

ZENA ALAT ZA BEŽIČNE ZIGBEE MREŽE

ZENA TOOL FOR WIRELESS ZIGBEE NETWORKS

Olivera Janković , Slobomir P Univerzitet ,Bijeljina

Sadržaj - U ovom radu ćemo se upoznati sa mogućnostima mrežnog analizatora ZENA. Ovaj alat je koristan u razvoju aplikacionih rješenja za bežične mreže koje koriste ZigBee protokol.

Ključne riječi : ZENA, mrežni analizator, bežične mreže, ZigBee

Abstract - *This paper introduces the ZENA™ Wireless Network Analyzer and briefly describes their capabilities. This tool is a powerful tool in wireless development for the ZigBee protocol.*

Key words : ZENA, Wireless ,Network ,Analyzer, ZigBee

1. UVOD

Mrežni analizatori ili paketni analizatori su koristan alat za administratore mreže, napredne korisnike ali i za napadače mreže. U modernim komunikacijama od velike važnosti je pouzdan rad komunikacionih mreža, koje obezbjeđuju mnogobrojne servise. Veoma je bitno imati alate koji omogućavaju testiranje performansi mrežnih uređaja, testiranje cijele mreže, kao i mogućnost da se, u slučaju narušenog funkcionisanja mreže, pomoću njih izvrši brzo i efikasno otklanjanje potencijalnih problema. Mogu biti softverski, kao što su razni komercijalni programi napravljeni od strane poznatih firmi, ili jeftini i svima dostupni *open source* paketi, i hardverski, kao što su analizatori mreža ili pojedinih uređaja, koji su najčešće veoma skupi.

Analizatori mrežnog prometa u suštini pokušavaju "uhvatiti" pakete koji propagiraju mrežom i prikazati što detaljnije informacije o paketima. Neke od njihovih primjena su :

- otklanjanje problema u mreži
- provjera sigurnosnih postavki na mreži
- otklanjanje problema pri implementaciji mrežnih protokola
- analiza načina rada mrežnih protokola

Njihove mogućnosti se ogledaju kroz:

- mogućnost hvatanja paketa sa različitih medija
- eksportovanje i importovanje u/iz veliki broj formata
- dekodiranje velikog broja protokola

Sa razvojem bežičnih mreža pojavila se potreba za ovom vrstom alata , ali koji podržavaju protokole na kome su bazirane bežične mreže. Za potrebe analize mrežnog saobraćaja temeljenog na ZigBee protokolu firma Microchip je razvila mrežni alat – ZENA *Wireless Network Analyzer*.

2. ZigBee MREŽE

ZigBee je skup komunikacijskih protokola višeg sloja, definisan od strane grupe kompanija pod nazivom ZigBee Alliance, temeljenih na IEEE 802.15.4 standardu za WPAN (*Wireless Personal Area Network*), baziranom na radio prenosu. ZigBee protokol koristi IEEE 802.15.4 standard koji definiše dva niža sloja: fizički sloj (PHY) i sloj kontrole pristupa mediju (MAC), dok je ZigBee Alliance-a definisala i mrežni sloj (NWK) i aplikacijski sloj (APS).

Fizički sloj predstavlja interfejs prema MAC podsloju i fizičkom radio kanalu. Na frekvenciji od 2.4 GHz (2400–2483.5 MHz), koja se najčešće koristi , ZigBee koristi 16 kanala, QPSK modulaciju s brzinama prenosa do 250 kbps, postiže domet do 75m, sa snagom odašiljanja 1mW. Pored ovoga koriste se još i frekventni opsezi na 868 MHz i 915 MHz.

