передавач. Оскільки стандартом визначена певна обмежена множина схем MCS, кожна схема MCS може ідентифікуватися певним кодом, тобто комбінацією бітів. Рекомендований рівень потужності передавання також може повідомлятися за допомогою певного коду (якщо потужність передавання визначається в умовних одиницях) або як абсолютна величина. Після отримання повного зворотного відгуку передавач може послідувати цій рекомендації та змінити схему MCS та/або потужність передавання на ті, які було рекомендовано.

Зворотний відгук, який містить лише інформацію про канал з боку приймача, уможливорює гнучкішу поведінку передавача, але натомість, мабуть, є менш ефективним. Ця інформація про канал може, наприклад, містити показники потужності прийнятого сигналу (RSS) або співвідношення сигнал-шум (SNR), визначені для прийнятих від передавача пакетів, або частоту трапляння пакетів з помилками (відома фахівцям як "Packet Error Ratio", PER), або іншу релевантну інформацію. Після прийняття інформації про канал у зворотному відгуку передавач сам вибирає відповідну схему MCS та потужність передавання на основі отриманої інформації.

Відповідно до MAC-протоколу групи MBOA кадр-маячок містить інформаційні елементи (відомі фахівцям як "Information Elements", IE) декількох різних типів, деякі з яких будуть описані у докладному описі винаходу, наведеному нижче. Відповідно до цього винаходу зворотний відгук передається або як частина інформаційного елемента вже існуючого типу, визначення якого відповідним чином модифікується, або ж він передається у інформаційному елементі додаткового нового типу.

У випадку, коли зворотний відгук передається як частина інформаційного елемента вже існуючого типу, його уміщують у так званий інформаційний елемент «DRP IE». Інформаційний елемент «DRP IE» використовується передавачем та приймачем сеансу передавання для того, щоб зарезервувати

середовище передавання даних перед DRP-передаванням, а також для інформування один одного щодо часу передавання у межах суперкадра. Усі пристрої повинні декодувати інформаційні елементи «DRP IE», які містяться у кадрах-маячках інших пристроїв, а також повинні враховувати резервування, оголошені у них. Інформаційний елемент «DRP IE» добре придатний для введення в нього інформації зворотного відгуку, оскільки він як раз стосується з'єднання між двома (у випадку обміну даними між двома конкретними пристроями) або кількома (у випадку обміну даними між одним пристроєм та групою пристроїв-приймачів) пристроями. Відповідно до цього винаходу інформаційний елемент «DRP IE» модифікується, так що він уміщує інкрементний зворотний відгук, повний зворотний відгук або зворотний відгук про стан каналу для вибору схеми MCS та/або потужності передавання.

У випадку, коли зворотний відгук передається в окремих інформаційних елементах, цим винаходом передбачаються два можливих варіанти - або визначають окремі інформаційні елементи для схеми MCS та для потужності передавання, або зворотні відгуки обох типів об'єднують в одному інформаційному елементі. Перевага варіантів з додатковими інформаційними елементами полягає у тому, що може бути організований не тільки зворотний відгук для DRP-передавань, але також і для другого типу передавання даних (на основі довільного доступу), передбаченого стандартом групи MBOA (див. докладний опис нижче).

Винахід забезпечує багато додаткових переваг, очевидних з опису винаходу, графічних фігур та формули винаходу.

На Фіг. 1 показана загальна схема суперкадру;

На Фіг. 2 показана структура періоду кадра-маячка;

На Фіг. 3 показаний формат кадра-маячка;

На Фіг. 4 показана бездротова мережа пристроїв, які працюють відповідно до цього винаходу;

На Фіг. 5 показані деякі складові блоків пристрою відповідно до цього винаходу;

На Фіг. 6A показаний перший приклад формату інформаційного елемента «DRP IE»;

На Фіг. 6B показаний перший приклад поля «DRP Control» інформаційного елемента «DRP IE»;

На Фіг. 7A показаний другий приклад формату інформаційного елемента «DRP IE»;

На Фіг. 7B показаний другий приклад поля «DRP Control» інформаційного елемента «DRP IE»;

На Фіг. 8 показаний перший приклад формату інформаційного елемента зворотного відгуку стосовно каналу (або "Link Feedback Information Element", LFIE);

На Фіг. 9 показаний другий приклад формату інформаційного елемента зворотного відгуку стосовно каналу (або "Link Feedback Information Element", LFIE);

На Фіг. 10 показаний приклад залежності між швидкістю передавання даних та співвідношенням сигнал-шум;

На Фіг. 11 показаний третій приклад формату інформаційного елемента зворотного відгуку стосовно каналу (або "Link Feedback Information Element", LFIE); і

На Фіг. 12 показаний формат поля каналу.

Фахівцеві буде зрозуміло, що нижченаведений опис наводиться з метою пояснення суті винаходу, а не для обмеження його обсягу. Фахівцеві також буде зрозуміло, що можливі численні модифікації, що відповідають суті винаходу та охоплені формулою винаходу. Несуттєві деталі про відомі функції та операції можуть бути випущені з опису винаходу, щоб не ускладнювати сприйняття винаходу.

У протоколі розподіленого керування доступом до середовища передавання даних час поділений на суперкадри 100, як показано на Фіг. 1. Кожен суперкадр 100 починається з інтервалу/фази передавання кадрів-маячків, відомої також як період кадрів-маячків, або BP 101, за яким йде інтервал/фаза 102 передавання даних. У найбільш загальному випадку структура суперкадру може також передбачати наявність більше ніж одного BP. Суперкадр поділений на певну кількість слотів доступу до середовища передавання даних (відомих фахівцям як "Medium Access Slots", MAS) 103. Слоти MAS 103 періоду пакетів-маячків 101 поділені на визначену кількість слотів 104 для кадрів-маячків, наприклад, по 3 слоти для кадрів-маячків у кожному слоті MAS 103. Період BP 101 може містити нефіксовану кількість слотів MAS 103, а відповідно - і слотів 104 для кадрів-маячків, однак не може бути довшим за певну максимальну довжину. Слоти для кадрів-маячків та слоти MAS розділені захисними інтервалами для урахування неточностей синхронізації та затримок при передаванні.

