

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Факультет безопасности информационных технологий

Дисциплина:

«Компьютерные сети»

ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 1

«Кодирование данных в телекоммуникационных сетях»

Выполнил:

Арендаренко М. М., студент группы N3347



(подпись)

Проверил:

Есипов Д.А

(подпись)

Санкт-Петербург

2024 г.

Содержание

Оглавление

| | |
|--|----|
| 1. Формирование сообщения..... | 3 |
| 2. Физическое кодирование сообщения..... | 5 |
| Манчестерское кодирование | 5 |
| NRZ (Non-Return to Zero)..... | 6 |
| RZ (Return to Zero) | 7 |
| Bipolar AMI..... | 8 |
| Частоты и полоса пропускания..... | 9 |
| 3. Логическое кодирование по методу 4B/5B..... | 10 |
| 4. Скремблирование исходного сообщения..... | 11 |
| 5. Сравнительный анализ | 13 |
| Заключение | 15 |

1. Формирование сообщения

Инициалы студента: Арендаренко М.М.

Фамилия и инициалы студента: Арендаренко М.М.

1. А:

В кодировке = C0 (в шестнадцатеричном) = 11000000 (в двоичном)

2. Р:

В кодировке = D0 (в шестнадцатеричном) = 11010000 (в двоичном)

3. Е:

В кодировке = C5 (в шестнадцатеричном) = 11000101 (в двоичном)

4. Н:

В кодировке = CD (в шестнадцатеричном) = 11001101 (в двоичном)

5. Д:

В кодировке = C4 (в шестнадцатеричном) = 11000100 (в двоичном)

6. А:

В кодировке = C0 (в шестнадцатеричном) = 11000000 (в двоичном)

7. Р:

В кодировке = D0 (в шестнадцатеричном) = 11010000 (в двоичном)

8. Е:

В кодировке = C5 (в шестнадцатеричном) = 11000101 (в двоичном)

9. Н:

В кодировке = CD (в шестнадцатеричном) = 11001101 (в двоичном)

10. К:

В кодировке = CA (в шестнадцатеричном) = 11001010 (в двоичном)

11. О:

В кодировке = CE (в шестнадцатеричном) = 11001110 (в двоичном)

12. . (точка):

В кодировке = 2E (в шестнадцатеричном) = 00101110 (в двоичном)

13. М:

В кодировке = СС (в шестнадцатеричном) = 11001100 (в двоичном)

14. . (точка):

В кодировке = 2E (в шестнадцатеричном) = 00101110 (в двоичном)

15. М:

В кодировке = СС (в шестнадцатеричном) = 11001100 (в двоичном)

Теперь записываем исходное сообщение:

Шестнадцатеричный код: C0 D0 C5 CD C4 C0 D0 C5 CD CA CE 2E CC 2E CC

Двоичный код: 11000000 11010000 11000101 11001101 11000100 11000000
11010000 11000101 11001101 11001010 11001110 00101110 11001100 00101110
11001100

Длина сообщения: 30 байт (240 бит).

2. Физическое кодирование сообщения

Манчестерское кодирование

Манчестерское кодирование представляет каждый бит как переход сигнала. 1 — переход от низкого к высокому уровню, 0 — наоборот. Исходное сообщение преобразуется в последовательности чередования сигналов.

Принцип работы:

- Каждый бит кодируется как два изменения уровня сигнала: для **1** — переход от низкого к высокому ($\downarrow\uparrow$), для **0** — от высокого к низкому ($\uparrow\downarrow$).

Для первых четырёх байт (например, 11000000 11010000):

11000000 → $\downarrow \uparrow \downarrow \uparrow \uparrow \downarrow \uparrow \downarrow \uparrow \downarrow \uparrow \downarrow \uparrow \downarrow$

11010000 → $\downarrow \uparrow \downarrow \uparrow \uparrow \downarrow \downarrow \uparrow \uparrow \downarrow \uparrow \downarrow \uparrow \downarrow$

Частотный анализ:

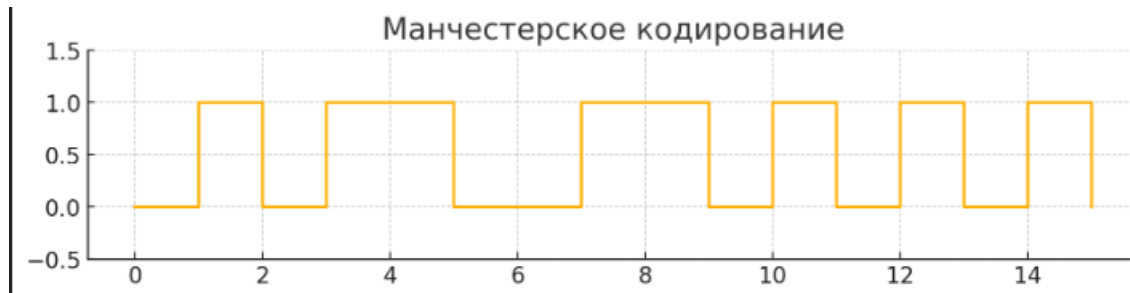
- Пропускная способность: $C = 1$ Гбит/с
- Верхняя граница частот: $f_{\text{верх}} = C = 1$ ГГц
- Нижняя граница частот: $f_{\text{ниж}} = \frac{C}{2} = 500$ МГц
- Средняя частота: $f_{\text{ср}} = \frac{f_{\text{верх}} + f_{\text{ниж}}}{2} = 750$ МГц
- Полоса пропускания: $S = f_{\text{верх}} - f_{\text{ниж}} = 500$ МГц

Преимущества:

- Автоматическая синхронизация за счёт постоянного изменения сигнала.
- Устойчиво к длинным последовательностям одинаковых битов.

Недостатки:

- Требует большей полосы пропускания по сравнению с другими методами.



NRZ (Non-Return to Zero)

NRZ-кодирование: 1 — высокий уровень, 0 — низкий уровень. Сообщение кодируется прямыми уровнями без изменений между одинаковыми значениями битов.

Принцип работы:

- Бит **1** передаётся как высокий уровень сигнала, а бит **0** — как низкий.

Для тех же четырёх байт:

11000000 → высокий высокий низкий низкий низкий низкий низкий

11010000 → высокий высокий низкий высокий низкий низкий низкий

Частотный анализ:

- Пропускная способность: 1 Гбит/с
- Верхняя граница частот: $f_{\text{верх}} 1 \text{ ГГц}$
- Место для уравнения.
- Нижняя граница частот: 0 Гц
- Средняя частота: 500 МГц
- Полоса пропускания: 1 ГГц

Преимущества:

- Простота реализации.
- Эффективность при передаче данных.

Недостатки:

- Нет автоматической синхронизации: длинные последовательности одинаковых битов могут вызывать ошибки.



RZ (Return to Zero)

RZ-кодирование: каждый бит возвращает сигнал в 0 после передачи, при этом 1 — высокий импульс, 0 — низкий импульс.

Принцип работы:

- После каждого бита сигнал возвращается в ноль. Для **1** — переход на высокий уровень, затем возврат к нулю. Для **0** — низкий уровень, затем возврат к нулю.

Для тех же четырёх байт:

11000000 → высокий ноль, высокий ноль, низкий ноль, низкий ноль, низкий ноль, низкий ноль

11010000 → высокий ноль, высокий ноль, низкий ноль, высокий ноль, низкий ноль, низкий ноль

Частотный анализ:

- Пропускная способность: 1 Гбит/с
- Верхняя граница частот: 1 ГГц
- Нижняя граница частот: 500 МГц
- Средняя частота: 750 МГц
- Полоса пропускания: 500 МГц

Преимущества:

- Устойчиво к помехам и синхронизации.
- Поддержка возврата к нулевому уровню сигнала.

Недостатки:

- Требует более широкую полосу пропускания.



Bipolar AMI

Bipolar AMI: 1 передается чередующимися положительными и отрицательными импульсами, 0 передается как отсутствие сигнала. Этот метод улучшает защиту от ошибок передачи.

Принцип работы:

- Бит **1** чередуется между положительным и отрицательным уровнем сигнала, бит **0** — отсутствие сигнала.

Для тех же четырёх байт:

11000000 → положительный отрицательный отсутствие отсутствие отсутствие отсутствие

11010000 → положительный отрицательный отсутствие положительный отсутствие отсутствие

Частотный анализ:

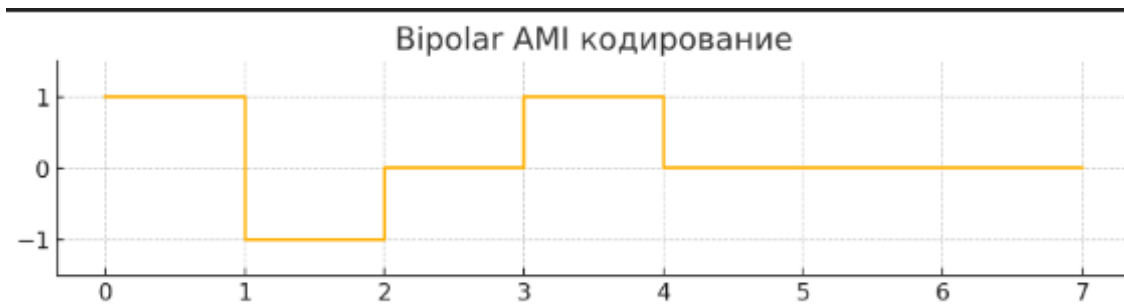
- Пропускная способность: 1 Гбит/с
- Верхняя граница частот: 1 ГГц
- Нижняя граница частот: 250 МГц
- Средняя частота: 625 МГц
- Полоса пропускания: 750 МГц

