

## ТЕХНОЛОГИИ ФИЗИЧЕСКОГО УРОВНЯ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

### Занятие №5

#### Беспроводные линии связи

1. Соединение через инфракрасный порт
2. Соединение через Bluetooth
3. Соединение через UWB
4. Соединение через Wireless USB
5. Соединение через Wireless FireWire
6. Соединение через Wi-Fi
7. Беспроводное соединение по стандарту IEEE 802.16
8. Вопросы и задания

#### Соединение через инфракрасный порт

Использование инфракрасного излучения позволяет устанавливать соединение между ВМ без кабеля. Связь осуществляется в режиме «точка» - «точка», длина волны — 880 нм. Эта технология разрабатывалась для осуществления связи мобильного оборудования с автономным питанием с периферийным оборудованием. В результате для такого соединения удалось добиться низкого энергопотребления и невысокой цены реализации решения.

При разработке ИК-порта использовалась существовавшая архитектура последовательного порта, что позволяло передавать данные со скоростью до 115 Кбит/с (англ. *Serial Infra Red, SIR* — последовательный ИК-порт). Современные протоколы для ИК-соединений превосходят этот порог в тысячи раз.

**Пример.** Протокол *VFIR* (англ. *Very Fast Infra Red* — очень быстрый инфракрасный порт) позволяет достичь скорости передачи данных 16 Мбит/с.

В настоящее время существует целый класс ИК-приемопередатчиков для ПК. С их помощью можно передавать файлы с ноутбука на стационарный компьютер или упорядочить записи в мобильном телефоне.

На практике для ИК-соединений используют два способа передачи данных:

- *рассеянное* ИК-излучение;
- *направленное* ИК-излучение.

Рассеянное излучение отражается от стен и потолка, а направленное излучение фокусируется в определенном направлении. Дальность действия рассеянного излучения обычно составляет несколько метров. При использовании маломощных лазеров, работающих в ИК-диапазоне, удается создавать соединение с дальностью действия до 1.5 км и скоростью передачи данных до 1 Гбит/с. Дальнейшее увеличение расстояния проблематично из-за дифракции.

Для ИК-излучения существует два **источника помех** — солнечный свет и флуоресцентные лампы, которые в спектре испускания содержат длину волны, используемую в ИК-приемопередатчиках. Поэтому для защиты необходимо использовать полосные фильтры.

#### Соединение через Bluetooth

*Bluetooth* (англ. *синий зуб*) работает по стандарту IEEE 802.15.1 в диапазоне от 2.4 до 2.4835 ГГц, с дальностью связи до 100 м. Информация передается пакетами длиной 625 мкс. Для повышения устойчивости и одновременной работы нескольких сетей используются синхронные псевдослучайные скачки частоты на передатчике и приемнике по 79 участкам диапазона. Максимальная скорость перестройки частоты составляет 1600 скачков в секунду. Дуплексная передача на основе разделения времени обеспечивает передачу пакетов одним из устройств в четные промежутки времени, другим - в нечетные.

В настоящее время применяется оборудование Bluetooth двух стандартов: 1.X и 2.0.

**Пример.** Новая модель сотового телефона 6282 компании Nokia предназначена для сетей третьего поколения UMTS. Аппарат поддерживает стандарт передачи данных Bluetooth 2.0.

Основное отличие стандартов Bluetooth заключается в применении различных видов модуляции сигналов. В версии 1.X используется *GFSK-модуляция* (англ. *Gaussian Frequency Shift Keying* — частотная модуляция с фильтром Гаусса), в версии 2.0 — *PSK-модуляция* (англ. *Phase-Shift Keying* — фазовая модуляция). При фазовой модуляции удается передавать большее число бит, в результате пропускная способность канала возросла с 1 до 3 Мбит/с. С переходом на стандарт 2.0 энергопотребление устройств снизилось в два раза при сохранении радиуса действия.

В зависимости от типа передаваемых данных в Bluetooth используются разные виды пакетов:

1. *AACL* (англ. *Asymmetric Asynchronous Connection-Less Link*) — для голоса. Скорость передачи данных для стандарта 1.X. — 723.2 Кбит/с в прямом и 57.6 Кбит/с в обратном направлении; для стандарта 2.0 - 2.1 Мбит/с и 173 Кбит/с соответственно.

2. *SACL* (англ. *Symmetric Asynchronous Connection-Less Link*) — для голоса. Скорость передачи данных для стандарта 1.X. — 433.9 Кбит/с, для стандарта 2.0 — 1.3 Мбит/с в обоих направлениях.

3. *SCO* (англ. *Synchronous Connection-Oriented Link*) — для данных. Скорость передачи данных 64 Кбит/с.

Первые два вида используются в соединениях, при котором каждый пакет передается всего один раз. При использовании третьего вида для каждого пакета вычисляется контрольная сумма, и в случае ошибки он высылается еще раз.