Структура періоду пакетів-маячків 101 показана на Фіг. 2. Протягом періоду пакетів-маячків 101 усі пристрої, що перебувають або в активному стані, або в звичайному режимі енергозбереження, передають свій кадр-маячок 201 у одному зі слотів 104 для кадрів-маячків. Період BP 101 може містити незайняті слоти 104 для кадрів-маячків, а також слоти спеціального призначення, наприклад, на початку 202 або на кінці 203 періоду пакетів-маячків.

На Фіг. 3 показаний формат кадра-маячка 201 (читається зправа наліво). Тіло кадра-маячка 103 включає в себе такі поля та інформаційні елементи (IE), показані на Фіг. 3:

- Номер слота 301;
- Ідентифікатор пристрою 302;
- MAC-адреса 303; а також
- певна кількість інформаційних елементів (IE) 304;

Номер слота (Slot Number) 301 визначає слот, у якому передається даний кадр-маячок, і відображає порядок слідування кадрів-маячків. Якщо довжина цього поля становить 8 бітів, то одночасно можуть підтримуватися 256 пристроїв.

Ідентифікатор пристрою (Device ID) 302 - це відносно короткий ідентифікатор (наприклад, 16-розрядний), що походить, наприклад, від 48-розрядної (або 64-розрядної) MAC-адреси пристрою (або випадково вибраний) і призначений

для мінімізації накладних витрат при адресуванні пристрою.

MAC-адреса (MAC-address) 303 - це 48-розрядна (або 64-розрядна) повна MAC-адреса пристрою.

Інформаційні елементи (Information Elements - IE) 304 можуть бути різних типів. Тип інформаційного елемента визначається ідентифікатором інформаційного елемента (Information Element Identifier - ID) 601. У межах цього винаходу детальніше розглянуті тільки модифікований інформаційний елемент DRP IE 600, а також нові елементи для зворотного відгуку стосовно схеми MCS та потужності передавання, див. Фіг. 6.

На Фіг. 4 зображена типова бездротова персональна мережа 400, у якій можуть використовуватися варіанти здійснення даного винаходу. Ця мережа об'єднує множини бездротових персональних пристроїв 401 зв'язку. За традиційним підходом кожний пристрій 401 може приєднатися до будь-якої мережі довільної структури в межах свого радіодіапазону 402 і, отже, може передавати кадри-маячки в більш ніж одному періоді BP.

Кожний бездротовий пристрій 401 у мережі WPAN 400, показаний на Фіг. 4, може мати архітектуру, представлену на Фіг. 5. Як показано, кожний бездротовий пристрій 401 може мати антену 506, підключену до приймача 502, що здійснює зв'язок через бездротове середовище 510 передавання даних. Кожний з пристроїв 401 додатково має процесор 503 та модуль-процесор 504 кадрів-маячків. Наприклад, у пристрої процесор 503 виконаний з можливістю приймання від приймача 502 кадра-маячка 201, що містить один або більше інформаційних елементів, які мають відповідні положення у кадрі-маячку, а також обробки кадра-маячка 201 із застосуванням модуля-процесора 504 кадрів-маячків для визначення, наприклад, пристроїв, що належать до цього ж періоду кадрів-маячків, та їхніх характеристик, та зберігання їх у локальному запам'ятовувальному пристрої 507. У пристрої 401 процесор 503 додатково виконаний з можливістю використання модуля 505 вибору схеми MCS та/або потужності передавання і зворотного відгуку для визначення належних схеми MCS та потужності передавання для відповідного каналу.

Після вмикання пристрій 401 прослуховує середовище передавання даних для виявлення кадрів-маячків 201. Якщо пристрій 401 за результатами прослуховування не виявляє жодного кадра-маячка 201, він передає кадр-маячок для утворення періоду пакетів-маячків 101 для того, щоб стати готовим передавати або приймати кадри MAC-рівня. Таким чином визначається момент часу початку періоду кадрів-маячків та суперкадру, який може бути за декілька слотів для кадрів-маячків перед переданим кадром-маячком. Утворені незайняті слоти 202 можуть бути використані іншими пристроями для будь-якого іншої цілі, як то відомо фахівцям. Пристрій 401 продовжує передавати кадр-маячок 103 у кожному наступному суперкадрі 100, доки не виявить колізію між кадрами-маячками, як описано нижче.

Кадр-маячок містить інформацію стосовно довжини періоду кадрів-маячків. Ця інформація сто-

совно довжини може вказувати і на момент часу, пізніший від останнього зайнятого слота для кадра-маячка. Утворені слоти для кадрів-маячків 203 можуть також бути використаними для спеціальних цілей. Однією з таких цілей може бути розширення періоду кадрів-маячків для уміщення додаткових пристроїв.

Якщо ж пристрій 401 виявляє один або більше кадрів-маячків 201, то він не створює новий період кадрів-маячків 101. Замість цього цей пристрій визначає свою поточну групу обміну даними (відомо фахівцям як "beacon group"), виходячи із прийнятих кадрів-маячків 201. Поточна група обміну даними включає в себе пристрої, від яких пристрій 401 приймає щонайменше один кадр-маячок 201 впродовж останніх mLastBeacons суперкадрів 100. Якщо пристрій 401 приймає кадри-маячки, розташовані у різних періодах кадрів-маячків, то він перед здійсненням зв'язку з іншим пристроєм вибирає один (або декілька) періодів кадрів-маячків для передавання свого власного кадра-маячка.

Початок періоду 101 пакетів-маячків співпадає з початком відповідного суперкадру 100 та може бути визначений за номером слота для кадра-маячка, що міститься у кадрі-маячку. Кінець періоду 301 пакетів-маячків також оголошений у кадрі-маячку і визначається останнім зайнятим слотом для кадра-маячка або слотом MAS плюс певна кількість слотів 203 спеціального призначення.

