

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

DIPLOMSKI RAD br. 10

**UDALJENO PROGRAMIRANJE
UGRADBENOG SUSTAVA GPRS MODULA**

Hrvoje Pelaić

Zagreb, lipanj 2010.

Ovaj Diplomski rad je izrađen na Zavodu za elektroničke sustave i obradbu informacija (ZESOI) pod stručnim vodstvom prof. dr. sc. Vedrana Bilasa i uz pomoć Tomislava Ražova, dipl. ing. kojima se ovim putem zahvaljujem.

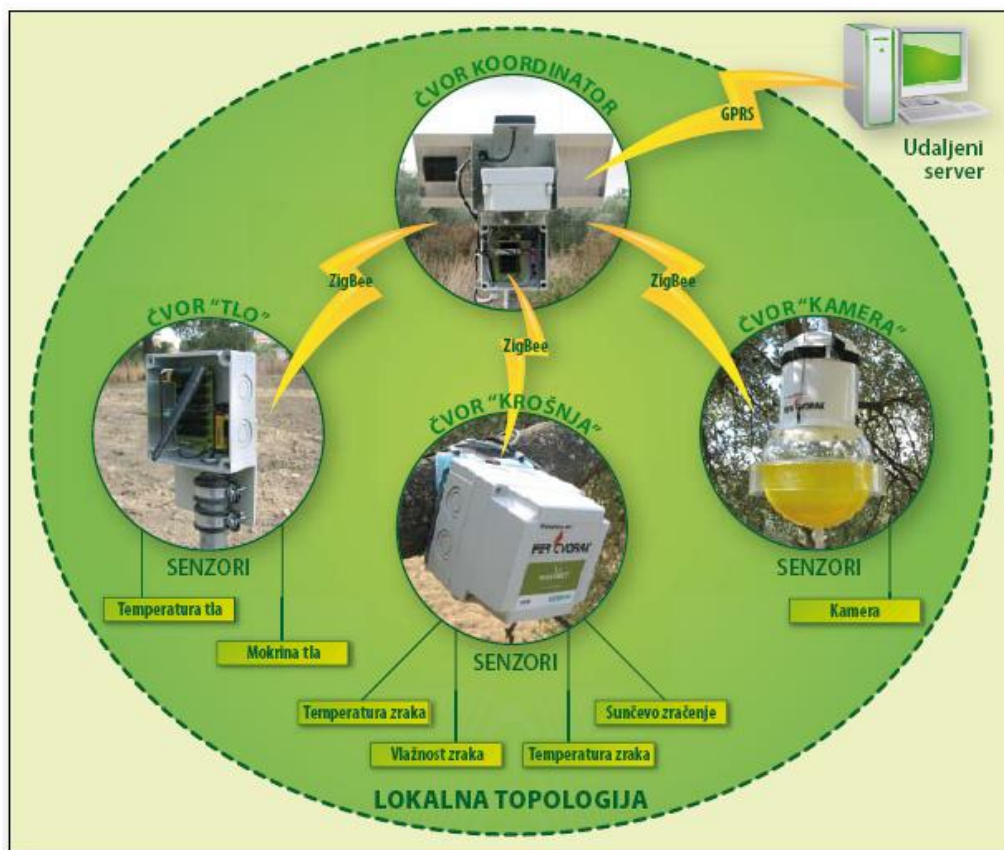
Sadržaj

1. Uvod	1
2. Resursi	3
2.1. Fastrack Supreme 10 GPRS modul.....	3
2.1.1. Funkcijski opis modula	3
2.1.2. Mrežni složaj modula.....	5
2.2. Programaska podrška - Open AT OS	8
3. Uloga GPRS modula	11
4. Razvoj ugradbenog mrežnog poslužitelja.....	13
4.1. Reduciranje potrošnje GPRS modula	14
4.1.1. W32K način rada.....	15
4.1.2. Alarm način rada	15
4.2. Ajax funkcionalnost	18
4.3. Programaska izvedba mrežnog poslužitelja.....	20
4.3.1. Glavna aplikacija modula	21
4.3.2. Aplikacija mrežnog poslužitelja	22
5. Udaljeno programiranje GPRS modula	25
5.1. Princip rada udaljenog programiranja	27
5.1.1. Usluga kratkih poruka (SMS)	27
5.1.2. Usluga transfera datoteka i FTP protokol	28
5.1.3. Udaljeno programiranje po koracima.....	30
5.2. Programsko ostvarenje udaljenog programiranja	35
5.2.1. Inicijalizacija	35
5.2.2. Primanje poruke i prijenos datoteke	36
6. Korisničko sučelje mrežnog poslužitelja	39
7. Zaključak	45
8. Literatura	46
9. Naslov – sažetak - ključne riječi	47

1. Uvod

Ugradbeni GPRS modul komponenta je bežične mreže osjetila za primjenu u poljoprivredi - projekta Maslinet.

Cilj je tog projekta ostvariti bežičnu mrežu osjetila na udaljenoj lokaciji koja će prikupljati mikroklimatske i ostale podatke bitne za uzgoj maslina te prenijeti sve podatke do centralnog poslužitelja. Lokalna mreža u masliniku temeljena je na ZigBee protokolu i organizirana u zvjezdastoj topologiji. Krajnji čvorovi zaduženi su za prikupljanje podataka s jednog ili više senzora te slanje primljenih podataka prema centralnom čvoru – koordinatoru. Da bi se podaci iz lokalne mreže prenijeli do udaljenog poslužitelja, potrebno je koristiti mobilnu mrežu temeljenu na različitoj tehnologiji od lokalne. Upravo zbog različitosti lokalne ZigBee mreže i GPRS mobilne mreže potrebno je koristiti prilaz (eng. *gateway*). S jedne strane prilaza ostvarena je komunikacija s koordinatorskim čvorom lokalne ZigBee mreže, a s druge strane ostvarena je komunikacija s udaljenim serverom korištenjem GPRS mreže, kako prikazuje slika 1.



Slika 1 - Topologija Maslinet mreže

Za izvedbu prilaza u projektu Maslinet koristi se Wavecom Fastrack Supreme 10 GPRS modul s dva načina rada; u prvom prosljeđuje podatke primljene od koordinatora prema udaljenom poslužitelju, a u drugom se na njemu aktivira mrežni poslužitelj preko kojeg je moguća administracija mreže. Mrežni poslužitelj razvijen je u nekoliko faza. U prvoj fazi razvoja ostvarena je osnovna funkcionalnost mrežnog poslužitelja, a u drugoj fazi razvijeni su mehanizmi za smanjenje potrošnje i unaprijeđen rad mrežnog poslužitelja.

Tema ovog diplomskog rada odnosi se na treću fazu razvoja kada je aplikaciji modula dodana mogućnost udaljenog programiranja, dorađena komunikacija sa ZigBee mrežom te unaprijeđena aplikacija mrežnog poslužitelja. To je ujedno i završna faza razvoja aplikacije GPRS modula.

U tijeku razvoja Maslinet mreže posebna pažnja posvećuje se potpunoj autonomiji rada ZigBee mreže. Ta autonomija zahtijeva ostvarivanje visoke razine stabilnosti i mogućnost udaljene administracije. Udaljeno programiranje mrežnih entiteta stoga je jedan od osnovnih preduvjeta za stabilan i kontinuiran rad. U uvjetima niske potrošnje i na ograničenim platformama ostvarivanje tih funkcionalnosti poseban je izazov.

2. Resursi

2.1. Fastrack Supreme 10 GPRS modul

Fastrack Supreme 10 je modul iz Wavecomove Plug & Play serije modula (slika 2). Pruža mogućnost komunikacije s udaljenim računalom koristeći GSM/GPRS tehnologiju. Opremljen je s unutarnjim konektorom (eng. *IES – Internal Expansion Socket*), koji omogućuje jednostavnu proširivost dodatnim opcijama poput GPS-a ili Bluetootha, a u projektu Maslinet iskorišten je za spajanje koordinatorskog čvora preko IESM pločice.

Fastrack Supreme modul koristi OpenAT operacijski sustav, koje omogućuje izvršavanje ANSI C aplikacija izravno na modulu te upravljanje modulom pomoću definiranih AT naredbi (Wavecom, 2005).

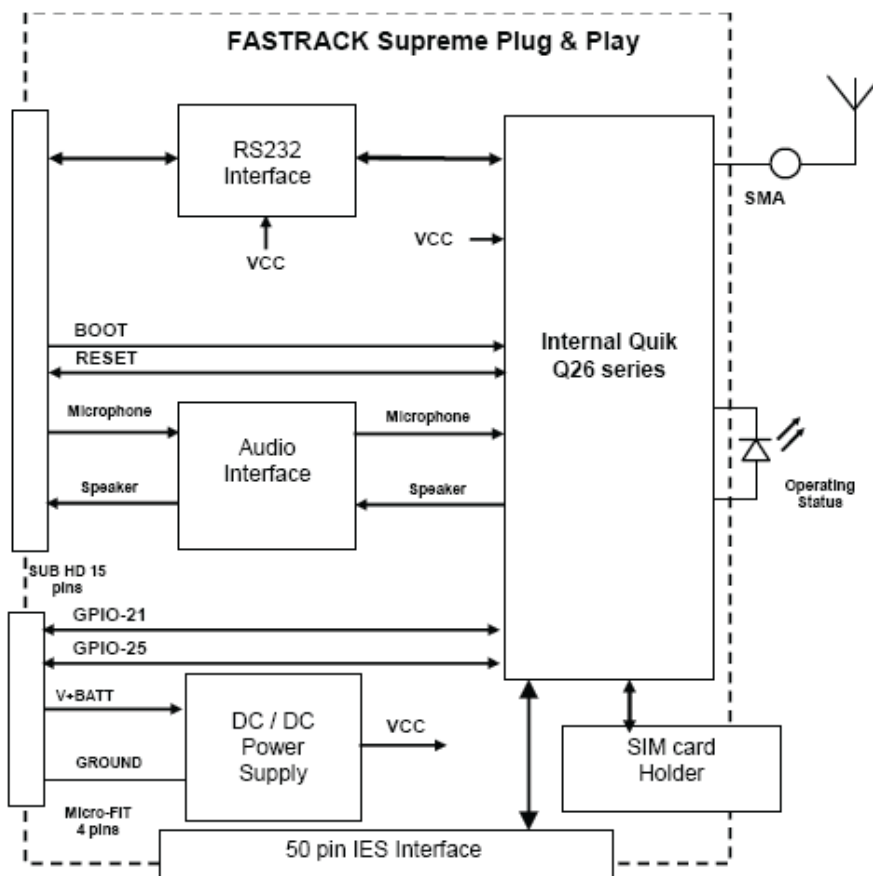


Slika 2 - Fastrack Supreme 10 GPRS modul

2.1.1. Funkcijski opis modula

U modulu je ugrađena Q2687 centralna procesorsko-komunikacijska jedinica s ARM 946 32-bitnom jezgrom radne frekvencije 104 MHz. Q2687 procesorsko-komunikacijska jedinica spojena je 100-pinskim konektorom s matičnom pločom modula. Modul također posjeduje 8 MB unutarnje *Flash* memorije, te 1 MB PSRAM memorije. Opremljen je i RS232 serijskim sučeljem, te IES sučeljem za nadogradnju. Sadrži i utor za SIM karticu, koja je potrebna za korištenje

GSM/GPRS usluga. Unutrašnji DC/DC pretvornik služi za regulaciju napona napajanja, a korisniku je na raspolaganju i audio sučelje (Wavecom, 2005). Arhitektura modula prikazana je na slici 3.



Slika 3 - Arhitektura Fastrack Supreme 10 modula

U ponudi proizvođača modula i njegovih partnerskih tvrtki nalazi se velik broj dodatka koji se mogu spojiti na IES konektor i tako proširiti mogućnosti modula. Modul se često koristi u vozilima i za tu primjenu se često koristi GPS eksterni prijatelj. Moguće je dodati USB ili Ethernet eksternu IES karticu za povezivanje računala na Internet. U ponudi su i eksterne kartice za M-BUS i ZigBee mreže, za koje se modul koristi kao prilaz (eng. *gateway*) između senzorske mreže i Interneta, kao što je to slučaj na projektu Maslinet.

2.1.2. Mrežni složaj modula

Prema ISO/OSI modelu korišteni mrežni složaj FS modula možemo podijeliti na četiri razine, kako prikazuje slika 4.

Aplikacijski sloj	HTTP, FTP...
Transportni sloj	TCP
Mrežni sloj	IP
Sloj podatkovne poveznice	GPRS
Fizički sloj	Radijski prijenos

Slika 4 - Protokolni složaj FS modula

Radijski prijenos određen je **GSM** (eng. *Global System for Mobile Communications*) tehnologijom. Globalni sustav pokretnih komunikacija, GSM, je digitalni sustav s višestrukim pristupom u vremenskoj podjeli. Višestruki pristup u vremenskoj podjeli riješen je tako da se na svakoj od 124 prijenosne frekvencije izvodi 8 kanala u vremenskoj podjeli. Stoga ukupan broj kanala kojima raspolaže GSM iznosi 992. Govor i signalizacija u GSM-u prenose se digitalno. Korisnička informacija prenosi se prometnim kanalima (eng. *Traffic Channel*), a upravljačka informacija posebnim kontrolnim kanalima (eng. *Control Channel*), čime je postignuto odvajanje korisničke i upravljačke informacije.

GSM mreža pokriva područje radijskim signalom na ćelijskom načelu. Ćelijom (eng. *cell*) se naziva područje pokriveno jednim radijskim primopredajnim sustavom. Ćelijska struktura omogućuje dobru iskoristivost raspoloživih frekvencija, jer se u susjednim ćelijama rabe različite, a u udaljenim ćelijama iste frekvencije. Tako se može postići optimum pokrivenosti i iskoristivosti frekvencijskog spektra koji je ograničeni resurs (Bažant, 2007).

Za potrebe projekta Maslinet ne koriste se glasovne mogućnosti komunikacije koje nudi GSM tehnologija, ali se koriste mogućnosti prijenosa podataka koje nudi

tehnologija koja je nastala kao nadogradnja na GSM, a to je GPRS (eng. *General Packet Radio Service*).

Opće paketske radijske usluge, **GPRS**, uvode komutaciju paketa unutar postojeće GSM mreže, dakle riječ je o proširenju GSM arhitekture koji korisniku omogućuje pristup Internetu i povećanje brzine komuniciranja. GPRS rezervira radio resurse samo onda kada pošiljalac ima podatke za slanje, inače frekvencije ostaju slobodne za korištenje od strane drugih korisnika. Sučelje GPRS-a sastoji se od promjenjivog broja vremenskih okvira, od 1 do 8. Ovisno o tome koliko okvira se koristi, varira i brzina prijenosa podataka, od 9,6 kb/s do 171,2 kb/s. Efektivne vrijednosti brzine koje se koriste kreću se između 56 i 114 kb/s.