Перед началом сеанса связи устройства распределяют свои «должности». Инициатор соединения назначается *ведущим* (англ. *Master*), а подчиненное устройство — *ведомым* (англ. *Slave*). Они образуют *пиконет* (англ. *Piconet* — маленькая сеть) с максимальным количеством устройств — 8 для стандарта 1.X и 255 для стандарта 2.0. При использовании стандарта 1.X для объединения в сеть больше 8 Bluetooth-систем, используется *скаттернет* (англ. *Scatternet* — рассеянная сеть) — объединение нескольких пиконетов.

Устройства, поддерживающие Bluetooth, в зависимости от максимальной дальности работы делятся на 3 класса:

1. *Class 1* — до 100 метров,
2. *Class 2* — до 20 метров,
3. *Class 3* — до 10 метров.

К **недостаткам** Bluetooth относится малая скорость передачи данных, а также то, что рабочий диапазон не лицензирован и забит всевозможными сигналами, в результате возможно возникновение конфликтов. Кроме этого, не все производители оборудования строго следуют стандарту, в результате полной совместимости всех устройств нет.

### Соединение через UWB

На основе военной технологии *Ultra Wide Band (UWB, сверхширокополосная связь)* создана новая спецификация беспроводных персональных сетей. Применяемая US Army Research Laboratory технология UWB в середине прошлого века позволила исследовать скрытые подземные объекты, не доступные для обнаружения другими методами.

В стандарте UWB использован самый широкий из распространенных технологий диапазон частот — от 3 до 10 ГГц.

UWB используется для передачи информации на расстояниях до 10 м между взаимодействующими устройствами, что не влияет на работу удаленных устройств. Для передачи данных используются протоколы из стандарта IEEE 802.15:

1. **высокоскоростные UWB** — IEEE 802.15.3a (до 3 м — 480 Мбит/с, до 10 м — 110

Мбит/с);

2. **низкоскоростные UWB** — IEEE 802.15.4 (от 2 до 250 Кбит/с).

Помимо организации беспроводных персональных сетей, технология может быть использована для передачи данных между компьютером и монитором, а также в аудио системах.

### **Соединение через Wireless USB**

Примером высокоскоростной технологии соединения устройств, базирующейся на технологии IEEE 802.15.3a является беспроводной интерфейс **Wireless USB (WUSB)**. Wireless USB Promoter Group разработала спецификацию для высокоскоростного соединения «хост-контроллер» — «устройство». Этот стандарт полностью совместим со стандартом UWB, что позволяет организовывать соединения между устройствами с этими технологиями на расстоянии до 10 м. К **достоинствам** WUSB следует отнести большую пропускную способность (480 Мбит/с), низкое энергопотребление, полную совместимость по драйве рама с существующими USB-устройствами.

### **Соединение через Wireless FireWire**

Wireless FireWire представляет собой беспроводную реализацию стандарта IEEE 1394. Группа разработки 1394 Task Group 1 Association приняла архитектуру **WiMCA** (англ. **Alliance's MAC Convergence Architecture**). На ее базе осуществляется разработка протокольного уровня **PAL** (англ. **Protocol adaptation layer** — адаптационный протокольный уровень) для беспроводного IEEE 1394. Заявленная пропускная способность Wireless FireWire - 480 Мбит/с.

**Основной проблемой** связи по этому соединению является защита передаваемой информации. Предпринимаются попытки реализовать в FireWire стандарт защиты **Digital Transmission Content Protection**, разработанный для кабельных сетей.

### **Соединение через Wi-Fi**

Наибольшее распространение сегодня получили беспроводные соединения стандарта IEEE 802.11, которые корпорацией Microsoft были названы соединениями **Wi-Fi** (англ. **Wireless Fidelity** — беспроводная точность).

Соединения работают в частотном диапазоне между 2.4 и 8.6 ГГц. В России разрешено использовать 13 частот из этого диапазона. Стандарт Wi-Fi позволяет соединять оборудование как в режиме «точка» - «точка», так и «инфраструктура», при использовании специальных точек доступа. Для защиты от несанкционированного доступа применяют кодирование сигнала. Наибольшее распространение получила система кодирования **Wired Equivalent Privacy (WEP)**, (англ. **Защитная эквивалентная секретность**), имеющая два режима:

1. **Open System** (англ. **Открытая авторизация**) при котором соединяющиеся точки задают пароль соединения автоматически;
2. **Shared Key** (англ. **Авторизация через общий ключ**) при котором пароль доступа задается заранее при конфигурировании соединения.

Скорость передачи данных для стандарта IEEE 802.11b — 11 Мбит/с, мощность посылаемого сигнала составляет 100 мВт. Что обеспечивает связь до 300 м на открытом пространстве до 100 м внутри здания. Скорость передачи стандартов IEEE 802.11a и IEEE 802.11g увеличена до 54 Мбит/с за счет изменения способа модуляции и увеличения мощности передающего оборудования. Стандарт 802.11a является двухчастотным. Используется также диапазон 5 ГГц, который обладает потенциально более высокой устойчивостью к помехам. Для 5 ГГц диапазона Nokia и Ericsson разработали технологию **HyperLAN** (и более поздний вариант **HyperLAN2**), а Motorola — технологию **Canopy**.

