Bluetooth LE

Not your father's Bluetooth

Antoni Kędracki

@spherefoundry

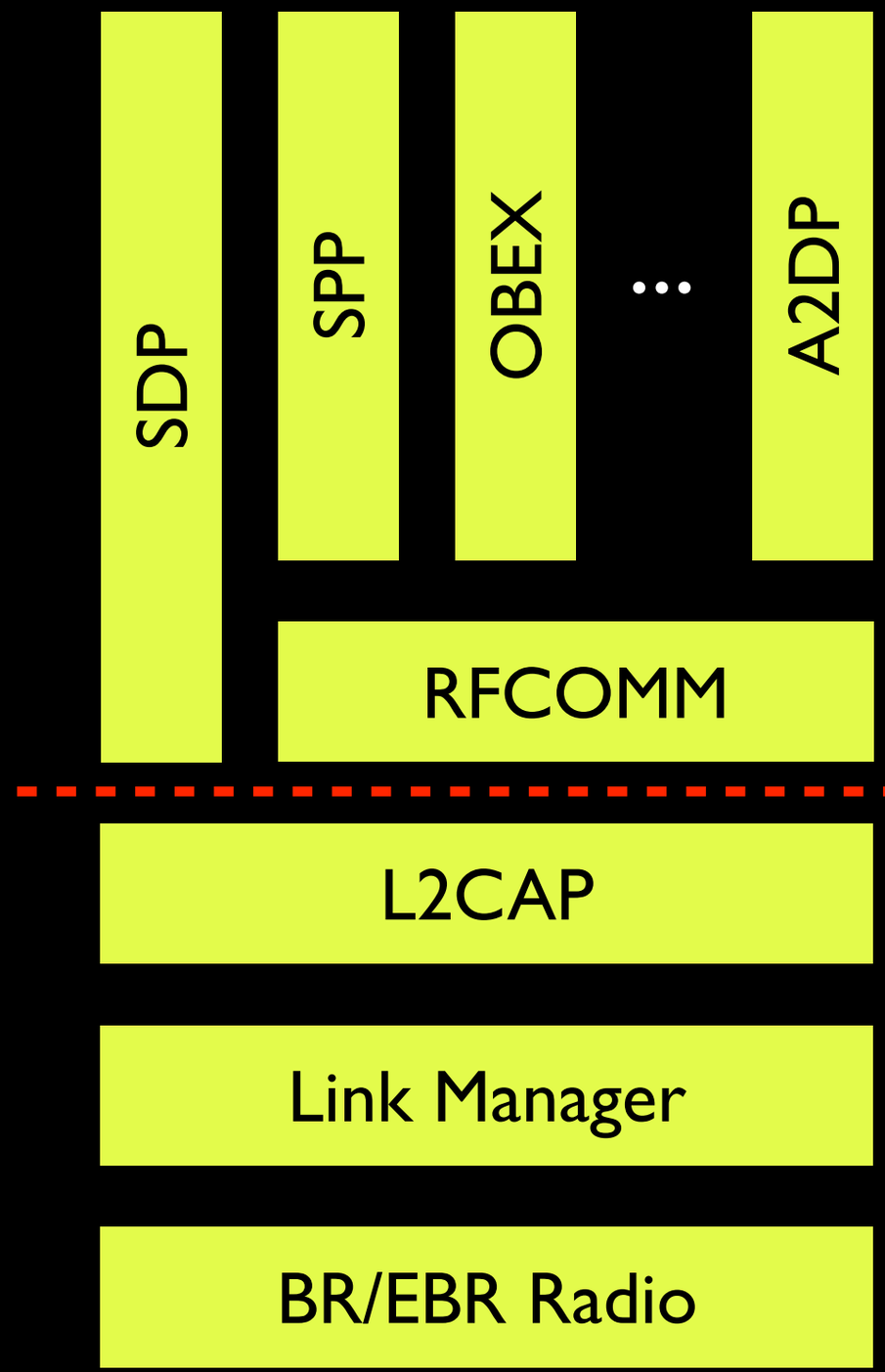
Cele

- Czym jest Bluetooth 4.0?
- Dlaczego powstał?
- Jak to działa?
- A ile urządzeń to wspiera?

Trochę Historii

- Stworzone w 1994
- Sieć PAN
- Wspólne radio
- Wiele profili (RFCOMM)
- Parowanie?!

“Klasyczny” Bluetooth



Bluetooth 4.0

- Dwie konfiguracje
  - Basic/Extended Bit Rate - BR/EBR
  - Low Energy - LE
- Cel:
  - Obniżenie wymagań prądowych
  - Ułatwienie implementacji
- Rozwiązanie
  - Uproszczone radio
  - Nowy sposób “rozgłaszania”
  - Pojedynczy profil (GATT)

“Penny, everything is better with bluetooth!”