Da bi se omogućio pristup Internetu nije dovoljan GPRS već je potreban mrežni protokol kakvog posjeduju sva računala koja su dio Interneta, a to je Internet protokol (eng. *Internet Protocol - IP*). **IP** pruža nepouzdanu, nespojnu (eng. *connectionless*) uslugu dostave protokolnih podatkovnih jedinica mrežnog sloja - datagrama, od izvora do odredišta. Važno je primijetiti da se izvor i odredište mogu nalaziti u različitim mrežama te da put dostave datagrama općenito može prolaziti kroz više različitih mreža. U tom slučaju, IP sam za sebe nije dovoljan za dostavu datagrama od izvora do odredišta, već za to treba podršku ostalih protokola usmjeravanja i kontrolnih protokola (Bažant, 2007).

Osim već spomenute funkcije adresiranja, IP omogućuje i specifikaciju vrste usluge, fragmentaciju i ponovno sastavljanje fragmenata, te specifikaciju posebnih mogućnosti (npr. izvorno usmjeravanje, sigurnost). IP ne sadrži funkcije za upravljanje tokom, održavanje redosljeda informacijskih jedinica i retransmisiju, koje bi povećale pouzdanost, već su te funkcije prepuštene višim slojevima. Dakle, IP ne vodi računa je li datagram došao na odredišnu stranu ili ne, jesu li datagrami došli u ispravnom redosljedu i je li neki datagram uvišestručen. IP brine isključivo o "najboljoj mogućoj" isporuci datagrama, a koristi zaštitni kod samo za otkrivanje i odbacivanje datagrama s pogreškom.

Kao transportni protokol aplikacije modula koriste **TCP** (eng. *Transmission Control Protocol*). TCP pruža spojnu uslugu transporta struje okteta povrhu nespojno orijentiranog IP-a, čime uspostavlja logičku vezu između procesa na krajnjim računalima. TCP osigurava pouzdan transport s kraja na kraj pomoću mehanizama potvrde i retransmisije, uz očuvani redosljed struje okteta i upravljanje transportnom vezom. Logička veza između procesa definirana je

parom 16-bitnih transportnih adresa, koje se u internetskoj terminologiji nazivaju vrata (eng. *port*).

TCP sadrži sljedeće funkcije:

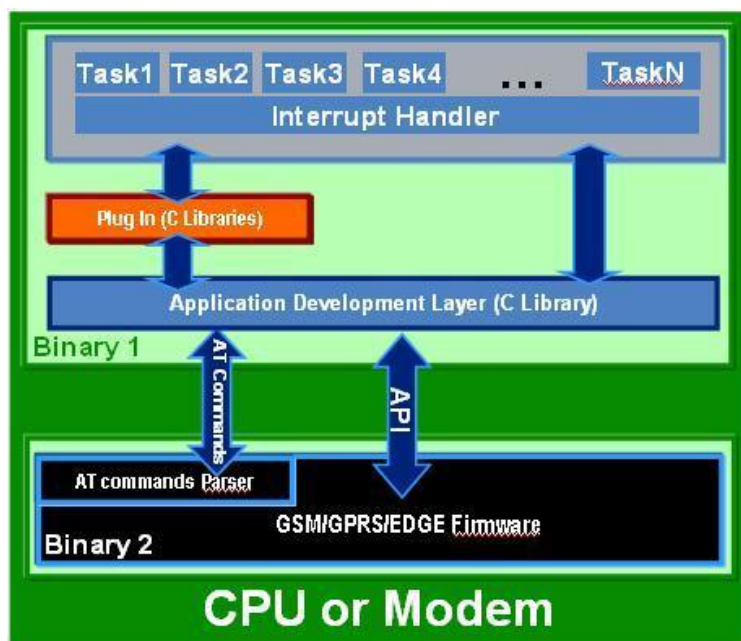
- *osnovni transport podataka*: dvosmjerni transport kontinuiranog niza podataka pakiranjem okteta podataka u segmente koje potom predaje protokolu mrežnog sloja;
- *adresiranje i multipleksiranje*: više procesa na istom računalu može simultano koristiti TCP uporabom dodatne adresne informacije, odnosno broja vrata (eng. *port number*), koji jednoznačno određuje IP korisnika;
- *pouzdanost*: TCP ima sposobnost oporavka od gubitaka, udvostručenja, pogrešnog redoslijeda i pogreške u struji okteta, jer dodjeljuje broj u nizu (eng. *sequence number*) svakom oktetu koji predaje i traži da prijamna strana potvrdi ispravan prijam. Pogrešna informacija mora se ponovno prenijeti;
- *upravljanje tokom*: mehanizam koji onemogućuje bržem pošiljatelju "preplavlivanje" sporijeg primatelja a oktetima koje ovaj ne bi stigao obraditi; svaka potvrda popraćena je informacijom o veličini prozora (eng. *window*) koji označuje koliko okteta pošiljatelj smije odašiljati prije prijama potvrde od primatelja;
- *upravljanje vezom*: logička veza između procesa uspostavlja se uporabom posebnih statusnih podataka prije, i raskida se po obavljenoj komunikaciji;
- *prioritet i sigurnost*: posebni zahtjevi koje specificiraju procesi, i to po potrebi i za pojedinačnu vezu.

U internetskoj terminologiji TCP paket naziva se TCP segment. Najveća dopuštena veličina segmenta naziva se *Maximum Segment Size* (MSS) i ovisi o fizičkoj izvedbi mreže, odnosno MTU umanjenoj za duljinu TCP i IP zaglavlja. Npr., za standardnu veličinu MTU=576 okteta, MSS=576-20-20=536 okteta. TCP segment sadrži zaglavlje i podatke višeg (aplikacijskog) sloja (Bažant, 2007).

Od aplikacijskih protokola koristi se HTTP (eng. *HyperText Transfer Protocol*) za prijenos internetskih stranica i FTP (eng. *File Transfer Protocol*) za prijenos datoteka. Ti protokoli bit će opisani u nastavku, u sklopu aplikacija koje ih koriste.

2.2. Programska podrška - Open AT OS

Open AT je softverska platforma za bežične mobilne aplikacije, dizajnirana i optimizirana za M2M (*machine-to-machine*) komunikaciju. Open AT omogućuje razvoj i izvođenje aplikacija napisanih u ANSI C i/ili LUA programskom jeziku na ugrađenom procesoru u Wavecomovom modulu. Zbog toga Wavecom svoje module naziva bežičnim procesorima (*eng. wireless CPU*).



Slika 5 – Organizacija Open AT OS-a

OpenAT platforma, prikazana na slici 5, uključuje:

- Višezadačni operacijski sustav baziran na događajima (*eng. event*),
- Razvojno okruženje,
- Brojne dodatke (*eng. plugins*) koji dodaju nove mogućnosti kao što su nove biblioteke ili načini programiranja,
- Ugrađenu programsku podršku (*eng. Firmware*) kompatibilnu s GSM R99,
- IDS (*eng. Intelligent Device Services*) - sustav za daljinsko kontroliranje i programiranje OpenAT aplikacije.

Programska podrška izrađena u sklopu ovog rada je OpenAT aplikacija koja se izvodi na OpenAT operacijskom sustavu. U razvoju je korišteno M2M studio

razvojno sučelje, aplikacija je pisana ANSI C programskim jezikom, a korištene su biblioteke ADL i WIPLib.

M2M Studio je razvojno okruženje koje omogućuje pisanje, kompajliranje i otklanjanje pogrešaka iz koda za OpenAT aplikacije. M2M je u beta fazi, službeni IDE za razvoj OpenAT aplikacija je OpenAT IDE.

ADL (eng. *Application Development Layer Library*) je skup API-a (eng. *Application Programming Interface* - skup rutina i struktura za razvoj softvera) za razvoj OpenAT aplikacija. ADL je posrednik između korisnikovog koda i OpenAT operacijskog sustava. Omogućuje pristup svim hardverskim resursima Wavecom modula: sabirnicama, GPIO jedinicama, prekidima, načinima rada niske potrošnje, memoriji, brojljima, itd.

WIPLib (eng. *Wireless IP Library*) je skup API-a za razvoj onih dijelova OpenAT aplikacije koji se baziraju na IP komunikaciji. Wavecom je u svoje uređaje ugradio IP stog, podršku za komunikaciju baziranu na IP protokolima (TCP/IP, HTTP, FTP, SNMP, POP3/SMTP,...). Ta podrška formirana je u obliku dva proizvoda (dodatka): *TCP/IP plugin* i *Internet plugin*. *TCP/IP plugin* je besplatan; uključuje podršku za TCP/IP, ali ne za više protokole. *Internet* dodatak (*plugin*) je komercijalan dodatak koji uključuje podršku za sve protokole. WIPLib je posrednik između korisnikovog koda i TCP/IP ili Internet dodatka (Krpetić, 2009).

OpenAT OS se zasniva na događajima. Događaj (eng. *event*) je neblokirajuća operacija. Primjer događaja je dolazna SMS poruka. Događaji su u API-u realizirani kao ulazna varijabla posebne C funkcije koja se naziva upravitelj događajem (eng. *event handler*). Jedan upravitelj događajem obrađuje jedan ili nekoliko različitih događaja. Upravitelj događajem se poziva od strane operacijskog sustava u slučaju da se generira (dogodi) događaj, a ulazni argument te funkcije je struktura koja između ostalog sadrži i opis događaja. Primjer upravitelja događajem je *SmsHandler*, funkcija koja obrađuje samo jedan događaj - dolazni SMS. Svaki put kad modul primi SMS poziva se ova funkcija, ima tri ulazna parametra: broj telefona s kojeg je poruka poslana, duljina i tekst SMS poruke. Primjer upravitelja događajem koji obrađuje nekoliko događaja je *GprsHandler*. Ova funkcija se poziva kad se dogodi neki događaj vezan uz GPRS mrežu. Kako funkcija obrađuje nekoliko događaja, ima ulazni argument *event* u kojeg je spremljena šifra događaja. Upravitelji događajima se pišu kao funkcije

proizvoljnog imena, ali definiranog prototipa. Prilikom pretplate na neki od servisa definira se ime upravitelja događajem koji je potreban za taj servis. Primjerice, prilikom pokretanja svakog brojila potrebno je definirati koja funkcija će se pozvati kada brojilo izbroji, tj. napisati ime upravitelja događajem za brojilo (Krpetić, 2009).

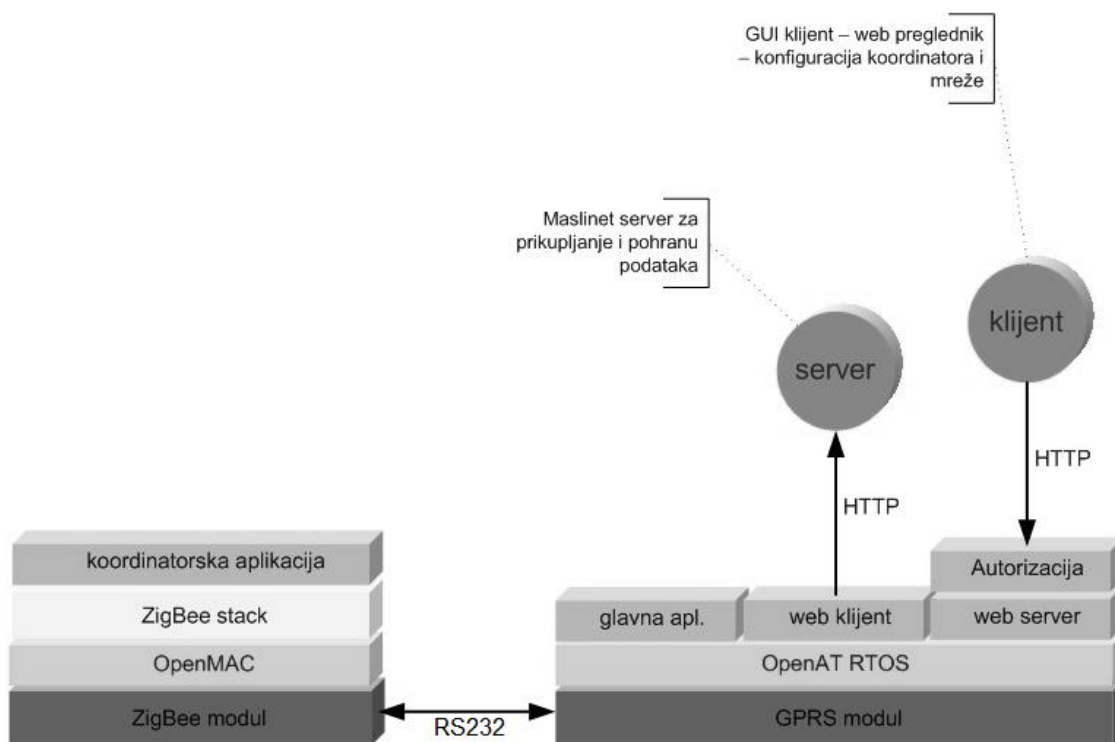
Uz događaje, WIPLib koristi pojam kanala (eng. *channel*). Kanal je skup podataka koji predstavljaju sredstvo komunikacije, primjerice otvoren i spojen priključak (eng. *socket*).

Komunikaciju zasnovanu na protokolima koje podržava WIPLib moguće je koristiti na nekoliko različitih fizičkih slojeva: UART, GSM, GPRS, i EDGE. Fizički sloj je predstavljen kroz skup podataka pod nazivom *bearer*.

3. Uloga GPRS modula

GPRS moduli često se koriste kod industrijskih mjernih sustava gdje nije dostupna žičana telekomunikacijska infrastruktura. Uobičajeno se koriste samo kako bi se izmjereni podatci prenijeli na udaljeno lokaciju, tj. modul samo prosljeđuje primljene podatke. Međutim, na GPRS modul maslinet mreže postavljeni su mnogo veći zahtjevi.

Kako je u uvodu rečeno, uloga GPRS modula u Maslinet mreži je dvojaka; modul može biti u funkciji klijenta i u funkciji mrežnog poslužitelja (eng. *web server*), kako prikazuje slika 6.



Slika 6 - Alikacija GPRS modula

Zadaća glavne aplikacije je inicijalizacija modula, uspostavljanje GPRS veze s Internetom te spajanje na udaljeno računalo (glavni Maslinet poslužitelj) u ulogu klijenta. Klijent periodički isporučuje glavnom poslužitelju senzorske podatke te pri svakom spajanju isporučuje i aktualnu IP adresu modula. Slanje IP adrese je potrebno zato što se GPRS modulu pri svakom spajanju dodjeljuje nova IP adresa, odnosno modul nema statičku IP adresu. Krajnji korisnik može s udaljenog računala očitavati senzorske podatke te poslati zahtjev za servisnim načinom rada

modula. Ako je zahtjev za servisnim načinom rada aktivan, tada će glavna aplikacija na modulu, pri slijedećem spajanju na udaljeno računalo, aktivirati mrežni poslužitelj.

Zadatak mrežnog poslužitelja je omogućiti GUI (eng. *Graphic User Interface*) sučelje putem web preglednika za direktnu kontrolu i konfiguraciju udaljene mreže. Tu je bitna autorizacija pristupa, odnosno da se samo administrator mreže može spojiti. Putem ovog sučelja u konačnici će se moći očitati trenutno stanje mreže, prebaciti mrežu u servisni način, direktno pristupiti svim mjernim čvorovima te ih parametrirati ili reprogramirati. Znači, ovdje se radi o servisnom pristupu mreži, a ne o načinu na koji bi uobičajeni korisnik trebao pratiti mjerne podatke.

