



Bluetooth за “15 минут” 😊

- Особенности
- Базовые принципы
- Терминология



Bluetooth классический и Bluetooth Low Energy

2



Беспроводные устройства с большим передаваемым трафиком

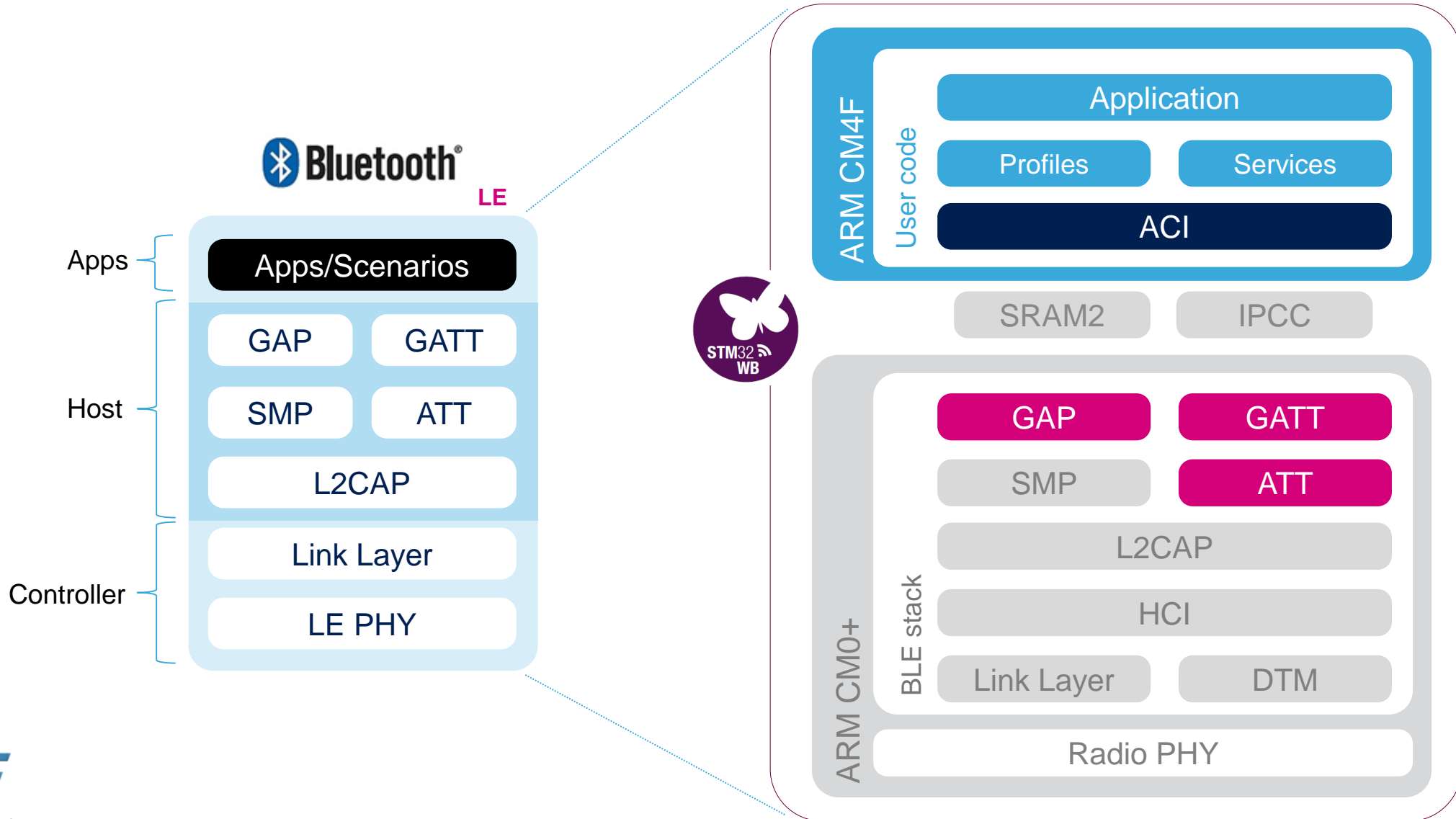
Устройства, которые могут подключаться к периферии типа Bluetooth Classic так и к устройствам Bluetooth Smart