WPAN mreža podrazumijeva barem dva uređaja koja komuniciraju na POS (Personal Operating Space) području. Prema IEEE 802.15.4 standardu uređaji u mreži mogu se podijeliti na uređaje sa potpunom funkcionalnošću (FFD – *Full Functional Device*) i uređaje sa redukovanom funkcionalnošću (RFD - *Reduced Functional Device*)

ZigBee mreža po funkciji dijeli uređaje na :

- ZigBee Coordinator
- ZigBee Router
- ZigBee End Device

Koordinator i ruter su obavezno FFD uređaji, dok je krajnji uređaj najčešće RFD uređaj. Svaka ZigBee mreža mora imati samo jednog koordinatora, on je prvi dodani uređaj u mreži. *Coordinator* je glavna tačka mreže. Na njemu je implementiran cijeli ZigBee stack i sadrži dodatne resurse koji su potrebni za obavljanje mrežne koordinacije ili usmjeravanje.

Njegovi osnovni zadaci su :

- uspostavljanje mreže
- dodjeljivanje mrežnih adresa čvorovima
- briga za sigurnost i ispravnost razmjene podataka između čvorova

Router je neobavezan uređaj u mreži. Njegovo dodavanje u mrežu omogućava većem broju čvorova spajanje u mrežu i na taj način on fizički povećava domet mreže.

End device je krajnji uređaj koji komunicira s okolinom.

ZigBee mreža podržava sljedeće mrežne topologije :

- topologiju zvijezda (*star*)
- klaster topologiju (*cluster tree*)
- mesh (isprepletana mreža) topologiju (*mesh*)

Svaki ZigBee uređaj ima jedinstvenu 64-bitnu adresu. Korištenjem takve proširene adrese moguće je adresirati bilo koji uređaj u mreži. Nakon što se uređaj prijavi koordinatoru, on ga upiše u tablicu u memoriji u kojoj se 64-bitnoj adresi

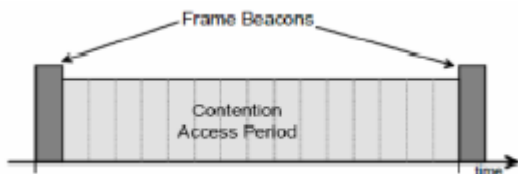
pridružuje 16-bitna adresa (PAN ID). Na taj način, uređaji unutar mreže mogu komunicirati pomoću 16-bitnih adresa. Koordinator omogućava i komunikaciju uređaja iz mreža s različitim mrežnim identifikatorima, dakle komunikaciju između dvije neovisne ZigBee mreže. U tom je slučaju uređaj potrebno adresirati pomoću 64 bitne adrese mrežnog identifikatora.

2.1. Načini rada mreže

MAC sloj je sloj kontrole pristupa mediju. Općenito, pristup mediju odvija se prema CSMA/CA protokolu (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*). To je mehanizam u kojem uređaj koji želi poslati poruku prvo osluškuje kanal, pa ako je kanal slobodan uređaj može poslati svoju poruku.

Nakon što se krajnji uređaji prijave PAN koordinatoru i na taj se način uspostavi mreža, oni se "natječu" za korištenje prenosnog medija prema protokolu CSMA/CA. Takav način rada naziva se *non-beacon* način rada. Drugim riječima, PAN koordinator čitavo vrijeme osluškuje zahtjeve krajnjih uređaja. Očigledno je da mora biti čitavo vrijeme aktivan te se zbog toga ušteda energije svodi na uštedu u krajnjim čvorovima.

Ovaj problem rješava *beacon* način rada. Za pristup mediju upotrebljava se naziv *unslotted CSMA/CA*. Ukoliko uređaji rade u *beacon* načinu rada moraju imati uključenu opciju korištenja tzv. nadzornog-okvira (*superframe*).



