

Тема выступления: «анализ построения сети удаленного контроля термодатчиков на базе процессоров серии KW40X фирмы NXP»

Выполнил: студент группы 319

Рыбаков Д.А.

Руководитель: доцент кафедры ТОР

Бакке А.В.

Цели:

1. Изучение архитектуры построения сети Bluetooth;
2. Проектирование многопользовательской сети передачи телеметрических данных:
 - а) Знакомство с программной и аппаратной реализацией BLE на базе чипа NXP KW40x;
 - б) Разработка ПО, подготовка и сборка файла прошивки;
 - с) Создание макетного образца для демонстрации работоспособности сети.



Актуальность: устройство позволит удалённо снимать графики изменения температуры тела человека в течении дня и анализировать информацию на пользовательском приложении.

Достоинства:

- Высокая точность измерения датчика $0,1^{\circ}\text{C}$;
- Непрерывность времени измерения (съём данных с варьируемой периодичностью 1 с - 60 с);
- Возможность тревожных сигналов при достижении max и min температуры ($<35^{\circ}\text{C}$, $>38^{\circ}\text{C}$);
- Запись истории измерения и отправка данных в облако;
- Дистанционный контроль данных (10-15 м);
- Удобный способ мониторинга данных посредством имеющихся клиентских мобильных устройств

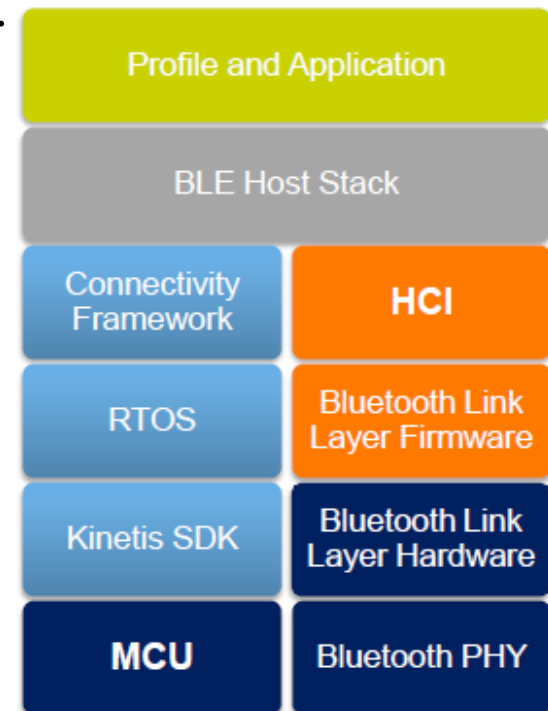
Недостатки:

- Высокая стоимость устройства по сравнению с традиционными видами измерения.

