



Fakultet elektrotehnike i računarstva, Sveučilišta u Zagrebu  
Zavod za elektroničke sustave i obradbu informacija  
Sveučilište u Zagrebu

RFID

# Određivanje prava pristupa



- △ Studentski seminar
- △ Elektroničko i računalno inženjerstvo
- △ RFID identifikacija
- △ Arduino implementacija

## Sažetak

U suvremenom društvu, prepoznatljivom po hiperprodukciji roba i usluga, na visokoj su cijeni sve tehnologije koje dodatno ubrzavaju protok proizvoda. Radiofrekvencijska identifikacija (RFID) je jedna od njih. Sustav RFID identifikacije se sastoji od RFID čitača koji prima jedinstveni ID od RFID taga koji može biti implementiran u razne aplikacije- od praćenja proizvodnog lanca pa sve do ugrađivanja u ljudsko tijelo kao biochip. Danas RFID posjeduje mogućnosti koje mogu znatno utjecati na poboljšanje prometa, zdravstva, proizvodnje, kontrole, logistike, odnosno bilo kojeg područja ljudskog djelovanja gdje se barata podacima. Međutim, u rukama zlobnih ljudi može postati sredstvo globalnog porobljavanja. U ovom radu RFID sustav je implementiran i ugrađen u sustav intelligentne kuće gdje nalazi svoju plemenitu primjenu.

## Sadržaj

1. UVOD .....	3
2. RFID IDENTIFIKACIJA .....	4
2.1. Rad RFID sustava.....	5
3. IMPLEMENTACIJA.....	10
3.1. Integracija u sustav intelligentne kuće.....	14
4. ZAKLJUČAK.....	16
5. LITERATURA.....	17
6. POJMOVNIK .....	18

Ovaj seminarski rad je izrađen u okviru predmeta „Sustavi za praćenje i vođenje procesa“ na Zavodu za elektroničke sustave i obradbu informacija, Fakulteta elektrotehnike i računarstva, Sveučilišta u Zagrebu.

Sadržaj ovog rada može se slobodno koristiti, umnožavati i distribuirati djelomično ili u cijelosti, uz uvjet da je uviyek naveden izvor dokumenta i autor, te da se time ne ostvaruje materijalna korist, a rezultirajuće djelo daje na korištenje pod istim ili sličnim ovakvim uvjetima.

## 1. Uvod

Već duže vremena se ulažu značajni napor u klasifikaciju i označavanje proizvoda tako da se rukovanje s njima može lakše automatizirati. Do sada su bili u primjeni 12-bitovne oznake poznate pod nazivom UPC (eng. universal product code) koji je definirala neprofitna organizacija za normizaciju UCC (eng. uniform code council) u SAD-u ili 13-bitovni EAN broj (eng. european article number) u Europi i ostatku svijeta, koji je propisala organizacija EAN-International. Taj postupak je koristan ali ima jedno važno ograničenje: čitanje takve oznake se ne da u potpunosti automatizirati. Čitač etiketu mora "vidjeti", tj. mora postojati za svjetlost nesmetani put između čitača i oznake. Da bi se to ograničenje izbjeglo, razvijena je tehnologija RFID (eng. radio frequency identification) oznaka koja se može automatski pročitati s određene udaljenosti i bez optičke vidljivosti. Kako svaka takva oznaka ima u svojoj memoriji drugi kod, koji se odnosi na proizvođača, vrstu robe i serijski broj, odašiljač koji je istodobno i prijemnik može razaznati koji proizvod je upravo prošao pokraj njegove antene i to obično na udaljenostima ne mnogo većim od 1 metra. Već danas je stvarnost da se na taj način obilježavaju životinje (npr., goveda nose naušnicu sa RFID oznakom), paketi, složene pošiljke koje prolaze pored blagajne samoposluge, putovnice, automobili itd. Krajnji cilj je da svaki proizvod, svaka pošiljka ili svaka komponenta ugrađena u neki kompleksan proizvod ima svoj broj i da ju se može pratiti od proizvodnje do otpada (eng. value chain) i to bilo gdje na svijetu i bilo kada. To na prvi pogled izgleda pretjerano, međutim kod montaže automobila, aviona, na skladištima velikih prodajnih centara, skladištima špedicija, na vojnim skladištima itd., će se svake sekunde znati gdje se što nalazi i kakvo je brojno stanje. Još više, u slučaju kvara će se moći ustanoviti ne samo koji dio se pokvario nego i to kada je naručen, isporučen, proizведен ali i iz kakve je sirovine bio proizveden. Pošto će i ta sirovina imati svoj broj biti će moguće ustanoviti eventualne greške nastale pri proizvodnji te sirovine i procijeniti potencijalne opasnosti koje nastaju primjenom te serije komponenti u nekim drugim uređajima.

