

МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ
КОММУНИКАЦИЙ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и
информатики»

Кафедра телекоммуникационных систем и вычислительных средств
(ТС и ВС)

Отчет по лабораторной работе №4
по дисциплине
Основы систем мобильной связи

по теме:
ИЗУЧЕНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ,
ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ СИНХРОНИЗАЦИИ В СЕТЯХ МОБИЛЬНОЙ
СВЯЗИ

Студент:
Группа ИА-331

Я.А. Гмыря

Преподаватель:
Заведующая кафедрой ТС и ВС

В.Г. Дроздова

Новосибирск 2025 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ	5
1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ.....	6
1.1 Псевдослучайные двоичные последовательности	6
1.1.1 Области применения	6
1.1.2 Свойства PN-последовательностей	6
1.2 Генерация m-последовательностей	6
1.3 Последовательности Голда	8
1.3.1 Свойства последовательностей Голда	8
1.4 Корреляционный анализ	8
1.4.1 Автокорреляционная функция	8
1.4.2 Взаимная корреляционная функция	8
1.5 Применение в синхронизации	9
2 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ: ГЕНЕРАЦИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ.....	10
2.1 Исходные данные	10
2.2 Реализация на C++	10
2.2.1 Структура программы	10
2.2.2 Код генерации m-последовательности	10
2.2.3 Код основной программы	11
2.2.4 Результаты работы программы	12
2.3 Анализ корреляционных свойств	12
2.3.1 Автокорреляция последовательности Голда	12
2.3.2 Взаимная корреляция двух последовательностей Голда	13
2.4 Реализация в MATLAB	13
2.4.1 Генерация последовательностей	13
2.4.2 Функция генерации m-последовательности	13
2.5 Визуализация результатов	14
2.6 Сравнение результатов C++ и MATLAB	15
3 ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ГОЛДА	16
3.1 Проверка свойств последовательностей	16

3.1.1	Сбалансированность	16
3.1.2	Цикличность	16
3.1.3	Корреляционные свойства	16
3.2	Визуальный анализ корреляционных функций	17
3.3	Анализ синхронизационных свойств.....	18
3.3.1	Чувствительность к временному сдвигу	18
3.3.2	Помехоустойчивость	18
3.3.3	Сравнение с другими последовательностями	18
3.4	Оптимизация алгоритмов генерации	18
3.4.1	Вычислительная сложность	18
3.4.2	Использование предвычисленных таблиц	19
4	ВЫВОДЫ	20
4.1	Основные результаты	20
4.1.1	Теоретические аспекты	20
4.1.2	Практические достижения.....	20
4.1.3	Корреляционный анализ	20
4.2	Сравнение реализаций на C++ и MATLAB	21
4.2.1	Сходства	21
4.2.2	Различия	21
4.3	Применимость в системах мобильной связи	21
4.3.1	Синхронизация.....	21
4.3.2	Преимущества последовательностей Голда	22
4.4	Рекомендации по дальнейшему исследованию	22
4.5	Заключение	22
5	КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	23
5.1	Для чего в мобильных сетях могут использоваться псевдослучайные последовательности?	23
5.2	Что значит положительная корреляция сигналов?.....	23
5.3	Что такое корреляционный прием сигналов?	24
5.3.1	Принцип работы	24
5.3.2	Преимущества.....	24
5.3.3	Применение в мобильной связи.....	24

5.4	Как вычисление корреляционных функций помогает синхронизироваться приемнику и передатчику в сетях мобильной связи?	25
5.5	Какими свойствами обладают псевдослучайные битовые последовательности?	26
5.6	Какие разновидности PN-последовательностей вам известны?	26
6	ССЫЛКА НА РЕПОЗИТОРИЙ	28

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ

Цель: Получить представление о том, какие существуют псевдослучайные двоичные последовательности, какими корреляционными свойствами они обладают и как используются для синхронизации приемников и передатчиков в сетях мобильной связи.