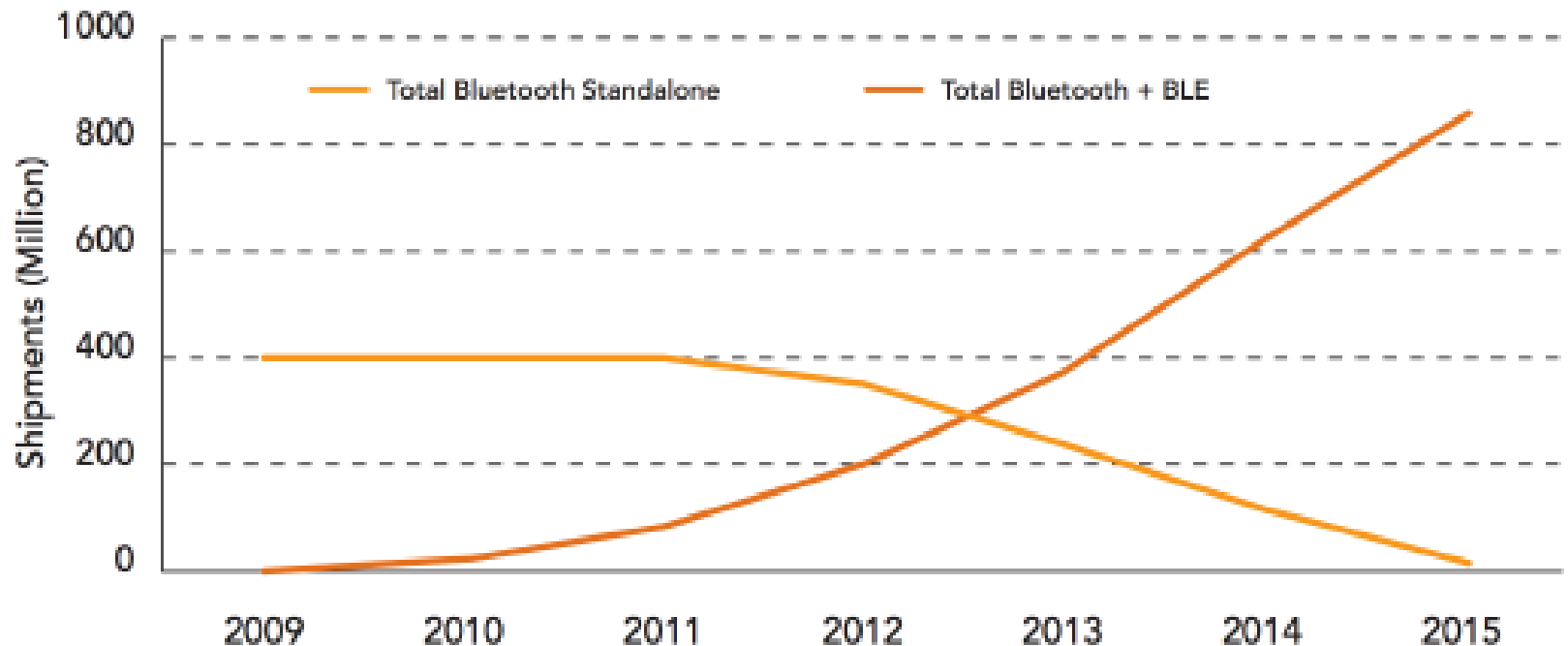


Требования к возможностям сети, обоснование выбора BLE:

- ❖ **Энергосбережение и скорость работы.** Передатчик включается только на время отправки данных, что обеспечивает возможность работы от одной батарейки типа CR2032 в течение нескольких лет. Стандарт обеспечивает скорость передачи данных в 1 Мбит/с при размере пакета данных 8–27 байт. Два BLE-устройства смогут устанавливать соединение менее чем за 5 мс.
- ❖ **Совместимость.** Работа выбранного чипа должна поддерживаться всеми современными мобильными устройствами. **BLE**, используя *двухрежимный чипсет*, поддерживает оба стека протоколов, который позволяет совместить устройства BLE и 802.15.4(j)



- Графики, иллюстрирующие мировое использование чипов, поддерживающих двухрежимный и однорежимный вариант работы.



Средства достижения цели.

1. Отладочная плата:

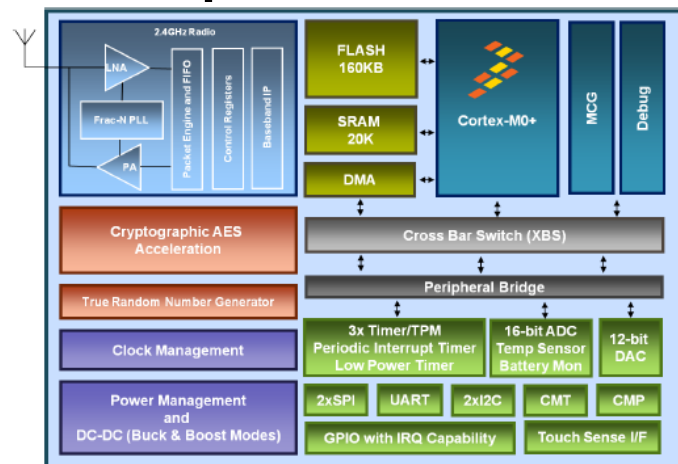
FRDM-KL25Z: Freedom Development Platform for Kinetis® с чипом **KW40x+Cortex M0+**

2. Среда для разработки и отладки программ для МК ARM (Cortex M0+) на языке C++ **IAR Embedded Workbench for ARM®**

3. Термодатчик: **термистор** NXFT15WF104FA2B100

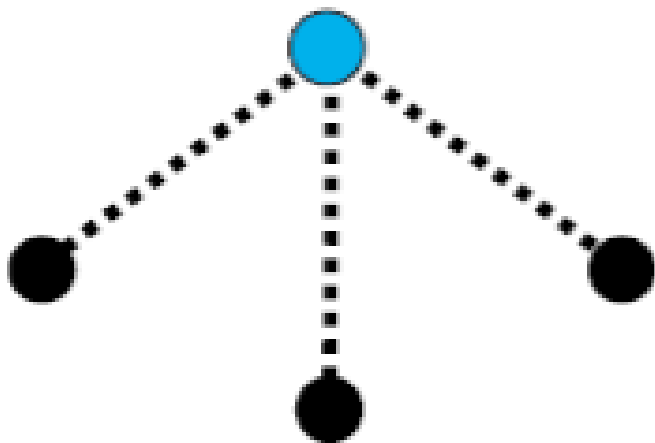


4. Демо приложение для демонстрации работоспособности устройства.