Sheldon Cooper, The Big Bang Theory

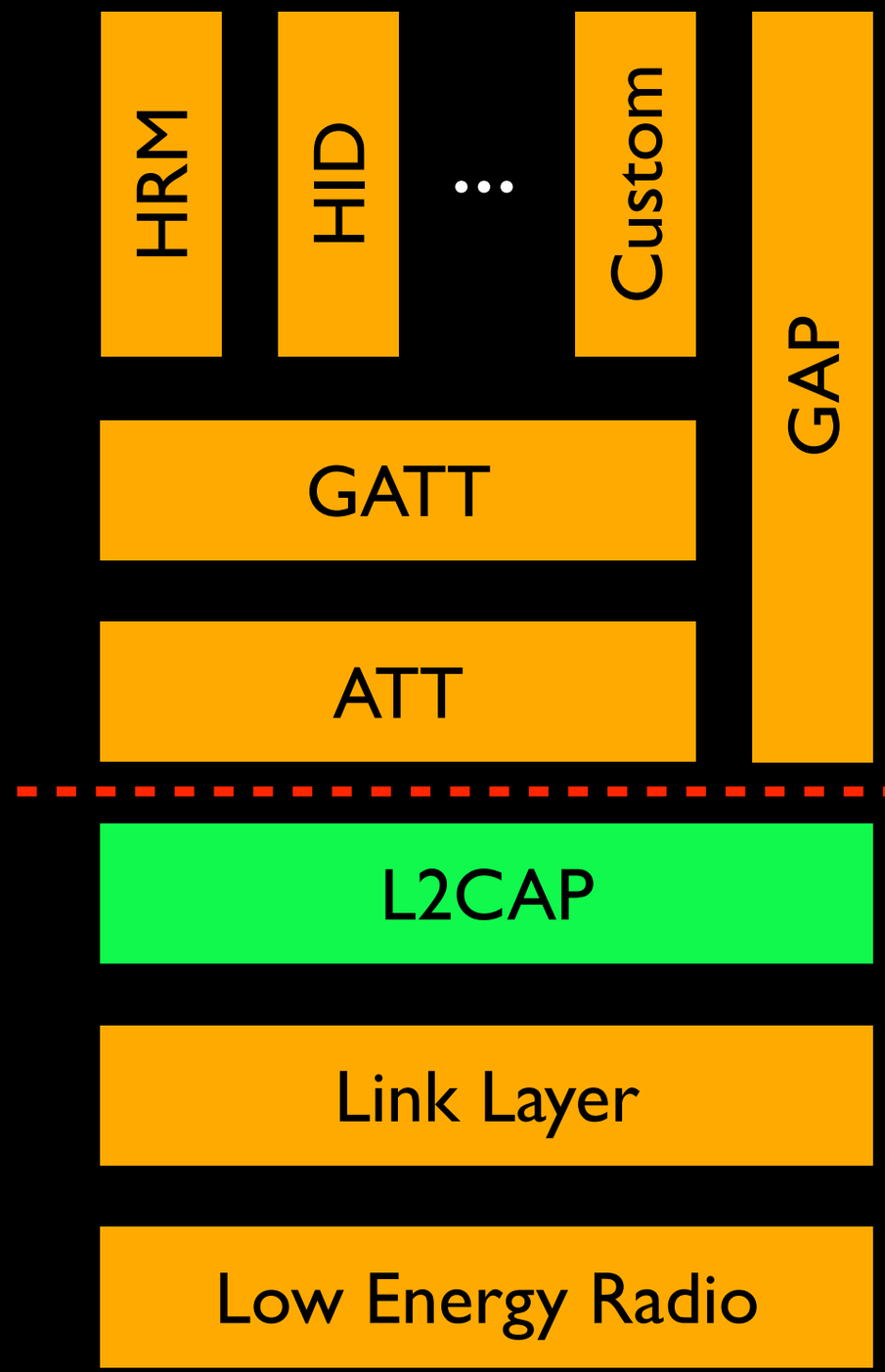
BLE w liczbach

	rozmiar	waga	moc/praca
BLE112	18mm x 12mm x 2.3mm	~2g	TX: 27mA sleep: 0.5uA
CR2032	19,9mm	3g	225mAh

