

**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) © 2015.

---

---

---

---


---

---

---

---

- 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) © 2015.

---

---

---

---

---


---

---

---

## 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) © 2015.

---

---

---

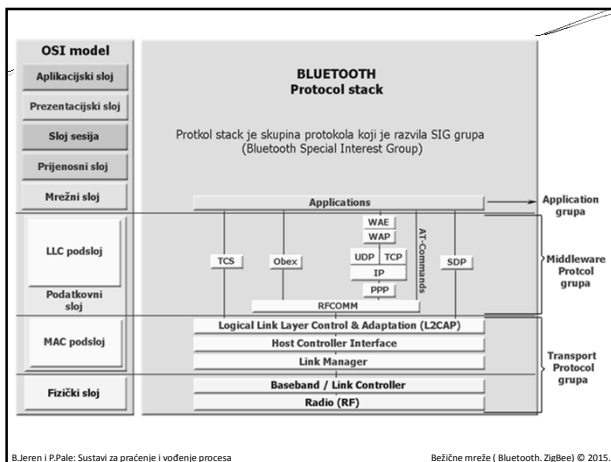
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

## 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) © 2015.

---

---

---

---

---

---

---

---

### 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*

PICONET  
Point-to-multipoint

● Master  
○ Slave

B.Jeren i P.Pale: Sustavi za praćenje i vođenje procesa Bežične mreže ( Bluetooth. ZigBee) © 2015.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Scatternet

- više nesinkroniziranih piconet mreža

Piconet 1      Piconet 2

Master u piconet 1 mreži    Slave u piconet 2 mreži  
Slave u piconet 1 mreži    Master u piconet 2 mreži

- veza između piconet mreža ostvaruje se 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) © 2015.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- 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) © 2015.

---

---

---

---

---

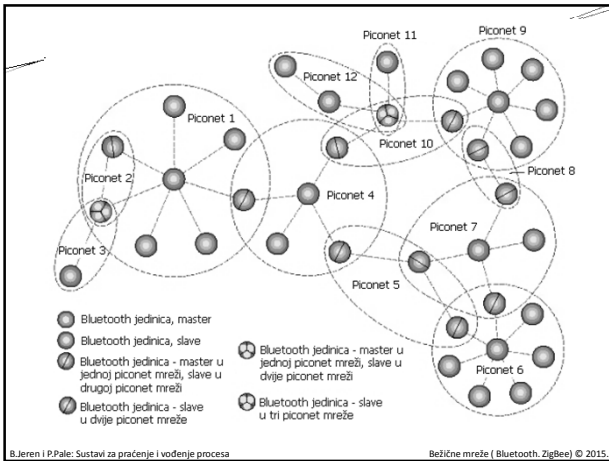
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

• **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*).

• **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

B.Jeren i P.Pale: Sustavi za praćenje i vođenje procesa Bežične mreže ( Bluetooth, ZigBee) © 2015.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## 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 autentikacijski ključ
      - “challenge” upit za uspostavu veze
    - 8-128 bitni enkripcijski ključ
      - dobiven iz slučajno generiranog broja
      - veza po kojoj se šalju podaci se kriptira

B.Jeren i P.Pale: Sustavi za praćenje i vođenje procesa Bežične mreže ( Bluetooth, ZigBee) © 2015.

---

---

---

---

---

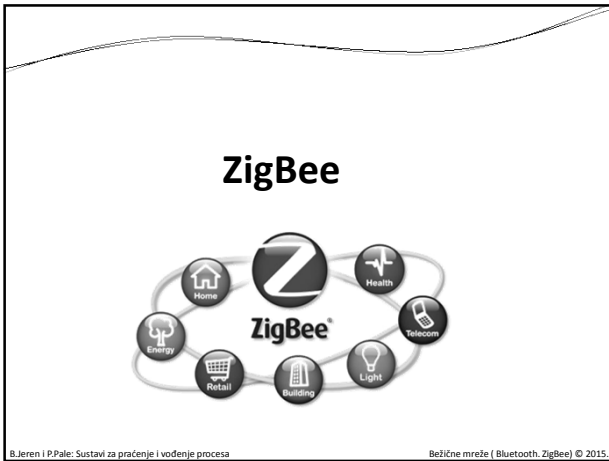
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