Якщо два пристрої передають кадр-маячок 201 у одному і тому самому слоті 104 для кадра-маячка, то виникає колізія між кадрами-маячками. Остання може бути наслідком того, що два пристрої випадково вибрали одне і те саме положення (у часі) в межах періоду пакетів-маячків 101, або наслідком «проблеми невидимого вузла» (відомо фахівцям як «hidden station problem») у мережах із сітковою (або комірковою) структурою (відомі фахівцям як «mesh networks»). Колізія між кадрами-маячками повинна бути виявлена та розв'язана, оскільки інші пристрої будуть не в змозі декодувати два кадри-маячки, між якими трапилася колізія. Пристрої виявляють колізії між кадрами-маячками шляхом прослуховування слотів для кадрів-маячків, а також шляхом декодування наявних у пакетах-маячках інших пристроїв інформаційних елементів, що повідомляють про зайнятість періода кадрів-маячків (відомо фахівцям як "Beacon Period Occupancy Information Element", BPOIE). Інформаційний елемент BPOIE являє собою інформаційний елемент, який кожний пристрій уміщує у свій кадр-маячок і який інформує про зайнятість слотів для кадрів-маячків періоду BP 101, разом з ідентифікаторами пристроїв (DEVID) тих пристроїв, які займають відповідні слоти 104 для кадрів-маячків. Пристрій виявляє колізію між кадрами-маячками, якщо для слота 104 для кадра-маячка, в якому він передає власний кадр-маячок, у інформаційному елементі BPOIE іншого пристрою ним приймається ідентифікатор DEVID, відмінний від його власного ідентифікатора DEVID. Якщо пристроєм виявлено колізію між кадрами-маячками, він повинен перевести свій кадр-маячок у інший незайнятий слот для кадра-маячка. Якщо пристроєм не виявлено колізію між кадрами-

маячками, то він передає свій кадр-маячок 201 в одному і тому самому слоті 104 для кадра-маячка послідовних суперкадрів 100.

Для передавання даних визначені дві різні схеми доступу до середовища передавання даних: доступ до середовища передавання даних із резервуванням часу, який називають доступом за протоколом розподіленого резервування (відомий фахівцям як DRP), а також довільний доступ, який називають доступом до каналу з урахуванням пріоритетів (відомий фахівцям як "Prioritized Channel Access", або PCA).

DRP-доступ передбачає, що пристрої оголошують про свої резервування у кадрах-маячках у інформаційних елементах 600, що мають назву «DRP IE». Два альтернативні варіанти інформаційних елементів DRP IE 620 та 640 показані на Фіг. 6A та Фіг. 6B. В основі кожного з варіантів різні версії специфікацій групи MBOA, але вони розширені полями, що запропоновані цим винаходом. Усі пристрої повинні декодувати інформаційні елементи DRP IE, розміщені у кадрах-маячках інших пристроїв, а також повинні враховувати резервування, оголошені у них. Резервування, як правило, стосуються поточного суперкадру 100, в якому передається кадр-маячок 201 із відповідним інформаційним елементом DRP IE 600. Резервування може поширюватися на декілька слотів MAS, а також може бути періодичним, із нерезервованими слотами між зарезервованими сегментами. DRP-резервування може бути погодженим між передавачем та приймачами запланованого передавання або явно - за допомогою спеціальних службових повідомлень, або неявно - шляхом включення нового інформаційного елемента DRP IE в кадр-маячок передавача і приймачів. В обох випадках після закінчення погодження передавач та приймач(і) включають відповідні інформаційні елементи DRP IE 600 у свої відповідні кадри-маячки 201 в усіх суперкадрах 100, де діє це резервування. У такий спосіб інші пристрої будуть поінформовані про резервування, а також створене вільне середовище навколо передавача та приймачів на зарезервованій час.

Другий тип доступу до середовища передавання даних - PCA - дуже подібний до визначеного стандартом IEEE 802.11e і побудований на прослуховуванні пристроями середовища передавання даних. Якщо один із пристроїв має дані для передавання, а середовище передавання даних за результатами його прослуховування виявилось вільним, то цей пристрій може здійснювати довільний доступ до середовища після того, як витримано паузу випадкової тривалості (яка відома фахівцям як «backoff»). Пауза випадкової тривалості використовується для розподілення доступу різних пристроїв у часі і зменшення у такий спосіб ймовірності колізії між кадрами даних. Оскільки суперкадр поділений на слоти MAS 103, то пристроям дозволено отримувати доступ і, відповідно, починати вичікування паузи тільки на початку відповідного слоту MAS 103. Крім того, пристрої повинні враховувати DRP-резервування, що означає, що пристрої можуть здійснювати доступ до слоту MAS

103 за схемою PCA лише якщо цей слот не зарезервовано за протоколом DRP.

Способи, системи та пристрої для динамічного вибору схеми MCS (що також називається "адаптацією до каналу", або «Link Adaptation») та регулювання потужності включають в себе ефективний механізм сигналізації. Приймачі, що приймають передані дані, передають зворотний відгук передавачу, який передає ці дані, за допомогою кадрів-маячків 201. Ці кадри-маячки можуть входити у період 101 кадрів-маячків, а можуть і не входити до нього, хоча першому варіанту віддається перевага. Зворотний відгук може являти собою інкрементний зворотний відгук, повний зворотний відгук або інформацію про стан каналу. Кожна станція періодично (наприклад, кожні 65 мс) передає кадр-маячок, що уможливорює динамічну зміну схеми MCS та потужності передавання з боку передавача.

Далі будуть розглянуті декілька прикладів. Передбачаються два різні способи введення інформації зворотного відгуку в кадр-маячок: або зворотний відгук включають у інформаційний елемент DRP IE 600, або зворотний відгук передають в окремому інформаційному елементі зворотного відгуку.

Інформаційний елемент DRP IE 600 вводять у кадр-маячок якщо пристрій є або передавачем, або приймачем у майбутньому DRP-передаванні у фазі 102 передавання даних суперкадру 100. Як альтернатива, інформаційний елемент DRP IE також вводять у кадри-маячки безпосередніх сусідів передавача та приймача(-ів).