Mogućnosti RFID tehnologije u budućnosti su velike i otvaraju vrata brojnim primjenama u stvarnom životu koje možemo pripisati plemenitim kao i neplemenitim pobudama za takvu vrstu kontrole.

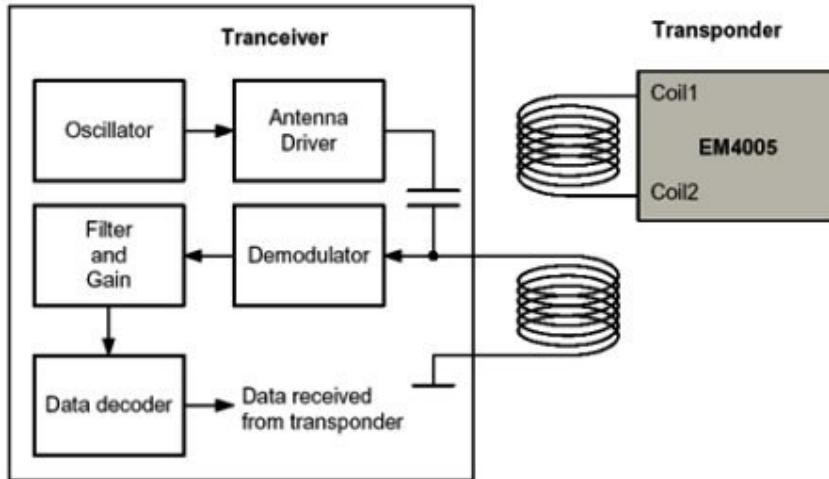
## 2. RFID identifikacija

RFID je tehnologija koja koristi radio frekvenciju kako bi se razmjenjivale informacije između prijenosnih uređaja/memorija i host računala. RFID sustav obično se sastoji od taga/labele/transpondera koji sadrži podatke, čitača koji komunicira s tagovima, i kontrolera koji upravlja i nadzire komunikaciju između čitača i pc računala. Tagovi predstavljaju male putujuće chipove koji se nalaze na ambalaži ili na samom proizvodu i predstavljaju bazu podataka koja putuje zajedno s proizvodom. Riječ transponder izvedena je od termina transmitter / responder, prema funkciji tog uređaja koji na transmisiju čitača odgovara (respond) podatkom. Transponder je nositelj podataka o proizvodu. Osnovne komponente transpondera su mikročip i antena za komunikaciju, zaliveni u kućište otporno na utjecaj okoline. Ovisno o načinu napajanja tagovi se dijele na aktivne i pasivne, te semipasivne.

Aktivni RFID tagovi sadrže odašiljač i vlastiti izvor napajanja, uglavnom bateriju s ograničenim vijekom trajanja, tipično nekoliko godina ovisno o uvjetima okoline i korištenju . Izvor napaja mikročip i služi za odašiljanje signala prema čitaču. Omogućuju odašiljanje na veće udaljenosti, čak do 100m, većih su dimenzija I skuplji, korisni za praćenje vrijedne robe ili objekata o kojima se informacija mora pročitati izdaleka.

Pasivni RFID tagovi ne sadrže bateriju za napajanje. Umjesto toga, oni crpe snagu iz čitača koji odašilje elektromagnetske valove, a oni induciraju struju u anteni transpondera. Manji je, laganiji, jeftiniji od aktivnog transpondera i ima praktički neograničen životni vijek. Nedostatak mu je manji domet prijenosa signala. Kapacitet pohrane podataka mu je također slabija strana, kao i manja otpornost na elektromagnetsku buku u okruženju.