- 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
  - WPAN – Wireless Personal Area Network
- bežični
  - 2,4 GHz – slobodni ISM pojas
- svojstva:
  - mala potrošnja = velika autonomija
  - veliki broj čvorova: tipično 2<sup>16</sup>, 65K
  - mala propusnost < 250 Kbps)
  - nadziranje i upravljanje




---

---

---

---

---

---

---

---

### Moguće topologije ZigBee mreže

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

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

---

---

---

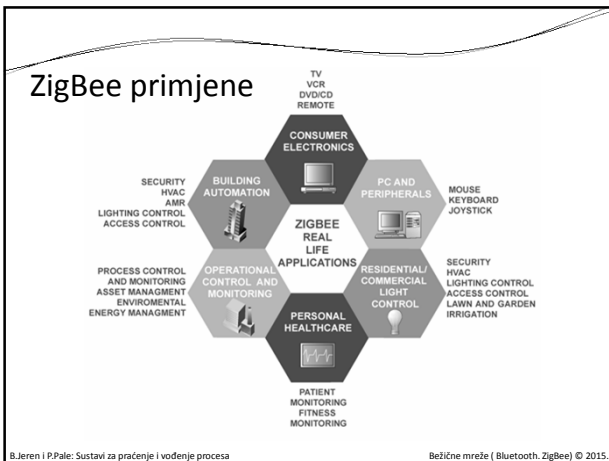
---

---

---

---

---




---

---

---

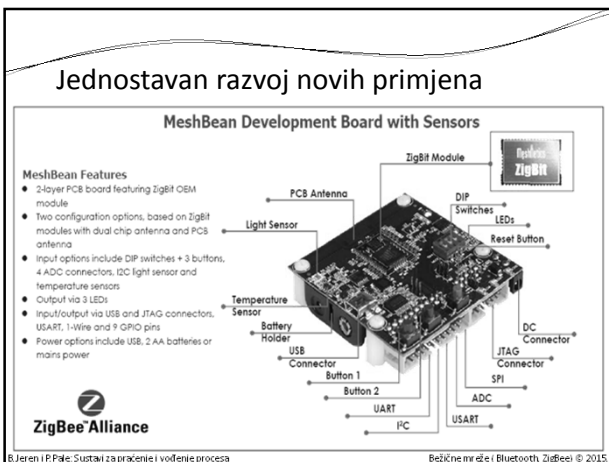
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

### Usporedba bežičnih tehnologija

	ZigBee 802.15.4	Bluetooth 802.15.1	Wi-Fi 802.11	GSM/GPRS
Namjena	nadziranje, upravljanje	zamjena kablova	prijenos podataka, Internet	glas, podaci, WAN
Sustavski resursi	4-32 KB	250 KB	>1 MB	> 1 MB
Trajanje baterije (dani)	>100 dana – nekoliko god.	7	5	7
Broj čvorova u mreži	>>	7	30	nekoliko K
Propusnost (kbps)	<250	720	11000+	64-128
Doseg	100m – 4km	10 m	100 m	nekoliko km
Ključni zahtjevi	pouzdanost, mala potrošnja	handsfree	brzina prijensa	kvaliteta i raznovrsnost aplikacija

B.Jeren i P.Pale: Sustavi za praćenje i vođenje procesa Bežične mreže ( Bluetooth, ZigBee) © 2015.

---

---

---

---

---

---

---

---



**Predrag.Pale@FER.hr**  
SPVP.zesoi.fer.hr

B.Jeren i P.Pale: Sustavi za praćenje i vođenje procesa Bežične mreže ( Bluetooth. ZigBee) © 2015.

---

---

---

---

---

---

---

---