4. Razvoj ugradbenog mrežnog poslužitelja

Izvedba modula kao *plug & play* terminala olakšava razvoj jer se preskače faza razvoja sklopovlja i odmah se može početi s razvojem programske podrške. To ubrzava razvoj, ali ga istovremeno i poskupljuje (Mizrahi, 2009). Korisnik se mora prilagoditi tvornički projektiranom sklopovlju koji često čine mnogi nepotrebni periferni uređaji. Oni ne samo da poskupljuju uređaj već često i predstavljaju značajna trošila na koja se ne može utjecati. Što su zahtjevi na terminal specifičniji, to je za očekivati više problema pri njegovoj upotrebi. Specifičnosti Maslinet mreže doveli su do toga da se većina perifernih uređaja GPRS modula uopće ne koristi, a da istovremeno neke funkcionalnosti komunikacijskog procesora nisu dostupne, već je potrebno raditi sklopovske preinake. Ipak, razvoj se uglavnom temeljio na razvoju programske podrške, a sklopovske preinake su bile zanemarive.

U prvoj fazi razvoja mrežnog poslužitelja razvijena je osnovna (pokazna) funkcionalnost. Ona se sastoji od mogućnosti upravljanja GPIO priključnicama i rada s *flash* memorijom modula. Korisniku su na raspolaganju dvije GPIO priključnice za vanjsku upotrebu. Obje priključnice u aktivnom stanju na izlazu daju istosmjerni napon iznosa 2,8 V. Na jedan od dva GPIO izlaza spajaju se svjetleća dioda i otpornik vrijednosti 100 Ω . Kada do poslužitelja stigne HTTP zahtjev kojim korisnik želi uključiti svjetleću diodu, izvrši se naredba unutar modula kojom se odgovarajuća GPIO priključnica postavi u aktivno stanje, te svjetleća dioda zasvijetli. Postupak isključivanja diode je analogan postupku uključivanja. Pri demonstraciji rada s Flash memorijom, korisnik je u mogućnosti zatražiti tekstualnu datoteku koja je prethodno spremljena u memoriju modula. Nakon što se prihvati odgovarajući HTTP zahtjev, datoteka se čita iz izravno iz memorije i isporučuje korisniku (Veseli, 2009).

U drugoj fazi razvoja proširene su funkcionalnosti mrežnog poslužitelja. Početna stranica podijeljena je na više okvira (eng. *frame*) kako bi se sadržajem moglo lakše rukovati. S obzirom na ograničene resurse napajanja GPRS modema posebna je pažnja posvećena ispitivanju raznih načina rada s niskom potrošnjom.

4.1. Reduciranje potrošnje GPRS modula

Za Wavecom modul potrebno je ostvariti minimalnu potrošnju s obzirom da su na raspolaganju isključivo prirodni i baterijski izvori energije. *Plug & play* izvedba modula otežava postizanje minimalne potrošnje s obzirom da je na procesorsku jedinicu dodano nekoliko perifernih uređaja koje nije moguće isključiti. Procesorska jedinica izuzetno je konfigurabilna i nudi velik broj mogućnosti preko svojih 100 ulazno-izlaznih konektora, ali Wavecom modul preko IESM konektora s 50 priključaka ograničava pristup procesoru.

Zbog toga su ostvarena dva načina rada s niskom potrošnjom Wavecom modula pri čemu je za jedan bilo potrebno izdvojiti ON/OFF priključak s konektora komunikacijskog procesora.

Tablica 1 prikazuje ostvarene načine rada i razlike u aktivnosti UI jedinica pri pojedinom načinu.

Tablica 1 - Aktivnosti UI jedinica pri pojedinim načinima rada s niskom potrošnjom

Opcije	Alarm način rada	W32K način rada
Alarm	+	+
Buđenje na događaje <i>timera</i>		+
GSM/GPRS <i>paging</i>		+
SIM		
UART-i		
USB		
SPI		
I2C		
GPIO		
ADC-i		
Zvonjenje		
Tipkovnica		+
Eksterni IT		+
LED		+

4.1.1. W32K način rada

W32K način rada je favoriziran od strane proizvođača modula s obzirom da je za taj način rada napravljena posebna jedinica koja upravlja s ostalim UI jedinicama i procesorom. Nakon aktiviranja W32K načina rada odgovarajućom AT naredbom procesor pri nepostojanju GPRS prometa isključuje UI jedinice i smanjuje takt procesora na 32 KHz (od tud i naziv). Pri pokretanju GPRS prometa automatski se podigne takt procesora i uključuju UI jedinice dok se ne obavi zadatak, nakon čega se opet smanjuje takt i isključuju UI jedinice. Ovakav način rada krajnji korisnik ne može primijetiti u odnosu na uobičajeni način rada, osim u promijeni potrošnje. Da bi se smanjila potrošnja, nakon neaktivnosti modula je potrebno proteći između jedne i 15 sekundi. Kod neaktivnosti se potrošnja smanjuje za oko 50%.

Da bi se aktivirao W32K način rada potrebno je zadati AT naredbu `AT+W32K=1`. Pri zadavanju naredbu potrebno da je DTR linija serijske komunikacije bude u stanju visoko. Da bi se deaktivirao W32K način rada upisuje se naredba `AT+W32K=0` ili se postavlja DTR linija u nisko. Ukoliko se ne želi da Wavecom modul reagira na promijene DTR signala tada AT naredba za aktivaciju W32K načina rada treba biti `AT+W32K=1,0`.

U Wavecom aplikaciji implementirana je unutar stranice Options tipka `GPRSSleepStart` pomoću koje se šalje AT naredba `AT+W32K=1,0` procesoru. Također je implementirana i tipka za deaktiviranje `GPRSSleepStop`.

4.1.2. Alarm način rada

Drugi način rada s niskom potrošnjom koji je implementiran je Alarm način. Pri tom načinu rada gasi se procesorska jedinica i modul se može upaliti samo postavljanjem odgovarajućeg konektora u stanje visoko ili na postavljeni alarm (točno vrijeme).

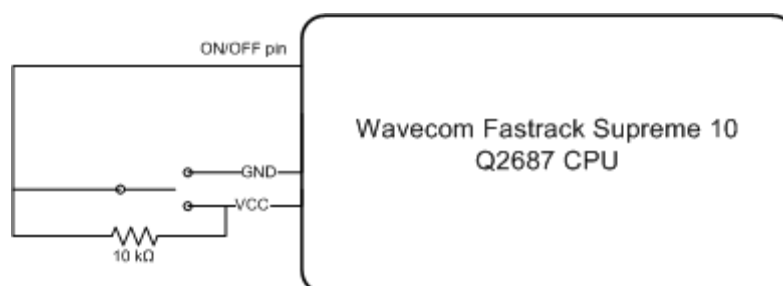
Priključak bez kojeg se ne može postići štedljivi Alarm način rada je priključak ON/OFF (priključak 19 na glavnom konektoru Q2687 procesorske jedinice). Taj priključak je u Wavecom modulu tvornički spojen na napon napajanja.

Signal	Pin number	I/O	I/O type	Description
ON/~OFF	19	I	CMOS	Wireless CPU® Power-ON

Parameter	I/O type	Minimum	Maximum	Unit
V_{IL}	CMOS		$VBATT \times 0.2$	V
V_{IH}	CMOS	$VBATT \times 0.8$	$VBATT$	V

Slika 7 - Karakteristike ON/OFF pina (pin 19)

Za potrebe Alarm načina rada ON/OFF priključak je interno odvojen od napona napajanja i izvučen izvan modula skupa sa žicama na kojima je napon napajanja i masa. Pin je preko priteznog (eng. *pull-up*) otpornika spojen na napon napajanja i pomoću prespojnika (eng. *jumper*) se može staviti u stanje nisko (spojiti na masu).



Slika 8 - Shema spoja ON/OFF pina

Da bi se modul stavio u Alarm način rada potrebno je postaviti ON/OFF na masu i nakon toga zadati AT naredbu `AT+CPOF=1`. Ukoliko se prvo upiše naredba pa tek onda postavi priključak, modul će također prijeći u Alarm način. Unutar Options stranice izvedena je tipka preko koje se može zadati modulu AT naredba `AT+CPOF=1`. Modul se može probuditi iz Alarm načina postavljanjem ON/OFF priključka na napon napajanja ili u vrijeme postavljeno kao alarm. U oba slučaja modul se iznova pokreće, registrira na mrežu i dobiva novu IP adresu. Ukoliko se modul budi na alarm tada ON/OFF signal može ostati u stanju nisko.

Da bi se modulu zadalo vrijeme kad će se probuditi (postavio alarm) potrebno mu je to upisati pomoću naredbe `AT+CALA` prije gašenja (slanja `AT+CPOF=1` naredbe). Modul može pohraniti do 16 alarma. Za potrebe unosa alarma unutar stranice Options omogućen je unos u formatu `yy.MM.dd.hh.mm`. U konačnici je moguće preko stranice Options namjestiti kad želimo da se modul probudi, nakon toga postaviti ON/OFF signal u stanje nisko pomoću prespojnika i preko iste

stranice ugasi CPU. Kad RTC unutar modula dođe na vrijeme podešeno u alarmu on će pokrenuti (upaliti) modul.

Izmjerena potrošnja pri Alarm načinu rada prikazana je u tablici 2.

Tablica 2 - Izmjerena potrošnja pri Alarm načinu rada

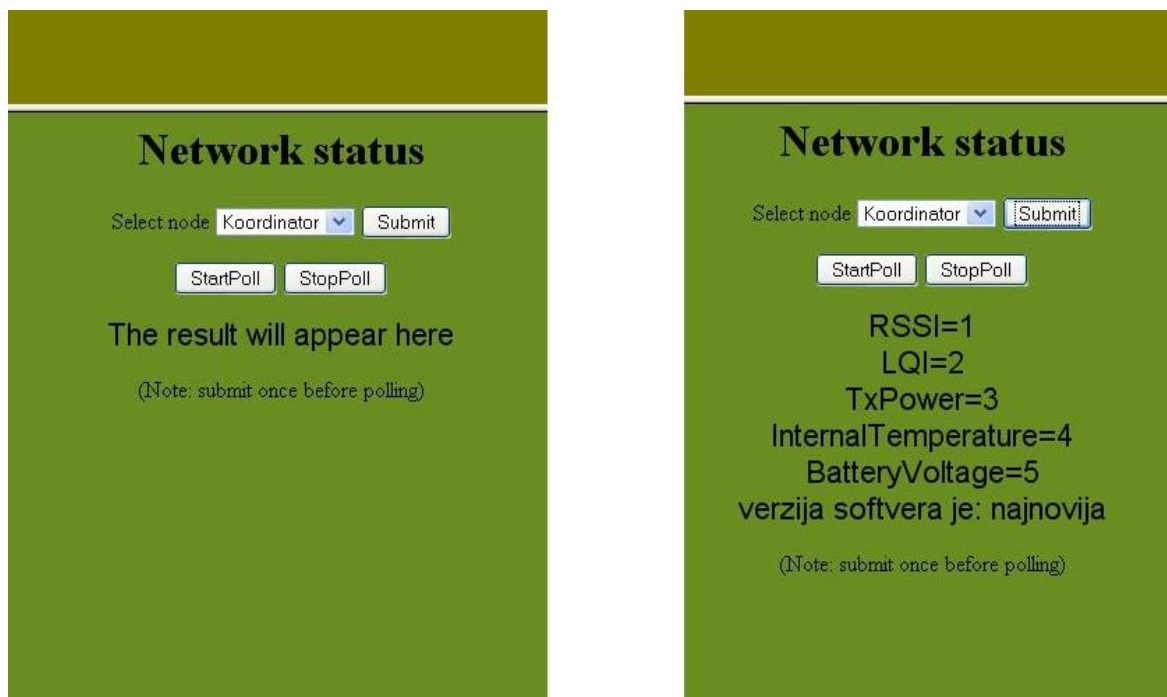
Način rada	Napon (V)								
	15	14	13	12	11	10	9	8	7
Modul aktivan bez prometa + rs232 (mA)	23,7	24,6	26	27,6	29,6	32	34,9	38	42,7
Modul aktivan, bez prometa i bez rs232 (mA)	9,1	9,5	10	10,6	11,2	12,2	13,5	14,7	16,3
Procesor ugašen + rs232 (mA)	10,7	11,1	11,9	12,6	13,7	14,9	16,1	17,8	19,3
Procesor ugašen, bez rs232 (mA)	3,8	3,9	4,0	4,2	4,3	4,5	4,8	5,1	5,6

Načini rada koji su u tablici 2 prikazani podebljano predviđeni su u stvarnim uvjetima s obzirom da rs232 komunikacija neće biti korištena na način kako se koristi u komunikaciji s računalom.

4.2. Ajax funkcionalnost

Ugradbeni mrežni poslužitelj Maslinet mreže u servisnom načinu rada omogućuje prikaz velikog broja podataka iz ZigBee mreže (statusni, izmjereni i sl.). S obzirom da postoji velik broj entiteta (čvorova) u mreži, prikaz tih podataka na posebnim stranicama sadržajem bi prepunio aplikaciju mobilnog poslužitelja. Također, zbog česte promijene nekih podataka potrebno je omogućiti njihov dinamički prikaz. Zbog tih razloga u neke od stranica poslužitelja ugrađena je Ajax funkcionalnost.

Ajax (skraćenica od **A**sinkroni **J**avaScript and **X**ML) je grupa povezanih web razvojnih alata koji se koriste na klijentskoj strani web preglednika u svrhu povećavanja interaktivnosti aplikacija. Ajax omogućuje web aplikacijama primanje podataka asinkrono sa poslužitelja u pozadini i njihov prikaz unutar stranice bez utjecaja na ostatak web stranice. Ajax nije tehnologija sama za sebe, već grupa tehnologija. Ajax koristi kombinaciju HTML-a i CSS-a (*Cascading Style Sheets*) za prikaz informacija. Za dinamičko osvježavanje prikaza informacija koristi se JavaScript. JavaScript i XMLHttpRequest omogućuju razmjenu podataka asinkrono između preglednika i poslužitelja.



Slika 9 - Ajax funkcionalnost unutar stranice *Network status*

U ovom slučaju Ajax funkcionalnost je ugrađena u stranicu za prikaz statusnih podataka mreže (slika 9) i u stranicu za prikaz podataka primljenih sa senzora mreže. Unutar tih stranica moguće je tražiti određeni podatak (ili više njih) i zatražiti glasanje (eng. *poll*) tih podataka iz mreže. Kad se pokrene glasanje, klijent (web preglednik) na programirani period šalje HTTP GET zahtjeve prema Wavecom poslužitelju i dinamički ih osvježava unutar predviđenog prostora u internet stranici.