Slika 1. Struktura nadzornog okvira

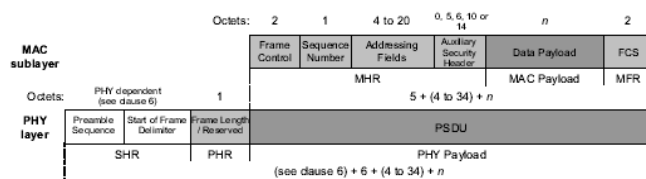
Nadzorni okvir (Slika 1.) podijeljen je na 16 jednakih vremenskih priključaka (*time slots*). Na prvom vremenskom priključku šalje se *beacon* okvir koji služi za dojavu upravljačkih postavki do krajnjih uređaja. Kao što nadzorni okvir propisuje vrijeme kada su krajnji uređaji pridruženi PAN koordinatoru aktivni ili neaktivni (šaljući im *beacon* okvir u kojem se nalaze sve informacije) jednako tako nadzorni okvir definiše vrijeme kada je PAN koordinator aktivan ili neaktivan. Dakle, unutar vremena trajanja 16 vremenskih priključaka, koordinator može imati neaktivne dijelove tokom kojih ne komunicira sa svojom mrežom i tada se nalazi u stanju "spavanja" te mu je potrošnja svedena na minimum.

Vremenski raspon od početka nadzornog okvira (tačnije od završetka *beacon* okvira) pa do početka sljedećeg nadzornog okvira je vrijeme tokom kojeg krajnji uređaji mogu pristupiti prenosnom mediju. Protokol prema kojem se odvija pristup krajnjih čvorova do prenosnog medija je CSMA/CA protokol, a period pristupa mediju je CAP period (*Contention Access Period*). Pojedini pridjeljeni vremenski priključak naziva se GTS (*Guaranteed Time Slot*).

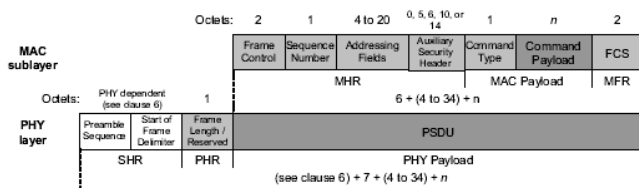
IEEE 802.15.4 standardom su definisane četiri vrste okvira (*frame*):

- Beacon okvir (*Beacon frame*) - koristi ga koordinator da pošalje becone;

- Okvir podataka (*Data frame*) – za slanje podataka; (Slika 2.)
- ACK okvir (*ACK frame*) – za potvrdu prijema;
- MAC okvir naredbe (*MAC command frame*) (Slika 3.).



Slika 2. Okvir podataka (*Data frame*)



Slika 3. MAC okvir naredbe (*MAC command frame*)

3. Microchip Stack za ZigBee

Microchip Stack je napisan u C jeziku i dizajniran za rad na Microchip PIC mikrokontrolerima. Microchip Stack za ZigBee protokol je softver koji sadrži osnovne protokolske funkcije ZigBee protokola. Pored ZigBee protokola razvijen je Microchip Stack tj. podrška za MiWi i MiWi P2P protokole. Kompletan softver je dostupan i u izvornom kodu i nakon instalacije fajlovi koji čine Stack za ZigBee su smješteni u direktorij *Microchip*. Oni podržavaju ZigBee aplikacije koje su sastavni dio demo softvera i čine ga

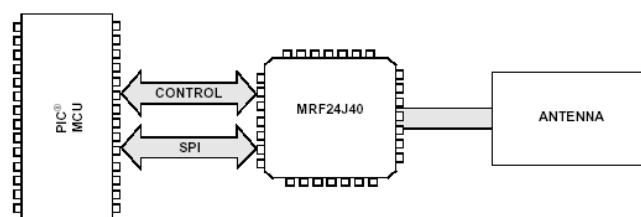
- DemoPIC18Coordinator
- DemoPIC18RFD
- DemoPIC18Router

Ove demo aplikacije moguće je nadograditi i adaptirati za vlastite upotrebe.