Два різні приклади формату інформаційного елемента DRP IE показані на Фіг. 6A/6B та Фіг. 7A/7B відповідно. На Фіг. 6A/6B показаний формат інформаційного елемента DRP IE з повним зворотним відгуком стосовно схеми MCS та потужності передавання, а на Фіг. 7A/7B показаний варіант з інкрементним зворотним відгуком стосовно схеми MCS та потужності передавання.

У першому прикладі інформаційний елемент DRP IE має формат, показаний на Фіг. 6A.

Поле 601 "Ідентифікатор елемента" (Element ID) ідентифікує інформаційний елемент як DRP IE.

Поле 602 "Довжина" (Length) вказує довжину інформаційного елемента DRP IE в октетах. Це поле використовується для визначення початку наступного інформаційного елемента.

Поле 603 "Службове" (DRP Control) показано окремо на Фіг. 6B і містить такі поля:

Поле 631 "Політика підтвердження" (ACK Policy) визначає політику підтвердження стосовно даних, що передаватимуться під час відповідного резервування. Вона закодована як у MAC-заголовку за винятком того, що код 11 не застосовується. Поле "Політика підтвердження" декодується тільки в тому випадку, якщо DRP-резервування є резервуванням «жорсткого» або «м'якого» типу.

Поле 632 "Тип DRP-резервування" (DRP Reservation Type) вказує тип резервування. Він кодується так, як показано у Таблиці 1.

Таблиця 1

## Типи резервування

001	"Жорстке" резервування
010	"М'яке" резервування
011	Приватне резервування
100-111	Зарезервовано

Поле 633 "Пріоритет резервування DRP" (DRP Reservation Priority) вказує пріоритет передавання під час відповідного резервування. Він може мати значення від 0 до 7 включно. Пріоритет вибирають відповідно до стандарту IEEE 802.1d Annex H.2.

Поле 634 "Пріоритет користувача/Індекс потоку" (UP/StreamIndex) вказує пріоритет користувача або потік даних, який планується використати під час DRP-резервування, вказаного у даному інформаційному елементі DRP IE. StreamIndex ідентифікує потік даних і використовується для розрізнення різних потоків, що використовуються однією групою пристроїв "передавач-приймач (приймачі)".

Поле 604 "Швидкість" (RATE) передбачене цим винаходом для того, щоб уможливити надання приймачем зворотного відгуку передавачеві стосовно рекомендованої швидкості передавання даних, відповідно - схеми MCS, що має застосовуватися передавачем. Це поле може, наприклад, бути закодованим так, як показано у Таблиці 2. У кадрі-маячку, а відповідно і інформаційному елементі DRP IE, передавача це поле може бути встановленим на фактично застосовувану швидкість передавання даних у відповідному суперкадрі для відповідного DRP-резервування і відповідного приймача.

Таблиця 2

## Швидкості передавання даних для різних схем MCS та їх бітовий код

Швидкість (Мбіт/с)	Бітовий код	Значення
53,3	00000000	0
80	00000001	1
106,7	00000010	2
160	00000011	3
200	00000100	4
320	00000101	5
400	00000110	6
480	00000111	7
Зарезервовано	00001000-11111111	8-15

Поле 605 "Рівень потужності передавання" (TX Power Level) передбачене цим винаходом для того, щоб уможливити надання приймачем зворотного відгуку передавачеві стосовно рекомендованого рівня потужності передавання, що має застосовуватися передавачем. Рівень потужності передавання може бути закодованим у спосіб, подібний до кодування швидкості передавання даних, тобто як 8-бітова комбінація. У кадрі-

маячку, а відповідно - й інформаційному елементі DRP IE, передавача це поле може бути встановленим на фактично застосовувану потужність передавання у відповідному суперкадрі для відповідного DRP-резервування і відповідного приймача.

Поле 606 "Ідентифікатор пристрою-приймача/пристрою-передавача" (Destination/Source DEVID) містить ідентифікатор DEVID пристрою-приймача, ідентифікатор групи пристроїв або ідентифікатор багатонадресного передавання у випадку, якщо даний пристрій є передавачем у відповідному DRP-передаванні, або містить ідентифікатор DEVID пристрою-передавача в тому випадку, якщо даний пристрій є приймачем у DRP-передаванні. Ідентифікатор пристрою-приймача декодується тільки в тому випадку, якщо резервування є резервуванням «жорсткого» або «м'якого» типу.

Поле 607 "DRP-Резервування" (DRP Reservation) містить інформацію про \* зарезервовані час - про зарезервовані слоти суперкадра. Це поле кодується відповідно до MAC-протоколу групи MBOA або оновлених версій цієї специфікації. Конкретні способи кодування цього поля не є суттєвими для цього винаходу. Інформаційний елемент DRP IE може містити декілька полів DRP-резервування 607.1, ..., 607.N для одних й тих самих полів DRP Control та Destination/Source DEVID.

Відповідно до іншого альтернативного варіанта, показаного на Фіг. 7A та Фіг. 7B, зворотний відгук реалізовано у вигляді інкрементного зворотного відгуку, що уміщується в інформаційному елементі DRP IE. Поле 701 швидкості та поле 702 потужності передавання введені у поле DRP Control, щоб проілюструвати можливість розташування там також і інформації зворотного відгуку. Обидва поля можуть, наприклад, мати довжину лише в один або кілька бітів, вказуючи, чи повинна швидкість або потужність передавання збільшуватися чи зменшуватися. У прикладі, показаному на Фіг. 7B, поле 701 швидкості та поле 702 потужності передавання мають довжину два біти і кодуються відповідно до Таблиці 3.

Таблиця 3

## Кодування поля 701 швидкості та поля 702 потужності передавання

00	Не змінювати
01	Зменшити
10	Збільшити
11	Зарезервовано

Поле потужності передавання (або поле зміни рівня потужності) може також мати довжину більш ніж 2 біти та вказувати не просто "збільшити" чи "зменшити" рівень потужності, але також - наскільки, або на скільки «умовних одиниць». Такий альтернативний приклад кодування поля потужності передавання показаний у Таблиці 4.