Архитектура сети сбора термоданных

● Master
● Slave



Пикосеть с несколькими ведомыми устройствами

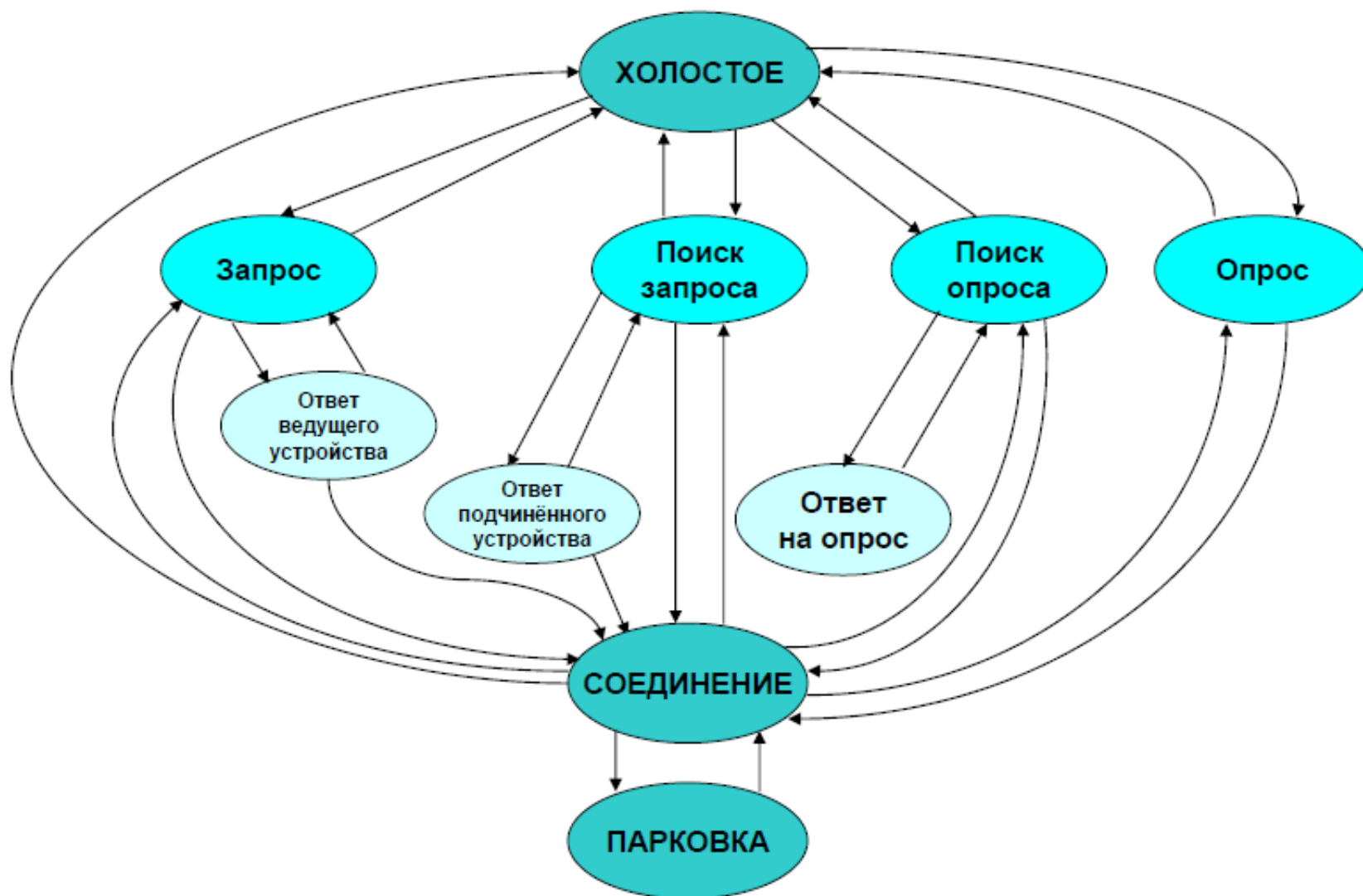
Master

- имеет до трёх подчинённых устройств
- определяет когда подчинённые прослушивают канал связи
- определяет алгоритм скачкообразной перестройки частоты
- управляет и обновляет параметры соединения
- не отвечает, при получении данных от подчинённых

Slave

- имеет только одного мастера
- если полученный пакет сформирован мастером – обязан ответить

Диаграмма состояний устройства



Адрес Bluetooth-устройства (BD_ADDR)

Каждое устройство Bluetooth имеет уникальный 48-битный адрес (выдается регистрирующим органом IEEE)

LSB						MSB					
назначаемый						id производителя					
LAP						UAP		NAP			
0000	0001	0000	0000	0000	0000	0001	0010	0111	1011	0011	0101

LAP (lower address part) – нижняя часть адреса

UAP (upper address part) – верхняя часть адреса

NAP (non-significant part) – несущественная часть адреса


64 значения (0x9E8B00-0x9E8B3F) LAP-части зарезервированы для кодов доступа процедуры опроса и не могут являться частью адреса устройства

LAP и UAP вместе участвуют в выборе псевдослучайной последовательности перестройки частоты

