

## ТЕХНОЛОГИИ ФИЗИЧЕСКОГО УРОВНЯ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

### Занятие №27

#### Технологии Fast Ethernet, Gigabit Ethernet

1. Технология Fast Ethernet
2. Быстрый Ethernet (Fast Ethernet, 100 Мбит/с)
3. Гигабитный Ethernet (Gigabit Ethernet, 1 Гбит/с)
4. 2,5- и 5-гигабитные варианты (NBASE-T, MGBASE-T)
5. 10-гигабитный Ethernet (10G Ethernet, 10 Гбит/с)
6. 40-гигабитный и 100-гигабитный Ethernet
7. Перспективы
8. Вопросы

#### Технология Fast Ethernet

Создание технологии **Fast Ethernet** было обусловлено необходимостью увеличения скорости передачи данных до 100 Мбит/с. Технология Fast Ethernet выиграла в конкурентной борьбе с другими новыми высокоскоростными технологиями, поскольку обеспечила преемственность и согласованность с широко распространенными сетями Ethernet. То есть в существующей сети Ethernet можно постепенно отдельные сегменты переводить на технологию Fast Ethernet. При этом вся сеть остается работоспособной, в старых сегментах сети Ethernet скорость передачи данных будет 10 Мбит/с, в новых (Fast Ethernet) – 100 Мбит/с, между старыми и новыми сегментами – 10 Мбит/с.

#### Быстрый Ethernet (Fast Ethernet, 100 Мбит/с)

- **100BASE-T** — общий термин для обозначения стандартов, использующих в качестве среды передачи данных витую пару. Длина сегмента — до 100 метров. Включает в себя стандарты 100BASE-TX, 100BASE-T4 и 100BASE-T2.

- **100BASE-TX**, IEEE 802.3u — развитие стандарта 10BASE-T для использования в сетях топологии «звезда». Задействована витая пара категории 5, фактически используются только две неэкранированные пары проводников, поддерживается дуплексная передача данных, расстояние до 100 м.

- **100BASE-T4** — стандарт, использующий витую пару категории 3. Задействованы все четыре пары проводников, передача данных идет в полудуплексе. Практически не используется.

- **100BASE-T2** — стандарт, использующий витую пару категории 3. Задействованы только две пары проводников. Поддерживается полный дуплекс, когда сигналы распространяются в противоположных направлениях по каждой паре. Скорость передачи в одном направлении — 50 Мбит/с. Практически не используется.

- **100BASE-FX** — стандарт, использующий многомодовое волокно. Максимальная длина сегмента 400 метров в полудуплексе (для гарантированного обнаружения коллизий) или 2 километра в полном дуплексе.

- **100BASE-SX** — стандарт, использующий многомодовое волокно. Максимальная длина ограничена только величиной затухания в оптическом кабеле и мощностью передатчиков, по разным материалам от 2 до 10 километров.

- **100BASE-FX WDM** — стандарт, использующий одномодовое волокно. Максимальная длина ограничена только величиной затухания в волоконно-оптическом кабеле и мощностью передатчиков. Интерфейсы бывают двух видов, отличаются длиной волны передатчика и маркируются либо цифрами (длина волны), либо одной латинской буквой А(1310) или В(1550). В паре могут работать только парные интерфейсы: с одной стороны передатчик на 1310 нм, а с другой — на 1550 нм.

### Гигабитный Ethernet (Gigabit Ethernet, 1 Гбит/с)

- **1000BASE-T**, IEEE 802.3ab — основной гигабитный стандарт, опубликованный в 1999 году, использует витую пару категории 5е. В передаче данных участвуют 4 пары, каждая пара используется одновременно для передачи по обоим направлениям со скоростью — 250 Мбит/с. Используется метод кодирования PAM5 (*5-level Phase Amplitude Modulation*, пятиуровневая фазоамплитудная модуляция) с 4 линиями (4D-PAM5) и 4-мерной Треллис-модуляцией (TCM), частота основной гармоники 62,5 МГц. Расстояние — до 100 метров.

- **1000BASE-TX** был создан Ассоциацией Телекоммуникационной Промышленности (англ. *Telecommunications Industry Association, TIA*) и опубликован в марте 2001 года как «Спецификация физического уровня дуплексного Ethernet 1000 Мб/с (1000BASE-TX) симметричных кабельных систем категории 6 (ANSI/TIA/EIA-854-2001)». Распространения не получил из-за высокой стоимости кабелей, фактически устарел. Стандарт разделяет принимаемые и посылаемые сигналы по парам (две пары передают данные, каждая на 500 Мбит/с и две пары принимают), что упрощало бы конструкцию приёмопередающих устройств. Ещё одним существенным отличием 1000BASE-TX являлось отсутствие схемы цифровой компенсации наводок и возвратных помех, в результате чего сложность, уровень энергопотребления и цена реализаций должны становиться ниже, чем у стандарта 1000BASE-T. Для работы технологии требуется кабельная система 6 категории. На основе данного стандарта создано большое количество продуктов для промышленных сетей.

- **1000BASE-X** — общий термин для обозначения стандартов со сменными приёмопередатчиками в форм-факторах GBIC или SFP.

- **1000BASE-SX**, IEEE 802.3z — стандарт, использующий многомодовое волокно в первом окне прозрачности с длиной волны, равной 850 нм. Дальность прохождения сигнала составляет до 550 метров.