Таблиця 4

Альтернативне  
кодування поля потужності передавання

Значення (b3-b0)	Зміна рівня потужності (в «умовних одиницях»)
1000-1101	зарезервовано
1110	-2
1111	-1
0000	не змінюється
0001	+1
0010	+2
0011-0111	зарезервовано

Приймач вирішує, чи має змінюватися швидкість передавання даних, а відповідно - схема MCS та потужність передавання, у той чи інший бік (збільшення або зменшення), і видає відповідну рекомендацію передавачеві у полі 701 швидкості та полі 702 потужності передавання. У кадрі-маячку (відповідно - і інформаційному елементі DRP IE) передавача поле 701 швидкості та поле 702 потужності передавання можуть або відображати те, як передавач фактично змінив швидкість передавання даних та потужність передавання, або лишатися невикористаними, наприклад, нульовими.

В обох описаних варіантах здійснення - як повного, так і інкрементного зворотного відгуку - у кадрі-маячок може уміщуватися лише одне з двох полів, поля швидкості та поля потужності передавання, у випадку, якщо передбачається зворотний відгук стосовно лише одного з цих двох параметрів.

Поле швидкості та поле потужності передавання можуть уводитися в інформаційний елемент DRP IE завжди, або можуть бути необов'язковими. В останньому варіанті може бути необхідним передбачити розташування цих полів в різних місцях у межах інформаційного елемента DRP IE. Слід зазначити, що інформаційні елементи DRP IE, показані на Фіг. 6A/6B та Фіг. 7A/7B, розглянуті лише як можливі приклади. Рівною мірою можливі й інші способи введення рекомендацій стосовно швидкості та потужності передавання.

В третьому варіанті здійснення інформаційний елемент DRP IE містить інформацію стосовно стану каналу з боку приймача. Ця інформація про стан каналу може, наприклад, бути вибраною з групи показників, яка включає в себе потужність прийнятого сигналу (або RSS), співвідношення сигнал-шум (або SNR) та частота трапляння пакетів з помилками (або PER). Додаткові графічні фігури не наводяться, оскільки введення інформації про стан каналу в інформаційний елемент DRP IE може здійснюватися у спосіб, аналогічний двом попереднім варіантам здійснення, проілюстрованим Фіг. 6 та Фіг. 7 (показники RSS, SNR або PER можуть уводитися замість полів швидкості та потужності передавання або додатково до цих полів).

У другій групі прикладів здійснення цього винаходу інформацію зворотного відгуку передають не як частину інформаційного елемента DRP IE, а в одному або декількох окремих інформаційних елементах. Передавання зворотного відгуку стосовно каналу у власному інформаційному елементі забезпечує перевагу, яка полягає у тому, що зворотний відгук може надаватися не лише для потоків DRP-режиму (як це має місце при використанні інформаційного елемента DRP IE), але також і для потоків PCA-режиму. Випадок, в якому зворотний відгук передають у одному-єдиному інформаційному елементі зворотного відгуку стосовно каналу (або "Link Feedback IE", LFIE), розглядається нижче. Аналогічні приклади здійснення можуть передбачати використання декількох інформаційних елементів, наприклад, один інформаційний елемент для швидкості («Rate IE») та один - для потужності передавання («TX Power IE»). Розглянуті нижче приклади, знову ж таки, можуть відрізнятися різновидом зворотного відгуку, що передається приймачем у передавач (повний, інкрементний або стосовно стану каналу).

У четвертому прикладі здійснення цього винаходу у кадрі-маячок приймача включається інформаційний елемент 800 зворотного відгуку стосовно каналу (або «LFIE»), для надання передавачу зворотного відгуку, який має стосунок до належного вибору швидкості передавання даних/схеми MCS та/або потужності передавання. Можлива структура інформаційного елемента LFIE 800 показана на Фіг. 8. Інформаційний елемент LFIE має такі поля:

Поле 801 "Ідентифікатор елемента" (Element ID) визначає даний інформаційний елемент як LFIE.

Поле 802 "Довжина" (Length) вказує довжину інформаційного елемента в октетах. Це поле використовується для визначення початку наступного інформаційного елемента.

Поле 803 "Ідентифікатор передавача/приймача" (TX/RX DEVID) вказує ідентифікатор (DEVID) пристрою-партнера по зв'язку. Приймач вводить у свій кадр-маячок - в інформаційний елемент LFIE - ідентифікатор (DEVID) передавача. Передавач може також включати інформаційний елемент LFIE у свій кадр-маячок, для того щоб вказати швидкість та потужність передавання, які використовуються ним фактично. У такому випадку це поле містить ідентифікатор (DEVID) приймача.

Поле 804 "Рівень потужності передавання" (TX Power Level) кодує рівень потужності передавання, наприклад, за допомогою 8 бітів. Це поле вказує рекомендовану величину - у випадку інформаційного елемента LFIE приймача, або величину рівня потужності передавання, що фактично використовується - у випадку інформаційного елемента LFIE передавача.

Поле 805 "Швидкість" (RATE) містить рекомендовану швидкість передавання даних, відповідно - і схемі MCS, що має застосовуватися передавачем. Поле швидкості може, наприклад, кодуватися так, як показано у Таблиці 2. У кадрі-маячку - а відповідно й інформаційному елементі LFIE - передавача поле 805 швидкості може бути встанов-

люватися таким, щоб вказувати фактично використувану швидкість передавання даних у відповідному суперкадрі для відповідного потоку (отже - й приймача).

Поле 806 «Пріоритет користувача/Індекс потоку» (UP/StreamIndex) вказує пріоритет користувача (зокрема - для режиму PCA) або індекс потоку (зокрема - для режиму DRP), для якого надається зворотний відгук. Якщо усі потоки між певною групою пристроїв «передавач-приймач(і)» використовують одну й ту саму швидкість та потужність передавання (оскільки усі вони передаються одним і тим самим каналом), то це поле може бути пропущеним (вилученим).

