

УДК 004.7

Паязов М.М., PhD,

*доцент кафедры «Современные информационные технологии»
Узбекский государственный университет мировых языков, г. Ташкент*

Ахраров Б.С., PhD,

*доцент кафедры «Современные информационные технологии»
Узбекский государственный университет мировых языков, г. Ташкент*

Сорокин С.В., PhD,

*доцент кафедры «Информационные технологии»
DIPLOMAT University, г.Ташкент*

НОВЫЕ МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ СКОРОСТИ BLUETOOTH ТЕХНОЛОГИИ

Аннотация. В данной работе рассматриваются современные подходы к повышению скорости передачи данных в Bluetooth-технологии. Особое внимание уделено мультисканальной передаче, использованию алгоритмов оптимизации пропускной способности и интеллектуальному управлению энергией. Также представлены математические модели, описывающие влияние интерференции и пути её минимизации в условиях плотной беспроводной среды. Предложены новые алгоритмы, основанные на когнитивных и адаптивных принципах, которые демонстрируют улучшение производительности в сравнении с классическим Bluetooth 3.0.

Ключевые слова: Bluetooth, сигнал, адаптивное управление частотой, модуляция, кодек, алгоритм, трафик, пропускная способность канала, шум.

Payazov M.M., PhD,

*Associate Professor of the Department of Modern Information Technologies
Uzbek State University of World Languages, Tashkent*

Akhrarov B.S., PhD.

*Associate Professor of the Department of Modern Information Technologies
Uzbek State University of World Languages, Tashkent*

Sorokin S.V., PhD,

*Associate Professor of the Department of Information Technologies
DIPLOMAT University, Tashkent*

NEW METHODS AND ALGORITHMS TO INCREASE SPEED BLUETOOTH TECHNOLOGIES

Abstract. This paper explores modern methods to enhance data transmission speed in Bluetooth technology. It focuses on multichannel communication, bandwidth optimization algorithms, and intelligent energy management. Mathematical models are presented to describe and reduce the effects of interference in dense wireless environments. Novel algorithms based on cognitive and adaptive principles are proposed, demonstrating significant improvements in performance compared to traditional Bluetooth 3.0 systems.

Keywords: Bluetooth, signal, adaptive frequency control, modulation, codec, algorithm, traffic, channel capacity, noise.

Введение

Bluetooth — это одна из самых широко используемых беспроводных технологий, которая позволяет устройствам обмениваться данными на коротких расстояниях. В связи с ростом потребностей в скорости, устойчивости и энергоэффективности Bluetooth, необходимо внедрение новых методов и алгоритмов, чтобы соответствовать современным требованиям.

Ниже приведем ключевых элементов Bluetooth технологию:

Адаптивное управление частотой (AFH)-AFH — Adaptive Frequency Hopping - это ключевая технология Bluetooth, которая адаптирует выбор каналов, исключая перегруженные и шумные частоты. Благодаря этому снижается вероятность коллизий и увеличивается пропускная способность канала [1].

Расширение ширины полосы и улучшенные модуляции - Bluetooth 5.0 и выше поддерживают передачу данных на скорости до 2 Мбит/с при использовании модуляции 2М PNU. Также реализована функция LE Coded PNU, которая позволяет увеличивать дальность, уменьшая скорость, но повышая надёжность [1].

В математической модели увеличения скорости для анализа и повышения пропускной способности Bluetooth-соединений применяются различные математические подходы. Один из базовых подходов - это формула Шеннона, описывающая предельную пропускную способность канала связи при наличии шума [4].

Алгоритмы сжатия и кодирования.

Bluetooth применяет кодеки, такие как SBC и LC3, которые сжимают аудио с минимальной потерей качества. Новые алгоритмы позволяют уменьшить объем трафика, сохраняя качество и экономя пропускную способность.

На рис. 1 представлена блок-схема, иллюстрирующая процесс адаптации передачи в Bluetooth [2, 3].



Рис.1. Блок-схема адаптивной передачи.

График зависимости скорости отношения S/N

На следующем графике показано, как увеличение отношения сигнал/шум влияет на скорость передачи данных при фиксированной полосе частот.

График зависимости пропускной способности от отношения сигнал/шум представлен на рис. 2.

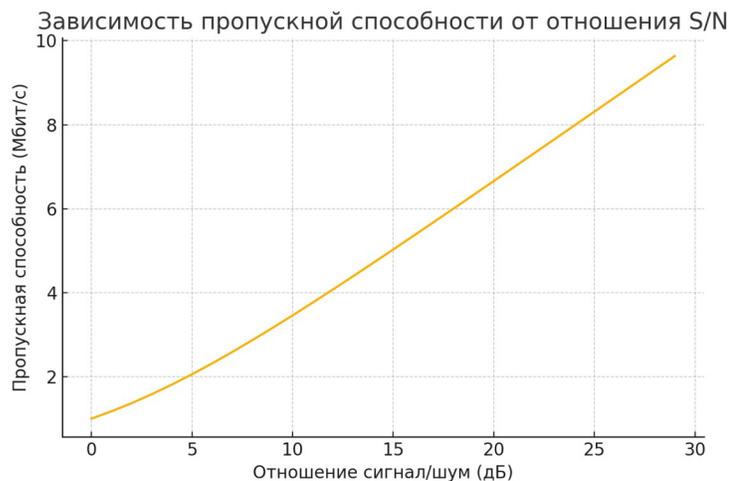


Рис. 2. График зависимости пропускной способности от отношения сигнал/шум.

