

Аппаратная коррекция ошибок (FEC) в сетях стандарта nanoNET (IEEE 802.15.4a)

Жиганов Евгений Денисович
Мошевикин Алексей Петрович
Петрозаводский государственный университет
alex mou at lab127.karelia.ru

1. Введение

Для беспроводных сетей по сравнению с проводными вероятность ошибочной передачи данных намного выше из-за большого числа источников сигнала, в том числе и помех, использующих одну среду передачи – эфир. При проектировании проводных сетей обычно ограничиваются средствами, позволяющими лишь проверить, была ли ошибка и, в случае необходимости, запросить повторную передачу; средства же исправления ошибок передачи не применяются. В качестве примера можно привести повсеместно распространенные технологии Ethernet+TCP/IP. В случае беспроводных сетей разработчики, наряду с теми или иными способами обнаружения ошибок, дополнительно применяют средства их исправления.

Общая идея как обнаружения, так и исправления ошибок основывается на построении избыточных кодов. Простейший пример – это введение так называемого "бита четности"; такой прием позволяет обнаружить единичную ошибку.

На передающей стороне значение бита четности определяется следующим правилом: при четном количестве единиц в блоке информации проверочный бит должен быть равен нулю, в противном случае – единице. Таким образом, общее количество единиц в блоке (включая избыточный бит) должно быть четным. Если на приемной стороне количество единиц оказалось нечетным, этот блок считается поврежденным. Добавление одного бита фактически увеличивает число возможных кодовых слов в два раза, но при этом только половина из них являются допустимыми, разрешенными, а другая половина в силу обозначенных правил невозможна, запрещена.

Декодер, встретив какую-либо комбинацию битов, которая входит в число невозможных, делает вывод, что кодовое слово было передано с ошибкой. Более сложные схемы основаны на аналогичной идее, но подразумевают большее количество добавочных битов и более сложные правила формирования их комбинаций; при этом эти правила дают возможность на приемной стороне определить, какой именно бит (или биты) были повреждены.

Поскольку применение рассматриваемых методов обнаружения и/или коррекции ошибок связано с передачей дополнительных проверочных битов, то совершенно ясно, что применение средств такого рода оправдано именно в ситуациях, когда велика вероятность сбоя при передаче – в противном случае введение дополнительных данных приведет лишь к уменьшению полезной пропускной способности канала передачи.

Общая теория помехоустойчивых кодов (кодов с исправлением ошибок) изложена в [1]. В англоязычной литературе схемы кодирования с избыточностью с целью исправления ошибок называются FEC (сокращение от Forward Error Correction). С общими сведениями о способах обнаружения/коррекции ошибок можно ознакомиться, например, в RFC2354 [2].

• • •

Полную версию статьи (7 страниц) можно заказать по электронному адресу [alex mou \[at\] lab127.karelia.ru](mailto:alex mou@lab127.karelia.ru)

• • •

2. Коррекция ошибок в nanoNET

В соответствии с описанием стандарта nanoNET [3, глава 5] передаваемые данные подвергаются многоступенчатой побитовой обработке (см. рисунок 1).

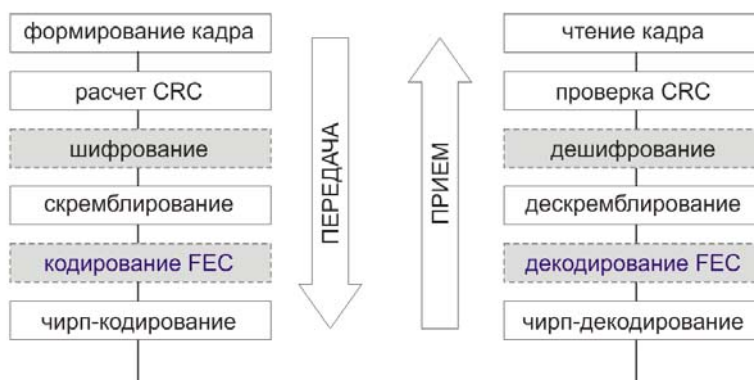


Рисунок 1 – Битовые преобразования в трансмиттере и ресивере

• • •

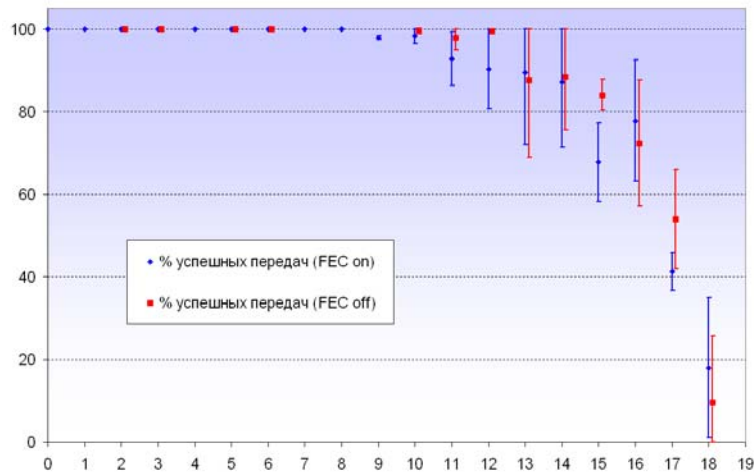


Рисунок 4 – Процент безошибочных передач кадров длиной 128 байтов в зависимости от порогового уровня выходного сигнала на передающей стороне и включения или выключения коррекции ошибок FEC. Успешной считалась передача с первой, второй или третьей попытки ретрансмиссии