Порядок полів може бути й іншим, або окремі поля можуть бути вилучені, або можуть бути додані додаткові поля. Наприклад, на Фіг. 11 показаний приклад формату інформаційного елемента LFIE 800, який має поле 801 ідентифікатора елемента, поле 802 довжини та щонайменше одне поле 1100 каналу. На Фіг. 12 показане поле 1100 каналу, яке містить поле 805 швидкості, поле 804 рівня потужності передавання і поле 1200 "Адреса пристрою" (або «DevAddr»), яке містить інформацію про пристрій-передавач, якому адресовано даний зворотний відгук.

У п'ятому прикладі здійснення зворотний відгук стосовно каналу також передають за допомогою інформаційного елемента LFIE, однак у ньому надають «інкрементні» рекомендації замість «повних» рекомендацій. Перша можлива структура інформаційного елемента LFIE відповідно до цього варіанта здійснення показана на Фіг. 9. Поля ідентифікатора (801), довжини (802), ідентифікатора передавача/приймача 803 та пріоритету користувача/індексу потоку (806) є такими самими, як і у попередньому варіанті здійснення. Як можна бачити на Фіг. 9, поле 806 «Пріоритет користувача/Індекс потоку» розташоване в іншому місці інформаційного елемента LFIE, якщо порівнювати з Фіг. 8. Однак, як відзначено вище, порядок полів у межах інформаційного елемента LFIE може бути різним, а поле «Пріоритет користувача/Індекс потоку» може навіть виявитися непотрібним. Друга можлива структура інформаційного елемента LFIE з «інкрементним» зворотним відгуком може, знову ж таки, бути такою, як показано на Фіг. 11 та Фіг. 12.

Відмінність від четвертого прикладу полягає в тому, що поле 901 швидкості та поле 902 потужності передавання містять відносний зворотний відгук, тобто вказівки щодо того, чи мають швидкість та/або потужність передавання бути збільшені, зменшені або залишені без змін. Вони можуть кодуватися, наприклад, відповідно до Таблиці 3 або Таблиці 4.

У шостому прикладі зворотний відгук стосовно каналу також передають за допомогою інформаційного елемента LFIE, однак цей інформаційний елемент LFIE містить не рекомендації стосовно швидкості та потужності передавання, а інформацію стосовно стану каналу. Ця інформація про стан каналу може, наприклад, бути вибраною з групи показників, яка включає в себе потужність прийнятого сигналу (або RSS), співвідношення

сигнал-шум (або SNR), рівень шуму (або N) та частота трапляння пакетів з помилками (або PER). Додаткові графічні фігури не наводяться, оскільки поля RSS, SNR, N та PER просто замінюють поля швидкості та потужності передавання (з іншими довжинами полів) інформаційного елемента LFIE, показаного на Фіг. 8 та Фіг. 9. Перевага надання зворотного відгуку у вигляді інформації стосовно стану каналу/лінії зв'язку (в інформаційному елементі DRP IE або в окремому інформаційному елементі) полягає у тому, що приймачеві не потрібно мати ніяких відомостей про параметри передавання, що застосовуються передавачем. Передавач самостійно приймає рішення щодо швидкості/схеми MCS та потужності передавання на основі зворотного відгуку стосовно стану каналу від приймача. У варіантах здійснення, у яких приймач передає в передавач безпосередньо рекомендації, для визначення рекомендованих параметрів значень приймачеві може бути необхідним мати певну інформацію стосовно параметрів передавання, таких як, наприклад, потужність передавання, що використовується передавачем. Тому, особливо для «повних» рекомендацій стосовно схеми MCS та потужності передавання, передавач також вводить у свій кадр-маячок інформацію про поточну потужність передавання.

Можливе також поєднання будь-яких з розглянутих вище прикладів здійснення, або усіх цих прикладів здійснення. Це може означати, наприклад, «повний» зворотний відгук у кадрі-маячку передавача та «інкрементний» зворотний відгук у кадрі-маячку приймача, або ж будь-які комбінації параметрів швидкості, потужності передавання та стану каналу.

Пристрій може використовувати інформаційний елемент зворотного відгуку стосовно каналу для пропонування оптимальної швидкості передавання даних, що має використовуватися передавачем, наприклад, для збільшення пропускної спроможності та/або зменшення частоти трапляння кадрів з помилками (відома фахівцям як "Frame Error Ratio", FER). Таку швидкість, що пропонується в інформаційному елементі зворотного відгуку стосовно каналу, слід тлумачити як максимальну швидкість передавання даних, яку передавач має використовувати для даного конкретного каналу, із забезпеченням прийнятної величини показника FER. Передавач може і не слідувати цим рекомендаціям.

Приймач може рекомендувати змінити потужність передавача шляхом включення інформаційного елемента LFIE у власний кадр-маячок.

Нарешті, нижче розглядається ілюстративний приклад того, яким чином приймач може визначити належні рекомендації для передавача стосовно швидкості або потужності передавання. Приймач може вибирати швидкість та/або потужність передавання керуючись різними критеріями, прикладами яких є пропускна спроможність, затримка пакетів, PER тощо. Типовою основою для прийняття відповідного рішення є пропускна спроможність. Пропускна спроможність головним чином залежить від схеми MCS, вибраної для передавання, а також від кількості повторних передавань.

Це проілюстровано на Фіг. 10 на прикладі бездротової локальної мережі (WLAN) стандарту IEEE 802.11a. Подібний графік може бути побудований і для фізичного рівня UWB-мережі.