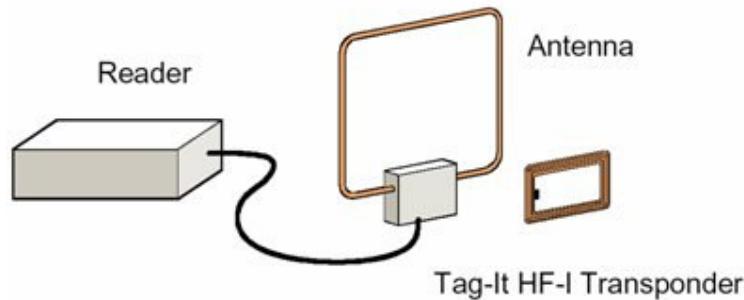
RFID čitači prilično se razlikuju po kompleksnosti, što ovisi o tipu transpondera s kojima čitač radi i o potrebnim funkcijama. Njihov je zadatak komunikacija s tagovima i prijenos podataka dalje, do računala gdje se obavlja dodatna obrada. Sastoje se od antene za razmjenu podataka sa tagom i upravljačkog uređaja koji obrađuje podatke i komunicira sa računalom. Najjednostavniji čitači omogućuju čitanje samo jedne vrste transpondera, koristeći samo jednu frekvenciju i jedan protokol, dok oni složeniji koriste različite protokole, omogućuju selekciju podataka, provjeru i ispravljanje grešaka. Razne tehnike se I dalje razvijaju kako bi se poboljšao postupak očitavanja, pa čitači mogu registrirati više transpondera istovremeno.



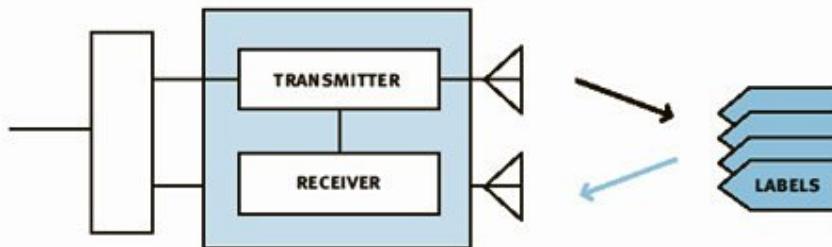
Slika 1. RFID oznaka EM4005 u prisustvu čitača

## 2.1. Rad RFID sustava

Sustav se sastoji od uređaja za čitanje podataka (eng. nazivi su: interrogator, reader, transceiver) s antenom za čitanje i priključkom na sustav za obradu podataka ili računalo. Drugi dio je RFID tag obično u obliku oznake koji se sastoji od antene spiralnog oblika i RFID integriranog kruga koji obično već ima ugrađen ulazni rezonantni kondenzator. Taj kondenzator s antenom oznake čini antenski titrajući krug. Ta osnovna konfiguracija je prikazana na slici 2. Slika 3. prikazuje čitač, koji se sastoji od odašiljača i prijemnika u blizini više RFID oznaka. Sustav može uzastopno pročitati podatke sa svih RFID oznaka čak i ako ih na jednom mjestu ima više. Treba napomenuti da više bliskih oznaka počinju tvoriti međuinduktivitete tako da se uz postojeći induktivitet zavojnice oznake, počinju zbrajati međuinduktivne komponente koje dovode do pomaka rezonantne frekvencije antenskog kruga prema nižim frekvencijama. Taj pomak dovodi do smanjenja induciranih naponi u anteni RFID oznake, a time opadaju udaljenosti na kojoj čitač još može uspješno pročitati informaciju iz memorije RFID oznake. Ta pojava je to izraženija što je dobrota antenskog titrajućeg kruga RFID oznake veća.



Slika 2. Prikaz RFID označke i uređaja za čitanje



Slika 3. Shematski prikaz primopredajnog dijela čitača u blizini nekoliko RFID oznaka

Slika 4. pokazuje u središnjem dijelu slike RFID integrirani krug s antenom u obliku spirale, a slika 5. nešto veću izvedbu u obliku izdužene oznake.