- **1000BASE-LX**, IEEE 802.3z — стандарт, использующий одномодовое или многомодовое оптическое волокно во втором окне прозрачности с длиной волны, равной 1310 нм. Дальность прохождения сигнала зависит только от типа используемых приёмопередатчиков и, как правило, составляет для одномодового оптического волокна до 5 км и для многомодового оптического волокна до 550 метров.

- **1000BASE-CX** — стандарт для коротких расстояний (до 25 метров), использующий 2-х парный экранированный кабель (150 Ом, STP IBM Type I или лучше). Применяется кодирование 8В/10В, сигнал передается по одной паре, принимается по другой паре проводов; разъемы - 9-контактный D, HSSDC<sup>[12]</sup>. Заменён стандартом 1000BASE-T и сейчас не используется.

- **1000BASE-LH** (Long Haul) — стандарт, использующий одномодовое волокно. Дальность прохождения сигнала без повторителя — до 100 километров<sup>[13]</sup>.

### 2,5- и 5-гигабитные варианты (NBASE-T, MGBASE-T)

В 2014 появились частные инициативы NBASE-T (Cisco) и MGBASE-T (Broadcom) по созданию стандартов Ethernet со скоростью, промежуточной между 1 и 10 Гбит/с. Новый стандарт должен использовать существующую кабельную инфраструктуру категории 5е на расстояниях до 100 метров, предоставляя скорости в 2,5 или, менее вероятно, 5 Гбит/с. Среди причин появления инициатив — распространение Wi-Fi-маршрутизаторов, поддерживающих скорости более 1 гигабита (802.11ac Wave 2, 802.11ad, 802.11ax, LiFi), и невозможность использования 10 Гбит/с стандартов Ethernet по длинным кабелям 5е и 6 категорий. Ранее группа IEEE 802 отмечала, что гипотетический стандарт 2500BASE-T мог бы быть близок по стоимости к 1000BASE-T решениям<sup>[18]</sup>. Стандарт на 2,5 и 5 Гбит/с Ethernet по кабелям Cat 5е и Cat 6 был принят осенью 2016 года как IEEE 802.3bz.

### **10-гигабитный Ethernet (10G Ethernet, 10 Гбит/с)**

Стандарт 10-гигабитного Ethernet включает в себя семь стандартов физической среды для LAN, MAN и WAN. В настоящее время он описывается поправкой IEEE 802.3ae и должен войти в следующую ревизию стандарта IEEE 802.3.

- **10GBASE-CX4** — технология 10-гигабитного Ethernet для коротких расстояний (до 15 метров), используется медный кабель CX4 и коннекторы InfiniBand.
- **10GBASE-SR** — технология 10-гигабитного Ethernet для коротких расстояний (до 26 или 82 метров, в зависимости от типа кабеля), используется многомодовое волокно. Он также поддерживает расстояния до 300 метров с использованием нового многомодового волокна (2000 МГц/км).
- **10GBASE-LX4** — использует уплотнение по длине волны для поддержки расстояний от 240 до 300 метров по многомодовому волокну. Также поддерживает расстояния до 10 километров при использовании одномодового волокна.
- **10GBASE-LR** и **10GBASE-ER** — эти стандарты поддерживают расстояния до 10 и 40 километров, соответственно.
- **10GBASE-SW**, **10GBASE-LW** и **10GBASE-EW** — эти стандарты используют физический интерфейс, совместимый по скорости и формату данных с интерфейсом OC-192 / STM-64 SONET/SDH. Они подобны стандартам 10GBASE-SR, 10GBASE-LR и 10GBASE-ER соответственно, так как используют те же самые типы кабелей и расстояния передачи.
- **10GBASE-T**, IEEE 802.3an-2006 — принят в июне 2006 года после 4 лет разработки. Использует витую пару категории 6 (максимальное расстояние 55 метров)<sup>[21]</sup> и 6a (максимальное расстояние 100 метров).
- **10GBASE-KR** — технология 10-гигабитного Ethernet для кросс-плат (backplane/midplane) модульных коммутаторов/маршрутизаторов и серверов (Modular/Blade).

### **40-гигабитный и 100-гигабитный Ethernet**

Согласно наблюдениям Группы 802.3ba, требования к полосе пропускания для вычислительных задач и приложений ядра сети растут с разными скоростями, что определяет необходимость двух соответствующих стандартов для следующих поколений Ethernet — 40 Gigabit Ethernet (или 40GbE) и 100 Gigabit Ethernet (или 100GbE). В настоящее время серверы, высокопроизводительные вычислительные кластеры, блейд-системы, SAN и NAS используют технологии 1GbE и 10GbE, при этом в 2007 и 2008 гг. был отмечен значительный рост последней.

### **Перспективы**

О Terabit Ethernet (так упрощенно называют технологию Ethernet со скоростью передачи 1 Тбит/с) стало известно в 2008 году из заявления создателя Ethernet Боба Меткалфа на конференции OFC, который предположил, что технология будет разработана к 2015 году, правда, не выразив при этом какой-либо уверенности, ведь для этого придется решить немало проблем. Однако, по его мнению, ключевой технологией, которая может обслужить дальнейший рост трафика, станет одна из разработанных в предыдущем десятилетии — DWDM.

### **Вопросы**

1. Опишите технологию Fast Ethernet
2. Опишите технологию Gigabit Ethernet
3. Опишите современные технологии Ethernet
4. Расскажите о перспективах развития технологии Ethernet