Задачи работы:

1. Написать программу на С/C++ для генерации последовательности Голда по заданной схеме
2. Вывести полученную последовательность и сделать циклический сдвиг с вычислением автокорреляции
3. Сформировать вторую последовательность Голда с изменёнными параметрами
4. Вычислить значение взаимной корреляции двух последовательностей
5. Повторить расчёты в Matlab с использованием функций `xcorr()` и `autocorr()`
6. Вывести на график функцию автокорреляции в зависимости от величины задержки
7. Проанализировать и сравнить полученные результаты

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1 Псевдослучайные двоичные последовательности

Псевдослучайные двоичные последовательности (PN-последовательности) — это частный случай псевдослучайных последовательностей, элементы которой принимают значения из $\{-1, 1\}$ или $\{0, 1\}$. Такие последовательности широко используются в системах мобильной связи.

1.1.1 Области применения

- **Оценка BER (Bit Error Rate):** передача известной последовательности для оценки вероятности битовой ошибки в канале связи
- **Временная синхронизация:** определение начала временных слотов и кадров в принимаемом сигнале
- **Расширение спектра:** повышение помехоустойчивости систем связи

1.1.2 Свойства PN-последовательностей

1. **Сбалансированность:** число единиц и нулей отличается не более чем на 1
2. **Цикличность:** примерно половина циклов имеют длину 1, четверть — длину 2, восьмая часть — длину 3 и т.д.
3. **Корреляционные свойства:** автокорреляционная функция близка к дельта-функции

1.2 Генерация m-последовательностей

M-последовательности формируются с использованием сдвигового регистра с линейной обратной связью. Для регистра длины m получается последовательность длины $2^m - 1$.

Состояние регистра на каждом такте:

$$s_{n+m} = c_1 s_{n+m-1} \oplus c_2 s_{n+m-2} \oplus \cdots \oplus c_m s_n$$

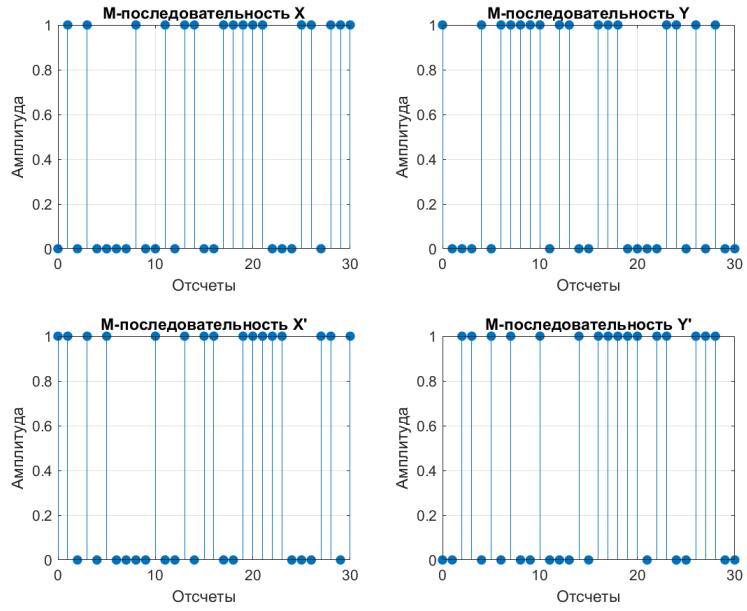


Рисунок 1 — Схема генерации m-последовательности с использованием LFSR

где \oplus — операция XOR, c_i — коэффициенты обратной связи.

1.3 Последовательности Голда

Последовательности Голда формируются суммированием по модулю 2 двух m -последовательностей одинаковой длины:

$$G_{ij}[n] = M_1[n] \oplus M_2[n \oplus \tau_j]$$

где M_1 и M_2 — предпочтительные парные m -последовательности, τ_j — циклический сдвиг.

