

Systemy wbudowane
Wykład 4 – Bluetooth

Przemek Błażkiewicz

22 kwietnia 2018



1 / 55

Model ISO-OSI

Warstwa 7 – aplikacja

2 / 55

Model ISO-OSI

Warstwa 7 – aplikacja

Warstwa 6 – prezentacja

3 / 55

Model ISO-OSI

Warstwa 7 – aplikacja

Warstwa 6 – prezentacja

Warstwa 5 – sesja

4 / 55

Notes

Notes

Notes

Notes

Model ISO-OSI



Notes

Model ISO-OSI



Notes

Model ISO-OSI



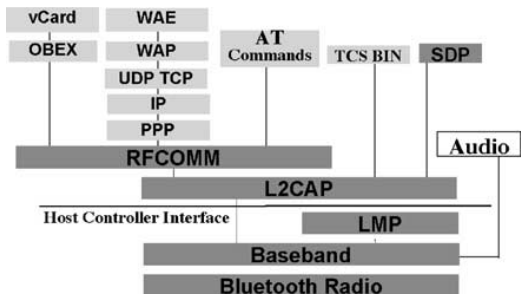
Notes

Model ISO-OSI



Notes

Stos Bluetooth



B. Bruno, E. Gregori, M. Conti: *Bluetooth: Architecture, Protocols and Scheduling Algorithms*

9 / 55

Notes

Główne fakty

- działa w paśmie ISM (2.4GHz)

10 / 55

Notes

Główne fakty

- działa w paśmie ISM (2.4GHz)
- w podstawowym wydaniu 1Mbps

11 / 55

Notes

Główne fakty

- działa w paśmie ISM (2.4GHz)
- w podstawowym wydaniu 1Mbps
- początkowo "jako następca RS-232" (a potem również USB)

12 / 55

Notes

Główne fakty

- działa w paśmie ISM (2.4GHz)
- w podstawowym wydaniu 1Mbps
- początkowo "jako następca RS-232" (a potem również USB)
- na odległość kilku(nastu) metrów (++)

13 / 55

Notes

Główne fakty

- działa w paśmie ISM (2.4GHz)
- w podstawowym wydaniu 1Mbps
- początkowo "jako następca RS-232" (a potem również USB)
- na odległość kilku(nastu) metrów (++)
- IEEE 812.15 accepted as standard for WPAN

14 / 55

Notes

Warstwa Bluetooth radio

Fizyczność (radiowa):

- częstotliwość: 2.4GHz: 2402kHz ($+k, k \in 0, \dots, 78$)
 - to samo, co WiFi 2.4GHz i kuchenka mikrofalowa
 - skakanie po kanałach (*frequency hopping*)

15 / 55

Notes

Warstwa Bluetooth radio

Fizyczność (radiowa):

- częstotliwość: 2.4GHz: 2402kHz ($+k, k \in 0, \dots, 78$)
 - to samo, co WiFi 2.4GHz i kuchenka mikrofalowa
 - skakanie po kanałach (*frequency hopping*)
- moc: 1mW (1dBm), modulacja GFSK

16 / 55

Notes

Warstwa Baseband (1)

Zachowanie (radiowe):

- czas slotu czasowego: $625\mu s$

17 / 55

Notes

Warstwa Baseband (1)

Zachowanie (radiowe):

- czas slotu czasowego: $625\mu s$
- transmisja dwupłesowa osiągnięta dzięki podziałowi czasu (TDD)

18 / 55

Notes

Warstwa Baseband (1)

Zachowanie (radiowe):

- czas slotu czasowego: $625\mu s$
- transmisja dwupłesowa osiągnięta dzięki podziałowi czasu (TDD)
- połączenie głosowe (synchr.) 64kbps w obie strony

19 / 55

Notes

Warstwa Baseband (1)

Zachowanie (radiowe):

- czas slotu czasowego: $625\mu s$
- transmisja dwupłesowa osiągnięta dzięki podziałowi czasu (TDD)
- połączenie głosowe (synchr.) 64kbps w obie strony
- połączenie danych (ACL) 721kbps (asymm.) 432.6kbps (SCO)

20 / 55

Notes

Warstwa Baseband (1)

Zachowanie (radiowe):