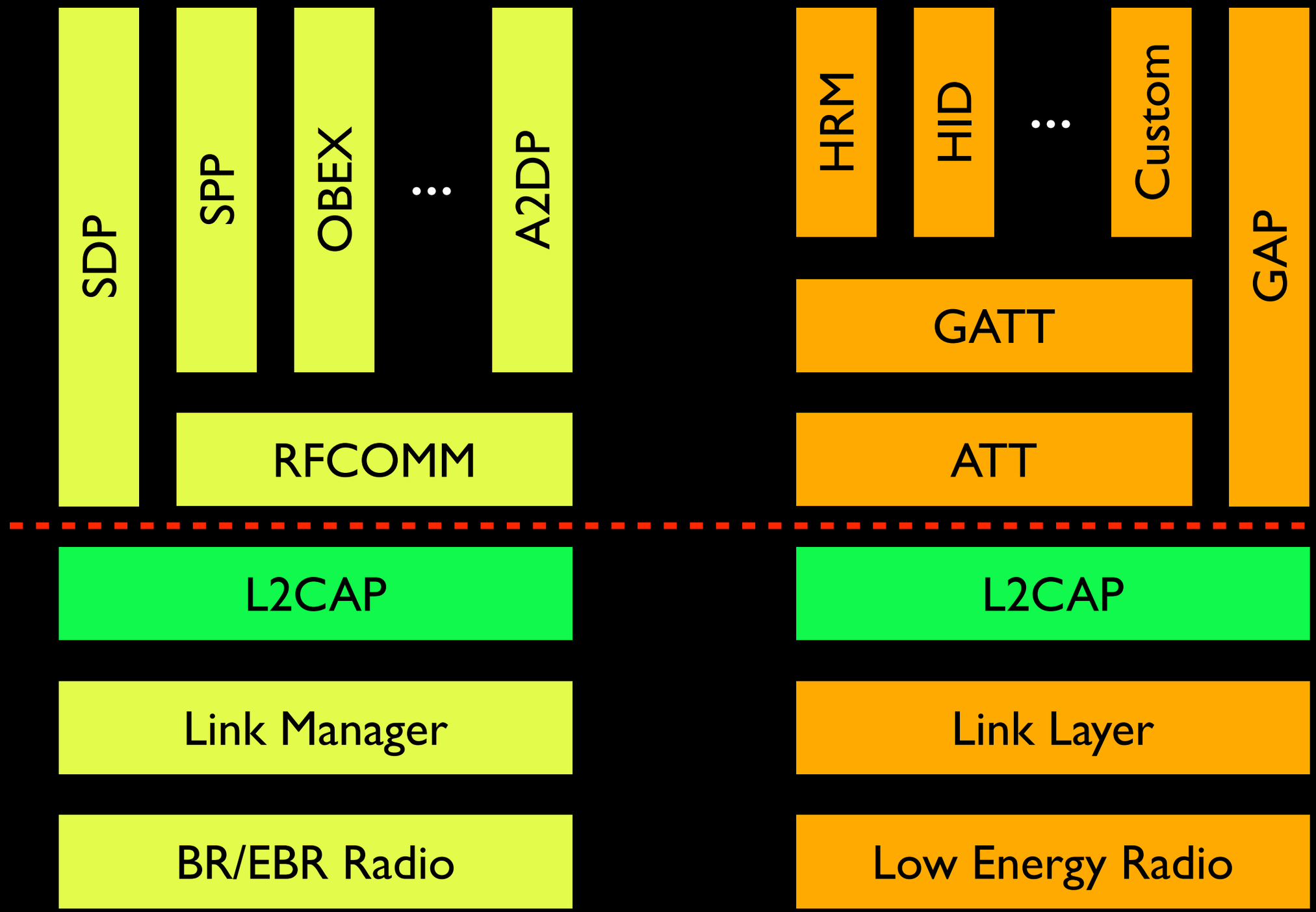
Na czym to chodzi?

- Apple (iOS5+, OS X 10.7+)
  - iPhone 4S+, iPad 3+, iPad Mini, iPod Touch 5Gen
  - MacBook Air i Mac Mini mid2011+, reszta mid2012+
- Android (lipiec 2013 - 4.3+)
  - Google Nexus 4, Nexus 7 (2013)
  - Samsung Galaxy S3, S4, S4 Mini, Note 2
  - Sony 2013+
  - HTC 2012+
  - Motorola 2012+