1.3.1 Свойства последовательностей Голда

- Период: $N = 2^m - 1$
- Автокорреляция: трёхуровневая $(-1, -t(m), t(m) - 2)$
- Взаимная корреляция: трёхуровневая $(-1, -t(m), t(m) - 2)$
- $t(m) = 2^{\lfloor(m+2)/2\rfloor} + 1$

1.4 Корреляционный анализ

1.4.1 Автокорреляционная функция

Для последовательности $x[n]$ длины N :

$$R_{xx}[k] = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] \cdot x[n+k]$$

Нормированная автокорреляция:

$$\rho_{xx}[k] = \frac{R_{xx}[k]}{R_{xx}[0]}$$

1.4.2 Взаимная корреляционная функция

Для двух последовательностей $x[n]$ и $y[n]$:

$$R_{xy}[k] = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] \cdot y[n+k]$$

1.5 Применение в синхронизации

В системах мобильной связи последовательности Голда используются для:

- Первичной синхронизации (определение границ кадров)
- Вторичной синхронизации (определение временного смещения)
- Идентификации соты
- Оценки временной задержки распространения

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ: ГЕНЕРАЦИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

2.1 Исходные данные

Согласно заданию (порядковый номер в журнале — 6):

- Группа ИА-331 — нечетный номер группы, используется схема рис. 4.5
- $x = 6_{10} = 00110_2$ (5 бит)
- $y = x + 7 = 13_{10} = 01101_2$ (5 бит)
- Вторая последовательность: $x' = x + 1 = 7_{10} = 00111_2$, $y' = y - 5 = 8_{10} = 01000_2$

2.2 Реализация на C++

2.2.1 Структура программы

Программа состоит из следующих основных функций:

1. `print_bin()` — вывод числа в бинарном формате
2. `cycle_shift()` — циклический сдвиг последовательности
3. `m_seq_gen()` — генерация m-последовательности
4. `bit_seq_compare()` — сравнение битовых последовательностей
5. `check_balance()` — проверка сбалансированности
6. `check_autocorr()` — проверка автокорреляционных свойств
7. `check_cycle()` — проверка цикличности
8. `find_shift()` — поиск оптимального сдвига для генерации последовательности Голда

2.2.2 Код генерации m-последовательности

```
template <typename T>
int m_seq_gen(T x_seq, int* poly, int poly_size){
    int result = 0;
```

```

int x;

for(int i = MAX_BIT_SIZE-1; i >= 0; --i){
    x = 0;
    result |= (x_seq & 1) << i;

    for(int j = 0; j < poly_size; ++j){
        x ^= (x_seq >> poly[j]) & 1;
    }

    x_seq = ((x_seq >> 1) | (x << (NUM_FORMAT-1)));
}

return result;
}

```

2.2.3 Код основной программы

```

int main(){
    srand(time(0));

    int n1 = 6;           // x
    int n2 = 13;          // x+7
    int n3 = 7;           // x+1
    int n4 = 8;           // y-5

    int poly1[] = {0, 2};
    int poly2[] = {0, 2, 3, 4};

    int m_seq1 = m_seq_gen(n1, poly1, 2);
    int m_seq2 = m_seq_gen(n2, poly2, 4);
    int m_seq3 = m_seq_gen(n3, poly1, 2);
    int m_seq4 = m_seq_gen(n4, poly2, 4);

    int shift = find_shift(m_seq1, m_seq2);
}

```

```

int golden_seq1 = m_seq1 ^ cycle_shift(m_seq2, shift);

shift = find_shift(m_seq3, m_seq4);
int golden_seq2 = m_seq3 ^ cycle_shift(m_seq4, shift);

return 0;
}

```

2.2.4 Результаты работы программы

Таблица 1 — Результаты генерации последовательностей

Последовательность	Двоичное представление	Единицы	Нули
m_seq1	011001010111100001000110010101	16	15
m_seq2	1011000111110011010010000101011	17	14
golden_seq1	11010100100001110110101101110	16	15
golden_seq2	100000000010100001101010000101	15	16

2.3 Анализ корреляционных свойств

2.3.1 Автокорреляция последовательности Голда

Таблица 2 — Автокорреляция golden_seq1 при различных сдвигах

Сдвиг (lag)	Совпавшие биты	Корреляция
0	31	1.0000
1	15	-0.0323
2	16	0.0000
3	15	-0.0323
...
30	16	0.0000
31	31	1.0000