Za kreiranje tipičnog ZigBee čvora potreban je odgovarajući hardver (Slika 4.). Minimalno ga čini

- Jedan Microchip kontroler sa SPI interfejsom
- Microchip MRF24J40 RF transiver
- Antena – PCB ili monopol

Kao što je pokazano i na slici 4, mikrokontroler (kao SPI master) se veže sa MRF24J40 transiverom (kao slave) koristi SPI interfejs i odgovarajuće kontrolne signale.



Slika 4. Tipičan ZigBee čvor

Kao pomoć u razvoju aplikacija baziranih na ZigBee protokolu, Microchip je razvio i softverski alat za analizu mrežnog saobraćaja ZENA. ZENA softver omogućava i

kreiranje konfiguracionih fajlova za odgovarajuće aplikacije koje koriste ZigBee protokol.

4. ZENA TOOL

ZENA alat dolazi i kao sastavni dio Microchip PICDEM Z razvojnog okruženja.

4.1. PICDEM Z

PICDEM Z je razvojno okruženje, firme Microchip, namjenjeno za upoznavanje i razvoj ZigBee mrežnog okruženja. Korištenje ove razvojne platforme i demo softvera koji je instalisan, omogućava upoznavanje sa funkcionisanjem ZigBee protokola.

Osnovu PICDEM Z razvojnog okruženja čine :

- dvije PICDEM Z matične ploče
- dvije MRF24J40MA PICDEM Z 2.4 GHz RF priključne kartice (*daughter boards*)

i demo softver koji je moguće nadograditi, proširenjem već postojećih funkcija.

Ovo razvojno okruženje je dizajnirano , da omogući i pokaže korištenje ZigBee protokola. Omogućeno je kreiranje jednostavne mreže od dva čvora. U tu svrhu su preprogramirana (demo softver) dva ZigBEE čvora (noda), od kojih je jedan FFD, ima ulogu koordinatora i omogućene sve funkcije , a drugi čvor je RFD.

Svaki od čvorova se sastoji od:

- PICDEM Z matične ploče
- PICDEM Z RF kartice

4.2. Upotreba ZENA alata

ZENA alat je mrežni analizator za bežičnu mrežu, koji omogućava grafički prikaz mrežnog saobraćaja baziranog na IEEE 802.15.4 standardu i 2.4GHz frekventnom opsegu. Pored ZigBee protokola, o kome će u narednom tekstu biti riječ, ZENA analizator podržava i MiWi i MiWi P2P protokole (Slika 5.).



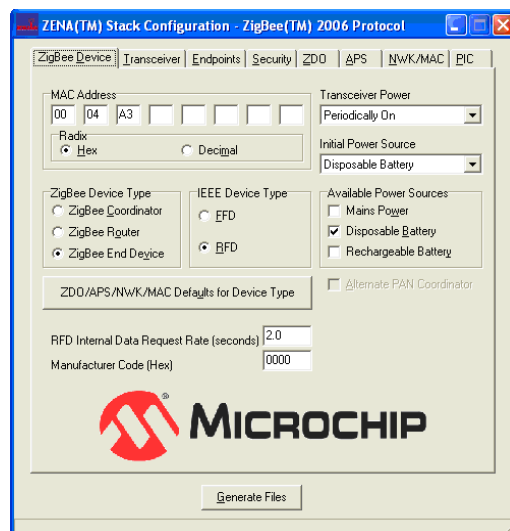
Slika 5. ZENA

U kombinaciji sa odgovarajućim hardverom , može analizirati kompletan mrežni saobraćaj i grafički prikazati dekodirane pakete. Moguć ja i grafički prikaz topologije mreže i toka poruka koje se prenose mrežom. Ove informacije je moguće sačuvati i/ili exportovati za dalje potrebne analize. Bez obzira na tip protokola koji koristimo u razvoju ,bilo da je u pitanju ZigBee ili MiWi protokol, ZENA analizator se smatra esencijalnim razvojnim alatom.