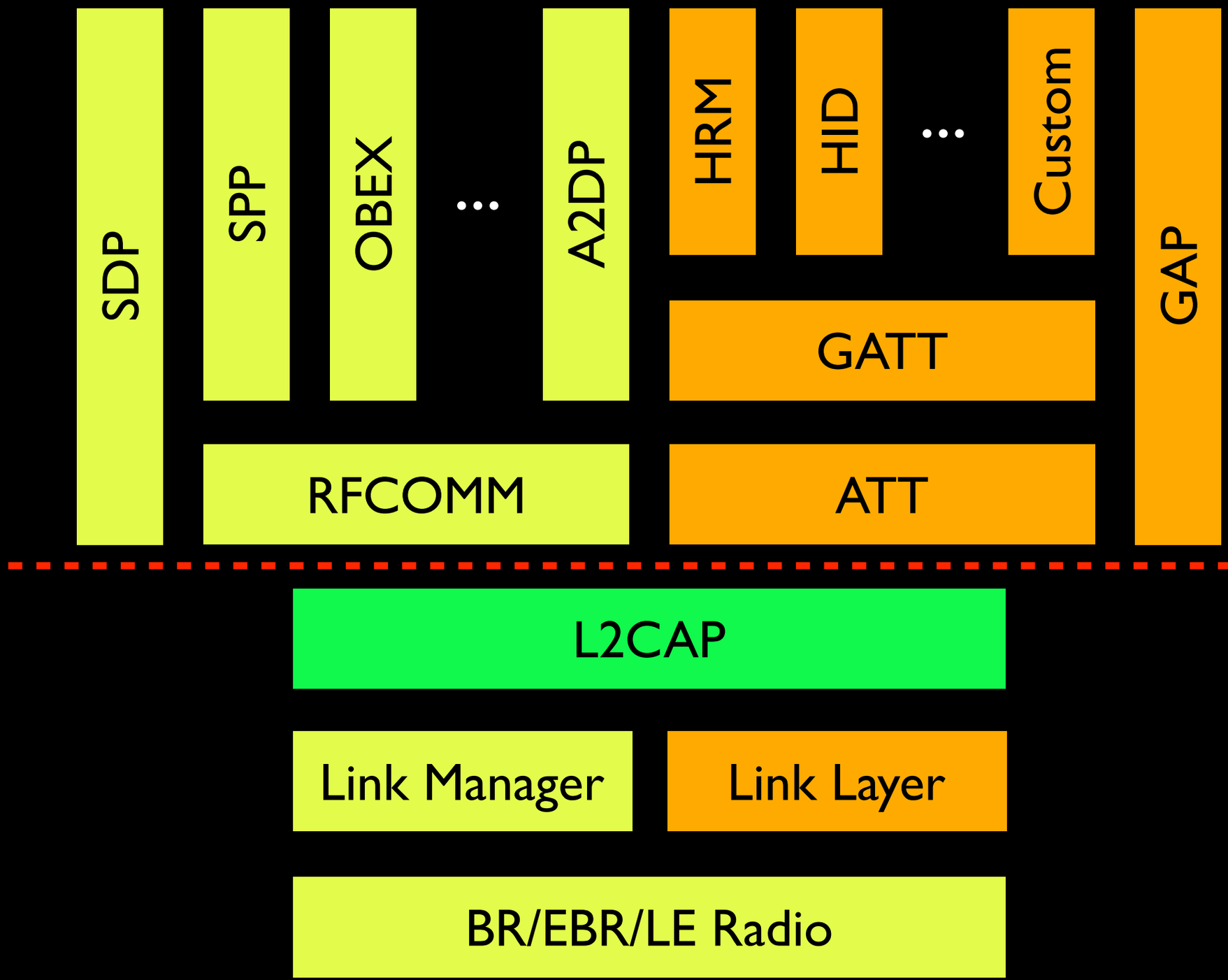
Bluetooth “Smart”



“Smart” vs. “Klasyczny”



Bluetooth “Smart Ready”



GATT

"One protocol to rule them all"

GATT

- Zdefiniowane role:
  - Serwer
    - wystawia model
    - informuje o schemie tego modelu
    - przykładowo: czujnik tętna, termometr, myszka
  - Klient
    - konsumuje model
    - przykładowo: telefon, samochód

GATT

- Key/Value Store na sterydach
  - Klucz + wartość == charakterystyka
    - Grupa charakterystyk == serwis
    - Metadane charakterystyki == deskryptor
- Wszystko ma identyfikator UUID (16/128 bit)

Serwis pomiaru tętna

- Heart Rate (0x180D)
- Body Sensor Location (0x2A38) [read]
- Heart Rate Control Point (0x2A39) [write]
- Heart Rate Measurement (0x2A37) [notify]


subsribe 0x2A37
notify 0x2A37
notify 0x2A37
notify 0x2A37

DEMO

Charakterystyka pomiaru tętna

- Heart Rate Measurement (0x2A37)

Flags	8bit	1 - format 2,3 - contact status 4 - energy expanded 5 - RR interval 6,7,8 - reserved
HR Value	uint8/uint16	bpm
Energy Expended	uint16	kJ
RR Interval	uint16	1/1024s

https://developer.bluetooth.org/gatt/characteristics/Pages/CharacteristicViewer.aspx?u=org.bluetooth.characteristic.heart_rate_measurement.xml

Bluetooth 4.0 LE nie wspiera SPP?!

Radio

"ET phone's home"

Problem wielodostępu

- Bluetooth operuje na paśmie ISM 2.4GHz
- Tak samo jak WiFi, ZigBee, i wiele innych
- Wszystko to się zakłuca

Frequency Hopping w LE

- Oparty o inkrementacje o stałą wartość i operacje modulo
- Mapa używanych kanałów
- Algorytm

@spherefoundry

- *unmappedChannel = (lastUnmappedChannel + hopIncrement) mod 37*
- użyj *unmappedChannel* jeśli jest w mapie używanych kanałów
- w przeciwnym razie użyj kanału pod pozycją *remappingIndex = unmappedChannel mod numUsedChannels*

Rozgłaszanie

"Ja Brzoza, ja Brzoza, Grab, jak mnie słyszysz?"