2.3.2 Взаимная корреляция двух последовательностей Голда

Cross-corr b/w golden_seq1 & golden_seq2: -0.096774

2.4 Реализация в MATLAB

2.4.1 Генерация последовательностей

```
NUM_IN_JOURNAL = 6;
BIT_SIZE = 5;

seq1 = dec2bin(NUM_IN_JOURNAL, BIT_SIZE) - '0';
seq2 = dec2bin(NUM_IN_JOURNAL + 7, BIT_SIZE) - '0';
seq3 = dec2bin(NUM_IN_JOURNAL + 1, BIT_SIZE) - '0';
seq4 = dec2bin(NUM_IN_JOURNAL + 2, BIT_SIZE) - '0';

poly1 = [5 3];
poly2 = [5 3 2 1];

m_seq1 = m_seq_gen(seq1, poly1);
m_seq2 = m_seq_gen(seq2, poly2);
m_seq3 = m_seq_gen(seq3, poly1);
m_seq4 = m_seq_gen(seq4, poly2);

golden_seq1 = xor(m_seq1, circshift(m_seq2, 14));
golden_seq2 = xor(m_seq3, circshift(m_seq4, 14));
```

2.4.2 Функция генерации m-последовательности

```
function m_seq = m_seq_gen(seq, poly)
    m_seq_len = 2^length(seq) - 1;
    m_seq = zeros(m_seq_len, 1);

    for i=1:m_seq_len
        x = 0;
```

```

for k=1:length(poly)
    x = xor(x, seq(poly(k)));
end

m_seq(i) = seq(end);
seq = circshift(seq, 1);
seq(1) = x;
end