4.2.1. Konfiguracija uređaja

Korištenjem ZENA analizatora moguće je konfigurisati Microchip Stack , automatskim generisanjem odgovarajućih fajlova, koji će predstavljati dio aplikacije koja koristi ZigBee

protokol. Konfiguriraju se oni uređaji (Slika 6.) koji će činiti mrežu.



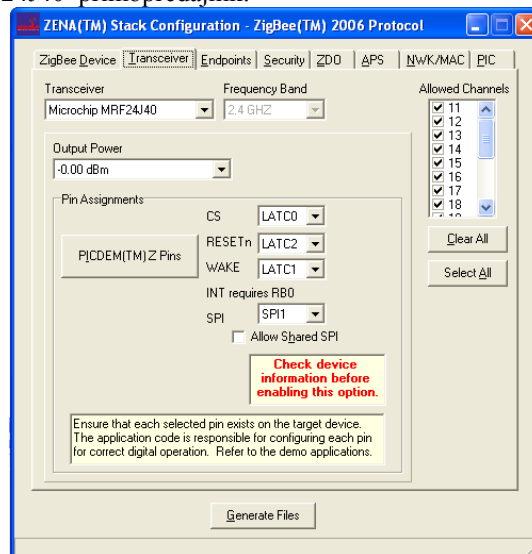
Slika 6. Konfigurisanje ZigBee uređaja

U okviru konfiguracije potrebno je izabrati da li se radi o konfiguraciji uređaju sa potpunom ili redukovanom funkcionalnošću, odnosno da li je uređaj tipa FFD ili RFD. Funkcionalnost naravno određuje da li je u pitanju ZigBeeCoordinator ili ZigBeeRouter (koji moraju biti FFD) ili je u pitanju ZigBeeEndDevice tj krajnji uređaj. Svaki od ovih uređaja ima svoju jedinstvenu MAC adresu , koja se unosi u odgovarajuće polje. Ovdje je moguće izvršiti i izbor načina napajanja koje koristi ZigBee uređaj.

Nakon unosa potrebnih parametara za konfigurisanje potrebno je sa *GenerateFiles* generisati pripadajući fajl.

4.2.2. Konfiguracija Transivera

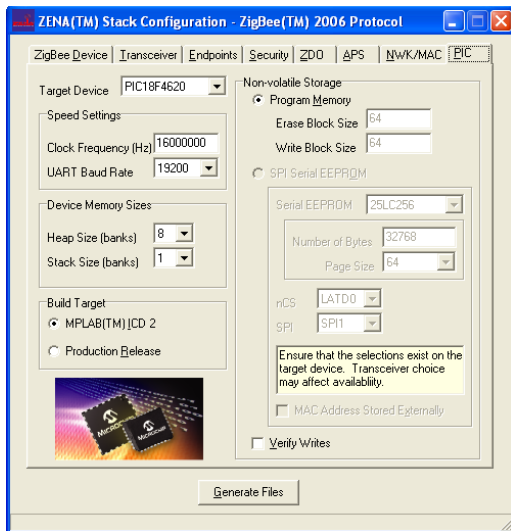
Sledeći uređaj koji je neophodno konfigurisati je transiver (Slika7.). U principu, dovoljno je izabrati transiver iz liste podržanih od strane firme Microchip. Ukoliko se radi o PICDEM Z razvojnoj platformi u pitanju je Microchip MRF24J40 primopredajnik.



Slika 8. Konfigurisanje transivera

4.2.3. Konfigurisanje mikrokontrolera

Obzirom da je za kreiranje tipičnog ZigBee čvora potreban i jedan Microchip kontroler omogućena je i njegova konfiguracije (Slika 9.). I ovdje se u suštini radi o izboru jednog od Microchip-ovih PIC mikrokontrolera. PICDEM Z razvojna matična ploča omogućava, razvoj aplikacija baziranih na ZigBee protokolu, korištenjem Microchip PIC18 familije mikrokontrolera, konkretno riječ je o mikrokontroleru Microchip PIC18LF4620.



