Технология **OFDM**

OFDM

– *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* - мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов – методика мультиплексирования, которая подразделяет полосу канала на множество поднесущих частот.

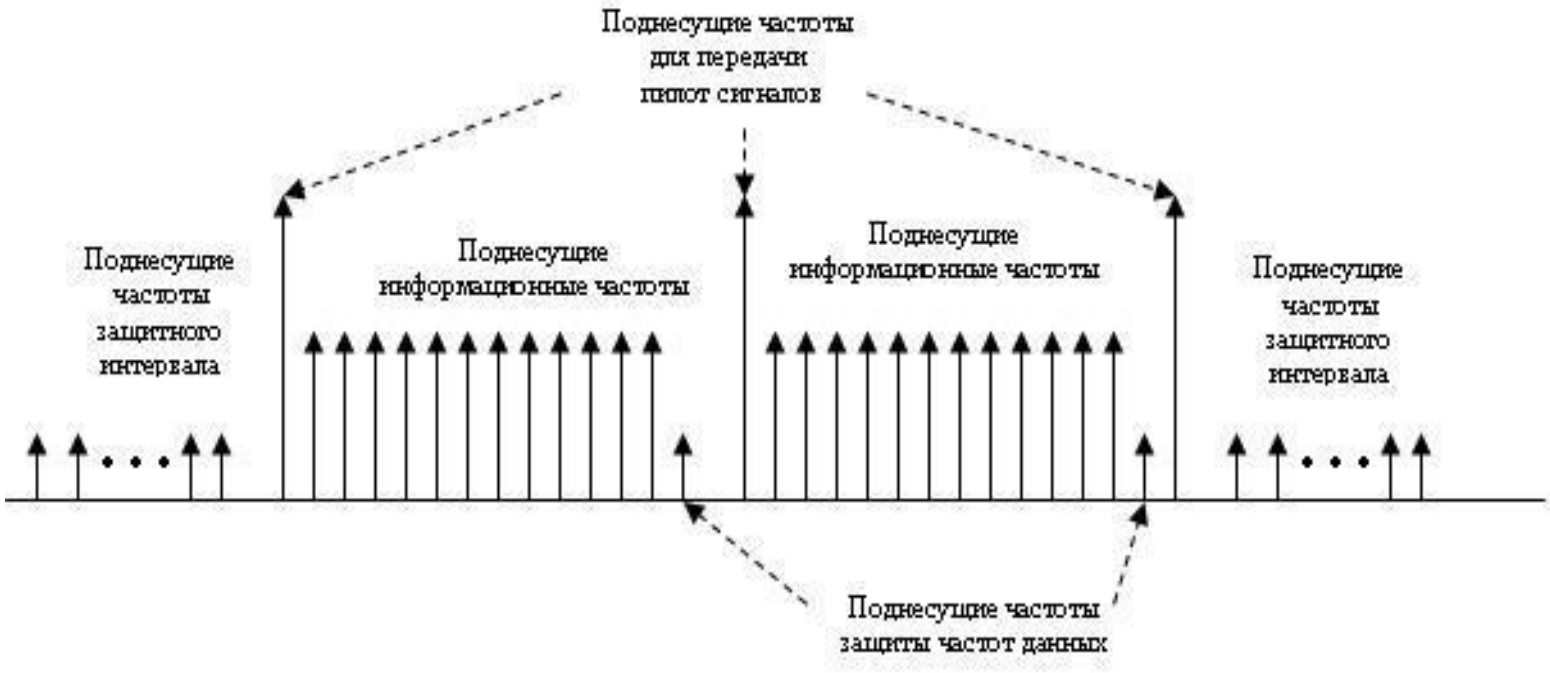
Преимущества

- Основным преимуществом OFDM по сравнению со схемой с одной несущей является её способность противостоять сложным условиям в канале. Например, бороться с затуханием в области ВЧ в длинных медных проводниках, узкополосными помехами и частотно-избирательным затуханием, вызванным многолучевым характером распространения, без использования сложных фильтров-эквалайзеров.