4.3. Programska izvedba mrežnog poslužitelja

Aplikacija mrežnog poslužitelja realizirana je kao nadogradnja Wavecomovog *TCP server* predloška za Fastrack Supreme modul. U sustavu TCP klijent – poslužitelj, podaci se razmjenjuju kao nizovi okteta. HTTP također koristi model klijent - poslužitelj. Internetski preglednik, koji predstavlja klijenta, otvara konekciju i šalje HTTP zahtjev prema mrežnom poslužitelju (*eng. Web Server*). Mrežni poslužitelj zatim šalje odgovor na klijentov zahtjev te nakon slanja odgovora zatvara konekciju. Da bi prenamijenili TCP poslužitelj u HTTP poslužitelj, potrebno je dodatno formatirati poruke koje se izmjenjuju između klijenta i poslužitelja. Porukama je potrebno dodati HTTP inicijalnu liniju, te potrebna HTTP zaglavlja. Nakon zaglavlja se dodaje tijelo poruke koje obično čini internetsku stranicu isporučenu od strane poslužitelja. Internetska stranica se u tijelo poruke stavlja u html formatu (Veseli, 2009).

Klijent koji se povezuje s HTTP poslužiteljem je internetski preglednik. Trenutni kod prilagođen je *Mozilla firefox* pregledniku. Krajnji korisnik pristupa mrežnom poslužitelju tako da u preglednik unese IP adresu poslužitelja. Preglednik zatim otvara komunikacijski kanal s poslužiteljem i šalje mu HTTP zahtjev koji u svojoj inicijalnoj liniji sadrži informaciju o resursu koji korisnik želi. Najčešće je to internetska stranica ili datoteka. Fastrack Supreme modul na kojem je uspostavljen mrežni poslužitelj u svoj mrežni međuspremnik prihvaća podatke, odnosno zahtjev koji je poslao internetski preglednik. Ti podaci se zatim analiziraju kako bi se mogao poslati odgovor u skladu s zahtjevom klijenta, tj. internetskog preglednika.

Nakon što je obavljeno parsiranje i ustanovljeno koji podatak treba isporučiti klijentu, poslužitelj priprema podatke za slanje. Inicijalna linija i zaglavlje poruke moraju biti formatirane prema standardu HTTP protokola. Protokol definira da inicijalna linija sastoji od tri dijela odijeljena razmakom. To su: HTTP verzija, statusni kod i fraza koja opisuje statusni kod. Uobičajeni izgled odgovora je:

HTTP/1.0 200 OK

Statusni kod se sastoji od troznamenkastog cijelog broja, gdje prva znamenka označava kategoriju odgovora:

- 1xx – radi se o informacijskoj poruci,
- 2xx – označava uspješno slanje,
- 3xx – preusmjerava klijenta na neku drugu stranicu,
- 4xx – označava pogrešku na strani klijenta,
- 5xx – označava pogrešku na strani poslužitelja.

Unutar tijela poruke se stavlja podatak koji je zatražen te se u zaglavlju definira njegov tip. Nakon što su podaci poslani, poslužitelj zatvara komunikacijski kanal prema klijentu, te nastavlja čekati sljedeće zahtjeve.

Cjelovito programsko rješenje sastoji se od nekoliko dijelova: glavna aplikacija, serijska komunikacija, udaljeno programiranje i mrežni poslužitelj.

4.3.1. Glavna aplikacija modula

Glavna klijentska aplikacija ima nekoliko zadataka. Prva je konfiguracija modula, koja obuhvaća definiranje stoga, odnosno memorijskog prostora rezerviranog za potrebe izvođenja programa. Nakon definicije stoga, inicijalizira se serijsko sučelje za ispis statusnih poruka. Nakon konfiguracije modula, uspostavlja se GPRS veza.

Aplikacija HTTP klijenta se pokreće nakon uspješnog spajanja na GPRS. Zadatak ove aplikacije je slanje IP adrese prema računalu glavnog poslužitelja naziva Oliva te periodično javljanje i slanje senzorskih podataka također prema glavnom poslužitelju. Računalo glavnog poslužitelja je neprekidno aktivno i spojeno na Internet te ima statičku IP adresu. Korisnik preko ovog računala ima mogućnost očitavati senzorske podatke ili uputiti zahtjev za servisnim načinom rada modula. Ukoliko je modul prihvatio ovakav zahtjev, omogućiti će servisni način pri sljedećem javljanju modul prema glavnom poslužitelju te pokrenuti aplikaciju mrežnog poslužitelja (Veseli, 2009).

4.3.2. Aplikacija mrežnog poslužitelja

Mrežni poslužitelj se pokreće unutar funkcije **void web_server()**. Konfiguriran je tako da očekuje dolazne konekcije na portu 80, što je ujedno i inicijalni port za HTTP protokol.

Upravitelj događajem (eng. *event handler*) je funkcija:

static void evh_server(wip_event_t *ev, void *ctx).

To je funkcija koja obrađuje događaje koji su se dogodili u komunikacijskom kanalu. Tipovi događaja su definirani unutar wip_event_t strukture, a najvažniji su: WIP_CEV_OPEN, WIP_CEV_READ, WIP_CEV_WRITE, WIP_CEV_ERROR i WIP_CEV_PEER_CLOSE. Za svaki od ovih događaja postoji dodatna funkcija upravitelja. Kada klijent želi pristupiti poslužitelju, otvara komunikacijski kanal. Ovaj događaj se registrira kao WIP_CEV_OPEN, kojim upravlja funkcija:

static void cev_open (wip_event_t *ev).

Unutar ove funkcije se vodi evidencija o broju trenutačno spojenih klijenata. Klijent koji je prethodno otvorio kanal, šalje određeni zahtjev prema poslužitelju. U ovom slučaju to će biti HTTP zahtjev, s obzirom da se radi o HTTP poslužitelju. Najčešće je to HTTP GET zahtjev, kojim klijent zahtjeva određeni resurs. Ovaj događaj će biti registriran kao WIP_CEV_READ. Funkcija koja upravlja ovim događajem je:

void cev_read (wip_event_t *ev).

Podaci, odnosno zahtjev poslan od strane klijenta se čita iz komunikacijskog kanala i sprema u varijablu temp. Varijabla je tipa niz znakova veličine RCV_BUFFER_SIZE. Veličina ove varijable postavljena je u zaglavlju programa i može se mijenjati po potrebi. Sadržaj varijable temp se parsira kako bi se odredilo o kojem zahtjevu se radi. Nakon parsiranja se priprema odgovor poslužitelja u skladu sa zahtjevom. Najčešće se kao odgovor vraća neka od spremljenih web stranica zapisana kao niz znakova (Veseli, 2009).

Primjerice, ako se pojavi zahtjev "GET /submit" – korisnik je unio korisničko ime i lozinku. Ovisno o ispravnosti unesenih korisničkih podataka, korisniku se dozvoljava nastavak rada s poslužiteljem i šalje pozdravna internetska stranica (page_welcome). Unutar te stranice definiraju se tri okvira i učitavaju se 3 stranice: frame_top, frame_left i frame_page_welcome. Ako korisnički podaci nisu ispravni,

korisniku se vraća internetska stranica s kojom se traži ponovni upis korisničkog imena i lozinke. Odgovor na ovaj zahtjev rješava funkcija: **static void submit_handler** (wip_event_t *ev). Unutar ove funkcije se postavlja globalna varijabla auth tipa integer koja mora sadržavati vrijednost 1 kako bi daljnji rad s poslužiteljem bio moguć.

Neki zahtjevi su specifični i ne odrađuju samo učitavanje novih stranica već i neke dodatne funkcionalnosti, kao što su:

- "GET /alarming" – pojavio se zahtjev za postavljanje alarma. Šalje se kad se unutar stranice Options unese vrijeme kad se modul treba probuditi. Vrijeme se unosi u formatu yy.MM.dd.hh.mm. Funkcija zadužena za rješavanje ovog zahtjeva je **static void alarm_handler** (wip_event_t *ev). Unutar te funkcije se iz cijelog niza parsiraju bitni podaci te dodaju oznake kako bi naredba dobila format AT+CALA="yy/MM/dd, hh:mm". U tom formatu naredba se šalje procesoru s naredbom adl_atCmdCreate nakon čega je postavljen alarm.
- "GET /GPRSSleepStart" i "GET /GPRSSleepStop" su zahtjevi koji se također postavljaju iz stranice Options pritiskom na odgovarajuće tipke. S tim zahtjevima rukuju funkcije **static void GPRSSleepStart_handler** (wip_event_t *ev) i **static void GPRSSleepStop_handler** (wip_event_t *ev). Unutar njih šalju se odgovarajuće AT naredbe za početak i za kraj W32K načina rada.
- "GET /TurnOFFcpu" je zahtjev koji se javlja ukoliko se stisne tipka TurnOFFcpu unutar stranice Options. S tom naredbom zahtjeva se slanje AT naredbe AT+CPOF=1 koja gasi centralnu jedinicu. Tu naredbu šalje adl_atCmdCreate funkcija unutar funkcije **static void TurnOFFcpu_handler** (wip_event_t *ev). Gašnjem procesora smanjuje se potrošnja modula na najnižu moguću razinu.
- "GET /page_SensorsAcquisitions" i "GET /page_NetworkStatus" zahtjevi su nakon kojih se učitavaju stranice u heksadecimalnom formatu (niz heksadecimalnih znakova). To su stranice unutar kojih je ostvarena prethodno opisana Ajax funkcionalnost.
- "GET /GetValue", "GET /GetStatus", "GET /GetImage" i "GET /ShowImage" javlja se ukoliko korisnik kroz stranicu za prikaz statusnih podataka ili kroz stranicu za prikaz mjernih podataka zatraži neki od tih podataka. Tada se pozivaju specifične funkcije serijskog protokola pomoću kojih se dohvaćaju

traženi podatci s koordinatora, tj. iz ZigBee mreže i prikazuju unutar stranice pomoću Ajax funkcionalnosti.

Na kraju svake funkcije koja obrađuje zahtjev ručno se kao slijedeći događaj postavlja `WIP_CEV_WRITE`, a zastavica *send* se postavlja u 1, što omogućuje slanje odgovora. Svaki resurs koji treba biti poslan korisniku prije slanja se pohranjuje u varijablu `web`. Ova varijabla je, kao i `temp`, tipa niz znakova maksimalne veličine `SND_BUFFER_SIZE`.

Funkcija koja obavlja slanje odgovora je: **static void cev_write** (`wip_event_t *ev`). Unutar ove funkcije u kanal se šalju podaci prethodno pohranjeni u `web` varijablu i to ona količina koja je evidentirana unutar varijable `size_to_send`. Nakon uspješnog slanja svih podataka, poslužitelj zatvara komunikacijski kanal prema klijentu i nastavlja očekivati sljedeću konekciju. U slučaju da je došlo do pogreške u komunikaciji između poslužitelja i klijenta, biti će evidentiran `WIP_CEV_ERROR` događaj. Upravljanje ovim događajem obavlja funkcija: **static void cev_error** (`wip_event_t *ev`).

Unutar ove funkcije se zatvara komunikacijski kanal i ispisuje odgovarajuća poruka koja govori o kakvoj je pogrešci riječ. `WIP_CEV_PEER_CLOSE` događaj se registrira u slučaju da klijent prekine konekciju, a ne poslužitelj kako je to uobičajeno. Ovakav događaj se rješava unutar funkcije: **static void cev_peer_close** (`wip_event_t *ev`). Internetske stranice koje se isporučuju klijentu pisane su u HTML formatu. Svaka stranica je pohranjena u svoju varijablu i dodijeljena joj je posebna zaglavna datoteka kako bi se jednostavno mogle izvesti eventualne promjene i nadogradnje stranica.

Osim samog HTML koda, u varijable koje sadrže stranice na početak je dodano zaglavlje potrebno kako bi se ostvario HTTP prijenos. Internetski preglednik, koji je u ulozi klijenta, na temelju HTTP zaglavlja prepoznaje iz pristiglih podataka internetsku stranicu (Veseli, 2009).

5. Udaljeno programiranje GPRS modula

Kako je na početku rečeno, ugradbeni GPRS modul dio je Maslinet mreže namijenjene radu na udaljenoj lokaciji izoliranoj od uobičajene energetske, komunikacijske pa i prometne infrastrukture. Zbog specifičnih uvjeta rada od mreže se zahtjeva potpuna autonomnost. Osim energetske autonomnosti bitno je i da se spriječi potreba za ljudskim intervencijama. Ti zahtjevi povlače zahtjev za visokom razinom stabilnosti. Visoka razina stabilnosti na svakom entitetu mreže zahtjeva detaljno analiziranje ponašanja mreže i otklanjanje svih mogućnosti ispada. To dovodi do stvaranja redundancije na entitetima i između entiteta tj. nadograđuju se mehanizmi koji osiguravaju da entitet može otkloniti sam svoju grešku ili da mu u oporavku može pomoći neki drugi. Primjerice, koordinatorski čvor mora biti sposoban rukovati sam sa svojim greškama, a slučaju većeg ispada drugi čvor ili GPRS modem mu također moraju biti spremni pomoći.

Koliko god se truda uložilo u postizanje stabilnosti u laboratorijskim uvjetima, mnogi problemi kod svih sustava pojavljuju se tek u realnim uvjetima, pa tako i kod Maslinet mreže. Te probleme lako je odstraniti ukoliko je sustav pristupačan administratoru, ali ukoliko se nalazi na udaljenoj lokaciji, u specifičnim uvjetima i baziran je na specifičnim tehnologijama, tada to postaje problem. U takvim uvjetima sklopovski problemi se, naravno, ne mogu otklanjati, ali postoje mehanizmi koji omogućuju udaljene promijene na programskoj potpori. Ti mehanizmi najčešće nisu standardni već se razvijaju ovisno o korištenoj platformi.

Za potrebe Maslinet mreže koristi se, već opisani, Wavecom Fastrack Supreme GPRS modul s pripadajućim Open AT operacijskim sustavom. Od samog početka razvoja tog operacijskog sustava težilo se mogućnosti udaljenog programiranja, odnosno udaljenog prijenosa i pokretanja programske podrške. Ta funkcionalnost izuzetno je bitna onima koji uz proizvod nude i administraciju. Ukoliko imaju nekoliko stotina ili tisuća takvih uređaja u mreži (praćenje vozila, primjerice) tada im je jako bitno da nadogradnje mogu izvesti udaljeno, na više uređaja odjednom, bez potrebe za spajanjem svakog pojedinog modula na računalo. Već u drugoj verziji OS-a, objavljenog 2003. godine, kao glavna novost navedena je mogućnost udaljenog programiranja (eng. *Download over the air* - DOTA) aplikacija i njihova instalacija umjesto trenutne aplikacije. Treća verzija, objavljena 2005. godine

donijela je mogućnost prijenosa, ne samo aplikacije, nego i ugrađenog softvera (eng. *firmware*) na sličan način kao što se radi s aplikacijom. Ta mogućnost nazvana je DOTA 2. S obzirom da je trenutna verzija ugrađenog softvera stabilna, bez čestih nadogradnji i bez grešaka, za potrebe Maslineta ostvarena je DOTA 1 funkcionalnost prijenosa i pokretanja aplikacija. Sama procedura osmišljena je tako da administrator koristi postojeće tehnologije i protokole (FTP, SMS), bez potrebe razvoja vlastitih administratorskih aplikacija. U nastavku će biti opisano kako u teoriji funkcionira DOTA 1 udaljeno programiranje te kako je ono programski ostvareno unutar aplikacije Wavecom GPRS modula.