Сенсоры, аксессуары с малым трафиком, но долго работающие от батарей

Ранее использовалась терминология Bluetooth **SMART READY** и **Bluetooth SMART** для устройств с поддержкой BLE, что бы отличить их от устройств со «старым» Bluetooth (Classic)

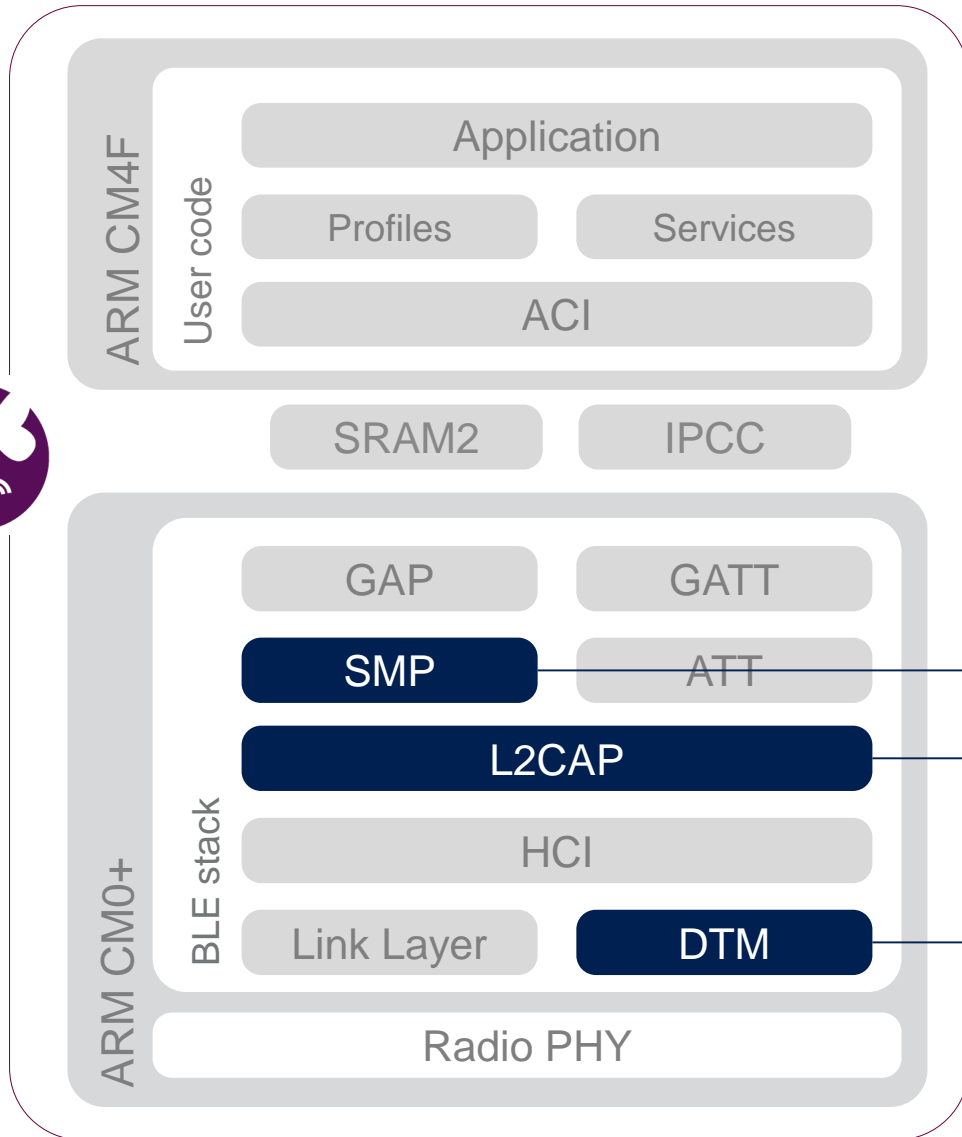


BLE стек внутри STM32WB





Уровни стека Bluetooth LE



SMP – Security Manager Protocol
Отвечает за спаривание, шифрование (AES-128), управление ключами...

