

Лабораторна робота №5

Дослідження декодера Вітербі

Мета роботи: здобуття навичок побудова декодера Вітербі.

Зміст:

Короткі теоретичні відомості	1
Завдання для виконання	3
Вимоги до оформлення звіту	3
Контрольні питання	3

Короткі теоретичні відомості

Існує три основні способи декодування даних, закодованих згортковим кодером:

1. Метод граничного декодування. При цьому способі декодування обчислюються синдроми (ознаки місця помилки), потім ці синдроми або послідовності, отримані за допомогою лінійного перетворення синдромів, подаються на входи порогового елемента, де шляхом голосування і порівняння його результату з порогом виносяться рішення про значення символу, що декодується. У цьому методі кількість операцій, необхідні декодування одного символу, вбирається у деякої постійної величини. Основною перевагою цього є простота алгоритму. Однак, він не повністю реалізує потенційні коригувальні здібності згорткового коду. Крім того, не всі згорткові коди можуть бути декодовані цим способом. Наприклад, коди, що не володіють властивістю ортогональності, не можуть бути декодовані.
2. Метод послідовного декодування. Цей метод заснований на ймовірнісному декодуванні і кількість операцій, необхідні декодування одного символу, є випадковою величиною. Алгоритм є складнішим, ніж алгоритм декодування методом порогового декодування.
3. Метод декодування по максимуму правдоподібності. Цей метод теоретично ефективніший, ніж попередні, проте має більш складний алгоритм.

Метод декодування максимально правдоподібності на ідейному рівні полягає в наступному. Декодер відтворює всі можливі шляхи послідовних змін станів сигналу, зіставляючи отримані кодові символи з прийнятими аналогами по каналу зв'язку і на основі аналізу помилок між прийнятими і необхідними символами визначає оптимальний шлях. Оптимальний шлях визначається за критерієм мінімальної відстані Хеммінга від прийнятої послідовності. Декодування за методом Вітербі, по суті, є алгоритмом пошуку найвигіднішого, максимально правдоподібного шляху на графі – гратчастій діаграмі коду.

Нехай кодер, зображений на Рис. 1 приймає на вхід деяку послідовність і на виходах виходить наступні повідомлення: 110001 і 100111. Згадаємо, що внутрішнім станом кодера вважаються символи, що містяться в $(m-1)$ розрядах регістру (починаючи від входу кодера).

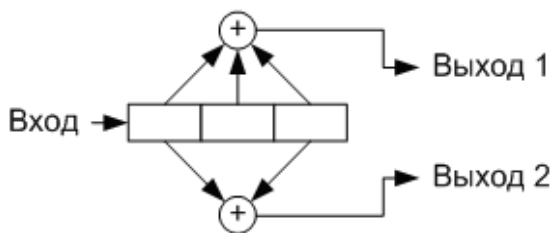


Рис. 1. Згортковий кодер з $R = \frac{1}{2}$ і $m = 3$ породжувальними послідовностями 7 і 5.

Припустимо, що повідомлення дійшло до декодера без помилок. Початковий стан кодера завжди дорівнює 00. Як видно з ґратчастої діаграми, зображеної на Рис. 2 з цього стану в наступний такт можливі два переходи: 00 → 00 (якщо на вхід надійшов нуль) і 00 → 10 (якщо на вхід надійшла 1). При першому переході на виходах кодера буде 00, а при другому – 11. Оскільки першими декодером прийняті символи 11, то метрики d_H (відстань Хеммінга, тобто кількість, що відрізняються від необхідних символів) першого переходу дорівнюватиме 2, а другого – 0.

Під час другого такту сигнал може прийняти 4 стани, які визначаються двома переходами зі стану 00 і двома переходами зі стану 10. Оскільки в другий такт часу прийняті символи 10, порівняння результатів переходів будуть мати такі метрики: 00 → 00 має $d_H=1$, 00 → 10 має $d_H=1$, 10 → 01 має $d_H=0$ і 10 → 11 має $d_H=2$.

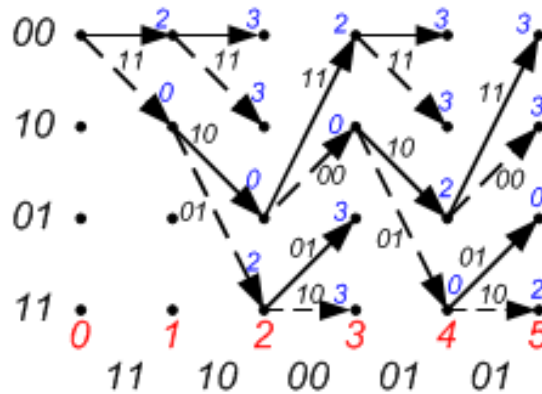


Рис. 2. Декодування на основі алгоритму Вітербі у разі відсутності помилок під час прийому.