5.1. Princip rada udaljenog programiranja

Udaljeno programiranje mrežnog poslužitelja, kako je to zamislio proizvođač modula, zahtijeva korištenje nekoliko mrežnih protokola i tehnologija. Prije nego li se detaljno počne opisivati princip rada ukratko će biti opisani protokoli i tehnologije bez kojih udaljeno programiranje ne bi bilo izvedivo.

5.1.1. Usluga kratkih poruka (SMS)

Usluga kratkih poruka (SMS – eng. *Short Message Service*) koristi se kako bi se prenijele upute aplikaciji udaljenog programiranja iz kojih ona može doznati naziv poslužitelja, putanju i naziv izvršne datoteke te korisničko ime i lozinku za poslužitelj (više u nastavku). Uz pomoć SMS-a korisniku se također na kraju dojavljuje rezultat udaljenog reprogramiranja.

Za razliku od elektroničke pošte, SMS ne zahtijeva korisnički poštanski sandučić, jer se izmjena poruka rješava posebnim centrom koji ih prima i prosljeđuje odredišnom korisniku, uz najavu. Takav pristup prikladan je kako za interaktivnu komunikaciju, tako i za prijam obavijesti. U GSM mreži može se komunicirati kratkim porukama (SMS) kojima rukuje posebni centar za uslugu kratkih poruka (SMS-C - *Short Message Service Centre*), usmjeravajući ih od izvorišnog prema odredišnom MS-u. Duljina poruke je ograničena na 160 znakova, a pojedini sustavi raspolažu rješenjima za ulančavanje poruka kojima se više kratkih poruka stapa u jednu dulju.

Usluga izmjene poruka uključuje tri osnovna procesa:

- prijenos poruke od izvorišnog MS-a prema SMS-C-u,
- prijenos poruke od SMS-C-a prema odredišnom MS-u,
- prijenos upozorenja (*alert*) koje obavještava HLR i VLR da je MS ponovo aktiviran nakon dužeg vremena neuključivanja u sustav.

MS koji je uključen u sustav spreman je u svakom trenutku primiti, odnosno poslati poruku. Nakon svake poslanske poruke izvorišni MS dobiva obavijest o tome je li SMS-C primio poruku, a ako nije, dobiva razlog neprimanja. Nakon primitka poruke na odredišnoj strani, SMS-C dobiva potvrdu, koju zatim može proslijediti

izvorišnom MS. U slučaju da poruka nije primljena, u obavijesti se nalazi razlog neprimanja. Ako odredišni MS nije uključen u sustav, SMS-C čuva poruku određeno vrijeme i prosljeđuje je čim se odredišni MS uključi u sustav. To je posebice korisno kod Maslinet mreže jer se modul budi povremeno. U slučaju da je SMS poruka s opcijama za udaljeno programiranje poslana dok je modul ugašen, ona se neće izgubiti, već će je modul primiti nakon paljenja i započeti proces reinstalacije (Bažant, 2007).

Elementi SMS poruke su sljedeći:

- vrijeme valjanosti poruke (*eng. validity period*) - maksimalno vrijeme koje se poruka zadržava u SMS centru,
- vrijeme primitka poruke u SMS-C-u (*eng. service centre time stamp*) – vrijeme koje se ispisuje na odredišnoj strani,
- identifikator protokola (*eng. protocol identifier*) - oznaka protokola višeg sloja,
- postojanje više poruka (*eng. more messages to send*) - SMS-C obavještava pokretnu postaju, ako postoji jedna ili više poruka spremnih za isporuku,
- prioritet (*eng. priority*) - oznaka poruke s prioritetom,
- neisporučene poruke - SMS-C obavještava pokretnu postaju o postojanju poruka koje su poslone, ali iz nekog razloga nisu primljene,
- uključivanje nakon dužeg vremena (*eng. alert-sc*) - poruka koja obavještava da je pokretna postaja koja duže vrijeme nije bila dostupna, ponovno uključena u sustav.

5.1.2. Usluga transfera datoteka i FTP protokol

Usluga transfera datoteka je standardna internetska usluga koja korisniku omogućuje postavljanje datoteke s lokalnog na udaljeno računalo, odnosno dohvaćanje datoteke s udaljenog na lokalno računalo. Za potrebe udaljenog programiranja Wavecom modula, transfer datoteka se koristi za dohvaćanje nove aplikacije s udaljenog poslužitelja i za njeno postavljanje na poslužitelj.

Osnovni zahtjevi usluge transfera datoteka su:

- transparentni pristup datotečnom sustavu na udaljenom računalu,
- očuvana cjelovitost datoteke prilikom transfera,

- prilagodba formata datoteke lokalnom datotečnom zapisu (po potrebi),
- zaštita datotečnog sustava poslužitelja od neovlaštenog pristupa,
- zaštita od prisluškivanja ili narušavanja komunikacije.

Kao dodatni zahtjevi mogu se navesti i:

- mogućnost interaktivnog rada,
- javni, anonimni datotečni poslužitelji.

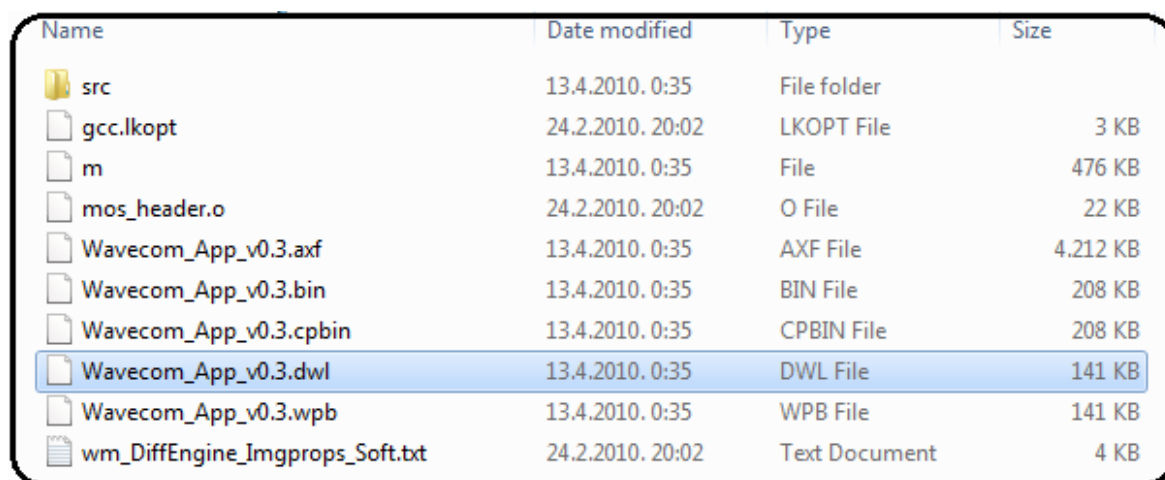
Izvedbu usluge transfera datoteka razmotrit ćemo na primjeru internetskog protokola koji osigurava tu uslugu, protokola *File Transfer Protocol (FTP)*. **FTP** omogućuje transfer datoteka s jednog računala na drugo putem mreže. Kako bi se odgovorilo na navedene zahtjeve usluge, FTP otvara dvije TCP veze, upravljačku i podatkovnu. Podatkovna veza služi za sam transport podataka. Dva osnovna načina transporta podataka su ASCII i binarni. upravljačka veza služi za transport korisnikovih naredbi u interaktivnom načinu rada, usklađivanje dinamički određenih vrata za podatkovnu vezu između klijenta i poslužitelja te za pokretanje procesa koji transportira podatke preko podatkovne veze. U interaktivnom radu, FTP koristi osnovni *telnet* NVT format (bez izbornih svojstava) za slanje korisnikovih naredbi preko upravljačke veze (Bažant, 2007).

Kako bi dohvatio datoteku s udaljenog poslužitelja, klijent (npr. aplikacija Wavecom modula) prvo uspostavlja upravljačku vezu s udaljenim poslužiteljem (dobro znana vrata 21), a potom otvara podatkovnu vezu za transfer datoteke. Nakon uspješne prijave na FTP poslužitelj, korisnik se može "kretati" datotečnim sustavom kako bi našao traženu datoteku te postavljati i podešavati parametre podatkovne veze. Za podatkovnu vezu klijent koristi svoja slobodno odabrana lokalna vrata, a poslužitelj koristi dobro znana vrata 20. Na korisnikov zahtjev za dohvaćanjem datoteke, poslužitelj otvara podatkovnu vezu sa svoje strane te pokreće slanje tražene datoteke.

Zaštita od neovlaštenog pristupa najčešće se rješava uvođenjem mehanizama provjere autentičnosti korisnika, putem upisivanja korisničkog imena i lozinke, te primjene sustava dozvola za pristup datotekama za tog korisnika. zaštita od prisluškivanja ili narušavanja komunikacije je, kao i u slučaju telnet, problem koji se rješava kriptografskom zaštitom podataka.

5.1.3. Udaljeno programiranje po koracima

Nakon što su opisane ključne tehnologije bez kojih udaljeno programiranje ne bi bilo moguće, može se detaljnije ući u samu proceduru programiranja po koracima. Da bi korisnik mogao na modul postaviti novu aplikaciju mora je prvo izraditi na svom računalu unutar M2M studio razvojnog okruženja. Programski kôd, napisan u programskom jeziku C, se pretvara u izvršnu datoteku uz pomoć GCC (eng. *GNU Compiler Collection*) prevoditelja koji je dio M2M-a.



Name	Date modified	Type	Size
src	13.4.2010. 0:35	File folder	
gcc.lkopt	24.2.2010. 20:02	LKOPT File	3 KB
m	13.4.2010. 0:35	File	476 KB
mos_header.o	24.2.2010. 20:02	O File	22 KB
Wavecom_App_v0.3.axf	13.4.2010. 0:35	AXF File	4.212 KB
Wavecom_App_v0.3.bin	13.4.2010. 0:35	BIN File	208 KB
Wavecom_App_v0.3.cpb	13.4.2010. 0:35	CPBIN File	208 KB
Wavecom_App_v0.3.dwl	13.4.2010. 0:35	DWL File	141 KB
Wavecom_App_v0.3.wpb	13.4.2010. 0:35	WPB File	141 KB
wm_DiffEngine_Imgprops_Soft.txt	24.2.2010. 20:02	Text Document	4 KB

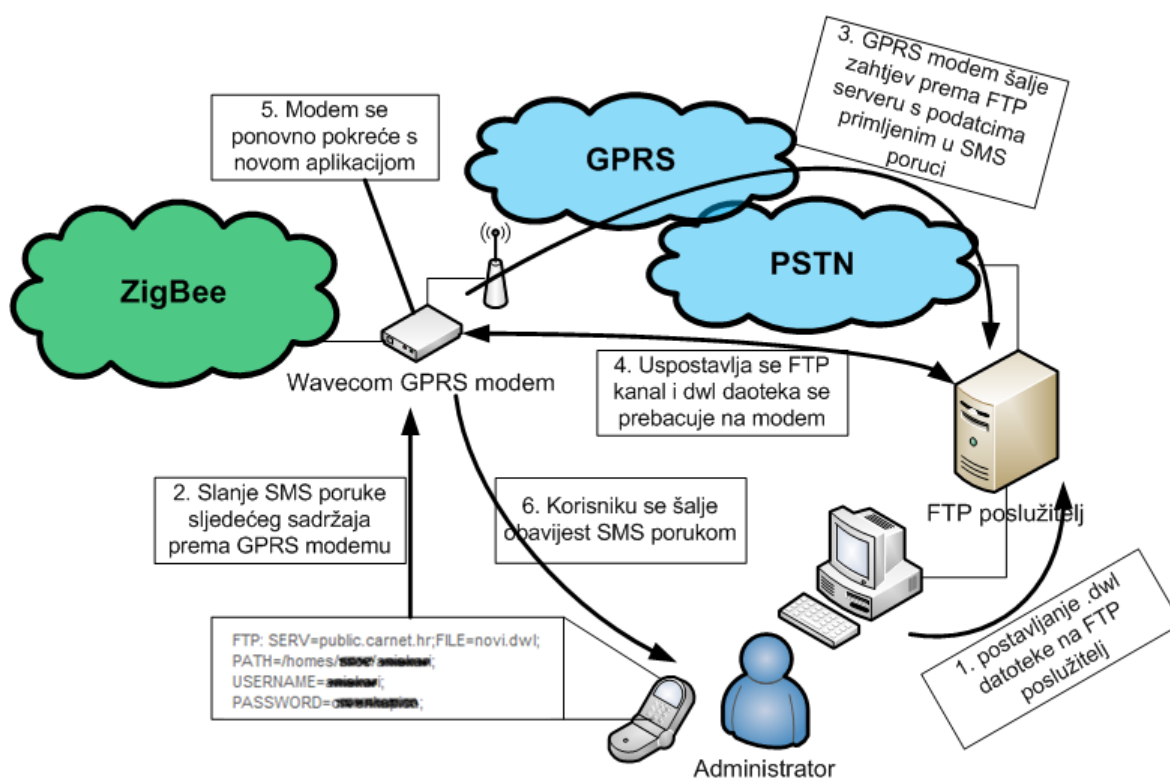
Slika 10 - Datoteke stvorene prevođenjem

Prevođenjem dobivamo niz datoteka, prikazanih na slici 10, od kojih nam je najzanimljivija datoteka s dwl ekstenzijom (skraćeno od eng. *download*). Radi se o izvršnoj datoteci (aplikaciji) namijenjenoj za prebacivanje i pokretanje na modulu. Modul se reprogramira na način da mu se ta datoteka prebaci u A&D memoriju modula u posebnom načinu rada. A&D (eng. *Application & Data*) odvojen je memorijski prostor varijabilne veličine (slika 11), namijenjen spremanju i pokretanju novih aplikacija. Prostor se konfigurira AT+WOPEN naredbom.

Total Flash Size	ROM(Application code)	Application & Data Storage Volume	Flash Objects Data
32Mb	256-1600KB (default: 832KB)	0-1344KB (default: 768KB)	128KB
64Mb or more	256-(1600+X)KB (default: (832+X)KB)	0-(1344+X)KB (default: 768KB)	128KB

Slika 11 - Veličina A&D memorije (uokvireno)

Nakon što se prijenos obavi, modul se ponovno pokreće te procesor dobiva naredbu AT+WOPEN=1. Ta naredbu mu znači da mora instalirati i pokrenuti aplikaciju pohranjenu na predodređenoj ćeliji A&D memorije. Uobičajeno se aplikacija prenosi u A&D memoriju preko serijskog sučelja (žičano), ali procesoru je potpuno nebitno na koji je način aplikacija došla u memoriju. Dakle, udaljeno programiranje svodi se na pronalaženje načina kako prevedenu *dwl* datoteku bežično prebaciti u A&D memoriju modula i ponovno ga pokrenuti s novom aplikacijom. U uvodu su opisane osnovne tehnologije koje to omogućuju, a u nastavku će biti opisano korak po korak kako se ta procedura izvršava.



