


Sustavi za praćenje i vođenje procesa

Branko Jeren i Predrag Pale
Fakultet elektrotehnike i računarstva
Zavod za elektroničke sustave i obradbu signala

Bluetooth



B.Jeren i P.Pale: Sustavi za praćenje i vođenje procesa Bežične mreže (Bluetooth, ZigBee) © 2016.


- Standard za bežični prijenos podataka i govora
 - male potrošnje
 - jeftine bežične komunikacije
 - na male udaljenosti do 10 m (snage odašiljanja 1mW)
 - uz veće snage odašiljanja udaljenosti i do 100m
- IEEE 802.15.1 radna grupa
- Razvoj Bluetooth tehnologije
 - započeo Ericsson 1994. godine
 - 1998. godine formirana SIG (Special Interest Group) grupa
 - za razvoj i standardizaciju Bluetooth sučelja
 - Ericsson, IBM, Intel, Nokia i Toshiba
- Ime Bluetooth
 - Danski kralj Harald Bluetooth (10. stoljeće)



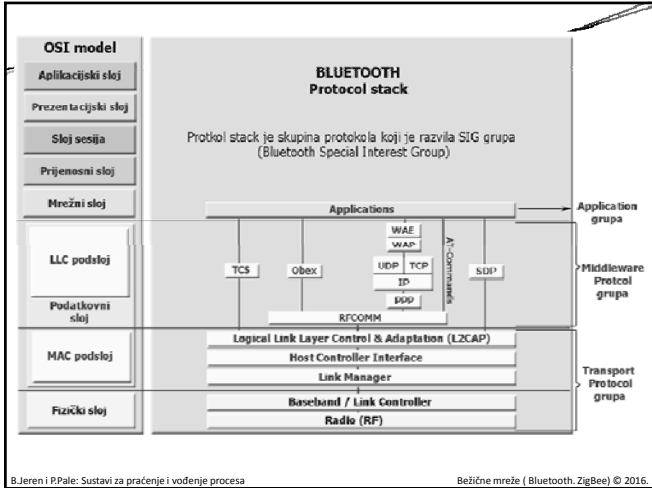
B.Jeren i P.Pale: Sustavi za praćenje i vođenje procesa Bežične mreže (Bluetooth, ZigBee) © 2016.

Bluetooth - primjena

- postoji mikročip
 - ugradnja u uređaj
 - kamera, tipkovnice, slušalice, mobilni telefon,...
 - spajanje preko USB-a
- radio prijenos **kratkog dometa**
- **sinkroni** (govor) i **asinkroni** prijenos (podaci)
- brzina prijenosa
 - do **1Mbps**
 - efektivno do 721kbps
- ISM frekvencijski pojas
 - 2.4-2.4835GHz
 - FHSS tehnika



B.Jeren i P.Pale: Sustavi za praćenje i vođenje procesa Bežične mreže (Bluetooth, ZigBee) © 2016.



Konfiguracije mreže

- Piconet
 - *point-to-point* veza
 - dva Bluetooth uređaja
 - *point-to-multipoint* veza
 - više Bluetooth uređaja
- Scatternet
 - više nesinkroniziranih piconet mreža

B.Jeren i P.Pale: Sustavi za praćenje i vođenje procesa Bežične mreže (Bluetooth, ZigBee) © 2016.

Piconet

- *point-to-point* veza
 - dva Bluetooth uređaja
- *point-to-multipoint* veza
 - više Bluetooth uređaja
- **jedna nadređena** jedinica (*master*)
 - bilo koji uređaj u mreži koji prvi uspostavlja vezu
- **više podređenih** jedinica (*slave*)
- unutar jedne piconet mreže
 - maksimalno do 7 *slave* uređaja
 - i jedan *master*

B.Jeren i P.Pale: Sustavi za praćenje i vođenje procesa Bežične mreže (Bluetooth, ZigBee) © 2016.

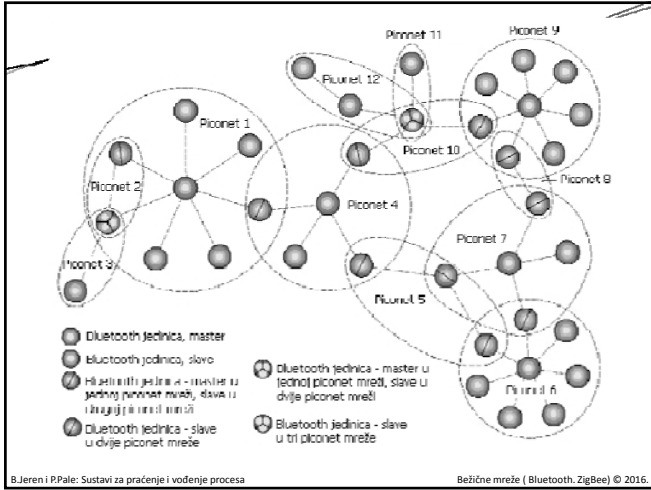
Scatternet

- više nesinkroniziranih piconet mreža
- veza između piconet mreža - preko jednog Bluetooth uređaja koji može biti
 - *slave* u dvije ili više piconet mreža
 - *master* u samo jednoj piconet mreži
 - predstavlja *gateway* propuštajući promet iz jedne mreže u drugu

B.Jeren i P.Pale: Sustavi za praćenje i vođenje procesa Bežične mreže (Bluetooth, ZigBee) © 2016.