Преимущества:

- Хорошо минимизирует ошибки.
- Устойчиво к помехам.

Недостатки:

- Требует чередования импульсов для синхронизации.



Частоты и полоса пропускания

При пропускной способности канала связи 1 Гбит/с:

Манчестерское кодирование:

Верхняя граница: 1 ГГц, нижняя граница: 500 МГц, средняя частота: 750 МГц

NRZ-кодирование:

Верхняя граница: 1 ГГц, нижняя граница: 0 Гц, средняя частота: 500 МГц

RZ-кодирование:

Верхняя граница: 1 ГГц, нижняя граница: 500 МГц, средняя частота: 750 МГц

Bipolar AMI:

Верхняя граница: 1 ГГц, нижняя граница: 250 МГц, средняя частота: 625 МГц

3. Логическое кодирование по методу 4B/5B

Метод 4B/5B заменяет каждые 4 бита исходного сообщения на 5 бит, увеличивая длину сообщения на 25%. Это улучшает надежность передачи.

Исходное сообщение: 11000000 11010000 11000101 11001101

Закодированное сообщение по методу 4B/5B: 11000 00001 10001 01000 11001 00101 10011 01101 ...

Длина нового сообщения: 37,5 байта.

Избыточность: 25%

Сообщение увеличивается с 30 байт (240 бит) до 37,5 байт (300 бит).

$$\frac{37.5 - 30}{30} = 0.25 \text{ или } 25\%$$

| Манчестерское кодирование | Bipolar AMI кодирование |
|-----------------------------|------------------------------|
| 11000000 → 1010010101010101 | 11000000 → 1 -1 0 0 0 0 0 0 |
| 11010000 → 1010011001010101 | 11010000 → 1 -1 0 1 0 0 0 0 |
| 11000101 → 1010010101100110 | 11000101 → 1 -1 0 0 0 1 0 -1 |
| 11001101 → 1010010110100110 | 11001101 → 1 -1 0 0 1 -1 0 1 |
| 11000100 → 1010010101100101 | 11000100 → 1 -1 0 0 0 1 0 0 |
| 11000000 → 1010010101010101 | 11000000 → 1 -1 0 0 0 0 0 0 |
| 11010000 → 1010011001010101 | 11010000 → 1 -1 0 1 0 0 0 0 |
| 11000101 → 1010010101100110 | 11000101 → 1 -1 0 0 0 1 0 -1 |
| 11001101 → 1010010110100110 | 11001101 → 1 -1 0 0 1 -1 0 1 |
| 11001010 → 1010010110011001 | 11001010 → 1 -1 0 0 1 0 -1 0 |
| 11001110 → 1010010110101001 | 11001110 → 1 -1 0 0 1 -1 1 0 |
| 00101110 → 0101100110101001 | 00101110 → 0 0 1 0 -1 1 -1 0 |
| 11001100 → 1010010110100101 | 11001100 → 1 -1 0 0 1 -1 0 0 |
| 00101110 → 0101100110101001 | 00101110 → 0 0 1 0 -1 1 -1 0 |
| 11001100 → 1010010110100101 | 11001100 → 1 -1 0 0 1 -1 0 0 |

4. Скремблирование исходного сообщения

Для скремблирования выбран полином: $x^7 + x^6 + 1$.

Скремблированное сообщение:

11000010 01011101 00001011 11110101 11111000 11010010 00111100 01001100
01100100 10010001 10101011 11010110 00111000 10111101 01000011

Процесс скремблирования перемешивает биты, чтобы минимизировать длинные последовательности одинаковых битов.