Slika 12 - Princip rada udaljenog programiranja

Slika 12 prikazuje proces udaljenog programiranja u šest koraka, a to su:

1. *Postavljanje dwl datoteke na FTP poslužitelj*. Datoteku nastalu prevođenjem (eng. *compile*) potrebno je postaviti na FTP poslužitelj kako bi je s tog poslužitelja modul mogao dohvatiti. Procedura se obavlja pomoću bilo koje klijentske FTP aplikacije (FileZilla, SmartFTP i sl.) na način opisan u poglavlju 5.1.2. Potrebno je znati naziv poslužitelja, naziv datoteke, korisničko ime, lozinku i putanju (eng. *path*) do datoteke. Te podatke naknadno će biti potrebno poslati SMS porukom.

2. *Slanje SMS poruke GPRS modemu.* Nakon što je datoteka stavljena na FTP poslužitelj potrebno je o tome obavijestiti modul SMS porukom sadržaja prikazanog na slici 13:

```
FTP: SERV=<server name>;  
FILE=<file name>;  
PATH=<path>;  
USERNAME=<user name>;  
PASSWORD=<password>;
```

Slika 13 - Parametri FTP konekcije koji se šalju u SMS-u

Unutar poruke potrebno je navesti:

- *server name* – naziv FTP servera, tj. njegovu URL adresu. Primjerice, naziv FTP poslužitelja za Maslinet poslužitelj je `maslina.zesoi.fer.hr`. Naziv FTP poslužitelja ne mora biti jednak domeni već može imati drugačiji naziv.
- *file name* – naziv datoteke. Pod nazivom datoteke misli se na naziv `dwl` datoteke nastale prevođenjem, kako je opisano u uvodu ovog poglavlja.
- *path* – putanja. Da bi modul znao gdje se nalazi `dwl` datoteka koju treba dohvatiti potrebno je točno definirati putanju do nje na poslužitelju.
- *username i password* – korisničko ime i lozinka. Da bi se moglo pristupiti FTP poslužitelju potrebno je unijeti korisničko ime i lozinku. Bez tih podataka ne može se doći do sadržaja.

Primjer potpuno definirane poruke prikazan je na slici 14.

```
FTP: SERV=public.carnet.hr;  
FILE=novi.dwl;  
PATH=/homes/srce/korisnik;  
USERNAME=XXXXXX;  
PASSWORD=XXXXXXXXX;
```

Slika 14 - Primjer SMS poruke s FTP parametrima

3. *GPRS modem šalje zahtjev prema FTP poslužitelju.* Klijent (GPRS modem/modul) poziva FTP poslužitelj čiji je naziv dobio u SMS poruci. Sam poziv je dio upravljačkih informacija FTP veze te će biti opisan u slijedećem koraku.

4. *Uspostavlja se FTP konekcija i datoteka se prenosi na modul.* FTP protokol otvara dvije TCP veze; upravljačku i podatkovnu. Upravljačku TCP vezu otvara na vratima 21. Slika 15 prikazuje redoslijed operacija koji se događaju između aplikacije modula i FTP poslužitelja nakon što modul primi poruku.

```
[WIP] new TCPCLIENT 0x180c3d5c
[FTP=>] "220 (vsFTPd 2.0.5)"
[FTP<=] USER XXXXXX
[FTP=>] "331 Please specify the password."
[FTP<=] PASS XXXXXXXXX
[FTP=>] "230 Login successful."
[FTP<=] TYPE I
[FTP=>] "200 Switching to Binary mode."
[FTP<=] PASV
[FTP=>] "227 Entering Passive Mode (193,198,184,100,137,98)"
[WIP] new TCPCLIENT 0x180c40fc
[FTP<=] RETR /homes/srce/aniskari/dota_test_v1.dwl
[FTP=>] "150 Opening BINARY mode data connection for
/homes/srce/aniskari/dota_test_v1.d"
```

Slika 15 - Uspostavljanje FTP veze

Prvo se otvara upravljačka TCP veza (new TCPCLIENT). Nakon što modul pozove FTP poslužitelj on mu odgovara s porukom 220 koja govori kako je poslužitelj spreman za daljnje naredbe. Modul nakon toga šalje svoje korisničko ime. Poslužitelj dalje traži lozinku i, ako je primljena lozinka ispravna, omogućuje pristup klijentu. Modul tad šalje naredbe TYPE 1 i PASV. S TYPE 1 govori poslužitelju da želi prijenos binarno (bajt po bajt), a PASV označava pasivni način povezivanja kod kojeg poslužitelj šalje IP adresu i broj vrata (u ovom slučaju 193,198,184,100,137,98), a klijent otvara TCP podatkovnu vezu s primljenim parametrima. Nakon što je otvorena podatkovna veza klijent još šalje putanju i naziv datoteke te njen prijenos može početi.

5. *Modem se ponovno pokreće s novom aplikacijom.* Nakon što je aplikacija prenesena, procesor dobiva naredbu za ponovno pokretanje. Prilikom svakog pokretanja procesor s naredbom AT+WOPEN=1 instalira i pokreće aplikaciju s definirane ćelije A&D memorije. Ukoliko prijenos bio uspješan pokrenut će se nova aplikacija.

6. *Korisniku se šalje obavijest SMS porukom.* Ukoliko je prijenos uspješno obavljen na broj s kojeg je primljena poruka aplikacija modula odgovara s porukom DOWNLOAD SUCCES. Ukoliko procedura nije uspjela korisnik će dobiti poruku INSTALL FAILED.

S ovim korakom završava procedura udaljenog programiranja. Zahvaljujući TCP/IP kompatibilnosti modula ta procedura nije teško izvediva. Ključni dio je pouzdan prijenos datoteke, a svi mehanizmi potrebni za to već su ugrađeni u FTP protokol. Dakle, za uspješno reprogramiranje potrebna je jedino FTP klijentska aplikacija i bilo koji uređaj s kojeg se može poslati SMS poruka, uz pretpostavku da je programski kod prethodno preveden. S obzirom da postoje besplatne verzije kvalitetnih (pouzdanih) FTP klijenata svaki razvoj vlastitih klijentskih aplikacija s FTP funkcionalnošću bio bi dugotrajan i rizičan za najvažniji dio procedure – uspješan prijenos datoteke.

5.2. Programsko ostvarenje udaljenog programiranja

5.2.1. Inicijalizacija

Aplikacije Open AT operacijskog sustava organizirane su po zadaćama (eng. *task*). Za svaki *task* definira se njegov prioritet i memorijski prostor koji smije koristiti. *Taskovi* se mogu paralelno izvoditi, a međusobno komuniciraju pomoću definiranih poruka. Jedan od *taskova* modula je i *dota_Task* (slika 16).

```
*****  
/* Tasks declaration table */  
*****  
const adl_InitTasks_t adl_InitTasks [] =  
{  
{ mtInit, 4096, "MAIN", 4 },  
{ uartHandlerTask, 4096, "UART", 3 }, // Uart Handler Task (higher priority)  
{ webServerTask, 8*1024, "WEB", 2 }, // Web Server task  
{ dota_Task, 3*4096, "DOTA", 1 },  
{ NULL, 0, NULL, 0 }  
};
```

Slika 16 - Taskovi aplikacije GPRS modula

Pokretanjem aplikacije ciklički se pozivaju (pokreću) *taskovi* prema definiranim prioritetima. Pozivanje *taska* svodi se na pozivanje funkcije u kojoj se definiraju poruke koje će taj *task* primiti od drugih *taskova*, funkcija za upravljanje događajima koja će rukovati tim porukama, usluge koje će se koristiti i sl.

Unutar *dota_Task* glavne funkcije inicijaliziraju se dvije usluge (eng. *service*). To su SMS usluga i A&D memorija. SMS usluga inicijalizira se na način da se aktivira rad s SMS porukama (eng. *subscribe*) pomoću sljedeće funkcije:

```
DOTA_SmsHandle = adl_smsSubscribe ( DOTA_SmsHandler,  
DOTA_SmsCtrlHandler, ADL_SMS_MODE_TEXT);
```

Ta funkcija definira da će s dolazećim SMS porukama od tog trenutka rukovati funkcija *DOTA_SmsHandler* i *DOTA_SmsCtrlHandler* te da se u funkciju upravljanja događajem (eng. *event handler*) prenosi tekst poruke.

Pri inicijalizaciji A&D memorije obavljaju se dvije operacije:

1. Aktivira se rad s A&D memorijom pomoću sljedeće funkcije:

```
DOTA_AndHandle = adl_adEventSubscribe  
((adl_adEventHdlr_f) DOTA_AnDEventHandler );
```

2. Formatira se A&D memorijski prostor funkcijom:

```
adl_adFormat(DOTA_AndHandle);
```

5.2.2. Primanje poruke i prijenos datoteke

Nakon što je aktivirana SMS usluga i očišćen A&D memorijski prostor, aplikacija je spremna u bilo kojem trenu primiti SMS poruku s podacima za pristup FTP poslužitelju. U slučaju dolaska SMS poruke generira se prekid (eng. *interrupt*) i poziva se funkcija za upravljanje događajima. U našem slučaju to je funkcija:

```
bool DOTA_SmsHandler( ascii * SmsTel, ascii *  
                    SmsTimeOrLength, ascii * SmsText )
```

Funkcija kao argumente uzima broj s kojeg je poruka poslana u varijablu `SmsTel`, duljinu (ili vrijeme slanja, ovisno kako je podešeno) u varijablu `SmsTimeOrLength` te ono najvažnije – sadržaj poruke u varijablu `SmsText`. Broj pošiljatelja koristi se kako bi se mogao poslati rezultat cijele procedure (pozitivan ili negativan), duljina poruke se ne koristi, a sadržaj poruke se unutar funkcije parsira. Parsiranje je omogućeno zahvaljujući pravilnom zapisu podataka – svi parametri koje je potrebno pročitati nalaze se između znaka jednakosti i znaka točka-zarez. To su po redu: naziv poslužitelja, naziv datoteke, putanja, korisničko ime i lozinka (detaljnije opisano u prethodnom poglavlju).

Po završetku parsiranja (na kraju `SmsHandler` funkcije) se poziva funkcija:

```
bool DOTA_FtpStartConnection(ascii *FtpServ ,ascii *FileName,  
                             ascii * FilePath,ascii *FtpUn, ascii * FtpPw )
```

Kako joj ime kaže, ta funkcija pokreće FTP vezu s parametrima koji su pročitani iz poruke u prethodnoj funkciji. Na početku te funkcije definiraju se parametri FTP veze s funkcijom `wip_FTPCreateOpts`, kako to prikazuje slika 17.

```

/* Create the FTP channel */
DOTA_FtpChannel = wip_FTPCreateOpts(  FtpServ,
                                     (wip_eventHandler_f) DOTA_FtpSessionHandler,
                                     NULL,
                                     WIP_COPT_USER,      FtpUn,
                                     WIP_COPT_PASSWORD,  FtpPw,
                                     WIP_COPT_PASSIVE,   TRUE,
                                     WIP_COPT_TYPE,      'I',
                                     WIP_COPT_PEER_PORT, 21,*/
                                     WIP_COPT_END);

```

Slika 17 - definiranje parametara FTP veze

Značenje parametara FTP veze detaljno je opisano u prethodnom poglavlju. Bitno je primijetiti da se i unutar ove funkcije definira funkcija upravitelj događajima (eng. *event handler*). To je funkcija `DOTA_FtpSessionHandler`. Kako je naziv kaže, ona služi za rukovanje događajima tijekom FTP sesije. Nakon što je definiran FTP kanal, javlja se `WIP_CEV_OPEN` događaj koji izaziva prekid s kojim se rukuje unutar `DOTA_FtpSessionHandler` funkcije. Taj događaj označava da je sesija započela (FTP kanal je otvoren). U tom događaju pozivaju se dvije važne funkcije, prikazane slikom 18.

```

switch( ev->kind)
{
  case WIP_CEV_OPEN:
    TRACE((1, "WIP_CEV_OPEN"));
    /* Start the A&D Process */
    DOTA_AndStart();

    /* Session Established, get the file */
    DOTA_FtpFileHandle = wip_getFile ( DOTA_FtpChannel, DOTA_FtpFilename,
                                      DOTA_FTPFileDataHandler, NULL );

    break;

```

Slika 18 - Otvaranja FTP sesije

Na slici 18 je vidljivo da se prilikom otvaranja sesije istovremeno pokreće A&D memorija i dohvaća datoteka s FTP poslužitelja. Unutar funkcije za pokretanje memorije omogućuje se pristup ćelijama, a unutar funkcije za dohvat datoteke definira se novi upravitelj događajima `DOTA_FTPFileDataHandler`. Ta funkcija rukuje s događajima unutar FTP sesije. Kad se zatraži dokument prvo se dogodi `WIP_CEV_READ` događaj (čitanje datoteke). Prilikom tog događaja poziva se funkcija `DOTA_FtpReadFile(void)`, u kojoj se događa cijela procedura čitanja

podataka koji stižu FTP-om i njihovog pisanja u memoriju, pa će na slici 19 biti prikazana u cijelosti.

```
void DOTA_FtpReadFile(void)
{
    s32 sLen;
    u8 uBuffer[1500];
    bool bRet;

    while( (sLen = wip_read( DOTA_FtpFileHandle, uBuffer, sizeof(uBuffer))) > 0)
    {
        TRACE (( 1, "Length Read = %d", sLen));

        /* Write to A&D memory */
        bRet = DOTA_AnDWriteData (uBuffer, sLen);
        if (!bRet)
        {
            adl_atSendResponse (ADL_AT_RSP, "\r\nDOTA_AnDWriteData Error\r\n");
            TRACE (( 1, "DOTA_AnDWriteData Error"));
            break;
        }
        else
            adl_atSendResponse (ADL_AT_RSP, "..");
    }
}
```

Slika 19 - Čitanje s kanala i spremanja u memoriju

Najvažniji dio funkcije je *while* petlja koja traje dokle god ima podataka na kanalu. Kad se pojavi novi paket funkcija `wip_read` ga pročita, spremi u varijablu `uBuffer`, a duljina mu se spremi u varijablu `sLen`. Nakon toga poziva se funkcija za upis u A&D memoriju podataka iz `uBuffer` i duljine `sLen`.

Kad se prenesu svi podatci FTP zatvara kanal što izaziva prekid `WIP_CEV_PEER_CLOSE`. Prekidna rutina tad poziva funkciju `DOTA_AnDInstall`. Unutar te funkcije se zatvara (eng. *finalise*) A&D memorija i šalje se SMS poruka da je proces uspješno obavljen. Ukoliko je poruka uspješno poslana instalira se nova aplikacija tj. modul se ponovno pokreće s novom aplikacijom na lokaciji `DOTA_AnDCellHandle`. To radi funkcija:







```
adl_adInstall(DOTA_AnDCellHandle);.
```

6. Korisničko sučelje mrežnog poslužitelja

Aplikacija ugradbenog mrežnog poslužitelja je specifična jer na ograničenim resursima omogućuje uobičajeno *web* sučelje prema korisniku. Mrežni poslužitelj nije aktivan tijekom cijelog vremena rada modula, već se s njegovim radom upravlja uz pomoć *web* aplikacije na središnjem poslužitelju, čije sučelje je prikazano na sljedećoj slici.