Структура и формирование OFDM подканалов

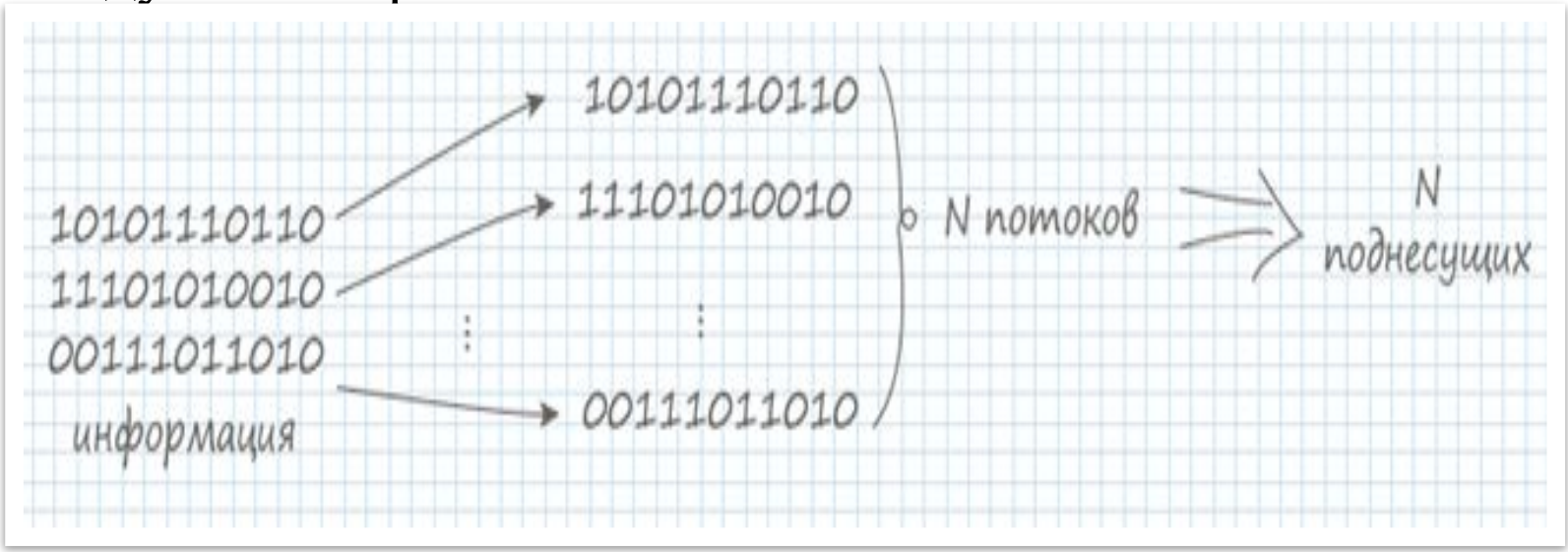
Структура подканала *OFDM,* содержит три типа поднесущих частот :

- поднесущие информационные частоты для передачи данных
- поднесущие частоты для передачи пилот сигналов (для измерений и целей синхронизации)
- нулевые поднесущие частоты, используемые для защитных интервалов частот