Тут сумарна метрика d_{Σ_H} по кожному з можливих шляхів визначається як сума метрик його гілок. Значення сумарних метрик показано на Рис. 2. Для третього такту слід аналізувати вже 8 можливих шляхів та порівнювати 8 відповідних метрик d_{Σ_H} .

Алгоритм Вітербі вибирає шлях з найменшою сумарною метрикою і може відкидати по ходу просування у часі ті шляхи, які мають метрику, що перевищує мінімальну на даний момент метрику на деяку порогову величину. Для діаграми, наведеної Рис. 2 встановлений пороговий рівень $d_{\Sigma_H} = 3$ і не показані гілки з більшими значеннями d_{Σ_H} . Оптимальним шляхом є шлях із найменшою метрикою. У разі відсутності помилок $d_{\Sigma_H} = 0$. Послідовність біт на виході декодера, що відповідає цьому шляху, відзначено на Рис. 2 товщеною лінією, що дорівнює 10110.

Припустимо, що з передачі сталися спотворення деяких бітів. Нехай з виходу кодера 1 прийшла послідовність 0 1 1 0 0 1, а з виходу 2 прийшла послідовність 1 0 0 1 1.

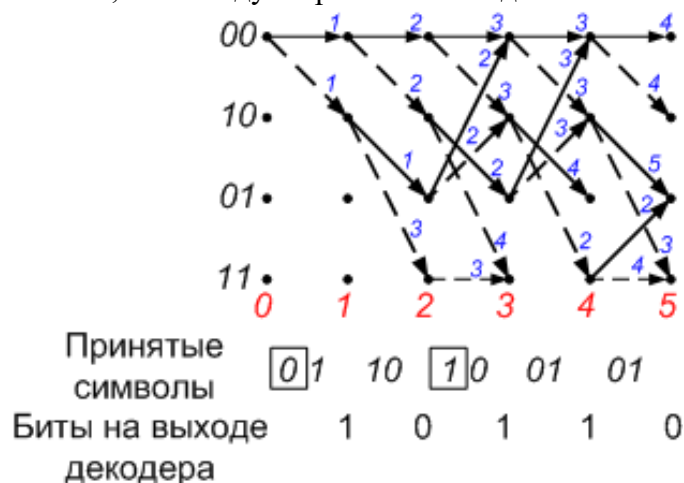


Рис. 3. Декодування на основі алгоритму Вітербі у разі прийому з помилками (помилкові біти обведені).

Тепер метрики обох переходів першого такту, як видно з Рис. 3, дорівнюють 1. Іс уммарна метрика оптимального шляху $d_{\Sigma_H} = 2$. Однак, як видно з Рис. 3, оптимальний шлях із найменшою метрикою відновлює передані дані та виправляє помилки. Проте, слід пам'ятати, що здатності алгоритму Вітербі, що відновлюють, залежать від ряду параметрів.

Завдання для виконання

1. Написати функцію, що реалізує декодування вхідних даних декодером, побудованому за алгоритмом Вітербі згідно з варіантом попередньої роботи. Як вхідні параметри використовувати:
 - a. вхідну послідовність 0 та 1,
 - b. довжину послідовності K ,
 - c. пороговий рівень метрики
2. Виконати кодування генерованої послідовності за допомогою функції згорткового кодера, реалізованої на минулій лабораторній роботі.
3. Виконати декодування даних:
 - a. Даних, безпосередньо після кодера,
 - b. Даних, де деякі біти були інвертовані.
4. Порівняти дані на виході генератора послідовності та на виході декодера.
5. Визначити, при якому співвідношенні інвертованих бітів до їх загального числа (BER) декодер зможе коректно декодувати дані.

Вимоги до оформлення звіту

1. Протокол оформляється кожним студентом групи окремо.
2. Протокол повинен містити:
 - a. Титульна сторінка.
 - b. Завдання згідно з варіантом.
 - c. Лістинги програми.
 - d. Результати роботи програми.
 - e. Висновки про виконану роботу.
3. Захист роботи проводиться кожним студентом персонально.

Контрольні питання

1. Які способи декодування даних, кодованих згортковим кодером, вам відомі?
2. Які переваги алгоритму Вітербі вам відомі?
3. Які недоліки алгоритму Вітербі вам відомі?
4. У чому полягає основна ідея алгоритму Вітербі?