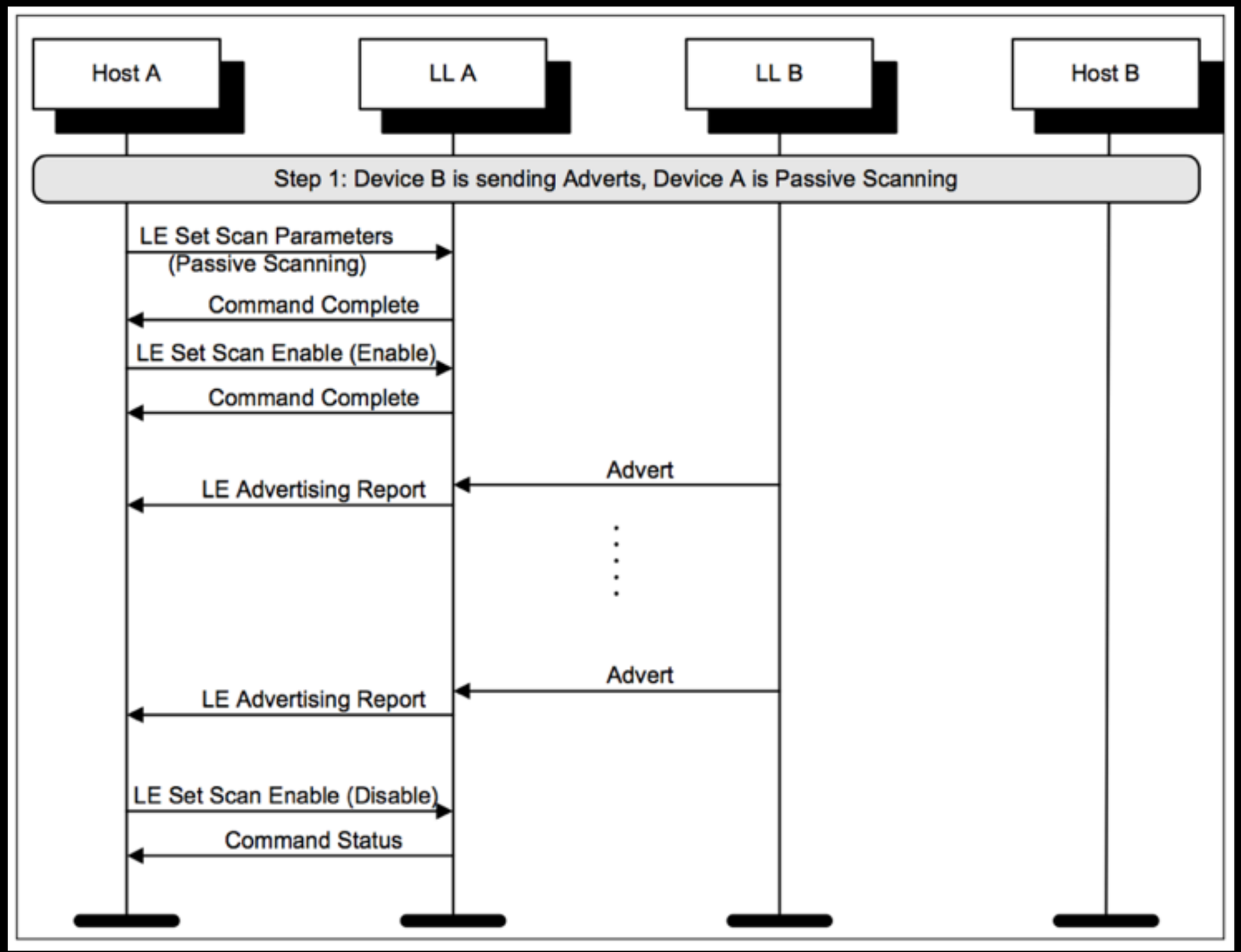
Rozgłaszanie

- Jak wszystko w LE zoptymalizowane pod kątem zużycia energii
- Pasywne i aktywne skanowanie
- Możliwość umieszczenia własnych danych w pakietach rozgłoszeniowych