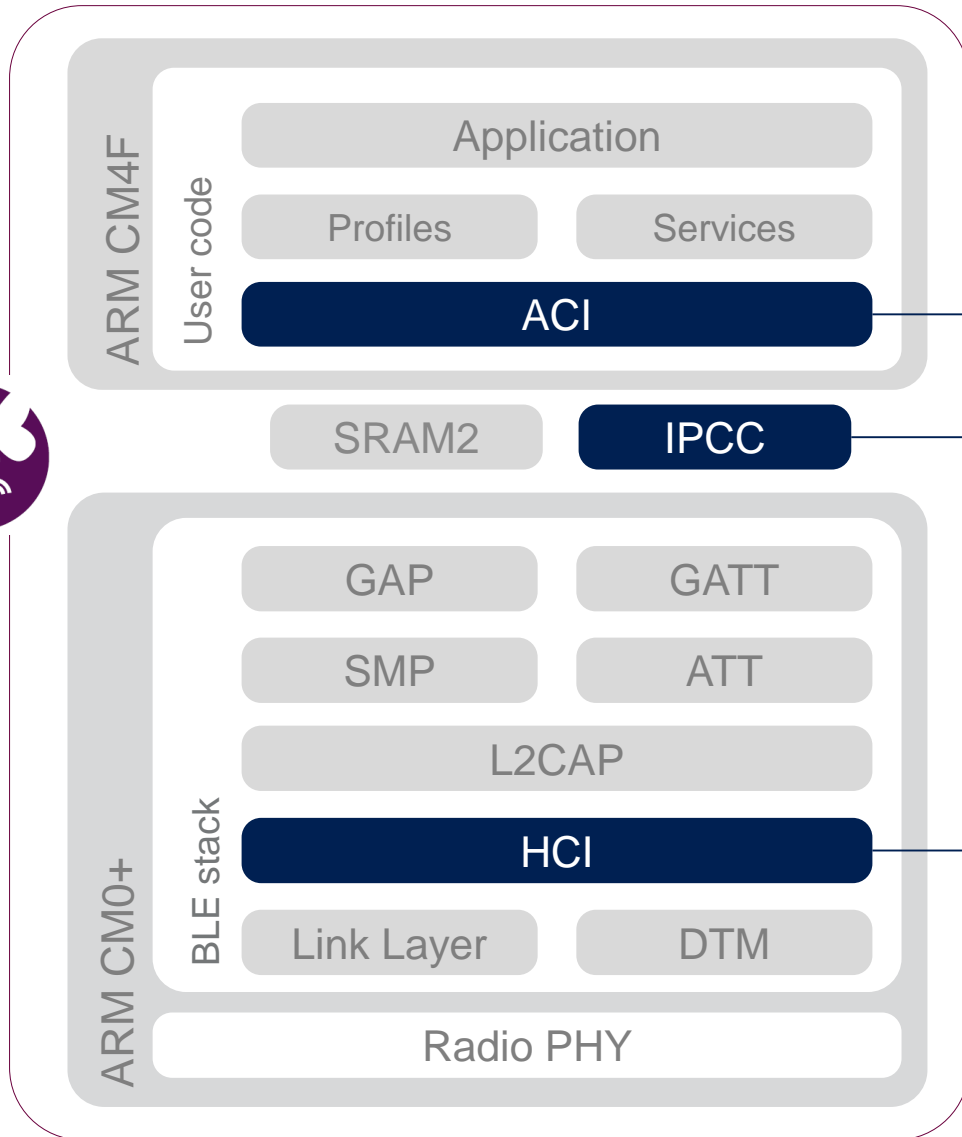
L2CAP – Logical Link Control and Adaptation Protocol