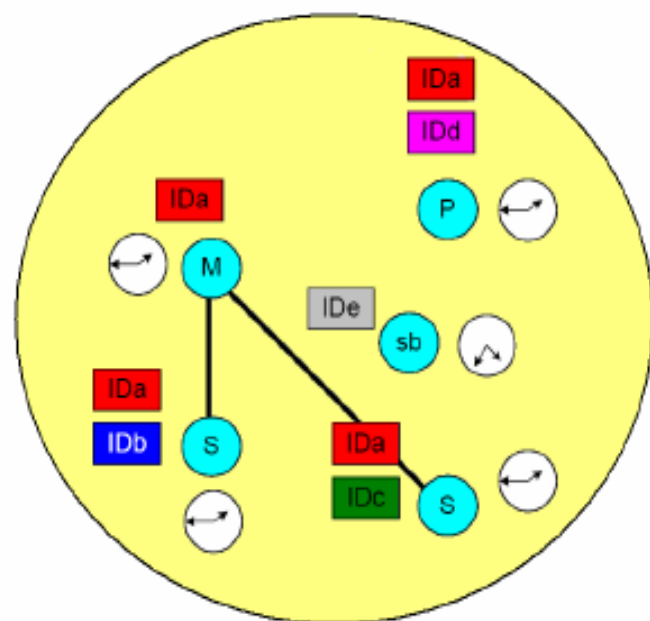
LAP формирует синхрослово в коде доступа




UAP участвует в процессе проверки ошибок

Все подчинённые устройства пикосети имеют:

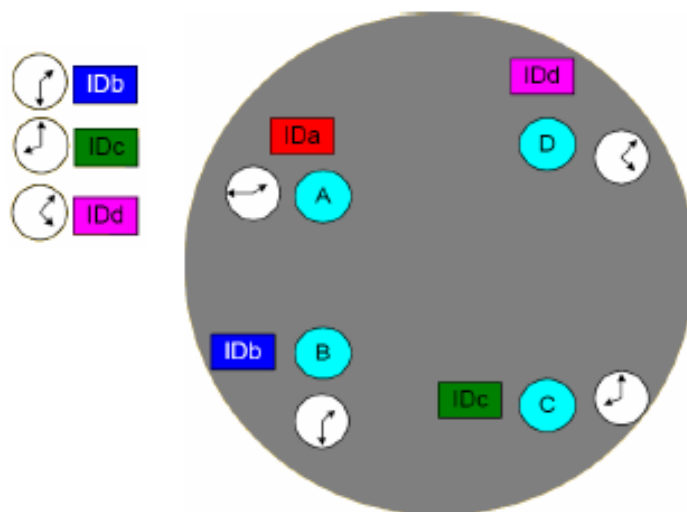
- одинаковую последовательность перестройки частоты, определяемую адресом **IDa** ведущего устройства **M** (FDMA)
- временную синхронизацию  с ведущим устройством (TDD, TDMA)
- код доступа к каналу, определяемый адресом ведущего устройства **IDa** (CDMA)

**последовательность перестройки частоты +
значение часов ведущего устройства +
код доступа к каналу =
физический канал пикосети**