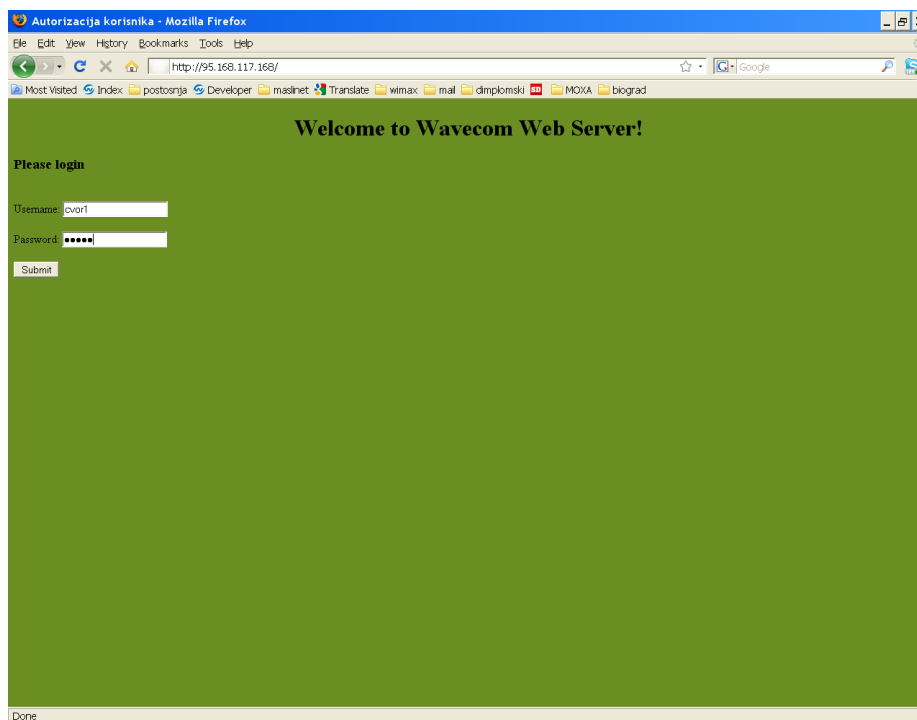
The screenshot shows the masliNET web interface. At the top, there is a navigation bar with 'Obrazac', 'Prikaz', and 'Login' links. Below this, the text 'Status koordinatora:' is displayed. A table with 7 columns follows: 'Id koordinatora', 'Dostupnost', 'IP adresa', 'Link', 'Period', 'Last contact', and 'Service'. The table contains three rows of data, each with a status indicator (green or red circle) and a corresponding 'Uključi' or 'Isključi' button.

Id koordinatora	Dostupnost	IP adresa	Link	Period	Last contact	Service
cvor2	 (nedostupan)	95.168.96.217	http://95.168.96.217	2 minutes	28,857 minutes	 (uključen) <input type="button" value="Uključi"/> <input type="button" value="Isključi"/>
cvor3	 (nedostupan)	-	-	2 minutes	517,100 minutes	 (zahtijevano uključivanje) <input type="button" value="Uključi"/> <input type="button" value="Isključi"/>
cvor1	 (nedostupan)	77.237.97.16	http://77.237.97.16	2 minutes	365 minutes	 (uključen) <input type="button" value="Uključi"/> <input type="button" value="Isključi"/>

Slika 20 - Sučelje središnjeg poslužitelja za pregled podataka i upravljanje mrežom

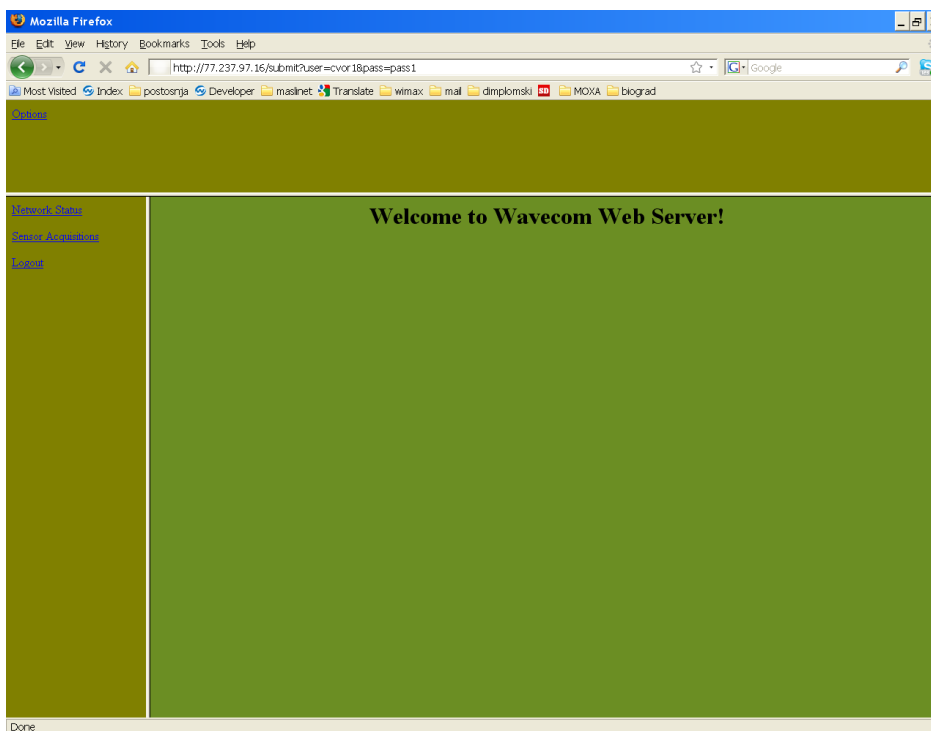
Unutar skripte Prikaz (slika 20) može se vidjeti trenutna IP adresa modula, pristupiti poslanim podacima te postaviti zahtjev za aktivacijom mrežnog poslužitelja. Ukoliko se postavi taj zahtjev za poslužiteljem, pri sljedećem slanju podataka aktivira će se aplikacija mrežnog poslužitelja. Aktivacijom se prelazi u servisni način rada u kojem je kroz poslužitelj moguća administracija mreže. Aplikaciji se može pristupiti upisivanjem aktualne IP adrese.

Nakon što se upiše adresa otvara se stranica (slika 21) za autorizaciju unutar koje je potrebno unijeti korisničko ime i lozinku.



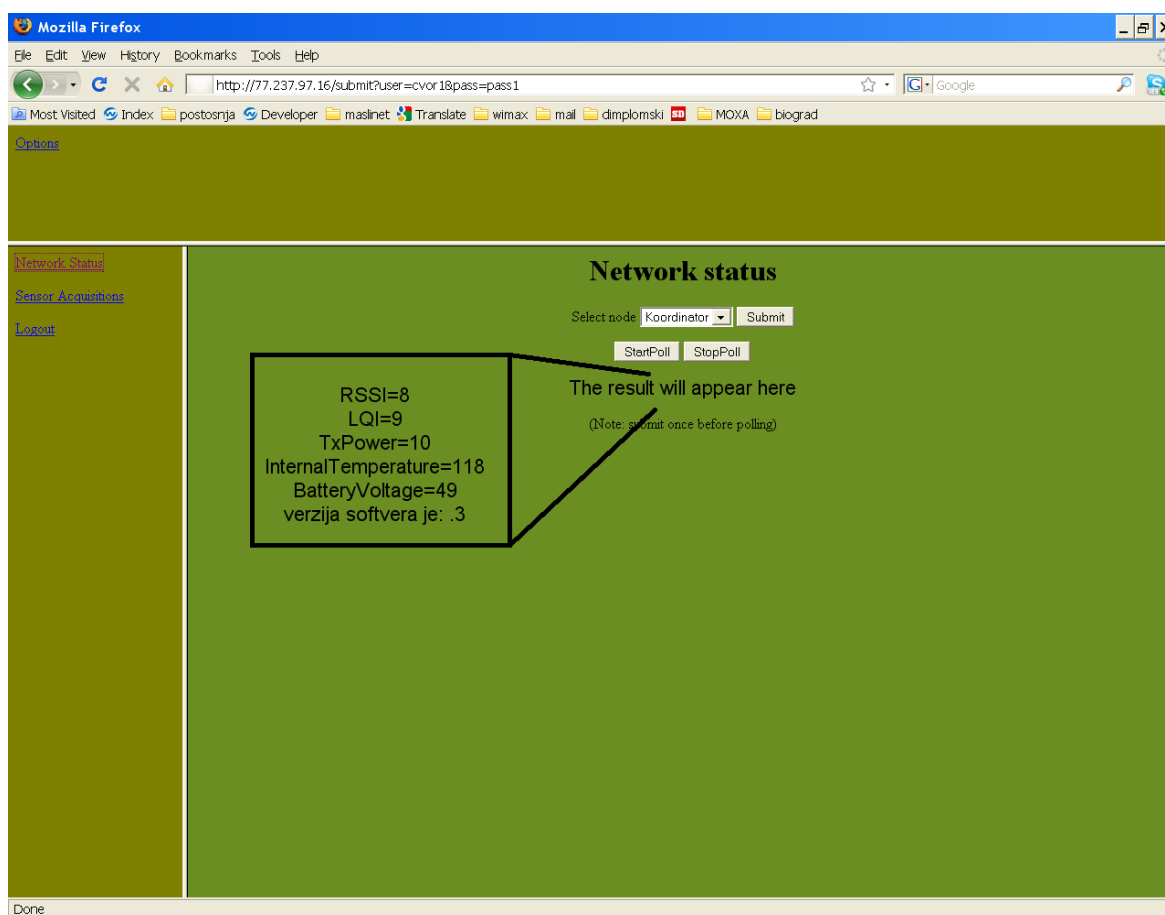
Slika 21 - Početna stranica za autorizaciju korisnika

U slučaju uspješne autorizacije učitava se stranica `page_welcome.h` (slika 22), a u slučaju neuspješne autorizacije učitava se `page_login_failed.h` u kojoj se može iznova unijeti korisničko ime i lozinka.



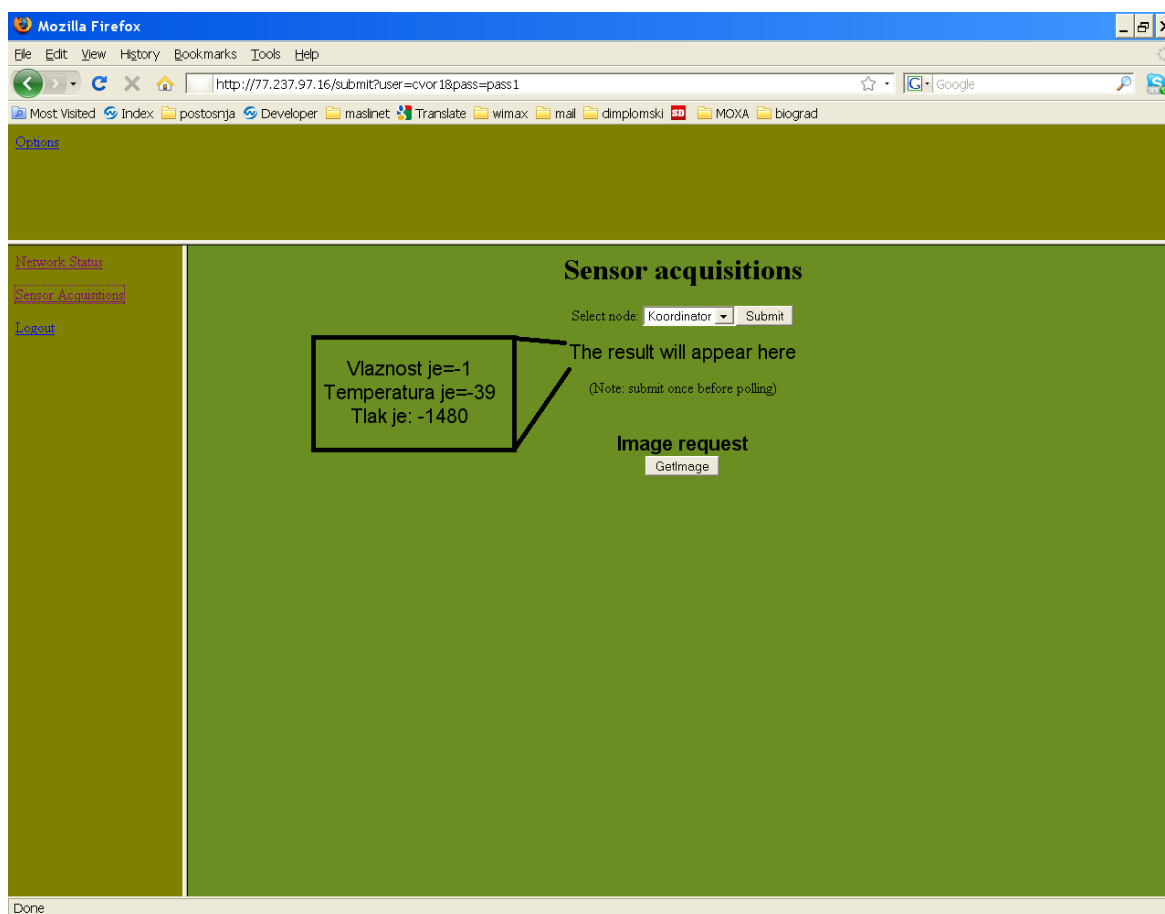
Slika 22 - Stranica dobrodošlice s pripadajućim okvirima

Prilikom učitavanja početne stranice (slika 22) generiraju se tri okvira. Gornji okvir sadrži poveznicu na stranicu Options, lijevi okvir sadrži poveznice na stranice za prikaz izmjerenih podataka iz mreže i za prikaz statusnih podataka o mreži. Treći okvir je središnji (najveći) i u njemu se prikazuje sadržaj stranice koja se izabere pritiskom na neku poveznicu iz drugih dvaju okvira. Na slici 23 prikazana je stranica *Network Status*.