- Несколько протоколов верхнего уровня инкапсулируются в BLE-пакеты, которые передаются на HCI
 - Фрагментация и сборка данных
 - Маршрутизация ATT и SMP

DTM – Direct Test Mode
(Специальный интерфейс/режим для управления/тестирования на нижнем уровне)



Уровни стека Bluetooth LE



ACI – Application Command Interface

Набор команд, с помощью которых Приложение управляет работой Стека и взаимодействует со стеком

IPCC – Inter-Processor Communication Controller

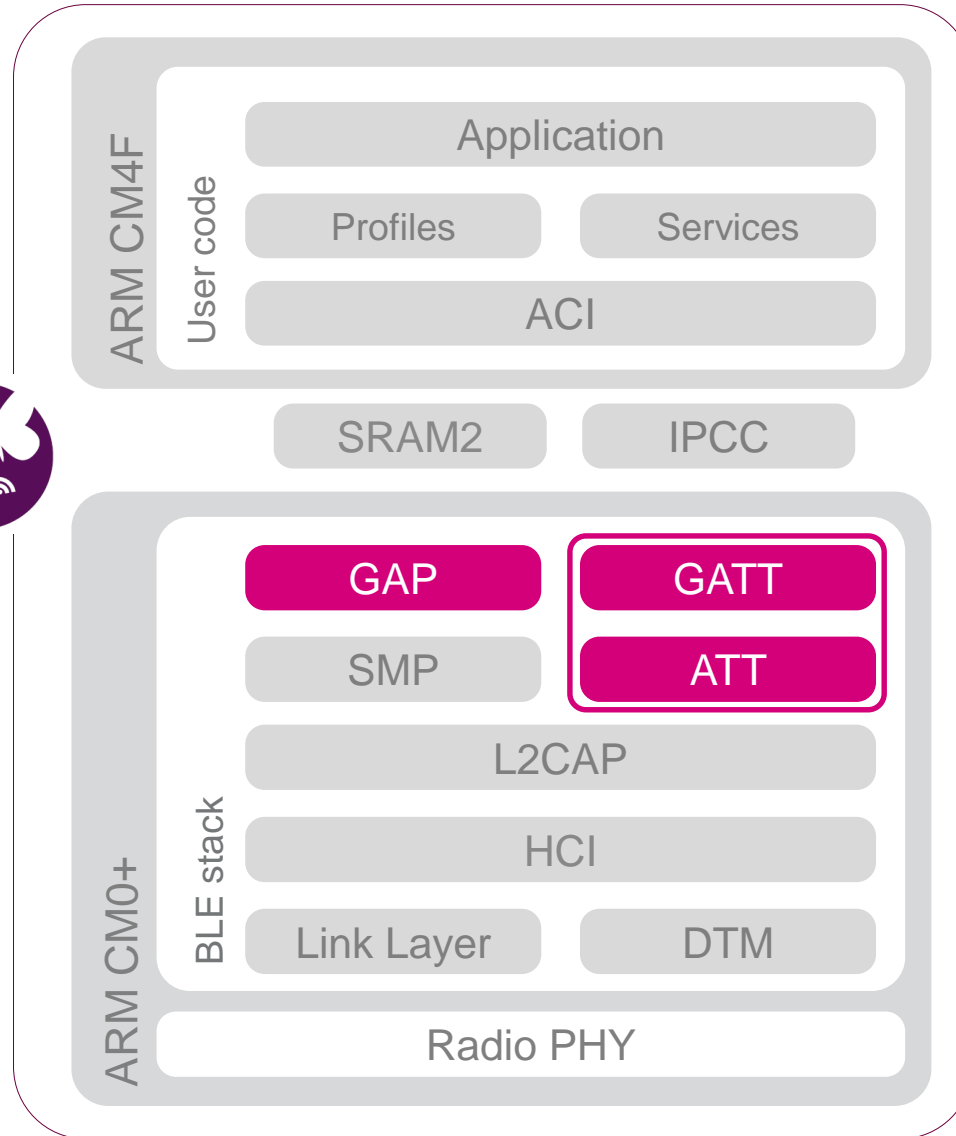
Специальный периферийный модуль микроконтроллера, который обеспечивает обмен данными между двумя ядрами