-  - холостое состояние (standby)
-  - парковка
-  - подчинённое устройство

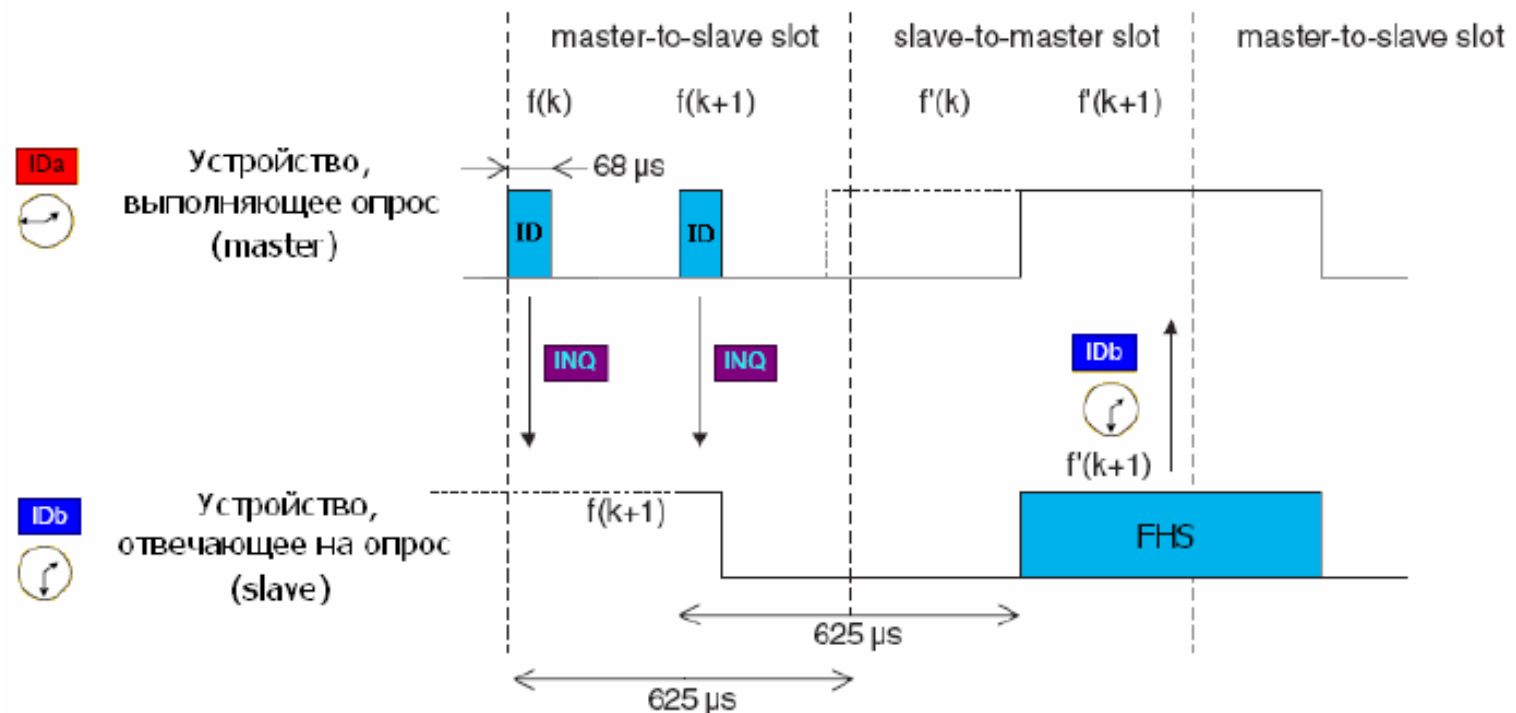
Процедура опроса



Устройство A хочет найти другие устройства

- Устройство A посылает пакет опроса, устройства B, C и D сканируют канал поиска опроса
- Устройство B распознало опрос и ответило FHS-пакетом, содержащим его адрес и значение часов
- Устройство A снова делает опрос
- Устройства C и D одновременно отвечают на опрос FHS-пакетами. Из-за конфликта устройство A не распознаёт ответные пакеты. После ответа каждое из устройств пропускает случайное количество слотов и снова начинает сканировать канал поиска опроса
- Устройство A снова делает опрос
- Устройство C отвечает на опрос
- Устройство A снова делает опрос
- Устройство D отвечает на опрос
- Теперь устройство A знает информацию о всех других устройствах

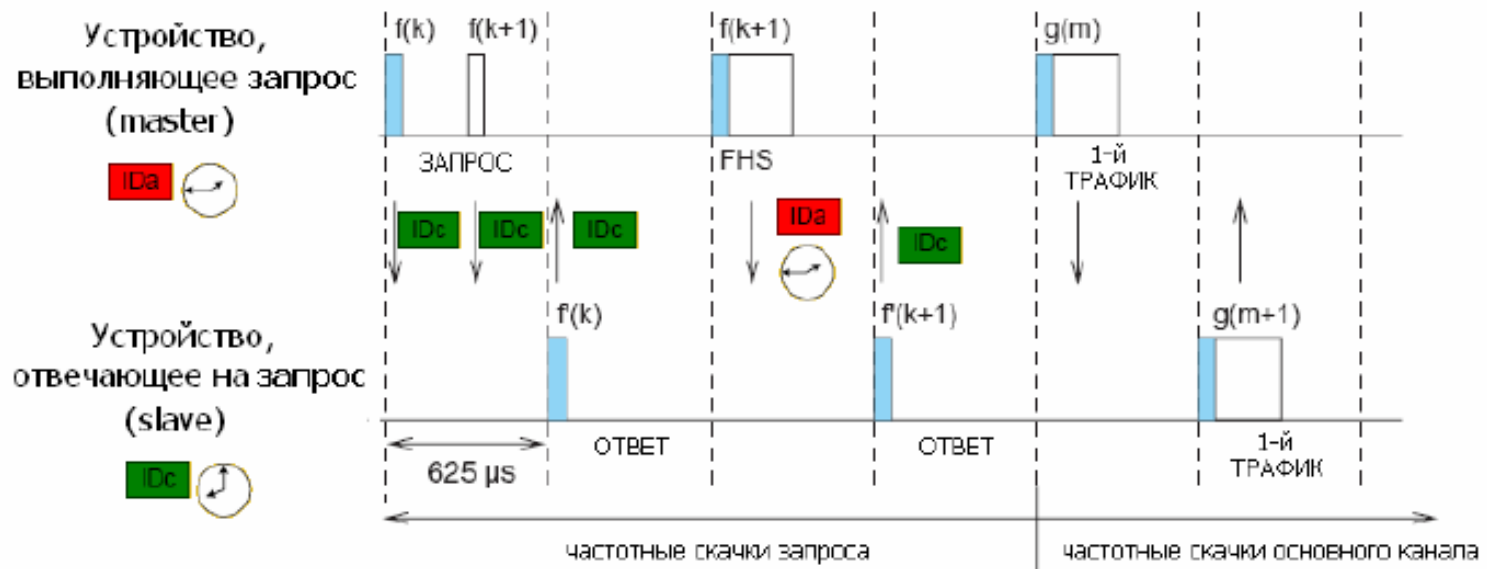
Процедура опроса



- Опросные ID-пакеты содержат только код доступа к каналу поиска опроса, который не зависит от адресов устройств.
- Скорость перестройки частоты опрашивающего устройства 3200 скачков в секунду.
- Опрашиваемое устройство отвечает пакетом FHS через $625 \mu s$ после приёма ID-пакета