Slika 9. Konfigurisanje mikrokontrolera

4.2.4. Generisanje konfiguracionih fajlova

Pored navedenih osnovnih konfiguracija, uređaja, transivera i mikrokontrolera moguća su druga podešavanja kao što su: specifikacija profila i endpointa, sigurnosne specifikacije, te specifikacije ZDO (ZigBee Device Object), APS (Application Sub-Support), te NWK (Network) i MAC (Medium Access Controller) stack ležera. Na osnovu ovih specifikacija vrši se i generisanje konfiguracionih fajlova (GenerateFiles). ZENA bežični mrežni analizator, prvo će izvršiti provjeru vrijednosti unesenih parametara da bi se osigurali da su svi parametri validni.

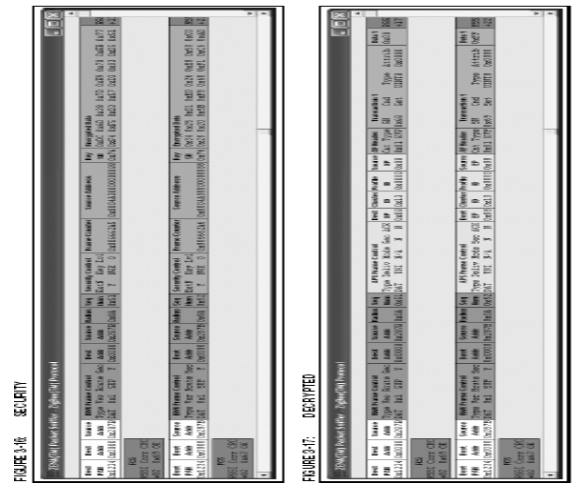
Konfiguracije su sačuvane u fajlu zigbee.def.

4.2.5. Nadgledanje rada mreže

Microchip-ov ZENA paketni analizator, koji se sastoji od odgovarajućeg hardvera i softvera, koji se izvršava kao Windows aplikacija, može se koristiti u fazi razvoja i testiranja aplikacija, kao i za monitorisanje mreža koje su u praktičnoj primjeni. Izborom odgovarajućih parametara možemo kontrolisati izgled i sadržaj ekrana koji će nam prikazivati mrežni saobraćaj. Moguće je izvršiti i filtriranje mrežnog saobraćaja tako da prikazujemo samo određene tipove paketa (MAC Beacon, Data Request, ACK, ...) koji su nam esencijalni za analizu. Rezultati analize mrežnog saobraćaja mogu se sačuvati i koristiti za daljnje analize i obrade.

Ukoliko je poznat ključ mreže (network key), može se izvršiti i dekrpcija podataka i dobiti grafički prikaz paketa. Ovaj metod je razvijen u cilju podrške razvoja ali ne i

prislušivanju. Sama dekrpcija paketa je računarski intenzivna, te nije preporučljiva ukoliko je mrežni saobraćaj gust, jer postoji mogućnost gubitka paketa. U principu dekrpciju je bolje obaviti koristeći packet playback opciju. Ova korisna opcija omogućava rad sa rezultatima monitorisanja koji su predhodno sačuvani.