Slika 4. RFID tag veličine nokta



Slika 5. Uzdužno razvučen RFID tag Philadelphia, Quelle-Metro grupacije

Da bi odgovarajući tag i čitač mogli komunicirati, moraju biti namješteni na istu frekvenciju. Najčešće korištene frekvencije su niske (oko 125kHz), visoke (13.56 MHz), ultravisoke (UHF, 860 – 960 MHz), te mikrovalne (2.45 GHz). Tipične podržane udaljenosti su do 30cm, za niskofrekvencijske, do 1m za visokofrekvencijske, te do oko 6m za UHF transpondere. Domet taga može se povećati upotrebom aktivnih, baterijski napajanih izvedbi. Upotreba pojedinih frekvencija ovisi o potrebi korištenja RFID sustava, i svaka ima svojih prednosti i mana. Npr. tagovi niske frekvencije su jeftiniji od UHF transpondera, troše manje energije i imaju veću sposobnost emitiranja signala kroz razne materijale, no

pogodni su za rad jednino na malim udaljenostima. S druge strane, UHF tagovi (ultravisoke frekvencije) imaju veći dolet i brži protok podataka, uz veću potrošnju energije i slabiju transmisiju kroz materijale.

Prikaz frekvencija koje se u svijetu rabe za RFID sustave je u tablici 1. On ukazuje na spomenuta tri frekventna pojasa NF, VF, UHF koji se dijeli na područje koje još ne spada u mikrovalna (eng. non microwave) i mikrovalno područje (eng. microwave).

Podroban opis svjetskog rasporeda uporabe UHF frekvencija po pojedinim zemljama se može naći u [1].

Kako sve karakteristike RFID sustava u velikoj mjeri ovise o frekvencijama na kojima rade, tako se i njihove primjene mogu grupirati prema istom kriteriju:

RFID sustavi koji rade na niskim frekvencijama koriste se za:

- sigurnosni nadzor,
- identifikaciju životinja i
- praćenje imovine.

Sustavi koji koriste visoke frekvencije primjenu nalaze u:

- „pametnim“ karticama i
- kontroli pristupa.

UHF RFID sustavi koriste se kod:

- željeznica,
- identifikacije vozila i transporta robe.

Tablica 1. Frekventna područja koja se danas koriste

Frekventna područja za RFID-Sisteme		
frekventno područje	komentar	dozvoljena snaga polja / emitirana snaga
<b>LW</b> $< 135$ kHz	niska frekvencija, inductivna veza	72 dB $\mu$ A/m , Evropa, USA/Kanada i Japan
<b>HF</b> 6,765 .. 6,795 MHz	srednje frekvencije (ISM), inductivna veza	42 dB $\mu$ A/m
7,400 .. 8,800 MHz	medium frequency, used for EAS (electronic article surveillance) only	9 dB $\mu$ A/m
13,553 .. 13,567 MHz	srednje frekvencije (13.56 MHz, ISM), inductivna veza, široka primjena za bezdodirne RFID-kartice (eng. smart card) (ISO 14443, MIFARE, LEGIC, ...), RFID-etikete (ISO 15693, Tag-It, I-Code, ...) i upravljanje materijalnim objektima (ISO 18000-3).	42 dB $\mu$ A/m
26,957 .. 27,283 MHz	srednje frekvencije (ISM), inductivna veza, samo za specijalne aplikacije	42 dB $\mu$ A/m
<b>UHF non microwave</b> 433 MHz	UHF (ISM), refleksivna veza (eng.backscatter coupling), rijetko upotrebljavano za RFID	10 .. 100 mW
868 .. 870 MHz	UHF (SRD), refleksivna veza, nova frekvencija, sistemi su još u razvoju	500 mW, samo Evropa
902 .. 928 MHz	UHF (SRD), refleksivna veza, nekoliko sistema na tržištu	4 W – širok spektar uporabe, samo USA/Kanada
918..926 MHz		1W, Australija
950..956 MHz		Japan
<b>UHF Microwave</b> 2,400 .. 2,483 GHz	SHF (ISM), refleksivna veza, nekoliko sistema na tržištu, (identifikacija vozila, naplata cestarine: 2.446 .. 2.454 GHz), Bluetooth, WLAN	širok spektar uporabe, 4W USA/Kanada, 1W Japan, 500 mW Evropa
5,725 .. 5,875 GHz	SHF (ISM), refleksivna veza, rijetko upotrebljavano za RFID	4 W USA/Kanada, 500 mW Evropa

### 3. Implementacija

RFID sustav je implementiran korištenjem RFID čitača ID-12 innovations i arduina koji je imao funkciju komunikacije sa računalom preko serijske sabirnice. Čitač ID-12 radi na dosta visokom baud rate-u, oko 9600 bps. Svi chipovi te porodice koriste isti komunikacijski protokol i podržavaju tri formata izlaznih podataka - ASCII, Weigand26 ili Magnetic Track. U ovoj implementaciji korišten je ASCII format izlaznog podatka koji izgleda prema sljedećoj slici.