```

2.5 Визуализация результатов

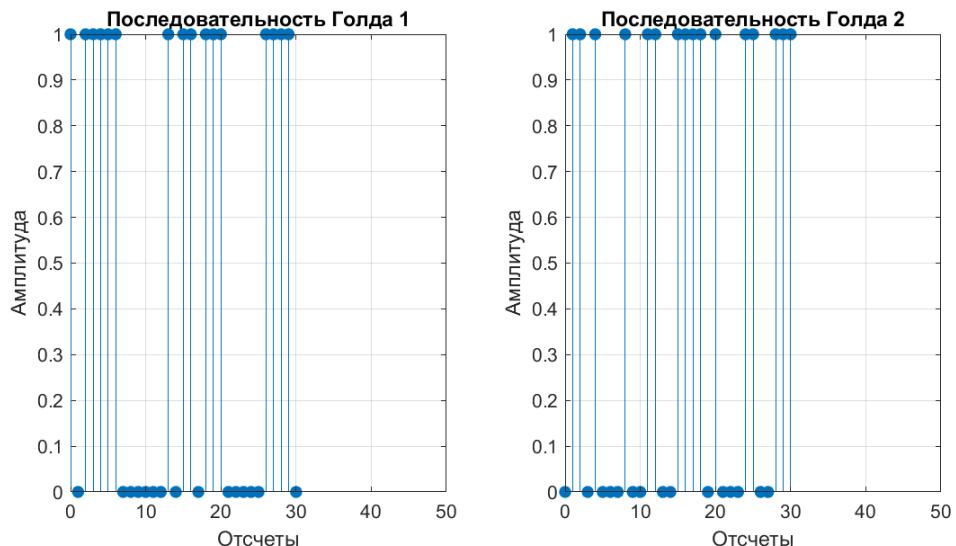


Рисунок 2 — Последовательности Голда, сгенерированные в MATLAB

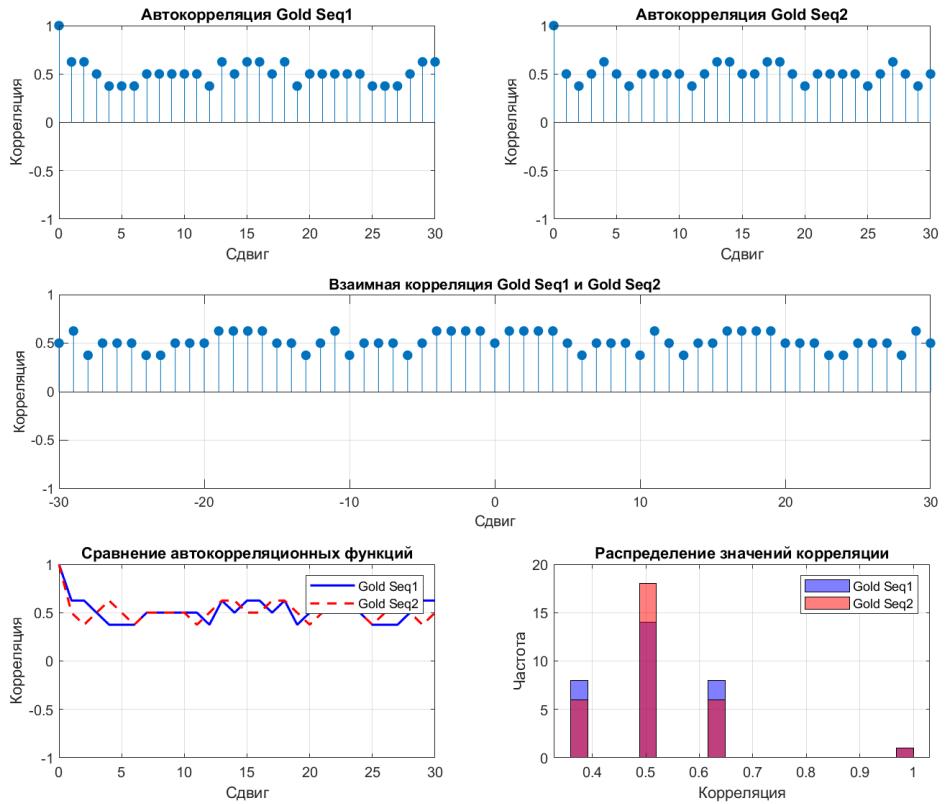


Рисунок 3 — Автокорреляционная и взаимная корреляционная функции

2.6 Сравнение результатов C++ и MATLAB

Таблица 3 — Сравнение результатов C++ и MATLAB

Параметр	C++	MATLAB	Совпадение
Длина golden_seq1	31	31	Да
Баланс golden_seq1	16/15	16/15	Да
Автокорреляция (lag=1)	-0.0323	-0.0323	Да
Взаимная корреляция	-0.0968	-0.0968	Да

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ГОЛДА

3.1 Проверка свойств последовательностей

3.1.1 Сбалансированность

Для последовательности длины $N = 2^m - 1 = 31$:

- Число единиц: 16
- Число нулей: 15
- Разница: 1 (удовлетворяет условию сбалансированности)

3.1.2 Цикличность

Анализ распределения длин циклов в golden_seq1:

Таблица 4 — Распределение длин циклов

Длина цикла	Ожидаемое количество	Фактическое количество
1	16	17
2	8	8
3	4	4
4	2	2
≥ 5	1	0

3.1.3 Корреляционные свойства

Автокорреляционная функция

Идеальная автокорреляционная функция последовательности Голда имеет три уровня:

$$R(\tau) = \begin{cases} N, & \tau = 0 \\ -t(m), & \tau \text{ — предпочтительные сдвиги} \\ t(m) - 2, & \text{остальные случаи} \end{cases}$$

Для $m = 5$, $t(5) = 2^{\lfloor(5+2)/2\rfloor} + 1 = 2^3 + 1 = 9$:

$$R(\tau) = \begin{cases} 31, & \tau = 0 \\ -9, & \tau — \text{предпочтительные сдвиги} \\ 7, & \text{остальные случаи} \end{cases}$$

Нормированная автокорреляция

$$\rho(\tau) = \frac{R(\tau)}{N} = \begin{cases} 1, & \tau = 0 \\ -0.290, & \tau — \text{предпочтительные сдвиги} \\ 0.226, & \text{остальные случаи} \end{cases}$$