HCI – Host Controller Interface

Интерфейс между **Controller** (Link Layer and PHY) и **Host** (верхние уровни стека)
На SoC в ряде случаев бывает полезно получить доступ к функциям нижнего уровня



Уровни стека Bluetooth LE

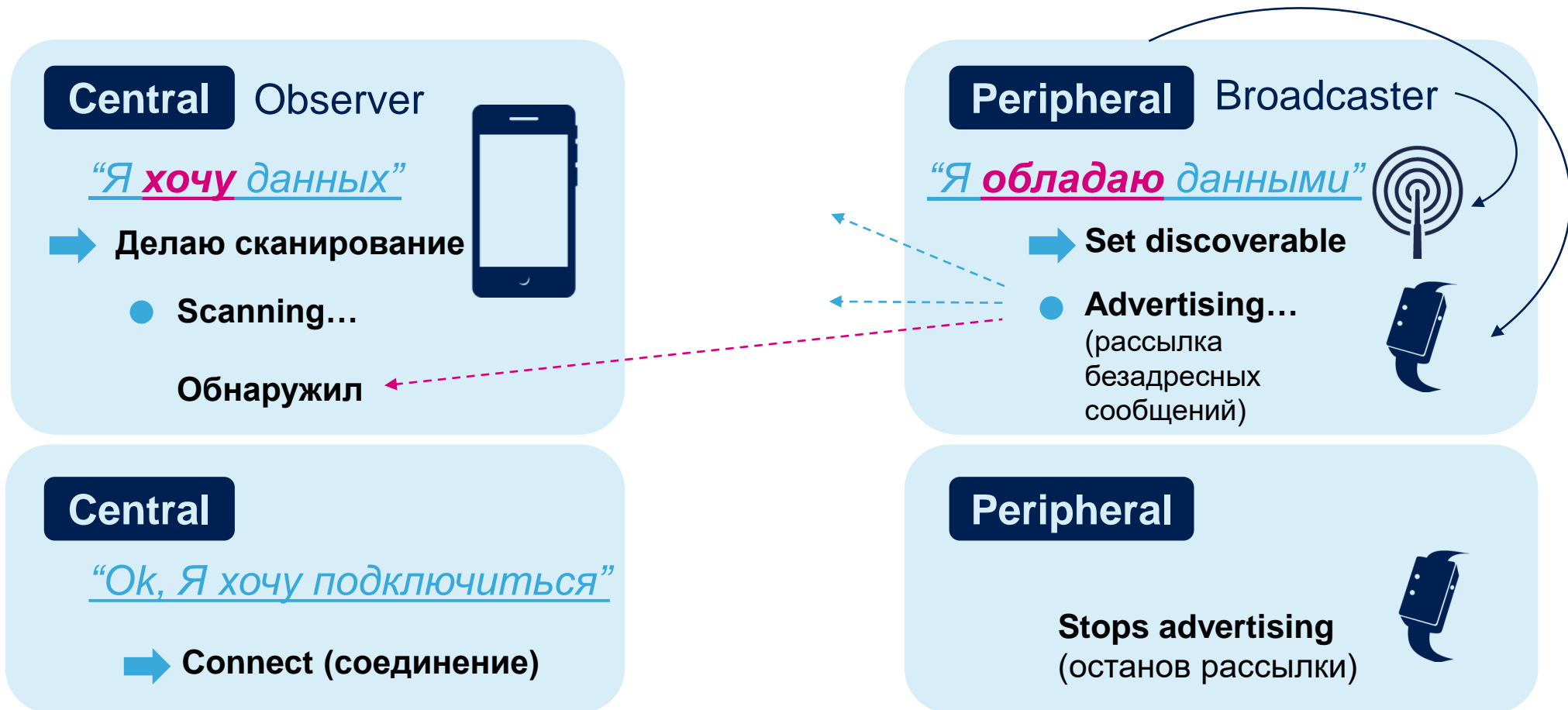




Базовые принципы Bluetooth LE

GAP – Generic Access Profile

- Уровень (слой) GAP контролирует процессы **advertising** и **connections** (это делает периферийное BLE-устройство «видимым» для смартфона)
- Также определяет как два BLE-устройства могут взаимодействовать





Базовые принципы Bluetooth LE

GATT – Generic Attribute Profile

- Определяет как два BLE-устройства **обмениваются данными** Типичный сценарий



Эфирное взаимодействие повторяется через равные интервалы времени (connection interval). Интервал предлагается периферийным устройством, но определяется центральным.



Базовые принципы Bluetooth LE

ATT – Attribute Protocol