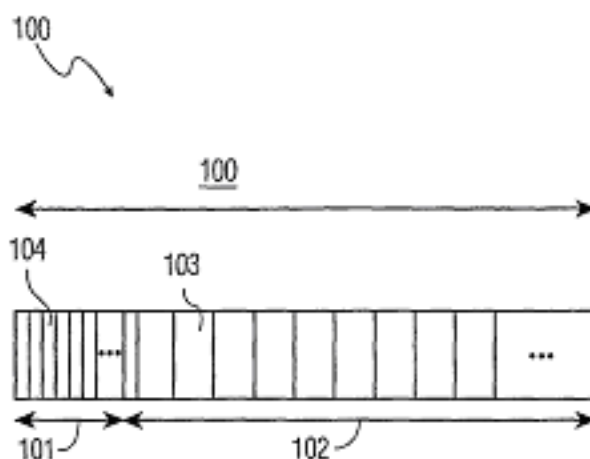
На Фіг. 10 показано, що пропускна спроможність є функцією співвідношення сигнал-шум (SNR), яке на Фіг. 10 математично визначено як  $E_{av}/N_0$ . Відповідно до стандарту IEEE 802.11a передбачені 8 різних схем MCS із швидкостями передавання даних 6 Мбіт/с, 9 Мбіт/с, 12 Мбіт/с, 18 Мбіт/с, 24 Мбіт/с, 36 Мбіт/с, 48 Мбіт/с та 54 Мбіт/с, відповідно. Чим вищою є швидкість передавання даних на фізичному рівні, тим нижчою є надійність передавання. Нижча надійність означає, що пропускна спроможність падає при більших значеннях SNR, як показано на Фіг. 10. Наприклад, розглянемо найнижчу криву; для швидкості передавання 6 Мбіт/с пропускна спроможність падає, коли SNR стає нижче рівня приблизно 4 дБ. Для найвищої швидкості передавання, 54 Мбіт/с, пропускна спроможність падає вже при SNR приблизно 23 дБ. Падіння пропускної спроможності відбувається через повторні передавання, які стають необхідними тоді, коли дані при використанні відповідної схеми MCS вже не можуть передаватися надійно.

Стратегія, яка дозволяє досягти максимальної пропускної спроможності, передбачає перехід на іншу схему MCS/швидкість передавання у точках перетину двох сусідніх схем MCS, тобто при певних рівнях SNR. Тоді в цілому залежність пропускної спроможності від SNR буде представлена об'єднаною усіх кривих з Фіг. 10, тобто максимальні (з-посеред всіх кривих) значення для кожного конкретного SNR. Таким чином, у кожному конкретно-

му визначеному інтервалі SNR слід застосовувати відповідну конкретну схему MCS/швидкість передавання. Приймачеві потрібно лише розрахувати поточний SNR і взяти відповідну схему MCS/швидкість передавання з таблиці зі свого локального запам'ятовувального пристрою.

Це є лише одним прикладом того, як приймач може визначити рекомендацію, яка передається у передавач як зворотний відгук. Рівень потужності передавання може бути визначений подібним чином, наприклад, на основі параметрів PER, RSS або також SNR. Передавач може просто застосувати схему MCS та потужність передавання, які рекомендував приймач, або може виконати власну оцінку для визначення оптимальної схеми MCS та потужності передавання, застосовуючи рекомендації приймача лише як один з факторів для прийняття свого рішення.

Вище були описані і проілюстровані приклади здійснення цього винаходу. Фахівцям буде зрозуміло, що розглянуті службові кадри, архітектура пристроїв і способи є суто ілюстративними прикладами, і без виходу за межі винаходу можливі різні зміни і модифікації, а також заміна окремих елементів їхніми еквівалентами. Крім того, без виходу за межі обсягу винаходу можуть бути здійснені різноманітні модифікації для пристосування цього винаходу до конкретної ситуації. Таким чином, слід розуміти, що винахід не обмежується конкретними варіантами здійснення, описаними як приклади здійснення винаходу, а охоплює всі варіанти здійснення, що не виходять за межі формули винаходу.