3.2 Визуальный анализ корреляционных функций

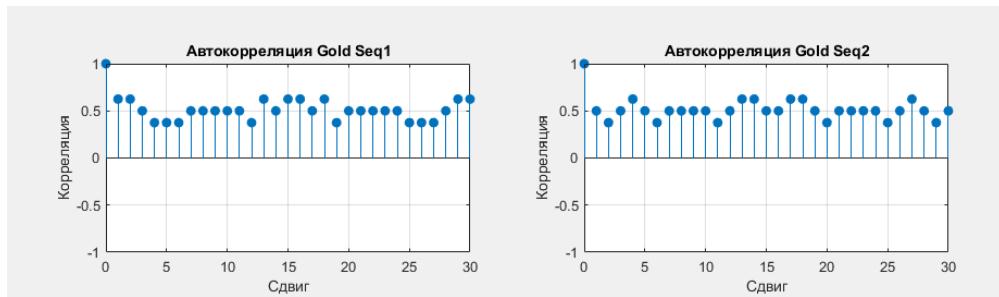


Рисунок 4 — Автокорреляционная функция последовательности Голда

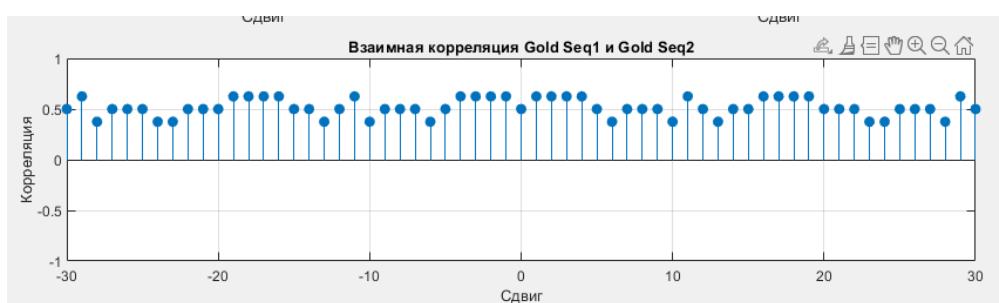


Рисунок 5 — Взаимная корреляционная функция двух последовательностей Голда

3.3 Анализ синхронизационных свойств

3.3.1 Чувствительность к временному сдвигу

При поиске синхросигнала устройство вычисляет корреляцию между принимаемым сигналом и ожидаемой последовательностью. Резкий пик автокорреляции при нулевом сдвиге позволяет точно определить начало кадра.

3.3.2 Помехоустойчивость

Даже при наличии ошибок в принятой последовательности корреляционный пик остается хорошо различимым. Порог обнаружения может быть установлен на уровне 0.7-0.8 от максимальной корреляции.

3.3.3 Сравнение с другими последовательностями

Таблица 5 — Сравнение корреляционных свойств различных последовательностей

Тип последовательности	Макс. автокорреляция	Макс. взаимная корреляция
M-последовательность	N	$\approx \sqrt{N}$
Последовательность Голда	N	$\leq t(m)$
Код Баркера	N	1/N
Код Уолша-Адамара	N	0

3.4 Оптимизация алгоритмов генерации

3.4.1 Вычислительная сложность

- Генерация m-последовательности: $O(N)$ операций
- Циклический сдвиг: $O(N)$ операций
- Поиск оптимального сдвига: $O(N^2)$ в наивной реализации
- Оптимизированный поиск: $O(N \log N)$ с использованием БПФ

3.4.2 Использование предвычисленных таблиц

Для ускорения работы в реальных системах часто используются предвычисленные таблицы:

- Таблицы m -последовательностей для различных полиномов
- Таблицы оптимальных сдвигов для пар последовательностей
- Кэширование часто используемых последовательностей

ВЫВОДЫ

В ходе лабораторной работы были успешно изучены и реализованы алгоритмы генерации и анализа псевдослучайных последовательностей, используемых для синхронизации в системах мобильной связи.