Output Data Structure – ASCII

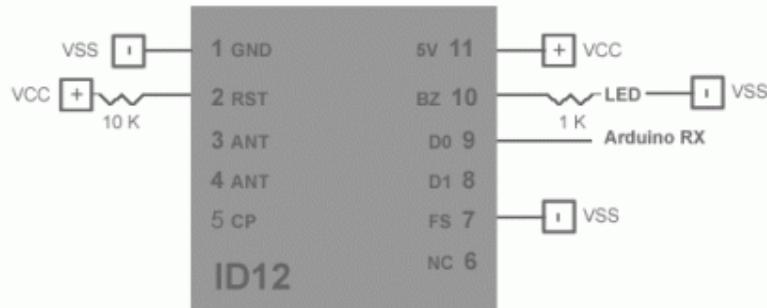
STX (02h)	DATA (10 ASCII)	CHECK SUM (2 ASCII)	CR	LF	ETX (03h)
-----------	-----------------	---------------------	----	----	-----------

Slika 6. Izlazni format ASCII

Komunikacija započinje s start-of-communication (STX) bajtom (ASCII 02) i završava s end-of-communication (ETX) bajtom (ASCII 03). Nakon što komunikacija započne slijedi 10-bajtni ID, kontrolna suma i dva kontrolna bita.

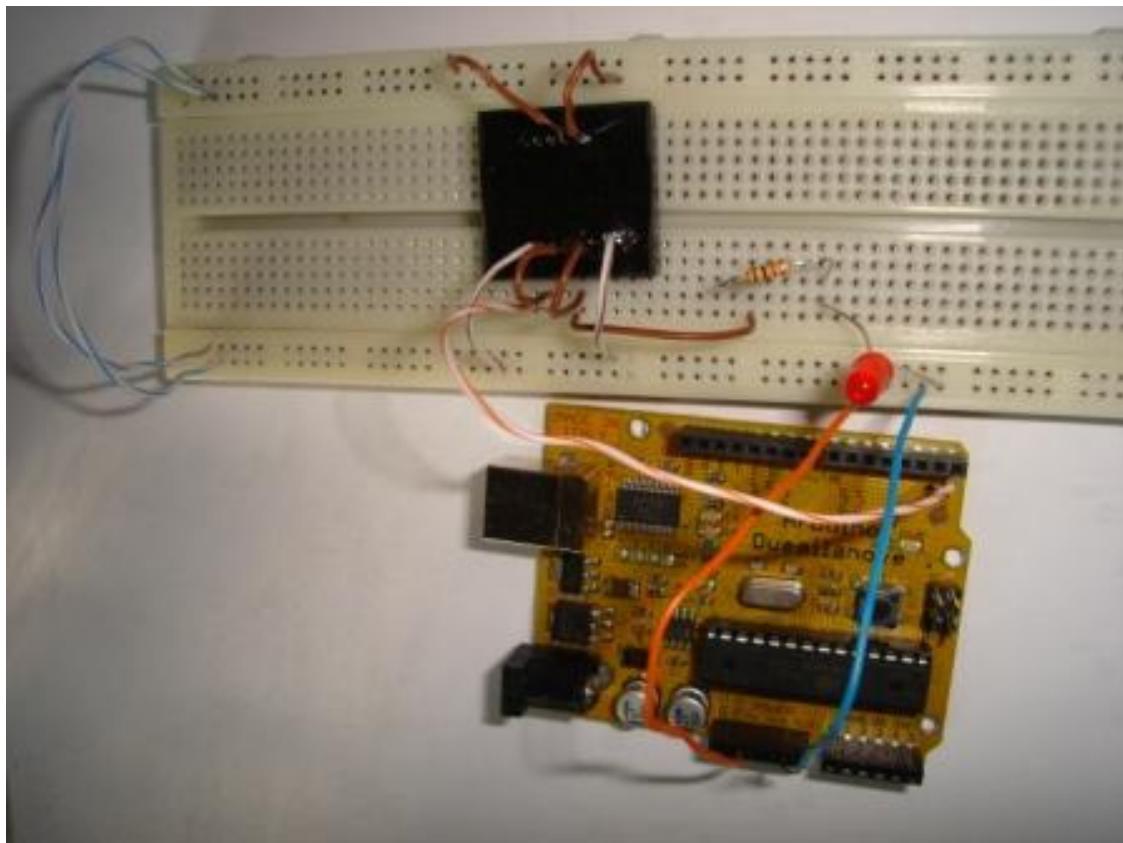
Na sljedećoj slici možemo vidjeti koja je shema korištena kako bi se dotični chip uspješno implementirao koristeći arduino.