Kanały rozgłaszające

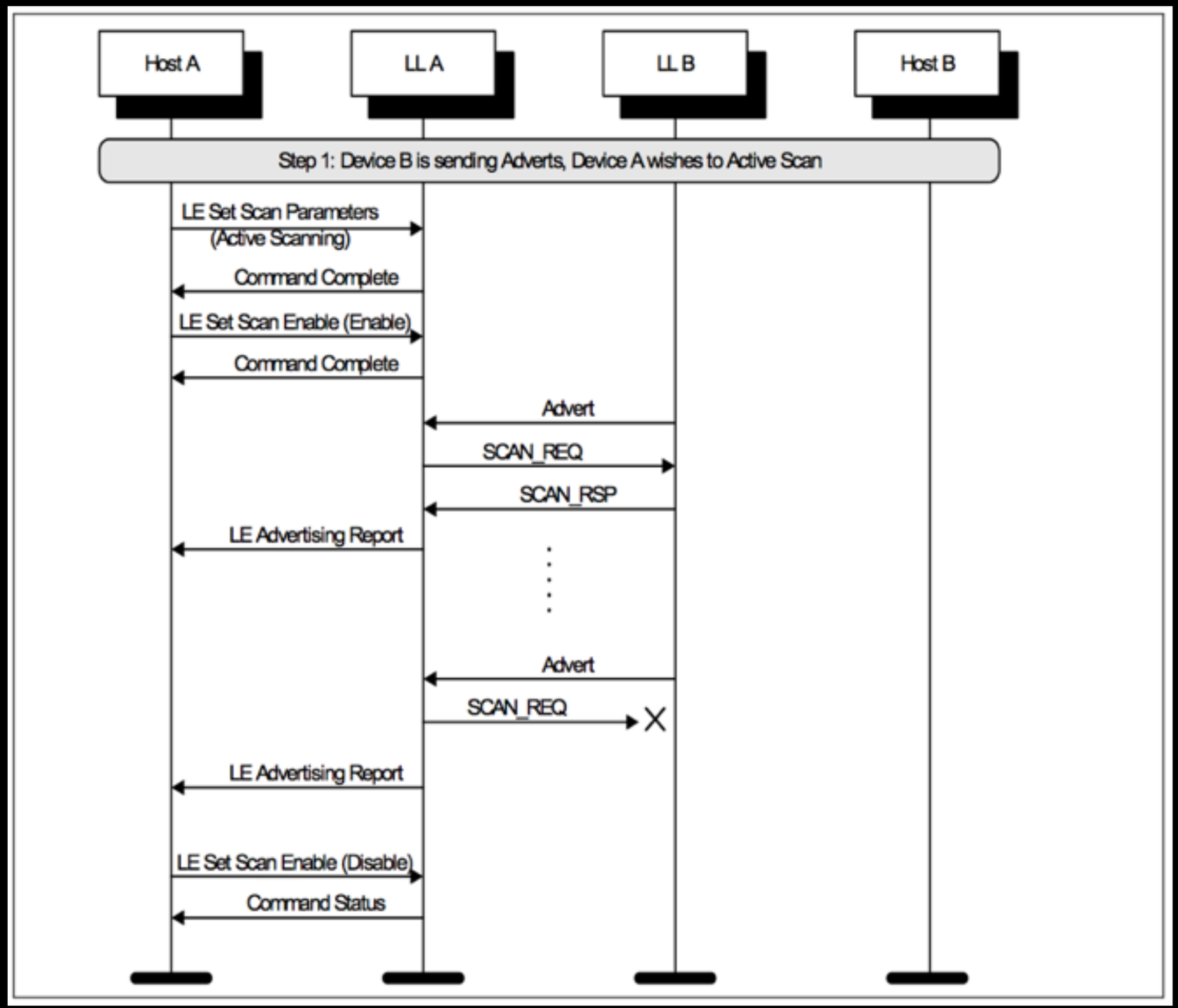
- 3 (z 40) kanałów przeznaczone wyłącznie do rozgłaszania
- algorytm:
  - posiedź na kanale A przez x
  - posiedź na kanale B przez x
  - posiedź na kanale C przez x
  - i od nowa!