- czas slotu czasowego: $625\mu s$
- transmisja dwupłeksowa osiągnięta dzięki podziałowi czasu (TDD)
- połączenie głosowe (synchr.) 64kbps w obie strony
- połączenie danych (ACL) 721kbps (asymm.) 432.6kbps (SCO)
- SCO (synch. conn. oriented) - połączenie P2P

21 / 55

Notes

Warstwa Baseband (1)

Zachowanie (radiowe):

- czas slotu czasowego: $625\mu s$
- transmisja dwupłeksowa osiągnięta dzięki podziałowi czasu (TDD)
- połączenie głosowe (synchr.) 64kbps w obie strony
- połączenie danych (ACL) 721kbps (asymm.) 432.6kbps (SCO)
- SCO (synch. conn. oriented) - połączenie P2P
- ACL (asynch. connection-less) - połączenie P2M - na życzenie mastera

22 / 55

Notes

Warstwa Baseband (2)

Zachowanie (radiowe):

frequency hopping:

- 79 częstotliwości (kanałów) odwiedzanych pseudolosowo

23 / 55

Notes

Warstwa Baseband (2)

Zachowanie (radiowe):

frequency hopping:

- 79 częstotliwości (kanałów) odwiedzanych pseudolosowo
- porządek zdeterminowany przez adres mastera

24 / 55

Notes

Warstwa Baseband (2)

Zachowanie (radiowe):

frequency hopping:

- 79 częstotliwości (kanałów) odwiedzanych pseudolosowo
- porządek zdeterminowany przez adres mastera
- master: w parzystych slotach, slave: nieparzyste

25 / 55

Notes

Warstwa Baseband (3)

Procedura *Inquiry*

- wrywanie stacji w okolicy

26 / 55

Notes

Warstwa Baseband (3)

Procedura *Inquiry*

- wrywanie stacji w okolicy
- 32 przeznaczone kanały (2 grupy po 16)

27 / 55

Notes

Warstwa Baseband (3)

Procedura *Inquiry*

- wrywanie stacji w okolicy
- 32 przeznaczone kanały (2 grupy po 16)
- po dwa pakiety ID od mastera w parzystych slotach, nasłuch w nieparzystych (10 msec na grupę kanałów) - x 256

28 / 55

Notes

Warstwa Baseband (3)

Procedura *Inquiry*

- wrywanie stacji w okolicy
- 32 przeznaczone kanały (2 grupy po 16)
- po dwa pakiety ID od mastera w parzystych slotach, nasłuch w nieparzystych (10 msec na grupę kanałów) - x 256
- urządzenia nasłuchują na jednym z kanałów min. przez 11.25 msec co najmniej raz na 2.56 sek.

29 / 55

Notes

Warstwa Baseband (3)

Procedura *Inquiry*

- wrywanie stacji w okolicy
- 32 przeznaczone kanały (2 grupy po 16)
- po dwa pakiety ID od mastera w parzystych slotach, nasłuch w nieparzystych (10 msec na grupę kanałów) - x 256
- urządzenia nasłuchują na jednym z kanałów min. przez 11.25 msec co najmniej raz na 2.56 sek.
- po otrzymaniu pakietu ID - backoff na losowy okres (max 0.64 sek)

30 / 55

Notes

Warstwa Baseband (3)

Procedura *Paging*

- połączenie 'znanych sobie' urządzeń

31 / 55

Notes

Warstwa Baseband (3)

Procedura *Paging*

- połączenie 'znanych sobie' urządzeń
- wymiana pakietów synchronizujących zegary

32 / 55

Notes

Warstwa Baseband (3)

Procedura *Paging*

- połączenie 'znanych sobie' urządzeń
- wymiana pakietów synchronizujących zegary
- sekwencja skakania po kanałach na podstawie ID slave

33 / 55

Notes

Warstwa Baseband (3)

Procedura *Paging*

- połączenie 'znanych sobie' urządzeń
- wymiana pakietów synchronizujących zegary
- sekwencja skakania po kanałach na podstawie ID slave
- sekwencje 2x16 pakietów jw wysyłane 1x, 128x lub 256x

34 / 55

Notes

Warstwa Baseband (3)

Procedura *Paging*

- połączenie 'znanych sobie' urządzeń
- wymiana pakietów synchronizujących zegary
- sekwencja skakania po kanałach na podstawie ID slave
- sekwencje 2x16 pakietów jw wysyłane 1x, 128x lub 256x
- slave ma słuchać ciągle lub co 1.28 lub 2.56 sek