Фіг. 1

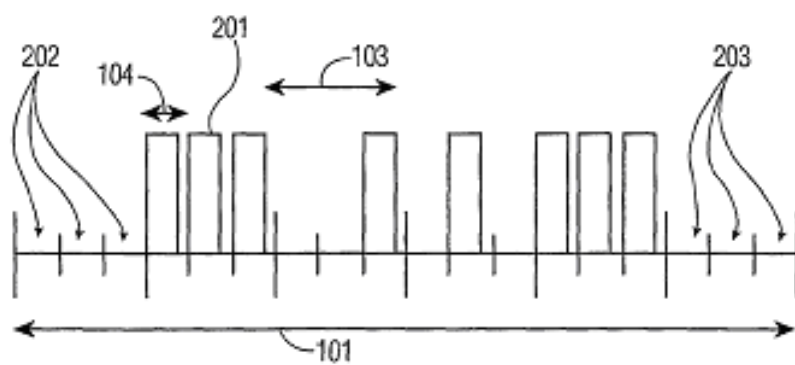


Fig. 2

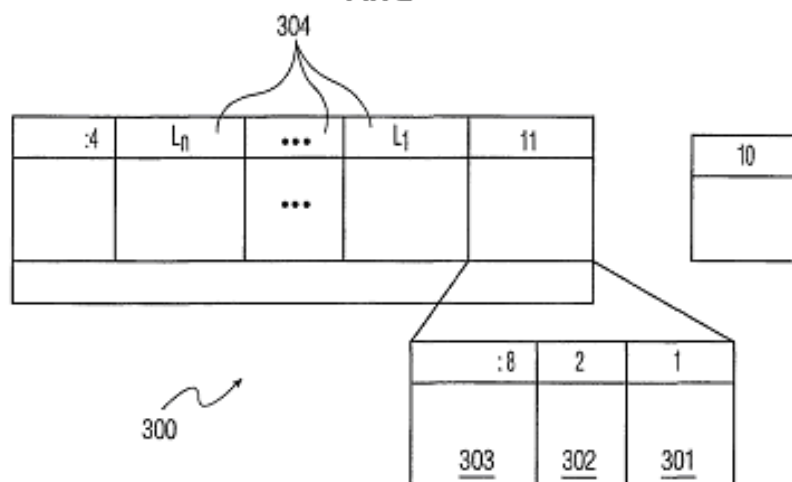


Fig. 3

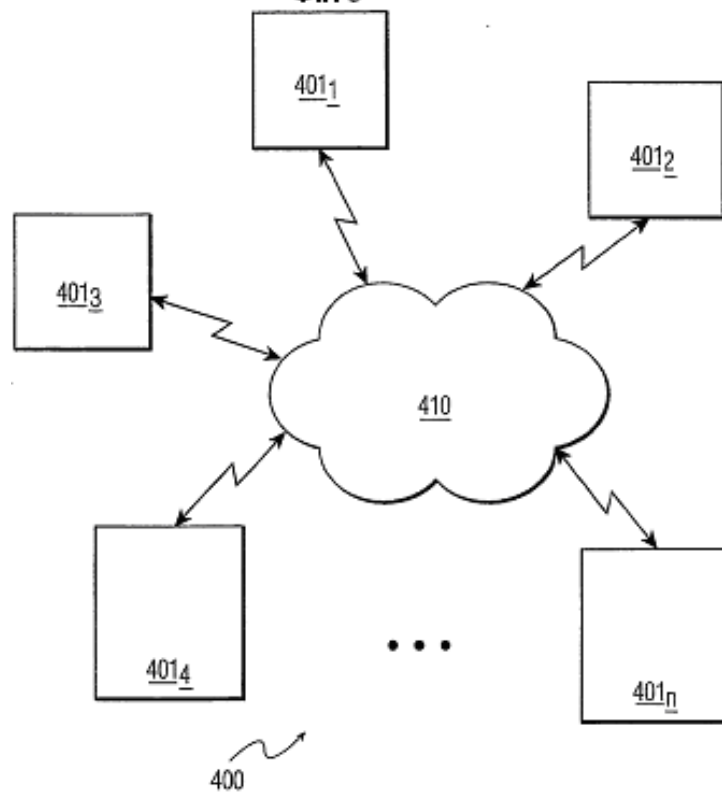
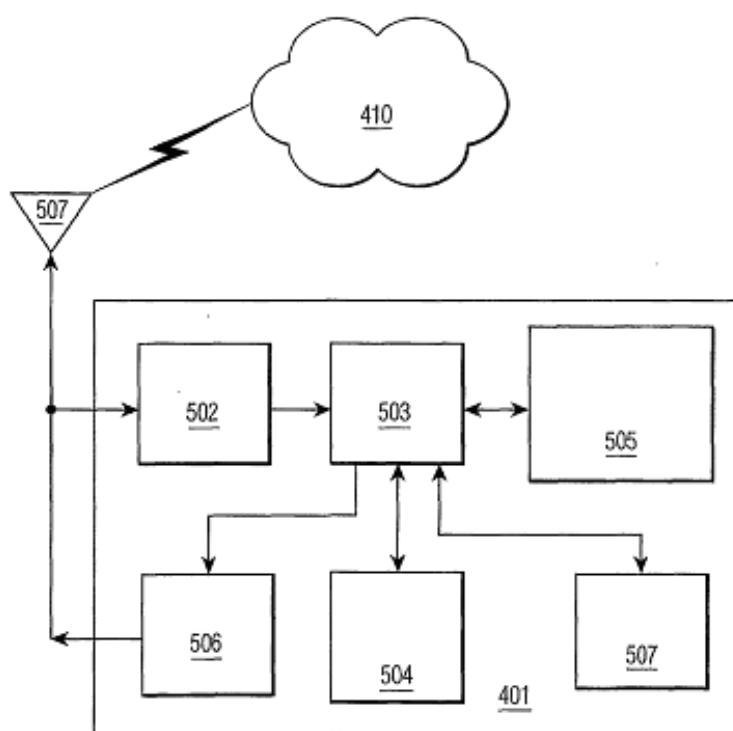


Fig. 4



500

Fig. 5

600

:3	...	3	2	1	1	2	1	1
607.N	...	1 607.1	606	605	604	603	(=6+3.N) 602	601

Fig. 6A

b15-b12	b11-b8	b7-b5	b4-b2	b1-b0
635	634	633	632	631

Fig. 6B

600

:3	...	3	2	2	1	1
<u>607.N</u>	...	1 <u>607.1</u>	<u>606</u>	<u>603</u>	(=4+3_N) <u>602</u>	<u>601</u>

**Fig. 7A**

b15-b14	b13-b12	b11-b8	b7-b5	b4-b2	b1-b0
<u>702</u>	<u>701</u>	<u>634</u>	<u>633</u>	<u>632</u>	<u>631</u>

**Fig. 7B**

800

:4 7	4	8 5	8	16	8	8
<u>807</u>	<u>806</u>	<u>805</u>	<u>804</u>	<u>803</u>	(=7 OCT.) <u>802</u>	<u>801</u>

**Fig. 8**

900

	2	2	4	16	8	8
<u>903</u>	<u>902</u>	<u>901</u>	<u>806</u>	<u>803</u>	(=5 OCT.) <u>802</u>	<u>801</u>

**Fig. 9**

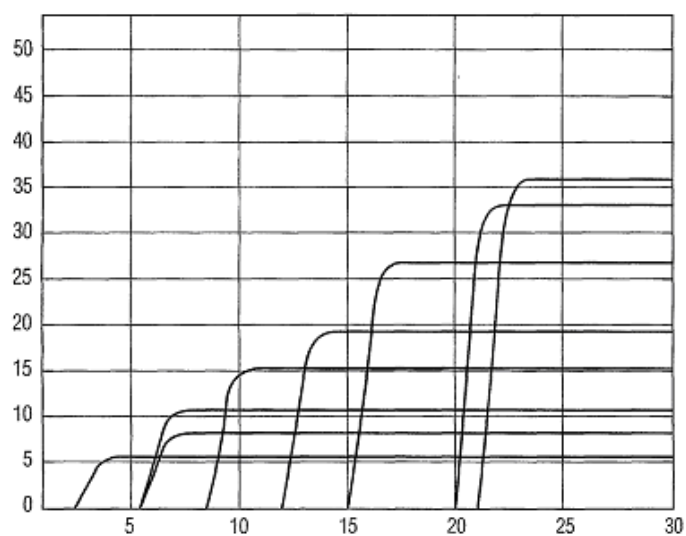


Fig. 10

800  
↘

:1	1	3		3
<u>801</u>	$(=2+5 \times N)$ <u>802</u>	11100	...	

Fig. 11

1100  
↘

:B23-B20	B19-B16	B15-B0
<u>805</u>	<u>804</u>	<u>1200</u>

Fig. 12