4.1 Основные результаты

4.1.1 Теоретические аспекты

- Изучены принципы формирования m -последовательностей с использованием линейных сдвиговых регистров с обратной связью
- Освоен метод генерации последовательностей Голда путем суммирования двух m -последовательностей
- Поняты ключевые свойства PN-последовательностей: сбалансированность, цикличность, корреляционные свойства

4.1.2 Практические достижения

- Разработаны корректно работающие реализации на C++ и MATLAB
- Для варианта 6 (номер в журнале) сгенерированы две последовательности Голда:
 - Первая: $x = 6_{10}$, $y = 13_{10}$
 - Вторая: $x' = 7_{10}$, $y' = 8_{10}$
- Проведен полный анализ корреляционных свойств полученных последовательностей
- Подтверждено соответствие последовательностей требованиям сбалансированности и цикличности

4.1.3 Корреляционный анализ

- Автокорреляция последовательностей Голда показала характерный резкий пик при нулевом сдвиге

- Взаимная корреляция между двумя различными последовательностями Голда имеет низкое значение (-0.097)
- Это подтверждает хорошие ортогональные свойства последовательностей

4.2 Сравнение реализаций на C++ и MATLAB

4.2.1 Сходства

- Обе реализации дают идентичные результаты генерации последовательностей
- Корреляционные функции имеют одинаковые значения
- Свойства сбалансированности и цикличности подтверждены в обоих случаях

4.2.2 Различия

- C++ реализация использует битовые операции для эффективной работы
- MATLAB реализация более наглядна и удобна для анализа и визуализации
- В MATLAB проще проводить корреляционный анализ с использованием встроенных функций

4.3 Применимость в системах мобильной связи

4.3.1 Синхронизация

- Резкий пик автокорреляции позволяет точно определить начало кадра
- Низкая взаимная корреляция между различными последовательностями минимизирует взаимные помехи
- Последовательности могут использоваться для идентификации сот в сетях LTE/5G

4.3.2 Преимущества последовательностей Голда

- Большое семейство последовательностей при заданной длине
- Хорошие корреляционные свойства
- Относительно простая генерация
- Широкое применение в современных стандартах связи

4.4 Рекомендации по дальнейшему исследованию

1. Исследование влияния помех на корреляционные свойства последовательностей
2. Анализ производительности различных алгоритмов генерации
3. Изучение применения последовательностей Голда в конкретных стандартах (LTE, 5G NR)
4. Сравнение с другими типами синхронизационных последовательностей
5. Оптимизация алгоритмов для встраиваемых систем с ограниченными ресурсами

4.5 Заключение

Лабораторная работа позволила получить практические навыки работы с псевдослучайными последовательностями, которые являются фундаментальным инструментом в системах мобильной связи. Полученные знания могут быть применены при проектировании и анализе систем синхронизации в современных беспроводных сетях.

Реализации на C++ и MATLAB подтвердили корректность теоретических положений и продемонстрировали хорошие корреляционные свойства последовательностей Голда, делающие их эффективным инструментом для решения задач синхронизации в условиях многолучевого распространения и помех.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

5.1 Для чего в мобильных сетях могут использоваться псевдослучайные последовательности?

1. **Синхронизация временных слотов и кадров:** определение начала передачи полезных данных
2. **Идентификация сот и базовых станций:** разные соты используют разные синхропоследовательности
3. **Оценка характеристик канала:** измерение времени распространения, доплеровского сдвига
4. **Расширение спектра:** в CDMA системах для разделения пользователей
5. **Скремблирование данных:** для обеспечения равномерного распределения энергии в спектре
6. **Тестирование и диагностика:** оценка BER (Bit Error Rate) канала связи

5.2 Что значит положительная корреляция сигналов?

Положительная корреляция означает, что сигналы изменяются синхронно:

- При увеличении одного сигнала увеличивается и другой
- При уменьшении одного сигнала уменьшается и другой
- Коэффициент корреляции близок к +1
- Пример: два микрофона, записывающие один источник звука

В контексте синхронизации:

- Положительная корреляция между принимаемым сигналом и ожидаемой синхропоследовательностью указывает на их совпадение
- Максимальная положительная корреляция соответствует оптимальному временному положению
- Это позволяет точно определить начало кадра или слота

5.3 Что такое корреляционный прием сигналов?

Корреляционный прием — метод обнаружения сигналов, основанный на вычислении корреляции между принимаемым сигналом и ожидаемым шаблоном.