Процедура запроса

После процедуры опроса устройство А знает номер устройства В, которому хочет передать запрос, и с некоторой точностью знает значение его часов



- Запросные ID-пакеты содержат код доступа к запрашиваемому устройству, который определяется его адресом.
- Скорость перестройки частоты запрашивающего устройства 3200 скачков в секунду.
- Запрашивающее устройство посылает запрашиваемому для настройки на канал пикосети пакет FHS через $625 \mu s$ после получения подтверждения приёма ID-пакета

Транспортная архитектура

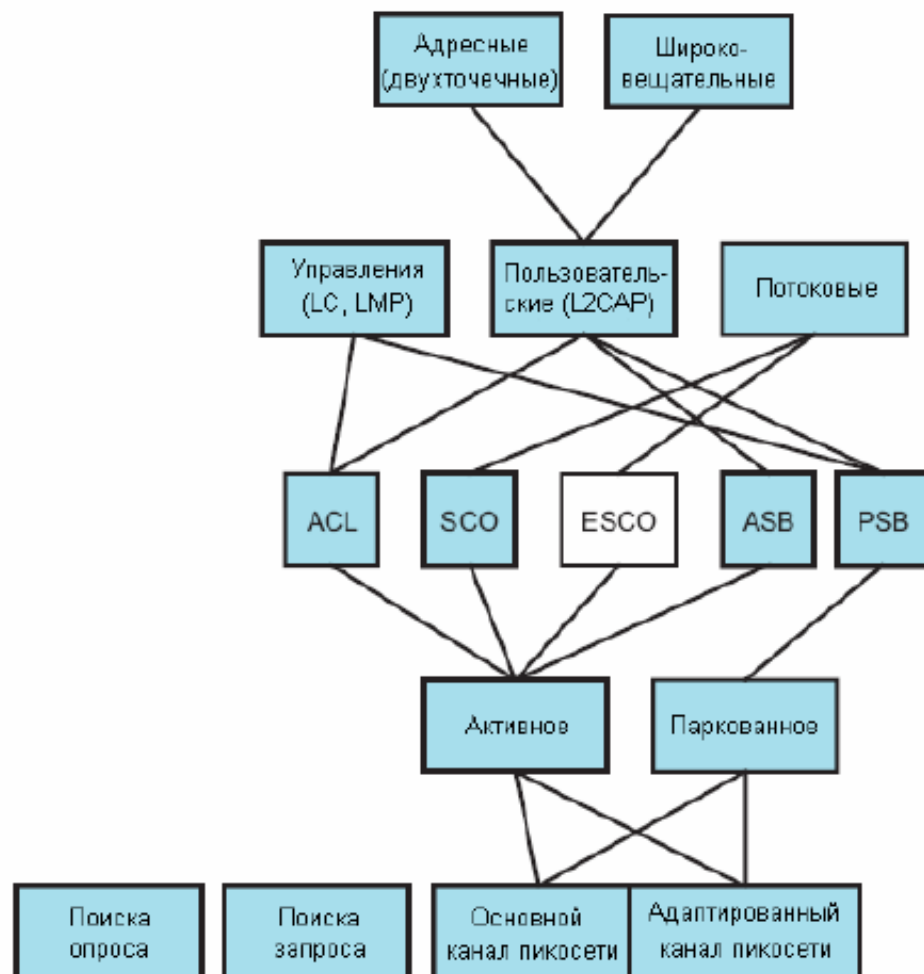
L2CAP
каналы

логические
каналы

логический
транспорт

физические
соединения

физические
каналы



SCO - synchronous connection-oriented
(синхронный с установлением соединения)