С целью ускорения разработки нового стандарта 802.11n был организован **консорциум EWC** (англ. **Enhanced Wireless Consortium**), который будет сотрудничать с

рабочей группой «N» института IEEE для разработки объединенного стандарта. Технические характеристики спецификации EWC:

- повышенная скорость передачи данных при сохранении возможности взаимодействия с действующими устройствами 802.11 a/b/g;
- физическая скорость передачи данных до 600 Мбит/с;
- снижение энергопотребления за счет сокращения времени, необходимого для отправления и получения данных;
- сокращение разницы между реальной пропускной способностью и возможностями физического уровня, благодаря чему на уровне приложений скорость передачи данных будет составлять как минимум 100 Мбит/с;
- использование диапазонов 2,4 ГГц и/или 5 ГГц, лежащих в основе существующих устройств 802.11X;
- поддержка каналов 20 и/или 40 МГц;
- повышенная надежность соединений с очень высокой скоростью за счет использования от одной до четырех антенн;
- возможность передачи данных на более далекие расстояния благодаря нескольким антеннам и усовершенствованному способу.

Стандарты IEEE 802.11X используются обычно для беспроводного соединения компьютеров внутри одного здания. Подключение внешней антенны значительно увеличивает радиус действия сетей Wi-Fi, что позволяет организовывать районные сети. Так, для точки доступа мощностью 100 мВт с внешней секторной антенной 14 дБ, установленной на высоте 7 м дальность передачи данных со скоростью 11 Мбит/с может достигать 20 км.

По ширине диаграммы направленности применяемые антенны делятся на:

1. **Узконаправленные** — с углом излучения до 45° в горизонтальной и вертикальной плоскостях;
2. **Секторные** — имеют угол направленности 30°-180°. Они применяются при развертывании базовых станций с большим количеством абонентов, в регионах со сложным рельефом, при расположении всех абонентов в пределах определенного сектора.
3. **Всенаправленные** — охватывают всю горизонтальную плоскость (360°) и часть вертикальной (до 60°). Обычно применяются при равномерном распределении абонентов на небольших территориях.

Основные **недостатки** этого стандарта - плохая система безопасности и отсутствие четкого механизма роуминга.

### **Беспроводное соединение по стандарту IEEE 802.16**

Для организации городских беспроводных сетей WiMAX был разработан стандарт **IEEE 802.16**. Основной особенностью этого стандарта является возможность соединения компьютеров без прямой видимости.

Сети могут использовать один из двух частотных диапазонов:

1. **2-11 ГГц** (стандарты IEEE 802.16a и IEEE 802.16d, радиус действия 6-10 км, пропускная способность до 75 Мбит/с)
2. **2-6 ГГц** (стандарт IEEE 802.16e, радиус действия 2-6 км, пропускная способность до 30 Мбит/с).

Стандарты IEEE 802.16a и IEEE 802.16d предназначены для стационарного оборудования. Стандарт IEEE 802.16e разработан для мобильных устройств, которые без разрыва соединения могут перемещаться из зоны обслуживания одной станции в другую, что делает возможным роуминг между разными территориями обслуживания.

**Пример.** На выставке Consumer Electronics Show (CES), проходившей в Лас-Вегасе (США) с 5 по 8 января 2006 г. компания Samsung продемонстрировала работу сервиса **WiBro** (англ. **Wireless Broadband** — беспроводного широкополосного доступа) с использованием мобильного телефона M8000. Для реализации сервиса WiBro

использовалась технология IEEE 802.16e. Передача сигнала осуществлялась при скорости движения абонента до 120 км/ч, при этом на расстоянии от 1 до 5 км от базовой станции скорость передачи данных была от 20 до 30 Мбит/с.

В настоящее время ведутся работы по объединению стандартов IEEE 802.11X и IEEE 802.16X в одном устройстве.

### **Вопросы и задания**

1. Перечислите возможные беспроводные соединения, используемые для организации компьютерной сети.
2. Перечислите основные стандарты кодирования Wi-Fi.
3. Рассчитайте минимальное время, необходимое для передачи 106 байт информации по соединению через ИК-порт стандарта VFIR.
4. Рассчитайте минимальное время, необходимое для передачи 106 байт информации по соединению через Bluetooth.
5. Обоснуйте выбор стандарта USB-порта, необходимого для полнофункциональной работы USB адаптера Wi-Fi, работающего по стандарту IEEE 802.11g?
6. Обоснуйте выбор стандарта USB-порта, необходимого для полнофункциональной работы USB-адаптера Bluetooth.
7. Какие из беспроводных стандартов связи имеют максимальную дальность действия?
8. У какого беспроводного соединения наибольшая пропускная способность?