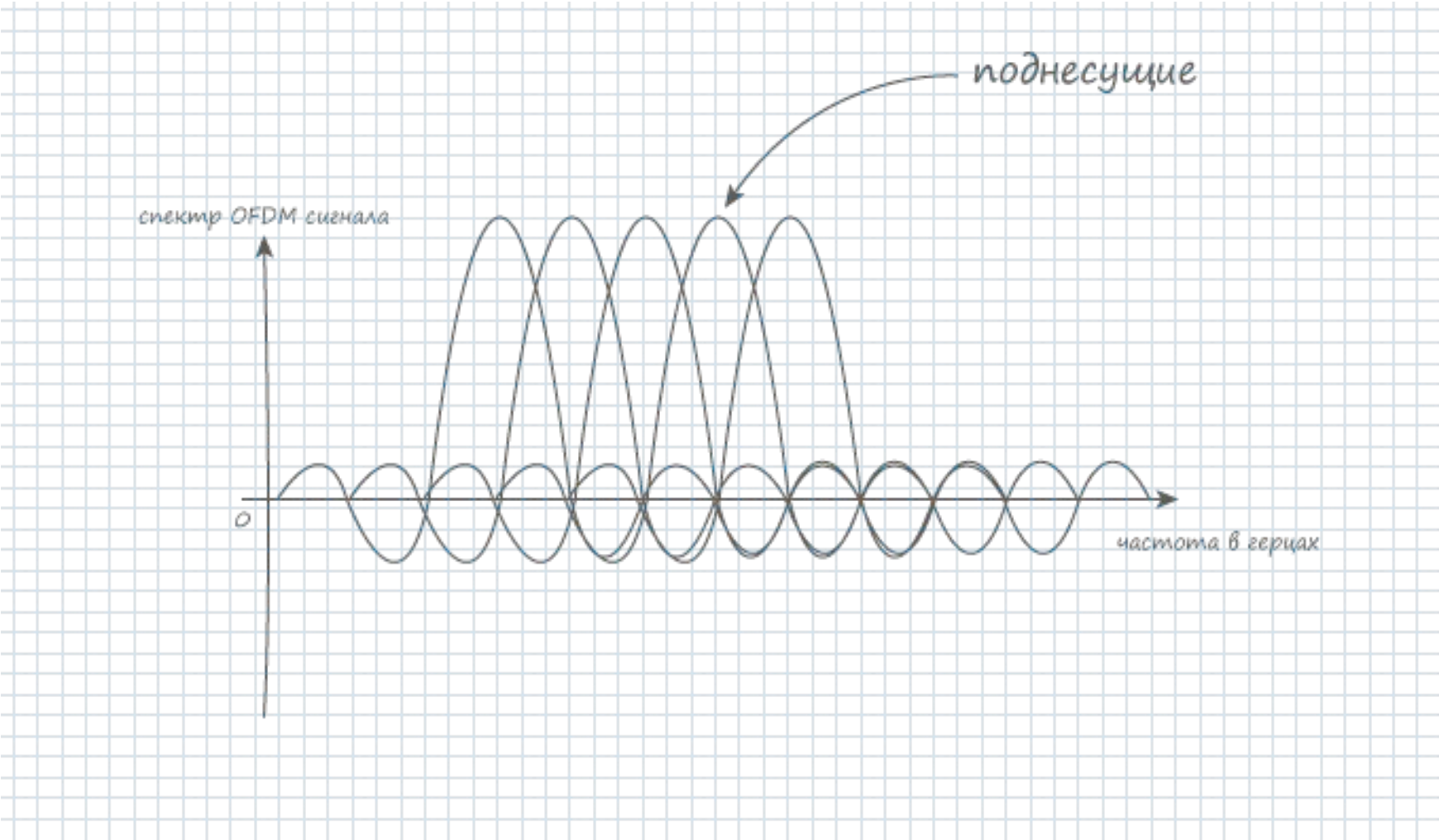


Формирование сигнала OFDM

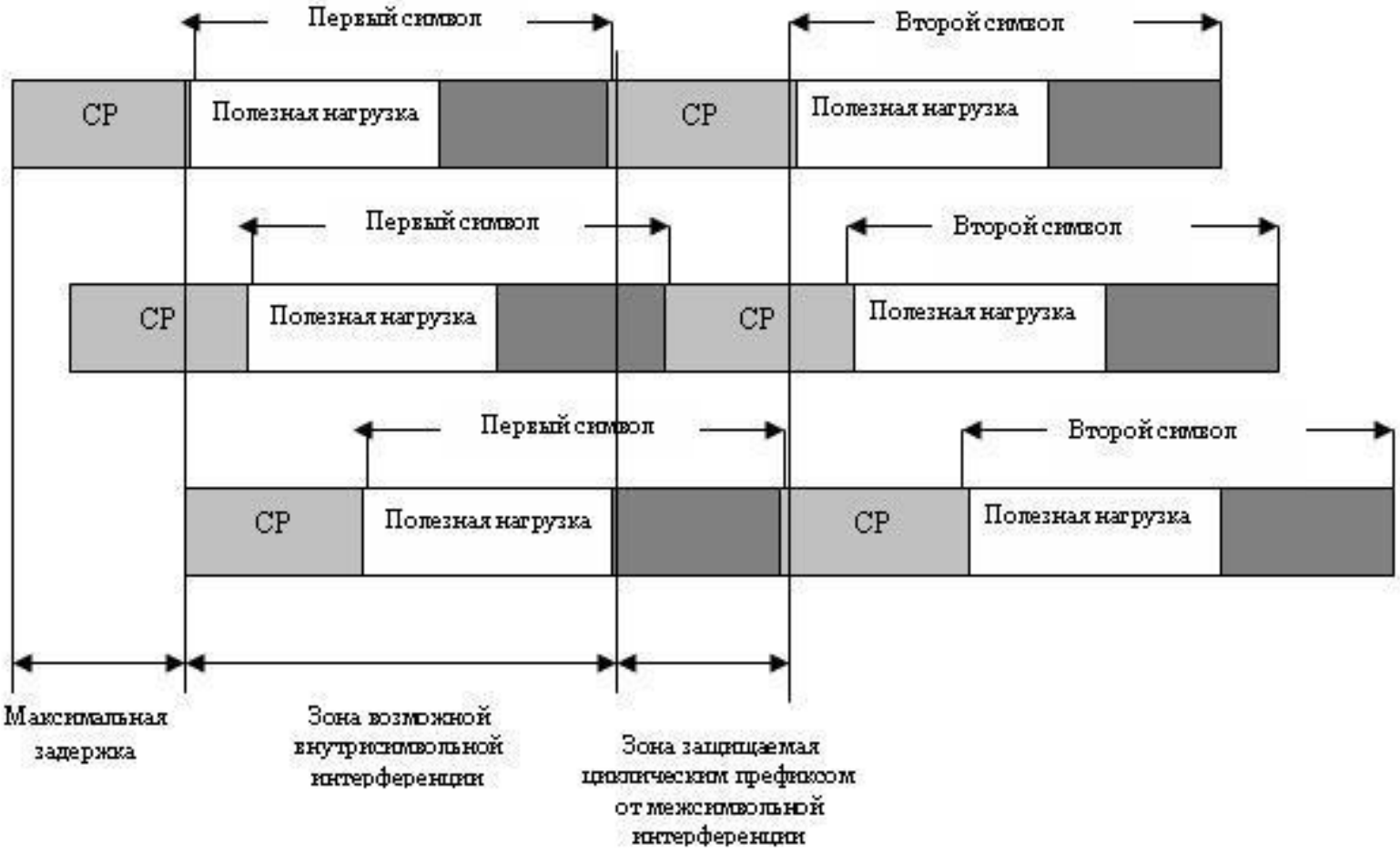
В технологии OFDM частотный диапазон разбивается равномерно между поднесущими (дополнительные несущие), количество которых может доходить до нескольких тысяч. Каждому передаваемому потоку назначается несколько таких поднесущих, т.е. каждый поток разбивается на N поднесущих. Поднесущие между собой ортогональны.