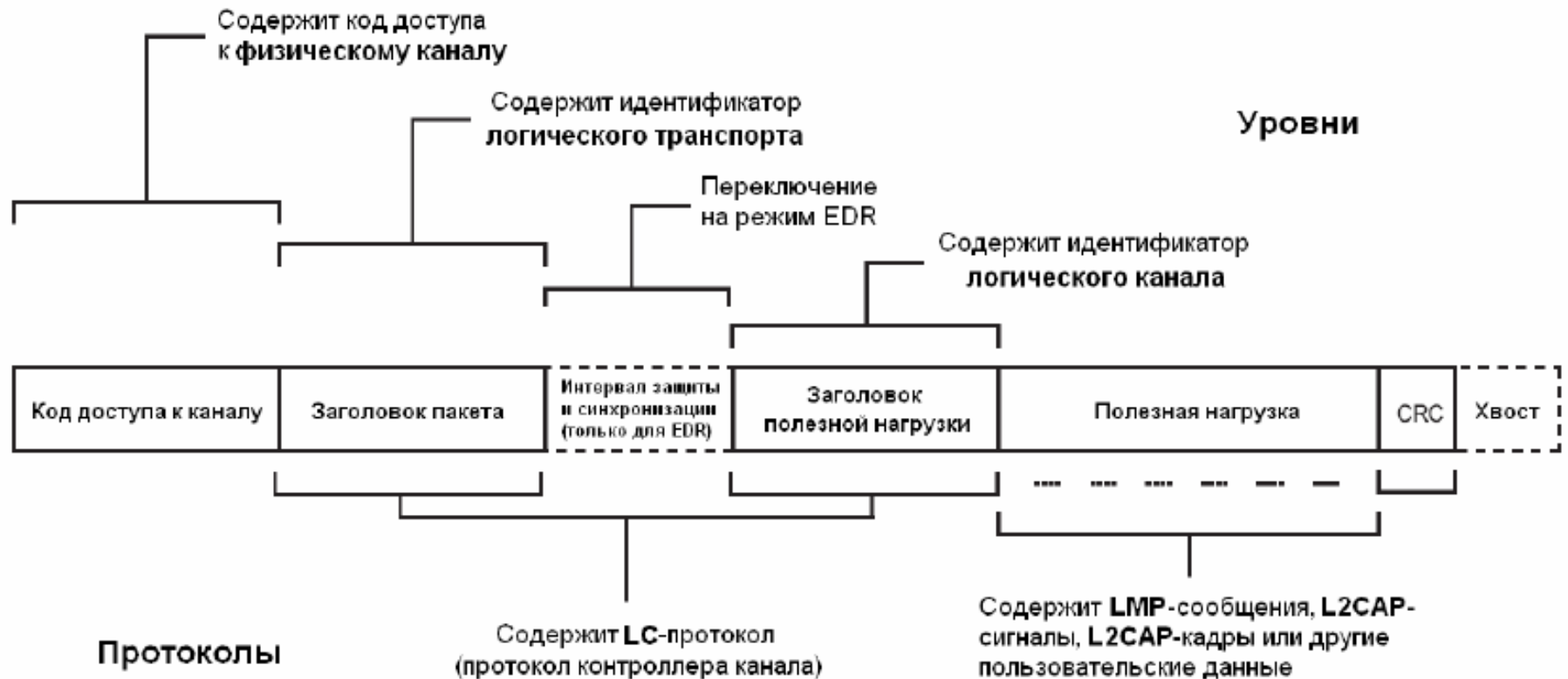
ESCO - расширенный SCO

ACL - asynchronous connection-oriented [unicast]
(асинхронный с установлением соединения)
[двухточечный]

ASB - active slave broadcast [connectionless]
(широковещательный для подчинённых устройств
в активном режиме) [без установления соединения]

PSB - parked slave broadcast [connectionless]
(широковещательный для подчинённых устройств
в состоянии парковки) [без установления соединения]

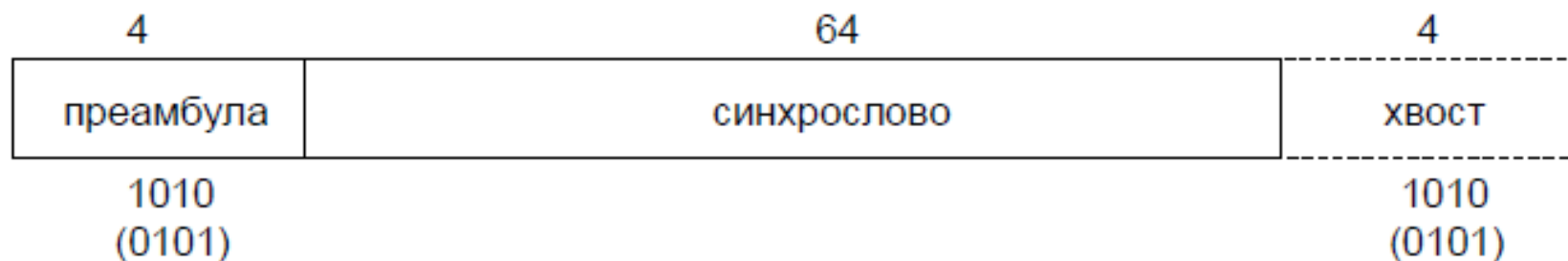
Формат пакетов Bluetooth



- Каждый пакет включает только те поля, которые необходимы для представления уровней, задействованных при передаче
- Код доступа к каналу содержат все типы пакетов