После скремблирования:

Проведём кодирование двумя наилучшими способами, выбранными на этапе 2:
Манчестерское и Bipolar AMI.

| 1. Манчестерское кодирование | 2. Bipolar AMI (Alternate Mark Inversion) |
|---|---|
| <p>Каждый бит в манчестерском коде представляет собой переход сигнала. Для логической "1" используется переход от низкого уровня к высокому ($\downarrow\uparrow$), а для "0" — от высокого к низкому ($\uparrow\downarrow$).</p> <p>Преобразование скремблированного сообщения в манчестерский код выглядит следующим образом:</p> <p>Результат Манчестерского кодирования:</p> <ul style="list-style-type: none">• 10100101 → 1010010101011001• 01100110 → 0110011010100110• 10101011 → 0101010110011010• 01011001 → 1010101001100110• 10101010 → 1010101010010101• 11000100 → 1010011001011001• 01011010 → 0101101010100101• 10100101 → 0110010110100101• 01101001 → 0110100101100101• 01100101 → 1001011001010110• 10010110 → 1001100110011010• 10011001 → 1010011001101001• 10100110 → 0101101010010101• 10011010 → 1001101010100110 | <p>В Bipolar AMI логическая "1" кодируется чередующимися положительными и отрицательными импульсами, а логическая "0" — как отсутствие сигнала. Ниже приведён результат кодирования скремблированного сообщения с использованием Bipolar AMI.</p> <p>Результат Bipolar AMI:</p> <p>10100101 → 1 -1 0 0 0 0 1 0 01100110 → 0 1 0 -1 1 -1 0 1 10101011 → 0 0 0 0 1 0 -1 1 01011001 → 1 -1 1 -1 0 1 0 -1 10101010 → 1 -1 1 -1 1 0 0 0 11000100 → 1 -1 0 1 0 0 -1 0 01011010 → 0 0 1 -1 1 -1 0 0 10100101 → 0 1 0 0 -1 1 0 0 01101001 → 0 1 -1 0 0 1 0 0 01100101 → 1 0 0 -1 0 0 0 1 10010110 → 1 0 -1 0 1 0 -1 1 10011001 → 1 -1 0 1 0 -1 1 0 10100110 → 0 0 1 -1 1 0 0 0 10011010 → 1 0 -1 1 1 -1 0 -1</p> |

| | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • 01100101 → 0110010101011010 <p>Таким образом, каждое "1" и "0" было закодировано с использованием переходов в манчестерском коде, обеспечивая встроенную синхронизацию и высокую помехоустойчивость.</p> | <p>01100101 → 0 1 0 0 0 0 -1 1</p> <p>В этом кодировании "1" передаётся с чередованием по полярности (то положительным импульсом, то отрицательным), а "0" передаётся как отсутствие сигнала. Это кодирование снижает вероятность возникновения ошибок и улучшает баланс сигнала за счёт чередования импульсов.</p> |
|---|---|