Slika 23 - Stranica Network Status

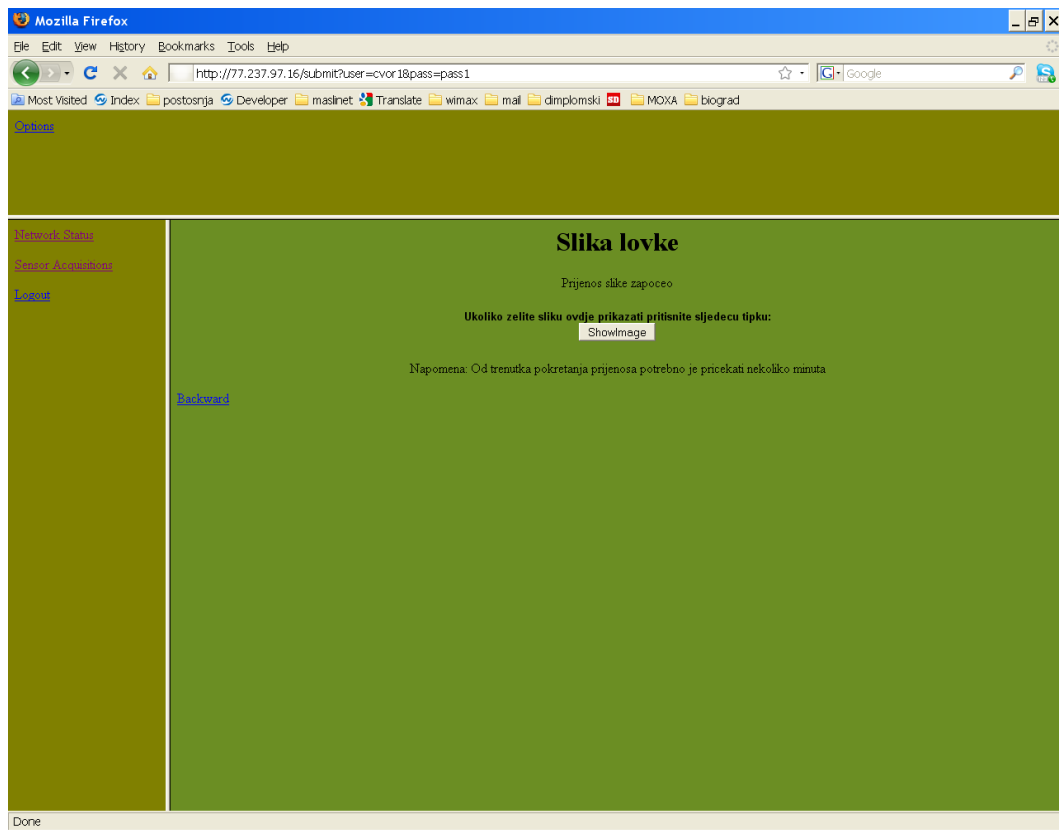
Unutar stranice *Network status* moguće je dohvatiti statusne podatke za bilo koji čvor iz mreže. Pritiskom na tipku Submit dohvaćaju se traženi podatci te se uz pomoć Ajax funkcionalnosti ispisuju unutar sadržaja stranice. Ukoliko se želi namjestiti da preglednik periodički dohvaća te podatke, kako ne bi bili zastarjeli, potrebno je pritisnuti tipku StartPoll. Pritiskom će se aktivirati periodički dohvat podataka i nakon svakog dohvata osvježit će se sadržaj Ajax dijela stranice. Na sličan način funkcionira i Sensors Acquisitions stranica, prikazana na slici 24.



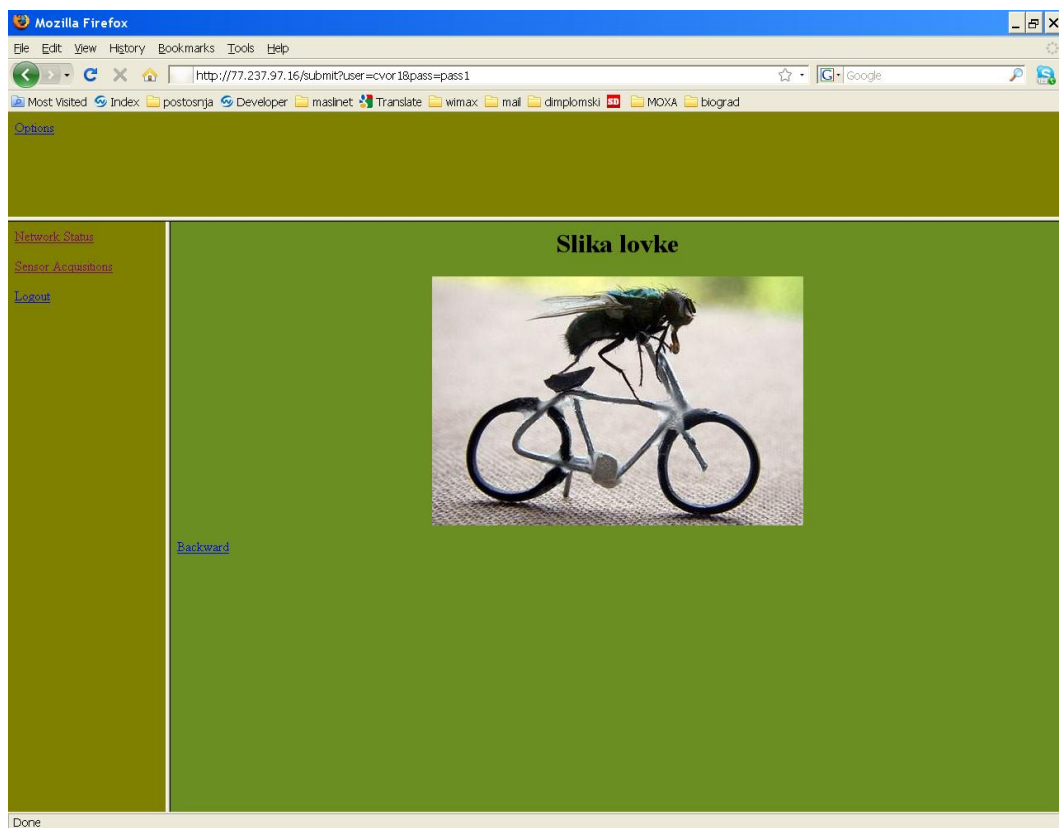
Slika 24 - Izgled Sensors Acquisitions stranice

Na stranici je moguće odabrati čvor s kojeg se žele dobiti podatci i pritiskom na Submit podatci se pojavljuju unutar predviđenog prostora na način prikazan u crnom okviru.

Ukoliko se zatraži slika, prvo se otvara stranica u kojoj se korisnik obavještava da je prijenos počeo (slika 25) i u kojoj mu se nudi mogućnost pogleda slike. Ukoliko korisnik želi pogledati sliku, pritiskom na tipku ShowImage u novoj stranici (slika 26) se prikazuje slika. Ukoliko prijenos slike nije završio korisnik mora pričekati nekoliko minuta dok se ne obavi prijenos do središnjeg poslužitelja.

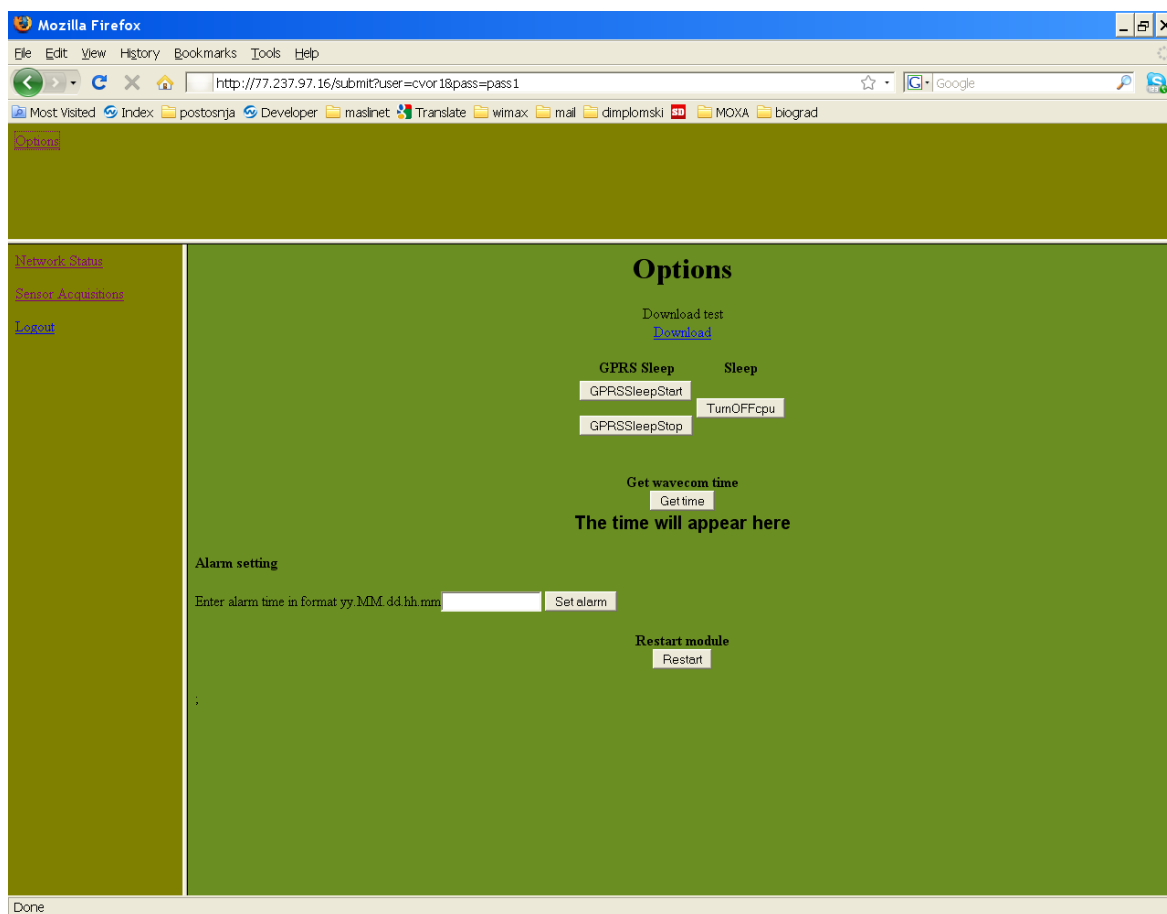


Slika 25 - Stranica za prikaz slike



Slika 26 - Prikaz slike na zahtjev ShowImage

Osim stranica za prikaz podataka, bitna je i stranica Options (slika 27) preko koje je moguća administracija mreže.



Slika 27 - Stranica Options

Unutar stranice Options moguće je aktivirati i deaktivirati W32K štedljivi način rada (GPRSSleepStart i GPRSSleepStop) ili ugasiti procesor. Gašenjem procesora u kombinaciji s ON/OFF signalom aktivira se alarm način rada modula. Modul se iz tog stanja može probuditi na Alarm ili podizanjem ON/OFF signala. Vrijeme buđenja također je moguće namjestiti kroz ovu stranicu unosom u odgovarajuću kućicu i pritiskom na Set alarm.

Dohvat vremena iz RTC-a modula koristi se za sinkronizaciju modula s koordinatorom, a tipka Restart ponovno pokreće modul.

Za kraj ostaje još samo Logout stranica koja se aktivira pritiskom na Logout poveznicu u lijevom okviru. Nakon toga korisnik više ne može pristupiti stranicama bez ponovne autentikacije.

7. Zaključak

Proizvođači uređaja i pripadajućih operacijskih sustava prisiljeni su na svojim uređajima omogućiti mehanizme udaljene administracije zbog sveopćeg trenda izrade aplikacija koje se kontinuirano moraju nadograđivati. U svijetu kućnih računala i sličnih uređaja, gdje su resursi praktički neograničeni, uvođenje IP kompatibilnosti i mogućnosti udaljene administracije ne predstavlja gotovo nikakav problem. U svijetu ugradbenih računala, kakav je u ovom radu korišten GPRS modul, ostvarenje tih funkcionalnosti poseban je izazov.

Ograničena potrošnja električne energije, ograničen memorijski prostor, ograničena IP funkcionalnost, nepostojanost datotečnog sustava samo su neke specifičnosti koje dolaze s ovakvim sustavima. Ipak, unatoč svim ograničenjima, proizvođač je, pritisnut potrebama tržišta, za korišten modul omogućio prijenos nove aplikacije do modula, a ta funkcionalnost uspješno je dodana u postojeće aplikacije modula.

Na Maslinet mrežu postavljeni su gotovo jednaki zahtjevi kao i na istoimeno stablo - da „živi“ samostalno od onoga što joj priroda skromno daje. Visoka tehnologija koja to treba omogućiti ipak nije savršena i greške se uvijek pojavljuju, pogotovo u složenoj programskoj podršci. Neke od njih gotovo je nemoguće otkriti prilikom ubrzanog razvoja, stoga mogućnost udaljenog prijenosa programske podrške predstavlja jednu od za život bitnih funkcionalnosti Maslinet mreže.

8. Literatura

1. Plug & Play Wireless CPU® - Fastrack Supreme User Guide, Wavecom Confidential, 2005.
2. ADL User Guide for OpenAT® OS v6.20, Wavecom Confidential, 2008.
3. OpenAT® IP Connectivity Development Guide (WIPLib v5.10), Wavecom Confidential, 2008
4. AT Command Interface Guide Open AT Firmware R72. Wavecom. Revision 003. Prosinac 2008.
5. Q2687 CLASSIC Wireless CPU, Product Technical Specification. Wavecom. Lipanj 2009.
6. Mizrahi, S. The Cellular Modem: More than Getting Rid of All the Cables. IEEE Instrumentation & Measurement Magazine. 1094-6969/09, veljača (2009), str. 14-17.
7. Sierra Wireless, Product Tehnical Specification & Customer Design Guideline, 28.1.2010.
8. Wavecom developer forum. www.wavecom.com
9. Bažant, A., Gledec, G., Ilić, Ž., Ježić, G., Kos, M., Kunštić, M., Lovrek, I., Matijašević, M., Mikac, B., Sinković, V. Osnovne arhitekture mreža 2. izdanje, 2007. Element, Zagreb
10. Veseli, I. Ugradbeni mrežni poslužitelj. Diplomski rad. Fakultet elektrotehnike i računarstva. Rujan 2009.
11. Krpetić, R. Winder – programska podrška v0.2 Fakultet elektrotehnike i računarstva. 2009.
12. Open AT OS. http://en.wikipedia.org/wiki/Open_AT_OS. lipanj, 2010.
13. File Transfer protocol. http://en.wikipedia.org/wiki/File_Transfer_Protocol. lipanj 2010.
14. GSM, 6.11.2001., *GSM – Wikipedia, the free encyclopedia*, <http://en.wikipedia.org/wiki/GSM>, 2.4.2010.
15. GPRS Core Network, 16.5.2004., *GPRS Core Network – Wikipedia, the free encyclopedia*, http://en.wikipedia.org/wiki/GPRS_Core_Network, 16.4.2010.

9. Naslov – sažetak - ključne riječi

UDALJENO PROGRAMIRANJE UGRADBENOG SUSTAVA GPRS
MODULA

REMOTE PROGRAMMING OF EMBEDDED GPRS MODULE

Sažetak:

- U ovom Diplomskom radu opisana je izvedba programske potpore ugradbenog mrežnog poslužitelja korištenog na projektu Maslinet. Unaprijeđena je komunikacija sa ZigBee mrežom i poboljšano sučelje prema krajnjem korisniku. Osmišljena je, izvedena i ispitana metoda za udaljeno programiranje GPRS modula pomoću dostupnih tehnologija i protokola. Pri projektiranju je posebna pozornost posvećena smanjenju potrošnje te oporavku modula od neuspješnog programiranja.

Ključne riječi:

- GPRS modul, Wavecom, udaljeno programiranje, bežične mreže osjetila, Maslinet.

Abstract

- This Graduation thesis describes the software design for embedded web server used in the project Maslinet. Communication with the ZigBee network has been improved, as well as the user interface. The method designed for remote programming of GPRS module has been installed and tested using available technologies and protocols. When designing, a special attention was paid to reducing consumption and increasing reliability.

Keywords:

- GPRS module, Wavecom, remote programming, DOTA, wireless sensor networks, Maslinet.