Формат пакетов Bluetooth

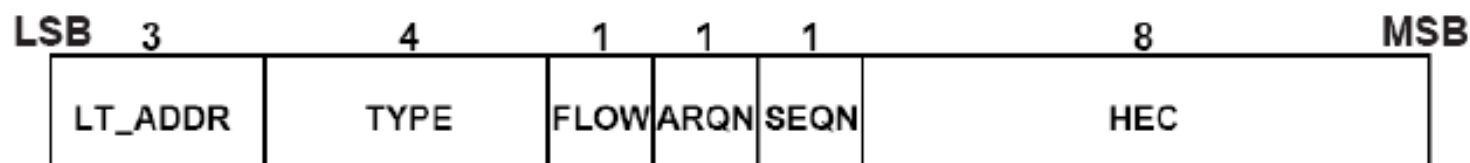
- Формат кода доступа к каналу:



- хвост присутствует, когда присутствует заголовок пакета
- преамбула и хвост используются для компенсации постоянного смещения с сигнале
- синхрослово формируется из LAR-части адреса ведущего или подчинённого устройства или специальных зарезервированных значений LAR в зависимости от назначения пакета

Формат пакетов Bluetooth

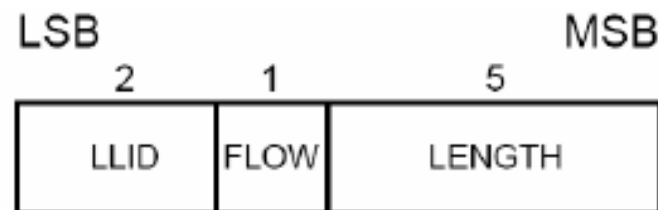
- Формат заголовка пакета (перед кодированием):



- LT_ADDR 3-битовый адрес логического транспорта
- TYPE 4-битовый код пакета
- FLOW 1-битовый флаг для управления потоком данных (с целью предотвращения переполнения входного буфера)
- ARQN 1-битовый индикатор подтверждения правильного приёма поля полезной нагрузки (проверка ошибок по CRC)
- SEQN 1-битовый индикатор последовательности (применяется для упорядочения последовательности пакетов)
- HEC 8-битовый код для проверки наличия ошибок в заголовке пакета

Формат пакетов Bluetooth

- Для SCO- и eSCO-пакетов заголовок полезной нагрузки отсутствует
- Формат заголовка полезной нагрузки для 1-слотовых ACL-пакетов в режиме обычной скорости:

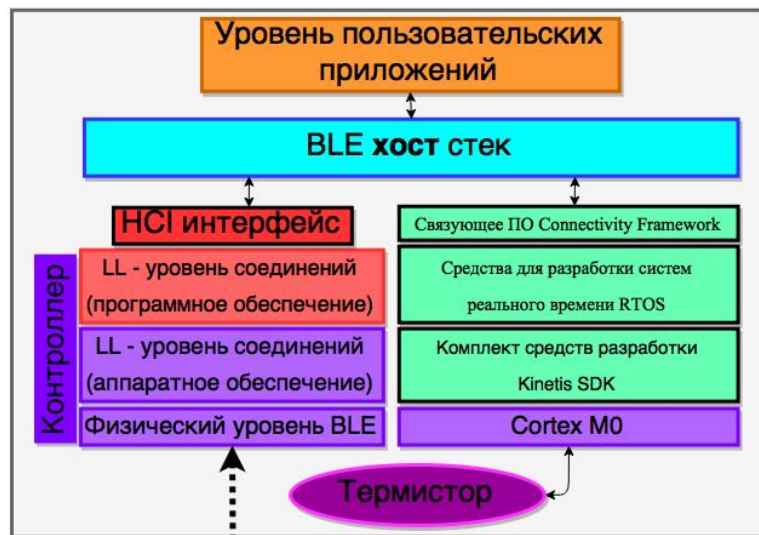


- LLID 2-битовый адрес логического канала
- FLOW флаг для управления потоком данных логического канала на уровне L2CAP
- LENGTH длина поля полезной нагрузки

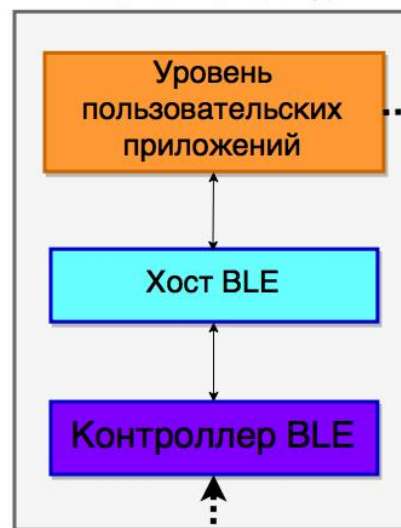
Транспортная архитектура сети удаленного контроля термодатчиков на базе процессоров серии KW4X.



Slave - устройство съёма и передачи термоданных



Master - мобильное устройство собирающее и анализирующее данные температуры



Беспроводной канал связи