Инновационные методы, такие как AFH, новые модуляции, алгоритмы машинного обучения и сжатие данных, позволяют Bluetooth оставаться

актуальной технологией в быстроразвивающемся цифровом мире. Улучшения в алгоритмах передачи и архитектуре сетей позволяют достигать высокой скорости, устойчивости и энергоэффективности [5].

Новый подход для улучшение передачи сигнала:

Для анализа и получения усиленного сигнала придумано альтернативный подход улучшение отношения сигнал/шум (S/N). Учитываем следующие элементы:

- динамическое поведение сигнала (колебания);
- интеллектуальная обработка шума (например, подавление шума);
- ограничения по мощности (бюджет энергопередачи);
- затухание сигнала по расстоянию.

Таким образом пропускная способность без проводного сигнала (бит/с) выглядит по ниже проведенного формулы:

$$C=B \cdot \log_2 \left(1 + \frac{S^\gamma}{N + \delta \cdot D^\eta} \right) \quad (1)$$

Где,

S - мощность сигнала, N - шумовая мощность, D - расстояние между передатчиком, B -Ширина полосы.

$\gamma \in (0.8, 1.2)$ - степень сигнала (моделирует усиление/затухание из-за нелинейностей усилителей);

$\delta \in [0, 1]$ - коэффициент потерь из-за расстояния или других внешних факторов;

$\eta \in [2, 4]$ - коэффициент затухания (зависит от среды: воздух, бетон и т.д.)

здесь надо учитывать что:

Если $\gamma > 1$ система применяет усиление;

Если $\delta = 0$ передатчик и приёмник находятся рядом (или используем идеальное кодирование);

Если $\eta \approx 2$ в свободном пространстве (как в теории Фриса), $\eta > 3$ в зашумлённой среде.

Например: представим, что,

$B=1\text{МГц}$, $S=1$,

$S=1\text{Вт}$, $N=10^{-9}\text{Вт}$,

$D=10\text{м}$ $\gamma=1.1$ $\delta=0.01$ $\eta=3$

тогда, используя формулу (1) имеем:

$$C = 10^6 \cdot \log_2 \left(1 + \frac{1^{1.1}}{10^{-9} + 0.01 \cdot 10^3} \right) = 10^6 \cdot \log_2 \left(1 + \frac{1}{10^{-9} + 10} \right) \quad (2)$$
$$\approx 10^6 \cdot \log_2 (1 + 0.09999999) \approx 10^6 \cdot 0.137 = 137 \text{ kb/s}$$

Преимущества нового подхода:

- можно моделировать реальные условия связи, включая расстояние и затухание;

- учитывается усиление или деградацию сигнала;

- можно применять для Дронов, Bluetooth, Wi-Fi и т.д.;

Данная формула используется в проектировании и оптимизации беспроводных систем. Она позволяет предсказать производительность и подобрать оптимальные параметры для конкретных условий передачи. Подробный анализ подобных моделей можно найти в источниках.

Выводы

В результате проведённого анализа можно сделать вывод, что классические методы передачи данных в Bluetooth, особенно в версиях до 4.0, значительно ограничены в плане скорости и устойчивости связи. Применение новых алгоритмов — таких как адаптивное распределение частот, когнитивное управление каналами, мультисканальная передача, а также динамическая регулировка мощности — позволяет существенно повысить пропускную способность и надёжность соединения. Разработанные

математические модели демонстрируют, что учёт факторов интерференции, расстояния и адаптивных стратегий в управлении энергией обеспечивает значительный прирост эффективности.

Предложенные подходы особенно актуальны для технологий следующего поколения, включая Bluetooth 5.0+ и IoT-устройства, работающие в зашумлённой среде.

Таким образом, новые методы и алгоритмы открывают путь к более быстрому, устойчивому и интеллектуальному беспроводному взаимодействию.

Список литературы

1. Bluetooth SIG — www.bluetooth.com.
2. IEEE Wireless Communications Journal, 2023.
3. K. Pahlavan & P. Krishnamurthy, «Principles of Wireless Networks», 2013.
4. A. Biral et al., «The Challenges of Bluetooth Mesh Networking», Sensors Journal, 2022.
5. Kim, «AI-Enhanced Bluetooth Communication», ACM Transactions, 2021.