35 / 55

Notes

Warstwa Baseband (3)

Stany Slave

- aktywny – słucha ciągle

36 / 55

Notes

Warstwa Baseband (3)

Stany Slave

- aktywny – słucha ciągle
- podsłuchowy (sniff) – tylko w specjalnych slotach

37 / 55

Notes

Warstwa Baseband (3)

Stany Slave

- aktywny – słucha ciągle
- podsłuchowy (sniff) – tylko w specjalnych slotach
- na wstrzymaniu (hold) – uzgodniony czas przerwy

38 / 55

Notes

Warstwa Baseband (3)

Stany Slave

- aktywny – słucha ciągle
- podsłuchowy (sniff) – tylko w specjalnych slotach
- na wstrzymaniu (hold) – uzgodniony czas przerwy
- chwilowo wyłączony (park) – odłączony, ale zsynchronizowany

39 / 55

Notes

Warstwy LMP + L2CAP

- Link Management Protocol

Notes

40 / 55

Warstwy LMP + L2CAP

- Link Management Protocol
 - autoryzacja, parowanie, krypto

41 / 55

Notes

Warstwy LMP + L2CAP

- Link Management Protocol
 - autoryzacja, parowanie, krypto
 - synchronizacja, ustalenie roli

42 / 55

Notes

Warstwy LMP + L2CAP

- Link Management Protocol
 - autoryzacja, parowanie, krypto
 - synchronizacja, ustalenie roli
 - tryby działania

43 / 55

Notes

Warstwy LMP + L2CAP

- Link Management Protocol
 - autoryzacja, parowanie, krypto
 - synchronizacja, ustalenie roli
 - tryby działania
- Logical Link Control and Adaptation Protocol

44 / 55

Notes

Warstwy LMP + L2CAP

- Link Management Protocol
 - autoryzacja, parowanie, krypto
 - synchronizacja, ustalenie roli
 - tryby działania
- Logical Link Control and Adaptation Protocol
 - multipleksacja protokołów wyższych warstw

45 / 55

Notes

Warstwy LMP + L2CAP

- Link Management Protocol
 - autoryzacja, parowanie, krypto
 - synchronizacja, ustalenie roli
 - tryby działania
- Logical Link Control and Adaptation Protocol
 - multipleksacja protokołów wyższych warstw
 - segmentacja większych pakietów

46 / 55

Notes

Warstwy LMP + L2CAP

- Link Management Protocol
 - autoryzacja, parowanie, krypto
 - synchronizacja, ustalenie roli
 - tryby działania
- Logical Link Control and Adaptation Protocol
 - multipleksacja protokołów wyższych warstw
 - segmentacja większych pakietów
 - pośrednictwo między wyższymi warstwami a LMP

47 / 55

Notes

Inne protokoły BT

RFCOMM – emulacja portów szeregowych

Notes

48 / 55

Inne protokoły BT

- RFCOMM – emulacja portów szeregowych
- SDP – wyszukiwanie i zarządzanie dostępnymi usługami

Notes

Inne protokoły BT

- RFCOMM – emulacja portów szeregowych
- SDP – wyszukiwanie i zarządzanie dostępnymi usługami
- Audio – transmisja audio

Notes

Profile

- SPP – protokół portu szeregowego

Notes

Profile

- SPP – protokół portu szeregowego
- HID – klawiatura, mysz, pad...

Notes

Profile

SPP – protokół portu szeregowego

HID – klawiatura, mysz, pad...

HFP, HSP – zestaw głośnomówiący, słuchawkowy

53 / 55

Notes

Profile

SPP – protokół portu szeregowego

HID – klawiatura, mysz, pad...

HFP, HSP – zestaw głośnomówiący, słuchawkowy

A2DP – Adv. Audio Distr. – nadawanie audio
jednokierunkowe

54 / 55

Notes

Profile

SPP – protokół portu szeregowego

HID – klawiatura, mysz, pad...

HFP, HSP – zestaw głośnomówiący, słuchawkowy

A2DP – Adv. Audio Distr. – nadawanie audio
jednokierunkowe

AVRCP – Remote Ctrl. – kontrola urządzenia BT

55 / 55

Notes

Notes