Спектр OFDM сигнала



Для борьбы с помехами в OFDM включён защитный интервал. Длительность этого защитного интервала может составлять 1/4, 1/8, 1/16 или 1/32 от длительности OFDM символа.



Обычно в качестве защитного интервала используют так называемый циклический префикс, являющийся копией окончания сигнала размещённой впереди. Это позволяет сохранить ортогональность. Чем дольше защитный интервал, тем в более сложных условиях может передаваться OFDM сигнал.

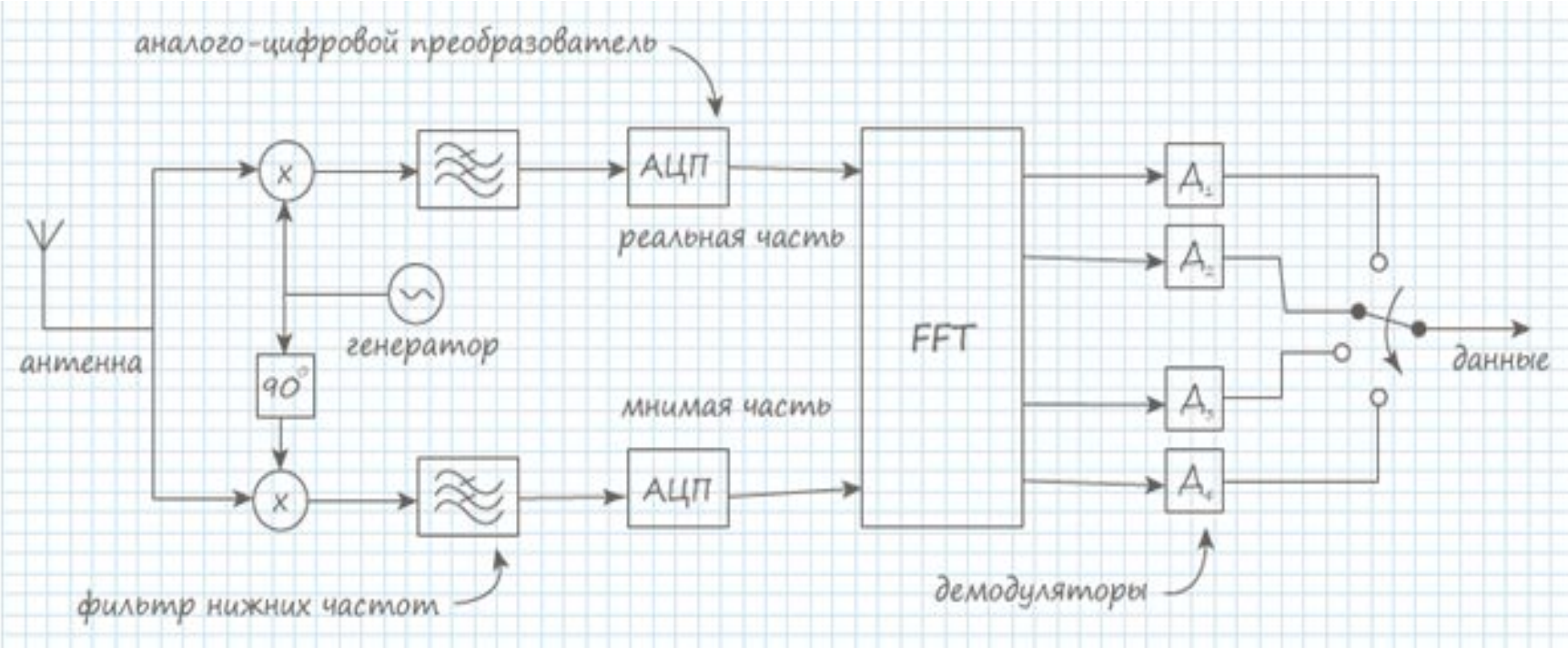
В OFDM каждая поднесущая может модулироваться различной схемой модуляции, например, QPSK, 16-QAM или 64-QAM.