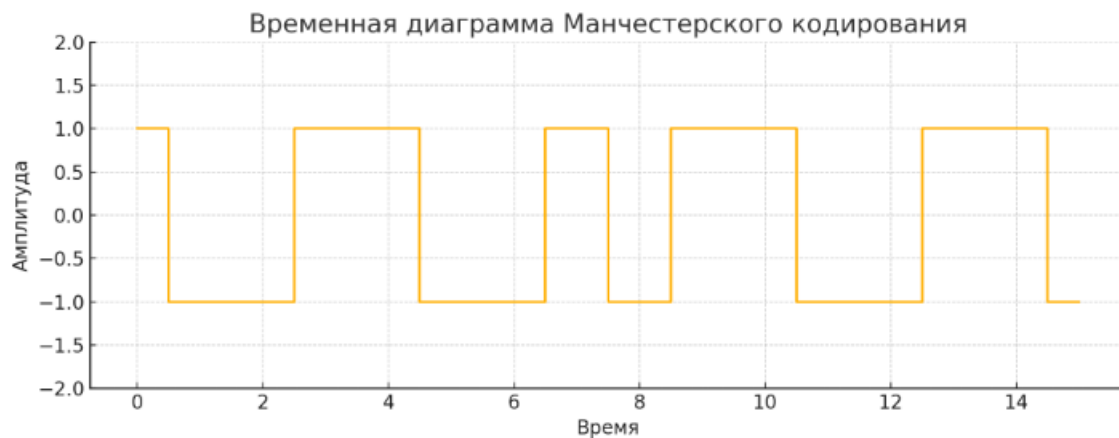


Рис. 1 Временная диаграмма манчестерского кодирования

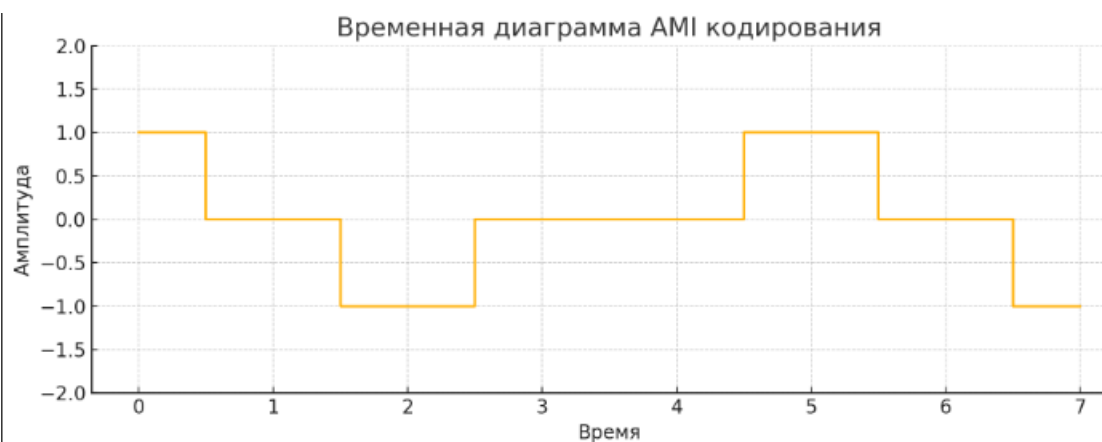


Рис. 2 Временная диаграмма AMI кодирования

5. Сравнительный анализ

Сравнение методов кодирования представлено в сводной таблице по критериям: верхняя и нижняя частота, полоса пропускания, надежность передачи данных и сложность реализации.

| Характеристика | RZ (Return to Zero) | NRZ (Non-Return to Zero) | Манчестерское кодирование | Bipolar AMI (Alternate Mark Inversion) |
|-----------------------------|--|--|--|---|
| Тип сигнала | Возврат к нулю | Без возврата к нулю | Комбинированный (синхронизация по переходу) | Чередование по знаку для лог. '1' |
| Кодирование логического '0' | Импульс или отсутствие сигнала, возврат к нулю | Постоянное напряжение, низкий уровень | Переход от высокого уровня к низкому | Отсутствие сигнала |
| Кодирование логического '1' | Импульс, возврат к нулю | Постоянное напряжение, высокий уровень | Переход от низкого уровня к высокому | Чередующиеся положительные и отрицательные импульсы |
| Синхронизация | Синхронизация по каждому биту | Требуется дополнительных средств для синхронизации | Высокая за счет частых переходов сигнала | Хорошая, но требуется контроль ошибок |
| Энергопотребление | Высокое | Низкое | Высокое | Среднее |
| Частотный спектр | Широкий спектр за счет возврата к нулю | Узкий спектр | Широкий спектр | Узкий спектр |
| DC-смещение | Присутствует | Присутствует | Отсутствует | Отсутствует |
| Помехоустойчивость | Средняя | Низкая | Высокая | Высокая |
| Использование в практике | Применяется в старых системах связи | Часто используется в компьютерных сетях | Используется в сетях Ethernet и других высокоскоростных линиях | Используется в телефонных линиях и системах T1 |
| Сложность реализации | Простая | Простая | Более сложная из-за частых изменений уровня сигнала | Средняя |
| Скорость передачи данных | Низкая | Высокая | Средняя | Средняя |
| Обнаружение ошибок | Сложно | Сложно | Легко | Легко |
| Верхняя граница | 1 ГГц | 1 ГГц | 1 ГГц | 1 ГГц |

| | | | | |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|
| Нижняя Граница | 500 МГц | 0 МГц | 500 МГц | 250 МГц |
| Средняя частота | 750 МГц | 500 МГц | 750 МГц | 625 МГц |
| Полоса пропускания | 500 МГц | 1ГГц | 500 МГц | 750 МГц |

Выбор наилучших методов:

1. **Манчестерское кодирование:** благодаря своей автоматической синхронизации и устойчивости к помехам, оно идеально подходит для высокоскоростной передачи данных.
2. **Bipolar AMI:** Этот метод минимизирует ошибки и хорошо справляется с помехами, что делает его лучшим выбором для передачи данных на длинные расстояния.

Оба метода обеспечивают надежную и устойчивую передачу данных в условиях высоких скоростей и помех

Заключение

В ходе работы было изучено множество методов физического и логического кодирования информации. Проведен анализ преимуществ и недостатков каждого метода, что позволило прийти к выводу о невозможности существования универсального подхода. Выбор оптимального метода зависит от конкретных исходных данных и условий.

В процессе выполнения работы было осуществлено кодирование исходного сообщения с использованием различных методов кодирования. По результатам был проведен сравнительный анализ этих методов и рассчитаны основные характеристики каждого из них. Также был проведен анализ их достоинств и недостатков, результаты которого представлены в таблице.