- **Протокол типа Клиент/Сервер**, формирует структуру (базу) данных для обмена между BLE-приложениями на разных устройствах
- Сервер (BLE peripheral) предоставляет данные по запросам от Клиента (central device)
- Данные Сервера хранятся в т.н. **Attribute Table**, которая содержит серию записей (attributes) различных типов
- Основные типы называются Сервисы и Характеристики (Services and Characteristics)

ATTRIBUTE =

Это не одна переменная/число, а набор данных!

- 16-bit **handle**, идентификатор для доступа к атрибуту
- 16-bit или 128-bit **UUID** который определяет тип атрибута и природу (type) данных значения (value) этого атрибута
- **Значение (value)** определенной длины **length** (bytes)
- Уровень доступа - permissions (чтение, запись,...)



Базовый пример BLE-приложения для P-NUCLEO-WB55

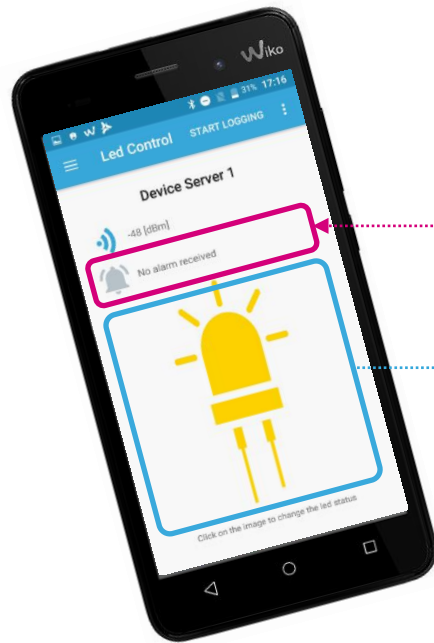


Дефолтное приложение P-Nucleo-WB55

«Кнопка и светодиод»