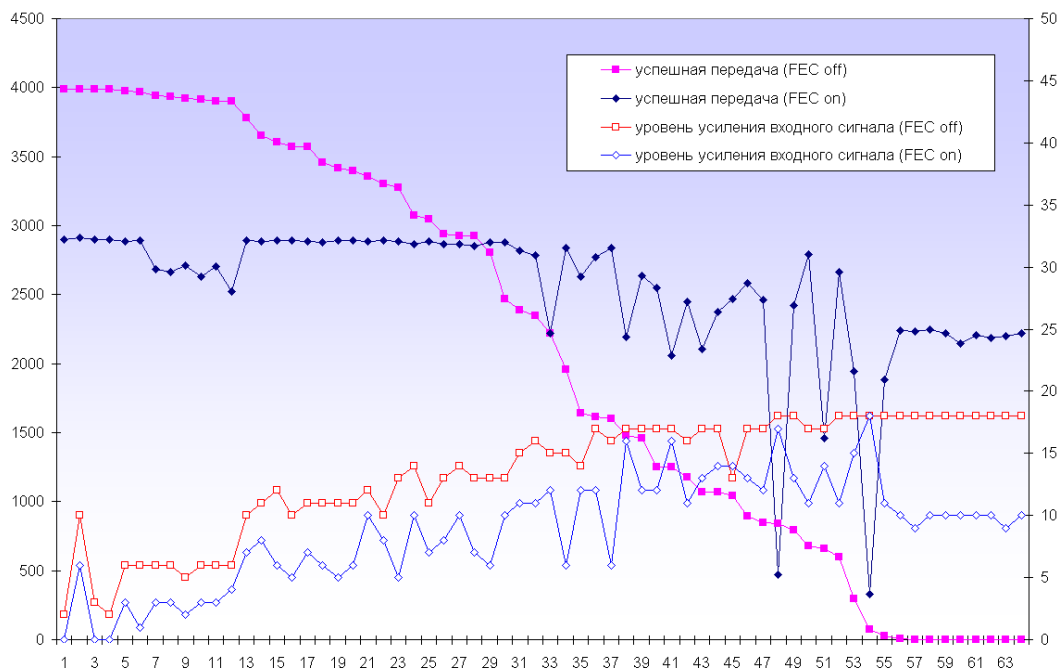


Рисунок 5 – Количество безошибочных передач кадров за 10 секунд (левая ось) и соответствующий ему пороговый уровень выходного сигнала на передающей стороне (правая ось) при включенной и выключенной коррекции ошибок FEC для 64 точек измерений

6. Заключение

Как уже было показано, введение аппаратной коррекции ошибок практически всегда позволяет достичь более устойчивой связи. "Платой" за это является уменьшение пропускной способности радиоканала.

В заключение необходимо отметить, что включение опции FEC не избавляет от ошибок, оно лишь помогает некоторые из них исправить. Даже если FEC декодер вследствие случайности помех не определит наличие ошибки (например, строенная, счетверенная), то это почти наверняка будет определено на приемной стороне при CRC декодировании.

Благодарности

Авторы благодарят Екимова Д.А. (Петрозаводский государственный университет) за высказанные критические замечания.

Данное исследование проведено в рамках проекта “Научно-образовательный центр по фундаментальным проблемам приложений физики низкотемпературной плазмы” (RUX0-013-PZ-06), поддерживаемого Министерством образования и науки РФ, Американским фондом гражданских исследований и развития (CRDF) и Правительством Республики Карелия, а также частично финансировалось Техническим Научно-исследовательским Центром Финляндии (VTT) в рамках договорных работ.

Литература

- [1] Мак-Вильямс Ф.Дж., Слоэн Н.Дж. А. Теория кодов, исправляющих ошибки. М.: Радио и связь, 1979.
- [2] RFC 2354. Options for Repair of Streaming Media. June 1998. <http://www.ietf.org/rfc/rfc2354.txt>
- [3] NanoNET PHY and MAC System Specifications, ver.1.04. Nanotron Technologies GmbH, Alt-Moabit 60, 10555 Berlin, Germany. NA-03-0101-0230-1.04.
- [4] NanoNET TRX (NA1TR8) Transceiver Datasheet, ver. 2.07. Nanotron Technologies GmbH, Alt-Moabit 60, 10555 Berlin, Germany. NA-03-0111-0239-2.07.
- [5] Мошевикин А. П. Исследование скорости передачи данных в беспроводных сетях Nanonet // Беспроводные технологии. 2006, №3, С.38.
- [6] Жиганов Е. Д., Красков С. Е., Мошевикин А. П. Исследование условий применимости приемопередатчиков стандарта Nanonet в беспроводных сетях датчиков // Беспроводные технологии. 2007, №1, С.65, №2, С.62.
- [7] Nanonet TRX (NA1TR8) Transceiver Register Description, ver. 1.06. Nanotron Technologies GmbH, Alt-Moabit 60, 10555 Berlin, Germany. NA-03-0100-0246-1.06.