

**Перспективы нового стандарта беспроводной связи
«BLUETOOTH SPECIAL INTEREST GROUP»
в развитии защищенного канала Wi-fi-технологии**

Принцип работы беспроводной сети построен на использовании радиоволн, а сам обмен данными происходит с использованием радиосвязи:

– Адаптер беспроводной связи трансформирует информацию в радиосигнал и излучается антенной.

– Беспроводной маршрутизатор делает обратное преобразование сигнала и направляет его по кабелю в сеть Интернет.

– После получения информации из Интернета маршрутизатор преобразует ее в радиосигнал и отправляет через антенну на адаптер беспроводной связи устройства.

– Отличие устройств Wi-Fi от аналогичных устройств состоит в том, что они используют частоты 2,4 ГГц или 5 ГГц, которые позволяют передавать больше данных.

В системах Wi-Fi используется широкополосные сигналы, отличающиеся тем, их полосы частот W намного больше чем информационная скорость R бит / с:

$$B_c = W / R \gg 1.$$

Кроме этого, при синтезе широкополосных сигналов реализуется их псевдослучайность, т.е. сигналы становятся похожими на случайный шум, что затрудняет его демодуляцию другой стороной. В работе [1] указаны достоинства таких сигналов – это :

– устранение интерференционных влияний соседних посторонних сигналов и также собственных интерференций;

– высокая скрытность сигналов т.е. возможность их передачи на уровне шумов;

– защита информации от несанкционированной демодуляции.

Структура цифровой связи системы с широкополосными сигналами приведена на рисунке 1.

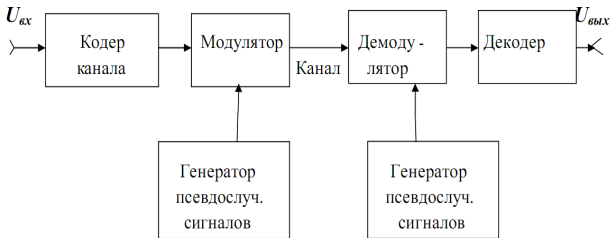


Рисунок 1. Модель цифровой связи с широкополосными сигналами

Организация Bluetooth Special Interest Group (SIG) официально представила следующую крупную ревизию беспроводного стандарта Bluetooth 5, который состоится в конце нынешнего года или в начале следующего.

Новый стандарт удвоит скорость и вчетверо увеличит дальность действия беспроводных соединений, а также увеличит ёмкость бесконтактной передачи данных на 800%.

В настоящее время используется 8,2 млрд. устройств с поддержкой Bluetooth. Улучшения Bluetooth 5 и будущее техническое развитие позволит Bluetooth найти применение более чем в трети устройств ИТ в 2020 г. Причем в качестве сигналов предлагается использование перспективных сигналов со скачками частоты.

В предыдущих стандартах базовыми служили фазокодоманипулированные сигналы. Целью работы является разработка методики расчета максимальной дальности действия цифровых систем связи основанной на теориях пассивного приема сигналов и статистических методов обнаружения широкополосных цифровых систем связи на базе сигналов со скачками частоты в присутствии различных помех

В общем случае сигнал $U_{\text{вх}}(t) = S_m(t)$ записывается в виде следующего выражения:

$$S_m^{(n)}(t) = \text{Re} [S_{em}^{(n)}(t) + p_n(t)],$$

$$0 \leq t \leq T, n = 1, 2, \dots, N; m = 1, 2, \dots, M,$$

где T – длительность канального сигнала;

N – число каналов;

M – число сигналов.

Сигналы в каждом канале имеют коэффициент ослабления $\{k_n\}$ и фазовый сдвиг $\{\varphi_n\}$ и подвержены влиянию аддитивного белого шума.

Низкочастотные сигналы N каналов записываем как:

$$S_m^{(n)}(t) = k_n e^{j\varphi_n} S_{em}^{(n)}(t) + p_n(t),$$

где $p_n(t)$ аддитивные шумовые процессы в каналах, в которых статистически независимы и распределены по нормальному закону.

В новом стандарте предлагаются широкополосные сигналы (ШПС) со скачками частоты. Информационный бит представляется N -элементарными битами на интервале времени T_p , имеющие разные частоты заполнения. На рисунке 2 приведен пример информационного бита, представленного одним битом.

На рисунке 3 приведена структурная схема цифровой широкополосной системы связи со скачками частоты.

Приведем, воспользовавшись работой [1], выигрыш, получаемый

цифровой системой связи со скачками частоты, использующими некогерентное накопление.