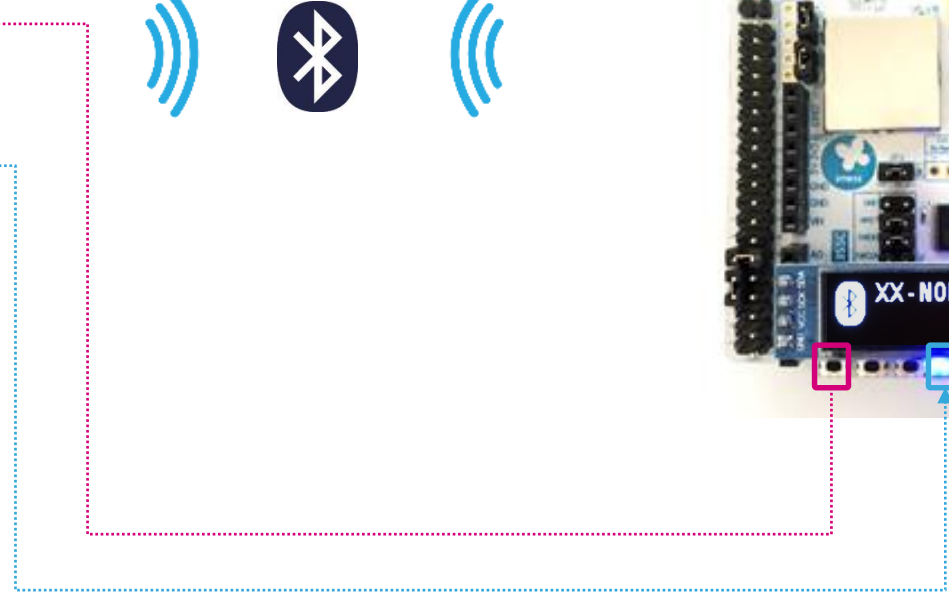
Central

GATT Client



Peripheral

GATT Server

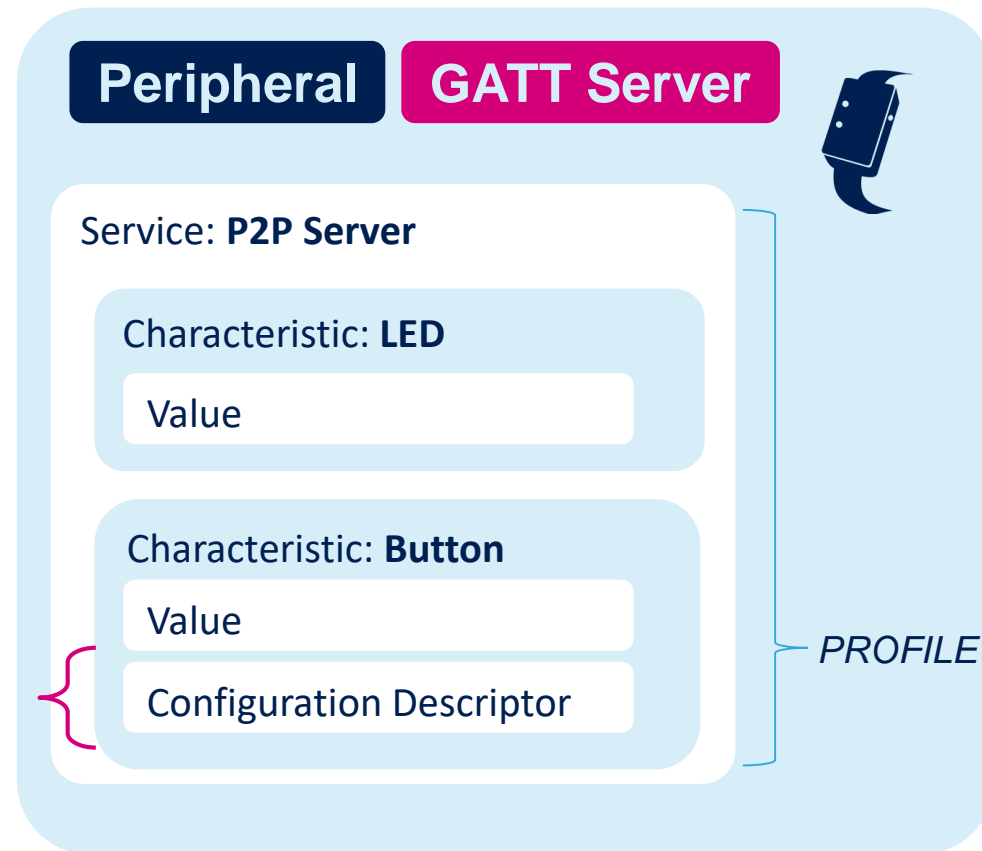




Базовые принципы Bluetooth LE

GATT – Generic Attribute Profile

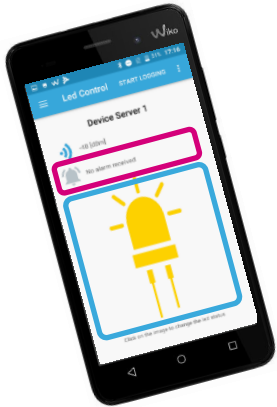
В дефолтном приложении используется клиентом, чтобы разрешить **Нотификацию**, когда характеристика кнопки изменяет свое значение (так можно инициировать направление передачи от сервера к клиенту)





Как это должно работать?

Central **GATT Client**



Режим сканирования

