

## ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ IEEE 802.3bz 2.5 GBASE-T И 5 GBASE-T

Маняев И.В.<sup>1</sup>, Харитонов В.С.<sup>2</sup>©

<sup>1</sup>Старший преподаватель кафедры «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»,  
<sup>2</sup>студент кафедры «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»,  
Национальный исследовательский Мордовский госуниверситет им. Н.П. Огарёва

### *Аннотация*

*В статье рассматривается стандарт Ethernet 802.3 bz, принципы скремблирования и многоуровневого кодирования. Автор раскрывает как именно удается достичь скорости в 2.5 G и 5 G для передачи данных по кабелям 5e и 6 категории.*

**Ключевые слова:** передача данных, кодирование, витая пара, скремблирование, NBASE-T, Ethernet.

## TECHNOLOGY FEATURES IEEE 802.3 bz 2.5 GBASE-T AND 5 GBASE-T

**I.V. Manyaev**, senior teacher of «Infocommunication technologies and systems»,  
**V.S. Kharitonov**, a student of «Infocommunication technologies and systems»,  
national research Mordovian State University it. N.P. Orageva St

### *Summary*

*The article deals with the Ethernet 802.3 standard bz, principles of scrambling and multilevel coding. The author reveals exactly how achieved speed in 2.5 G and 5 G for data transfer cable 6 and 5e Category.*

**Keywords:** data transfer, coding, twisted pair, scrambling, NBASE-T, Ethernet.

27 сентября 2016года консорциум Ethernet Alliance объявил об утверждении спецификации 802.3 bz, которая предполагает использование стандартов 2.5 GBase-T и 5 GBase-T. Новые технологии обеспечивают передачу данных по сети Ethernet со скоростями 2,5 Гбит/с и 5 Гбит/с, соответственно. На данный момент существует и более быстрые технологии, например, 10 GBase-T (10 Гбит/с), которая была выпущена еще в 2006 году, но она не получила широкого распространения, так как для её реализации нужна была прокладка кабелей 6a категории. Стандарты 2.5 GBase-T и 5 GBase-T базируются на кабелях 5e и 6 категории. За последние 15 лет по всему миру установлены примерно 1,7 миллиарда розеток Ethernet, из них абсолютное большинство — для обычных медных кабелей Cat5e и Cat6. По оценкам аналитиков, в мире проложено примерно 70 млрд метров витой пары [1]. Таким образом для внедрения новых технологий не нужна будет замена старого кабеля, что является существенной экономией средств.

Технологии 2.5 GBase-T и 5 GBase-T имеют много общего с 10 GBase-T. Для наглядного примера обратимся к Таблице-1 [2].

*Таблица 1*

### **Основные параметры технологий NBASE-T**

Стандарт	Скорость передачи	Кол-во каналов	Кол-во бит на 1 Гц	Полоса пропускания	Категория кабеля
2.5GBASE-T	2500 Mbit/s	4	6.25	100 MHz	Cat 5e
5GBASE-T	5000 Mbit/s	4	6.25	200 MHz	Cat 6
10GBASE-T	10000 Mbit/s	4	6.25	400 MHz	Cat 6A

Как видно из таблицы-1, все три стандарта должны обеспечить передачу 6.25 бит на 1 Герц полосы пропускания кабеля. Это достигается несколькими способами. Во-первых, для пересылки данных в обоих направлениях используется каждая из четырех витых пар. Во-вторых, для улучшения спектральных характеристик и избавления от длинных последовательностей «0» или «1» применяют логическое кодирование. В-третьих, на современном оборудовании используется многоуровневое кодирование, в частности, в технологиях 2.5 GBase-T и 5 GBase-T используют 16 уровней напряжения. В-четвертых, для достоверного исправления ошибок, на приемной стороне используется LDPC-код. Все эти особенности позволяют заметно увеличить скорость передачи данных для кабелей категории 5e и 6.

Логическое кодирование подразумевает замену бит исходной информационной последовательности новой последовательностью бит, несущей ту же информацию, но обладающей, кроме этого, дополнительными свойствами, например возможностью для приемной стороны обнаруживать ошибки в принятых данных или надежно поддерживать синхронизацию с поступающим сигналом. Замена последовательности бит осуществляется с помощью таблицы перекодировки. В соответствии с этой таблицей, биты, содержащие длительные последовательности «0» или «1» заменяют на новые, а так же к ним добавляются несколько дополнительных бит. Это позволяет избавиться от повторяющихся «0» или «1» во время передачи данных, а так же зарезервировать некоторые битовые комбинации как служебные. Таким образом, если на приемной стороне получена запрещенная комбинация, это свидетельствует об искаженном бите.

Одним из примеров логического кодирования является избыточный код 4b/5b, но на данный момент он почти нигде не используется, так как обладает 20% избыточностью. В современном мире широкое распространение получили избыточные коды третьего поколения 64b/65b, 64b/66b и 128b/130b. Например, в технологии 10 GBase-T применяется кодирование 64b/65b, имеющее всего 1,5625% избыточной информации [4]. Еще одной важной особенностью логического кодирования является скремблирование.