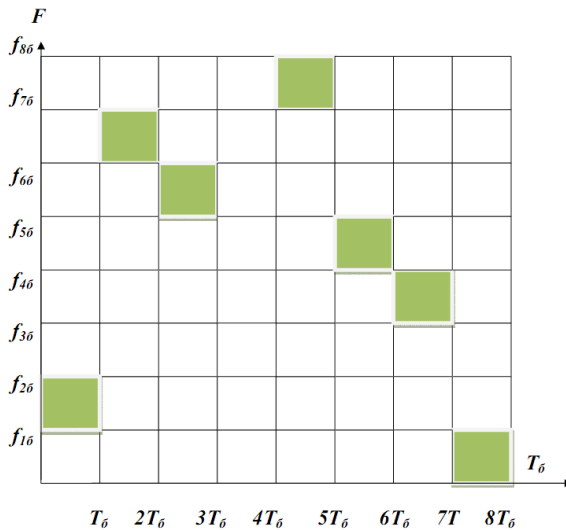


Рисунок 2 Пример информационного бита

Для двоичной ортогональной частотной модуляции вероятность ошибки равна: $P_{\text{ош}} = \frac{1}{2} e^{-q/2}$, где $q = E_o / N_o$ – отношение сигнал/шум на элементарный бит.

Тогда: $q = \frac{E_o}{N_o} = \frac{W / R}{N_{\text{ср}} / P_{\text{ср}}}$.

В этом выражении числитель означает выигрыш в обработке, а знаменатель определяет запас по помехоустойчивости для случая широкополосных сигналов со скачками частоты.

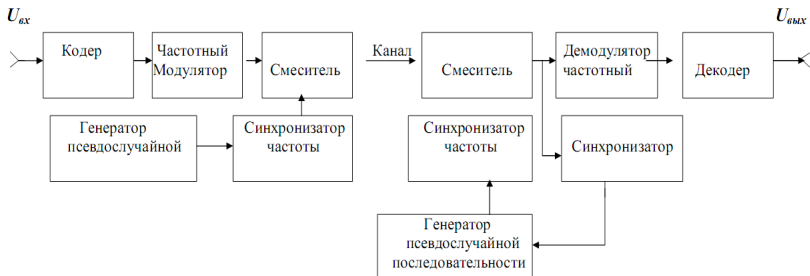


Рисунок 3 Структурная схема цифровой широкополосной системы связи со скачками частоты

С другой стороны, максимальная дальность действия в пассивной системе равна [2]:

$$R_{max} = \sqrt{\frac{\Theta_{\text{Прд}} \cdot S_{\text{эфПрд}} \cdot S_{\text{эфПрм}} \cdot \eta}{\rho_{min} \cdot k \cdot T_{\Sigma} \cdot a \cdot L \cdot \lambda^2}}$$

где: $\Theta_{\text{Прд}} = P_{\text{Прд}} \cdot T_n$ – энергия сигнала длительности T_n , излучаемого передатчиком мощностью $P_{\text{Прд}}$;

$S_{\text{эфПрд}}$ – эффективная площадь антенны, удаленной от приёмника на расстояние R ;

$S_{\text{эфПрм}}$ – эффективная площадь антенны приёмника;

η – коэффициент потерь в среде распространения;

ρ_{min} – минимально допустимое превышение сигнала над шумом по мощности;

k – постоянная Больцмана;

T_{Σ} – суммарная шумовая температура на входе приёмника;

a – коэффициент равный 1,37;

L – коэффициент запаса на не учитываемые факторы $L \approx 3 : 10$;

λ – длина волны приёмного устройства.

Адаптируем это выражение для ситуации объемный датчик и объект вторжения с учётом $P_{\text{Прм min}} = \rho_{min} \cdot k \cdot T_{\Sigma} \cdot \Delta f_{ш}$,

где $P_{\text{Прм min}}$ – минимальная чувствительность приёмника извещателя;

$\Delta f_{ш}$ – шумовая полоса приёмника, для оптимального фильтра.

Анализируется качество этих алгоритмов в канале с аддитивным белым гауссовским шумом.

Таким образом, определяя минимальное пороговое значение отношение сигнал – шум и, используя приведенную формулу для дальности обнаружения, появляется возможность построения контрольных зон действия передатчика и приемника Wi-Fi в реальных условиях объекта работы систем беспроводной связи.

Библиографический список

1. Прокис Джон Дж. Цифровая связь. М.: Радио и связь, 2000.
2. Веницкий А.С. Автономные радиосистемы: учеб. пособие для вузов. М.: Радио и связь, 1986. 336 с.
3. Калиберда И.В., Макаров А.М. Анализ и вывод расчетной формулы для дальности действия пассивных оптико-электронных охранных извещателей // Современная наука и инновации. 2014. № 4 (8). С. 51-55.