Pasywne rozgłaszanie



źródło: BLUETOOTH SPECIFICATION Version 4.0

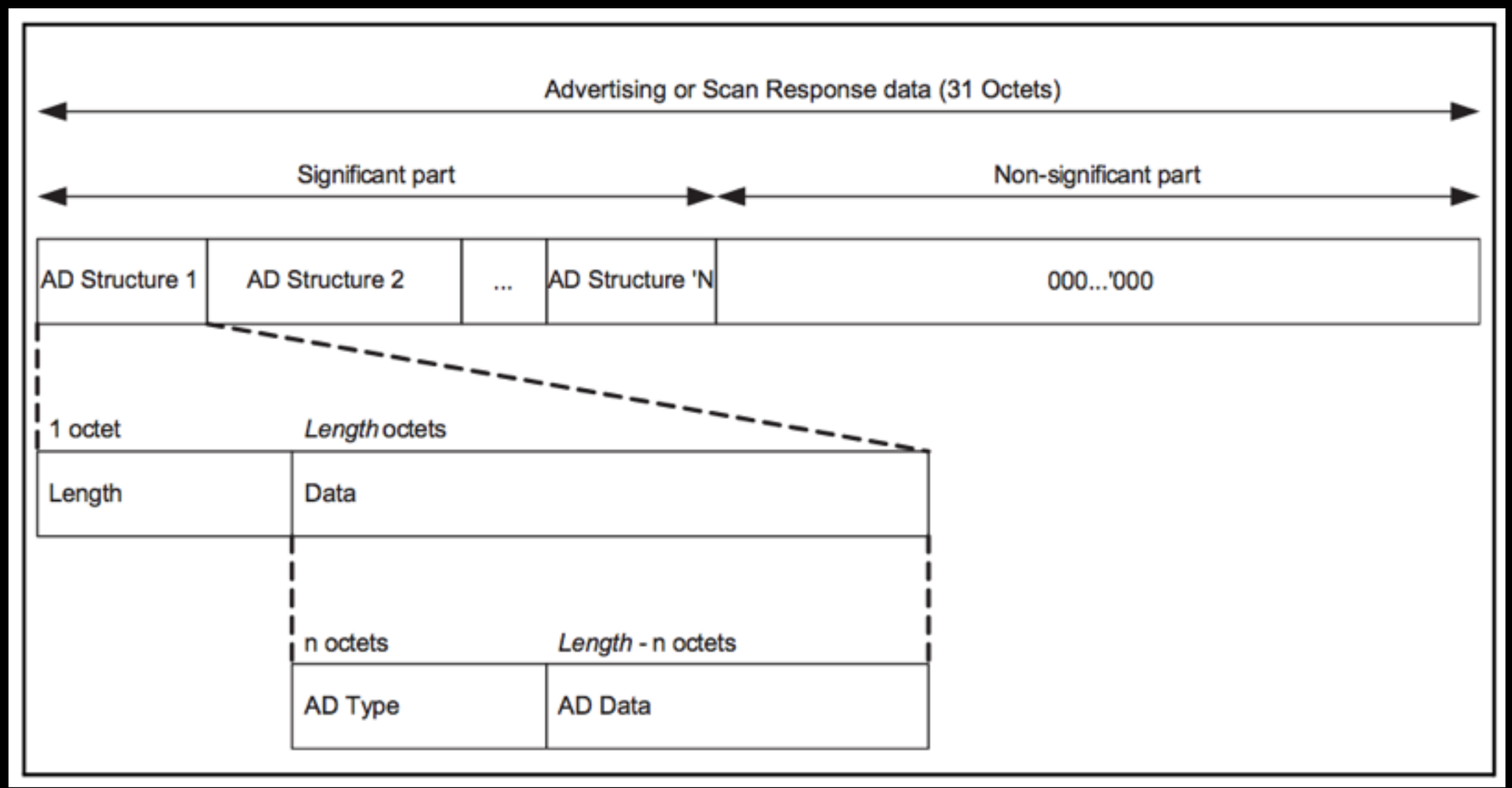
Aktywne rozgłaszanie



źródło: BLUETOOTH SPECIFICATION Version 4.0

Pakiety AD

- Do 31 bajtów danych
- Elastyczne format



źródło: BLUETOOTH SPECIFICATION Version 4.0

GAP + GATT

- [GATT] serwis Generic Access(0x1800)
  - Device Name (0x2A00)
- [GAP] AD flags
  - typ 0x02-0x07 - UUID dostępnych serwisów GATT
  - typ 0x08-0x09 - nazwa

Rozgłaszanie serwisów GATT

length	type	flags
0x02	0x01	0x1A
2	FLAGS	

length	type	UUID1	UUID2
0x09	0x03	0x1800	0x180D
9	complete list of 16bit UUID	Generic Access	HRM

length	type	name
0x07	0x09	0x41 6E 74 6F 6E 69
7	local name	“Antoni”

iBeacon

- Cały mechanizm opiera się na rozgłaszaniu
- Odległość liczona na podstawie RSSI odbioru i wartości referencyjnej