- scatternet ima maksimalno do 10 nezavisnih piconet mreža
 - 80 uređaja
- sudjelovanje uređaja u drugim piconet mrežama temelji se na TDM-u (*Time Division Multiplex*)
 - uređaj sudjeluje u radu ostalih mreža
 - ali je aktivan samo unutar jednog piconet-a u nekom određenom trenutku
 - dijeli svoje vrijeme prema broju mreža u kojima je prisutan
 - jedan dio vremena radi u jednoj, a drugi u drugoj mreži

B.Jeren i P.Pale: Sustavi za praćenje i vođenje procesa Bežične mreže (Bluetooth, ZigBee) © 2016.



Asinkroni prijenos

- simetrični (432kbps) i asimetrični (721/57kbps) prijenos
- korisničke i upravljačke informacije – podaci
- prijenos s ili bez FEC (engl. *Forward Error Correction*) tehnike
- podaci zaštićeni protokolom automatske provjere i ponovnog slanja ARQ (engl. *Automatic Retransmission Query*).

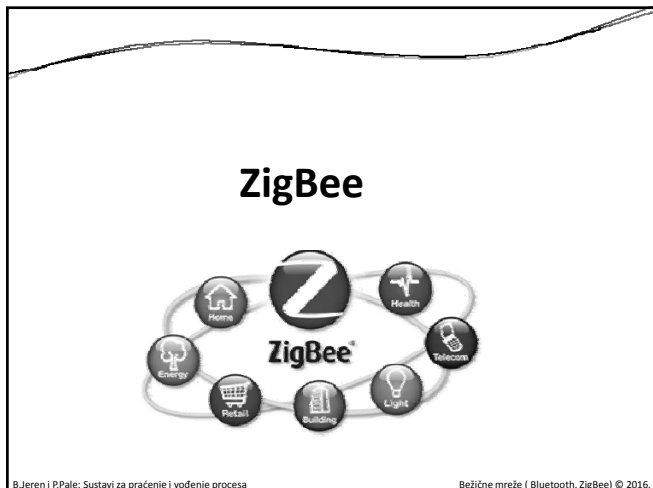
Diagram description: A timing diagram showing packet transmission between a master and two slaves (slave 1 and slave 2). The master transmits SCO (Synchronous Connection-Oriented) packets to slave 1 and SCo (Synchronous Connectionless) packets to slave 2. ACL (Asynchronous Connectionless) packets are also shown being transmitted from both slaves to the master.

Sinkroni prijenos

- komutirane, simetrične veze
- prijenos govora visoke kvalitete uporabom HV paketa (engl. *High Quality Voice*)
 - od 64 kbps
 - mogućnost tri istovremena *time slot*-a
 - moguća uporaba FEC algoritma

Zaštita i sigurnost

- Sigurnosni protokoli definirani su na nižim razinama Bluetooth *stack* protokola
- Razine zaštite
 - primjena FHSS tehnike
 - svaki uređaj ima jedinstvenu IEEE MAC adresu
 - Protokol zahtijeva dva ključa
 - 128 bitni autentifikacijski ključ
 - “challenge” upit za uspostavu veze
 - 8-128 bitni enkripcijski ključ
 - dobiven iz slučajno generiranog broja
 - veza po kojoj se šalju podaci se kriptira



- **jeftina, jednostavna**, višenamjenska tehnologija
 - za povezivanje (potencijalno) stotina
 - malih (jednostavnih) uređaja – npr. u zgradama
 - senzori, aktuatori
 - **bez komunikacijske infrastrukture**
 - pa i bez napajanja
- zasnovana na globalnom, otvorenom standardu
 - IEEE 802.15.4 standard (2003, 2006)
 - WPAN – Wireless Personal Area Network
- bežični
 - 2,4 GHz – slobodni ISM pojas
- svojstva:
 - mala potrošnja = velika autonomija
 - veliki broj čvorova: tipično 2¹⁶, 65K
 - mala propusnost < 250 Kbps)
 - udaljenost 10-100 metara
 - između dva uređaja
 - optička vidljivost
 - sigurnost: 128 bit simetrični ključ
 - nadziranje i upravljanje



Moguće topologije ZigBee mreže

The image shows three network topology diagrams: Star, Cluster Tree, and Mesh. A legend indicates that black circles represent ZigBee Coordinators, grey circles represent ZigBee Routers, and white circles represent ZigBee Devices.

- **razne topologije**
 - zvijezda
 - klaster
 - mreža
- **Coordinator**
 - treba biti samo jedan u mreži
- **Routers**
 - nisu obvezni
 - omogućavaju povećavanje mreže