#### ID12 RFID READER



Slika 7. Shema spajanja

Fizičku implementaciju možemo vidjeti na sljedećoj slici. Napajanje od 5 V dovedeno je od izlaza arduina, dok se za serijsku komunikaciju koristio koristio ulaz RX. Arduino preko serijskog porta ispisuje na računalu jedinstveni ID broj određenog taga. Bitno je napomenuti da ovaj čitač koristi tagove koji rade na frekvenciji od 126 kHz.



Slika 8. Stvarna implementacija

U nastavku teksta nalazimo programski kod koji je napisan u arduinovom razvojnom okruženju.

```
void setup() {
    Serial.begin(9600);           // serijska komunikacija sa racunalom
    Serial.print("Serija radi!"); // provjera serije
}

void loop () {
    byte i = 0;
    byte val = 0;
    byte code[6];
    byte checksum = 0;          // kontrolna suma
    byte bytesread = 0;         // broj procitanih bajtova
    byte tempbyte = 0;

    if(Serial.available() > 0) {
        if((val = Serial.read()) == 2) {                                // provjeri STX
            bytesread = 0;
            while (bytesread < 12) {                                     // procitaj 10B ID + 2B
                kontrolnu sumu
                if( Serial.available() > 0) {
                    val = Serial.read();
                    if((val == 0x0D)|| (val == 0xA)|| (val == 0x03)|| (val == 0x02)) {
                        break;           // zaustavi citanje ako nisi procitao STX
                    }
                }

                // Konverzija ASCII u Hex:
                if ((val >= '0') && (val <= '9')) {
                    val = val - '0';
                } else if ((val >= 'A') && (val <= 'F')) {
                    val = 10 + val - 'A';
                }

                // Na svaku drugu hex znamenku dodajemo jedan bajt u kod
                if (bytesread & 1 == 1) {
                    // pomakni prethodnu hex-znamenku za cetiri bita lijevo
                    code[bytesread >> 1] = (val | (tempbyte << 4));

                    if (bytesread >> 1 != 5) // Ako si dosao do kontrolne sume,
                        checksum ^= code[bytesread >> 1]; // izracunaj kontrolnu sumu

                } else {
                    tempbyte = val;           // najprije sacuvaj prvu hex znamenku
                }
                bytesread++;             // citaj sljedecu hex znamenku
            }
        }

        // komunikacija sa racunalom:

        if (bytesread == 12) {      // ako smo procitali cijeli 12B ASCII okvir
            Serial.print("5-bajtni kod: ");
            for (i=0; i<5; i++) {
                if (code[i] < 16) Serial.print("0");
                Serial.print(code[i], HEX);
                Serial.print(" ");
            }
        }
    }
}
```

```
    Serial.println();
    Serial.print("Kontrolna suma: ");
    Serial.print(code[5], HEX);
    Serial.println(code[5] == checksum ? " -- passed." : " -- error.");
    Serial.println();
}

bytesread = 0;
}
}
}
```