Обнаружение Хендла атрибута
ATT Handle Discovery

Central-to-Peripheral
communication
(Управление **SLAVE-ом**)

Нажмите SW1 на Nucleo для
обновления value характеристики #1
(к Клиенту приходит Нотификация
об изменении value)



Peripheral **GATT Server**

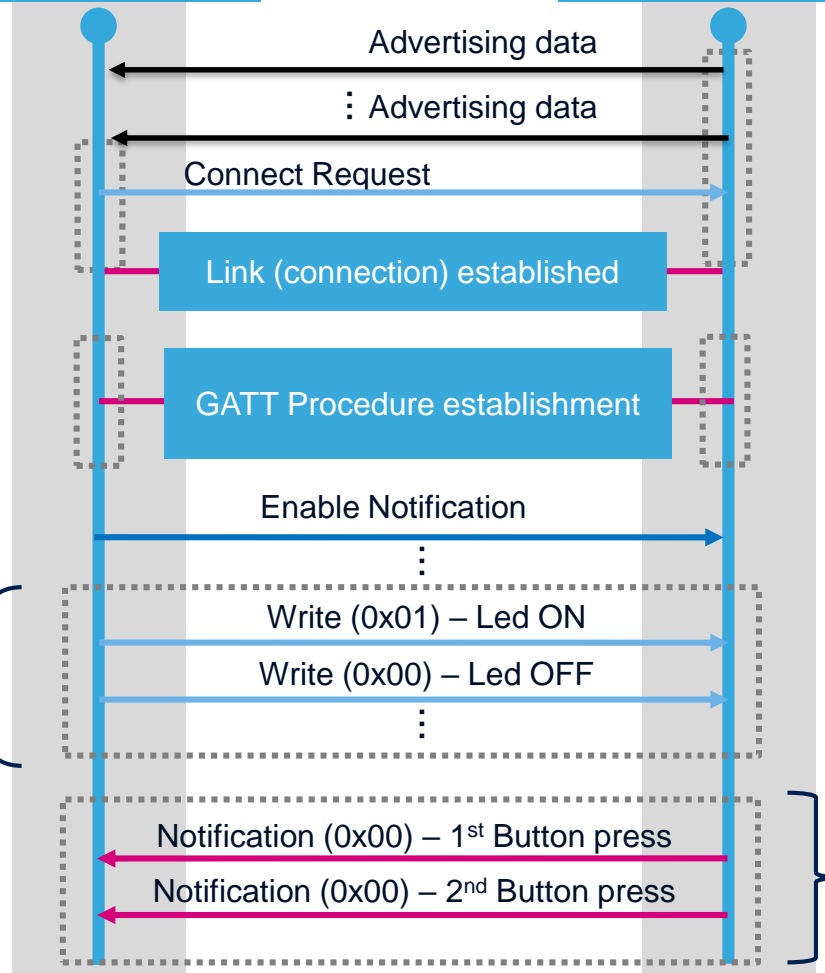


Работа в
режиме
Advertising
Mode

ATT Services &
Characteristics

Tap Button in the phone app to write
new characteristic #2 value

Коммуникация
Peripheral-to-Central
(**Notify MASTER**)





Вот и все!
BLE – это так просто...