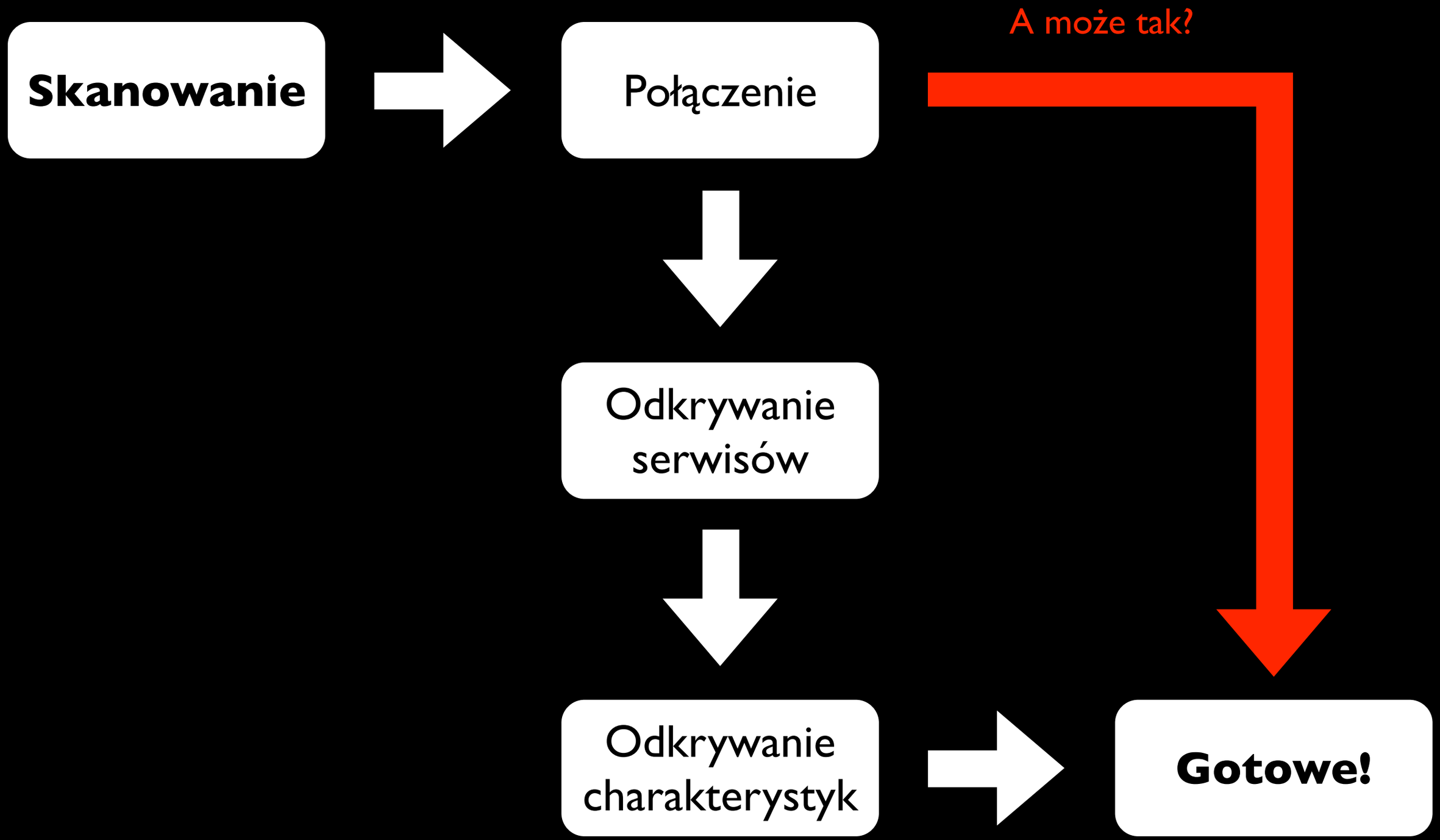
length	type	flags
0x02	0x01	0x1A
2	FLAGS	

length	type	vendor	?	beacon UUID	major	minor	?
0x1A	0xFF	0x4C00	0x0215	0xA1A2A3A4 B1B2 C1C2 D1D2 E1E2E3E4E5E6	0x000E	0x000F	0xC5
26	CUSTOM	Apple					

Nawiązanie połączenia

“You talkin' to me?”

“Przygotowanie” do interakcji



Odkrywanie modelu

- zamiana UUID na uchwyty
- doprecyzowanie które z opcjonalnych charakterystyk jest wspierane

Bezpieczeństwo

“z czy bez?”

- Domyślnie urządzenia w BLE komunikują bez szyfrowania i autentykacji
- charakterystyki mogą zdeklarować że operacje na nich mogą przebiegać wyłącznie po zabezpieczonym połączeniu

Parowanie

- Polega na autentykacji i wymianie kluczy szyfrujących (AES-128)
- procesem rządzi “master”
- “slave” może zgłosić chęć parowania
- trzy metody autentykacji:
  - just works
  - passkey
  - OOB

Czy to oby wystarczy?

- proces ustalania/wymiany kluczy jest podatny na podsłuch
- postronne urządzenie może wymusić ponowne jego przeprowadzenie
- passkey ma 6 cyfr?!
- cała nadzieja w OOB lub szyfrowaniu w warstwie aplikacji

Producenci

"You can have it in every color! As long as it's black"

Master

- Apple (iOS5+, OS X 10.7+)
  - iPhone 4S+, iPad 3+, iPad Mini, iPod Touch 5Gen
  - MacBook Air i Mac Mini mid2011+, reszta mid2012+
- Android (lipiec 2013 - 4.3+)
  - Google Nexus 4, Nexus 7 (2013)
  - Samsung Galaxy S3, S4, S4 Mini, Note 2
  - Sony 2013+
  - HTC 2012+
  - Motorola 2012+

Slave

- Wsparcje po stronie iOS spowodowało eksplozje ilości urządzeń
  - Fitbit, Nike+ Fuelband 2.0, etc
  - Dice+
  - HRM
  - tokeny
- SmartWatch?

Podziękowania i Źródła

- Bluetooth Core Specification 4.0 Volumes 1-6
- Smartphone designed by George Agpoon from The Noun Project

Q&A

MOBILE
CENTRAL EUROPE