В основе подхода лежит преобразование Фурье, а точнее алгоритм быстрого преобразования Фурье. Синтетическим методом создаётся спектр сигнала, из которого обратным быстрым преобразованием Фурье (IFFT) получается аналоговый сигнал. Спектр такого сигнала уже состоит из ортогональных поднесущих, этот факт получается по определению преобразования Фурье.

$$x(t) = a_0 + \sum_{k=1}^{N-1} \left[a_k \cos k\omega t + b_k \sin k\omega t\right]$$

OFDM ПЕРЕДАТЧИК

OFDM ПРИЁМНИК



Минусы

- Необходима высокая синхронизация частоты и времени.
- Чувствительность к эффекту Доплера, ограничивающая применение OFDM в мобильных системах.
- Не идеальность современных приёмников и передатчиков вызывает фазовый шум, что ограничивает производительность системы.
- Защитный интервал, используемый в OFDM для борьбы с многолучевым распространением, снижает спектральную эффективность сигнала.

Плюсы

- Высокая эффективность использования радиочастотного спектра, объясняемая почти прямоугольной формой огибающей спектра при большом количестве поднесущих.
- Простая аппаратная реализация: базовые операции реализуются методами цифровой обработки.
- Хорошее противостояние межсимвольным помехам и интерференции между поднесущими. Как следствие — лояльность к многолучевому распространению.
- Возможность применения различных схем модуляции для каждой поднесущей, что позволяет адаптивно варьировать помехоустойчивость и скорость передачи информации.
- Эффективно борется с затуханием в области ВЧ в длинных медных проводниках, узкополосными помехами и частотно-избирательным затуханием, вызванным многолучевым характером распространения

Применение

Проводная связь:

- ADSL(*Asymmetric Digital Subscriber Line)* и VDSL(*Very-high data rate Digital Subscriber Line)*
- DVB-C2DVB-C2, улучшенная версия цифрового кабельного телевиденияDVB-C2, улучшенная версия цифрового кабельного телевидения стандарта DVB-C

Беспроводная связь:

- беспроводные системы связи стандарты IEEE 802.11беспроводные системы связи стандарты IEEE 802.11 и HIPERLAN/2;
- наземные системы цифрового телевиденияназемные системы цифрового телевидения DVB-Tназемные системы цифрового телевидения DVB-T и ISDB-T;
- наземные системы мобильного телевидения DVB-Hназемные системы мобильного телевидения DVB-H, T-DMBназемные системы мобильного телевидения DVB-H, T-DMB, ISDB-Tназемные системы мобильного телевидения DVB-H, T-DMB, ISDB-T и MediaFLO;
- система цифрового радиовещания DRM;
- беспроводные системы связи стандарта Flash-OFDM;
- беспроводные системы связи стандарта LTE;
- беспроводные системы связи стандарта IEEE 802.16 (WiMAX);
- беспроводные системы связи стандарта IEEE 802.20беспроводные системы связи стандарта IEEE 802.20, IEEE 802.16eбеспроводные системы связи стандарта IEEE