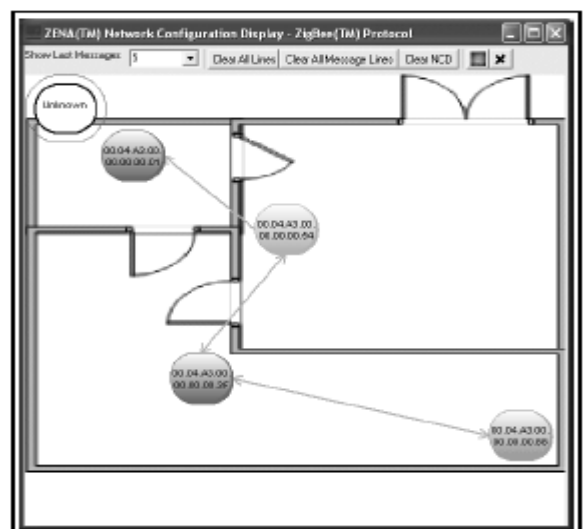


Slika 9. Dekriptovani podaci

4.2.6. Napredne funkcije

ZENA bežični mrežni analizator omogućava i viši nivo u nadgledanju i analizi koristeći NCD (Network Configuration Display). NCD prozor (window) može se koristiti za realni režim rada (real-time network monitoring) i za ponovljeni (playback). Kada ZENA analizator "primi" poruku od uređaja on kreira čvor u NCD prozoru. Oznaka (label) za taj čvor biće njegova 64-bitna MAC adresa. Ukoliko MAC adresa nije dostupna oznaka će biti PAN ID – 16-bitna adresa uređaja u mreži. Kretanje poruka između uređaja predstavljeno je usmjerenom linijom, dok je broadcast poruka, tj poruka koja je namjenjena svim čvorovima u mreži prikazana krugom oko čvora koji je emituje.

ZENA analizator dozvoljava i selekciju odgovarajuće slike u formi npr. rasporeda prostorija, kao pozadinu za NCD prozor tako da raspored čvorova odgovara njihovoj stvarnoj fizičkoj lokaciji (Slika 10).



Slika 10. Primjer mreže sa 4 čvora - raspored

Na slici 10 prikazan je primjer mreže sa četiri čvora , pri čemu je vidljiva i fizička raspoređenost čvorova. U ovom primjeru je prikazano kako poruka od uređaja čija je MAC adresa 00.04.A3.00.00.00.00.88 ka uređaju sa MAC adresom 00.04.A3.00.00.00.00.01, putuje preko ostala dva čvora u mreži.

4.2.7. Export podataka

U nekim slučajevima, je neophodno exportovati prikupljene podatke, za neke druge alate i analize. To je moguće obaviti jednostavnim selektovanjem paketa i kopiranjem na *clipboard*. Red paketa podataka biće exportovan u ASCII format , gdje svaki paket predstavlja novu liniju podataka , sa praznim prostorom nakon svakog bajta.

5. ZAKLJUČAK

Analizatori mrežnog prometa u suštini pokušavaju "uhvatiti" pakete koji propagiraju mrežom i prikazati što detaljnije informacije o paketima. Neke od njihovih primjena su :

- otklanjanje problema u mreži
- provjera sigurnosnih postavki na mreži
- otklanjanje problema pri implementaciji mrežnih protokola
- analiza načina rada mrežnih protokola

ali i jedan od načina "prisluškivanja" mreže.

ZENA alat, firme Microchip, je mrežni analizator za bežičnu mrežu koji omogućava grafički prikaz mrežnog saobraćaja baziranog na IEEE 802.15.4 standardu i 2.4GHz frekventnom opsegu. U kombinaciji sa odgovarajućim hardverom , može analizirati kompletan mrežni saobraćaj i grafički prikazati dekodirane pakete. Moguće je i grafički prikaz topologije mreže i toka poruka koje se prenose mrežom. Ove informacije je moguće sačuvati i/ili exportovati za dalje potrebne analize. ZENA analizator se smatra esencijalnim razvojnim alatom ili kako kaže Microchipov reklamni slogan – debugiranje bežičnih mreža bez ZENA analizatora je kao pokušaj analize rada električnih kola bez korištenja osciloskopa.

LITERATURA

- [1] IEEE 802.15.4 – 2006 Standard
- [2] Microchip ZigBee-2006 Residential Stack Protocol, <http://www.microchip.com/>
- [3] ZENA Wireless Network Analyzer User's Guide, <http://www.microchip.com/>
- [4] PICDEM Z Demonstration User's Guide , <http://www.microchip.com/>
- [5] ZigBee Technology: Wireless Control that Simply Works, <http://www.zigbee.org/>