Скремблирование – это разновидность кодирования информации, для передачи по каналам связи и хранения, улучшающая спектральные и статистические характеристики. После скремблирования появление «1» и «0» в выходной последовательности равновероятны. Данный способ повышает надежность синхронизации устройств, подключенных к линии связи (обеспечивает надежное выделение тактовой частоты непосредственно из принимаемого сигнала), и уменьшает уровень помех, излучаемых на соседние линии многожильного кабеля[5]. Методы скремблирования заключаются в побитном вычислении результирующего кода на основании бит исходного кода и полученных в предыдущих тактах бит результирующего кода. Например, скремблер может реализовывать следующее соотношение:

$$B_i = A_i \oplus B_{i-3} \oplus B_{i-5}$$

где  $B_i$  — двоичная цифра результирующего кода, полученная на  $i$ -м такте работы скремблера,  $A_i$  — двоичная цифра исходного кода, поступающая на вход скремблера,  $B_{i-3}$  и  $B_{i-5}$  — двоичные цифры результирующего кода, полученные на предыдущих тактах работы скремблера, соответственно на 3 и на 5 тактов ранее текущего такта. Различные алгоритмы

скремблирования отличаются количеством слагаемых, дающих цифру результирующего кода, и сдвигом между слагаемыми.

Еще одним важным аспектом, позволяющим повысить скорость передачи данных является многоуровневое кодирование. В технологиях 2.5 GBase-T и 5 GBase-T широкое распространение получало кодирование TC-PAM (Trellis Coded Pulse Amplitude Modulation). Суть данного метода кодировки состоит в увеличении числа уровней (кодовых состояний) до 16 и применении специального механизма коррекции ошибок[6]. Таким образом, одним уровнем передается три бита полезной информации, а так же один бит служебной информации, отвечающий за помехоустойчивость. Так же данная модуляция позволяет повысить синхронизацию передачи данных. Один из 16 уровней является служебным. Для синхронизации приема и передатчика, через определенный промежуток времени сигнал должен перейти в этот специальный служебный уровень.

Таким образом, из всего вышесказанного можно сделать вывод, что технологии 2.5 GBase-T и 5 GBase-T заметно повышают скорость передачи данных, при этом, не требуя замены старых кабелей на новые. Это существенно упрощает внедрение новых стандартов, а так же понижает их себестоимость. С другой стороны спецификации IEEE 802.3 bz были разработаны только этой осенью, и еще неизвестно, когда на рынке появятся сетевые карты, точки доступа и коммутаторы с поддержкой 2.5 GBase-T и 5 GBase-T.

### Литература

1. Ализар А. Новый стандарт Ethernet 802.3 bz : до 5Гбит/с на неэкранированной витой паре // Geektimes. – (28.09.2016). [Электронный ресурс].– Режим доступа: <http://geektimes.ru/post/280918/> (дата обращения: 23.11.2016).
2. 2.5 GBase-T and 5 GBase-T // Wikipedia. – (27.10.2016). – [Электронный ресурс].– Режим доступа :[https://en.wikipedia.org/wiki/2.5GBASE-T\\_and\\_5GBASE-T](https://en.wikipedia.org/wiki/2.5GBASE-T_and_5GBASE-T) (дата обращения: 23.11.2016).
3. Таненбаум Э. Узеролл Д. Компьютерные сети. – Питер, 2012. – 5-ое издание. –С.323, 324.
4. Hajduczenia M. 64b/66b line code // [ieee802.org](http://www.ieee802.org/3/bn/public/mar13/hajduczenia_3bn_04_0313.pdf). – [Электронный ресурс]. –Режим доступа: [http://www.ieee802.org/3/bn/public/mar13/hajduczenia\\_3bn\\_04\\_0313.pdf](http://www.ieee802.org/3/bn/public/mar13/hajduczenia_3bn_04_0313.pdf) (дата обращения: 24.11.2016).
5. Скремблер // Wikipedia. – (17.11.2016). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BA%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B1%D0%BB%D0%B5%D1%80> (дата обращения: 24.11.2016).
6. TC-PAM // Wikipedia. – (22.07.2015). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/TC-PAM> (дата обращения: 24.11.2016).

### Literature

1. Alizar A. Novyj standart Ethernet 802.3 bz : do 5Gbit/s na nejekranirovannoj vitoj pare // Geektimes. – (28.09.2016). [Jelektronnyj resurs].– Rezhim dostupa: <http://geektimes.ru/post/280918/> (data obrashhenija: 23.11.2016).
2. 2.5 GBase-T and 5 GBase-T // Wikipedia. – (27.10.2016). – [Jelektronnyj resurs].– Rezhim dostupa :[https://en.wikipedia.org/wiki/2.5GBASE-T\\_and\\_5GBASE-T](https://en.wikipedia.org/wiki/2.5GBASE-T_and_5GBASE-T) (data obrashhenija: 23.11.2016).
3. Tanenbaum Je. Uezeroll D. Komp'juternye seti. – Piter, 2012. – 5-oe izdanie. –S.323, 324.
4. Hajduczenia M. 64b/66b line code // [ieee802.org](http://www.ieee802.org/3/bn/public/mar13/hajduczenia_3bn_04_0313.pdf). – [Jelektronnyj resurs]. –Rezhim dostupa: [http://www.ieee802.org/3/bn/public/mar13/hajduczenia\\_3bn\\_04\\_0313.pdf](http://www.ieee802.org/3/bn/public/mar13/hajduczenia_3bn_04_0313.pdf) (data obrashhenija: 24.11.2016).
5. Skrembler // Wikipedia. – (17.11.2016). – [Jelektronnyj resurs]. –Rezhim dostupa:<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BA%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B1%D0%BB%D0%B5%D1%80> (data obrashhenija: 24.11.2016).
6. TC-PAM // Wikipedia. – (22.07.2015). – [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://ru.wikipedia.org/wiki/TC-PAM> (data obrashhenija: 24.11.2016).