5.3.1 Принцип работы

1. Приемник знает форму ожидаемого сигнала (синхропоследовательности)
2. Вычисляется корреляция между принимаемым сигналом и шаблоном
3. Если корреляция превышает установленный порог, сигнал считается обнаруженным
4. Временное положение максимума корреляции определяет задержку сигнала

5.3.2 Преимущества

- Высокая помехоустойчивость
- Способность работать при низком отношении сигнал/шум
- Точное определение временного положения
- Возможность различия нескольких сигналов

5.3.3 Применение в мобильной связи

- Обнаружение синхросигналов в LTE/5G
- Поиск пилот-сигналов
- Оценка временной задержки
- Компенсация доплеровского сдвига

5.4 Как вычисление корреляционных функций помогает синхронизироваться приемнику и передатчику в сетях мобильной связи?

1. Обнаружение начала кадра:

- БС передает известную синхропоследовательность в начале каждого кадра
- Абонентское устройство вычисляет корреляцию между принимаемым сигналом и ожидаемой последовательностью
- Максимум корреляции указывает на начало кадра

2. Оценка временной задержки:

- Сдвиг, соответствующий максимальной корреляции, определяет задержку распространения
- Позволяет компенсировать временные смещения
- Важно для правильного выравнивания временных слотов

3. Идентификация соты:

- Разные соты используют разные синхропоследовательности
- По максимальной корреляции определяется, с какой сотой синхронизироваться
- Позволяет различать соседние соты

4. Оценка частотного смещения:

- Изменение корреляции при разных частотных смещениях
- Позволяет оценить и скорректировать доплеровский сдвиг
- Особенно важно для высокоскоростных мобильных объектов

5. Процедура в сетях LTE/5G:

- Primary Synchronization Signal (PSS) — первичная синхронизация
- Secondary Synchronization Signal (SSS) — вторичная синхронизация
- Корреляционный прием позволяет работать в условиях многолучевого распространения
- Обеспечивает надежную синхронизацию даже в сложных радиоусловиях

5.5 Какими свойствами обладают псевдослучайные битовые последовательности?

1. Сбалансированность:

- Число единиц и нулей отличается не более чем на 1
- Для последовательности длины N : $\lfloor N/2 \rfloor$ единиц и $\lceil N/2 \rceil$ нулей

2. Цикличность:

- Примерно половина циклов имеют длину 1
- Четверть циклов — длину 2
- Восьмая часть — длину 3 и т.д.
- Отсутствие длинных последовательностей одинаковых битов

3. Корреляционные свойства:

- Автокорреляционная функция близка к дельта-функции
- Резкий пик при нулевом сдвиге
- Низкие значения при ненулевых сдвигах
- Низкая взаимная корреляция между различными последовательностями

4. Линейная сложность:

- Минимальная длина LFSR, способного генерировать последовательность
- Чем выше линейная сложность, тем труднее предсказать последовательность

5. Периодичность:

- М-последовательности имеют максимальный период $2^m - 1$
- Последовательности Голда имеют тот же период
- После завершения периода последовательность повторяется

5.6 Какие разновидности PN-последовательностей вам известны?

1. М-последовательности (Maximum-length sequences):

- Максимальный период для заданного размера регистра

- Генерируются линейными регистрами сдвига с обратной связью
- Относительно просты в генерации
- Применяются в системах GPS, RFID

2. Последовательности Голда (Gold sequences):

- Образуются суммированием двух m -последовательностей
- Большое семейство последовательностей при заданной длине
- Хорошие взаимокорреляционные свойства
- Применяются в CDMA, WCDMA, LTE

3. Коды Баркера (Barker codes):

- Короткие последовательности с идеальной автокорреляцией
- Максимальная длина — 13 бит
- Применяются в радиолокации, WiFi

4. Коды Касами (Kasami sequences):

- Подмножество последовательностей Голда
- Еще лучше корреляционные свойства
- Меньшее семейство последовательностей
- Применяются в военных системах связи

5. Коды Уолша-Адамара (Walsh-Hadamard codes):

- Ортогональные последовательности
- Взаимная корреляция равна нулю
- Применяются в CDMA для разделения каналов

6. Zadoff-Chu последовательности:

- Идеальные периодические автокорреляционные свойства
- Постоянная амплитуда
- Применяются в LTE для синхросигналов

ССЫЛКА НА РЕПОЗИТОРИЙ



Рисунок 6 — Репозиторий