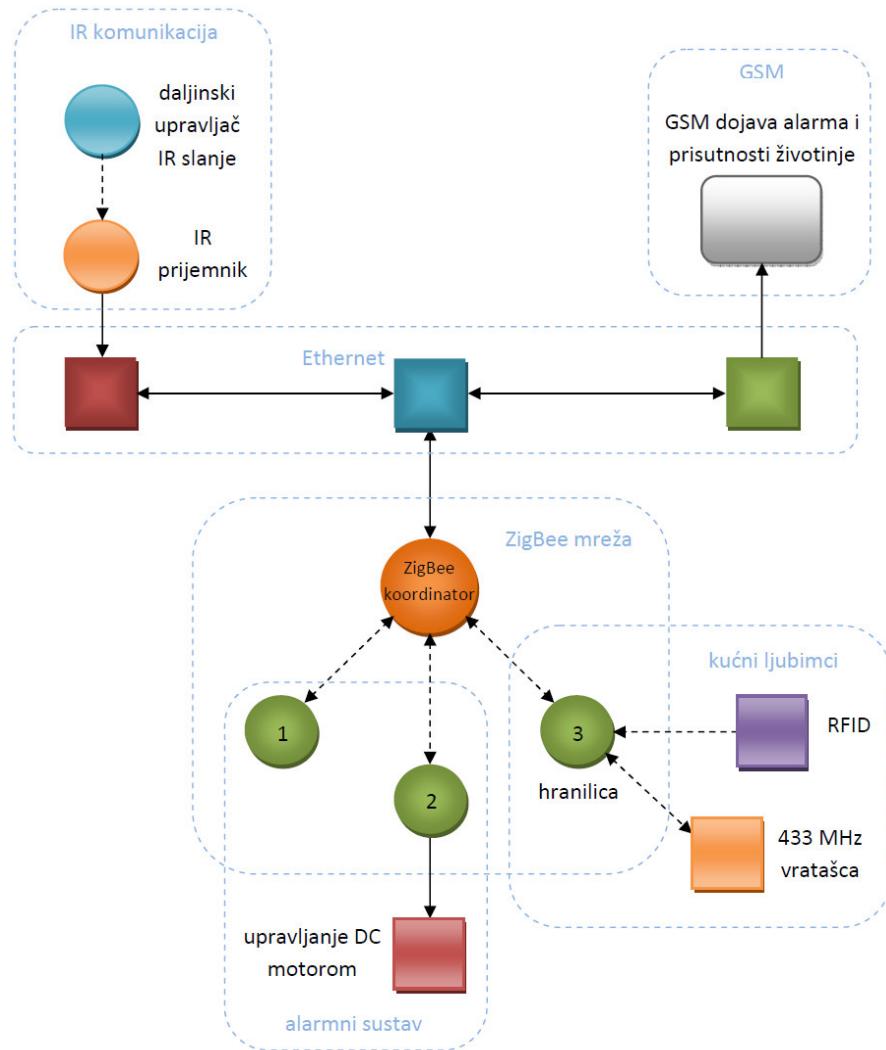
### 3.1. Integracija u sustav inteligentne kuće

Cilj ovog projekta je svrshodna integracija u ostale dijelove sustava intelligentne kuće kao i valjano obavljanje RFID identifikacije i određivanja prava pristupa. Ovaj podsustav je dio sustava za brigu o kućnim ljubimcima koji na temelju RFID-a određuje pravo pristupa hranilici od strane kućnih ljubimaca i takvu informaciju prosljeđuje nadređenim sustavima. Postoji nekoliko metoda identifikacije objekata, no najčešća je pohranjivanje identifikacijskog serijskog broja ili neke druge informacije na mikročip pričvršćen na antenu koji zajedno tvore RFID transponder. Drugi dio RFID sustava je čitač informacija. Ovi sustavi međusobno komuniciraju putem RF signala. RFID čitač šalje radio signal određene frekvencije RFID transpondu koji onda emitira povrtnu informaciju – jedinstveni ID. Čitač prebacuje primljene signale u odgovarajuću digitalnu reprezentaciju i prenosi taj podatak arduinu koji dalje obrađuje informaciju i određuje pravo pristupa hranilici.

Sustav je integriran u podsustav intelligentne kuće koji obuhvaća 10 različitih projekata (slika 1):

1. ZigBee koordinator i komunikacija sa ZigBee čvorovima 1, 2 i 3
2. Ethernet komunikacija prema IR daljinskom upravljaču i ZigBee mreži
3. daljinski upravljač za IR slanje (podešavanje režima rada alarmnog sustava)
4. IR prijemnik (podešavanje režima rada alarmnog sustava)
5. 2 čvora alarmnog sustava (ZigBee čvorovi označeni s 1 i 2)
6. upravljanje DC motorom (zatvaranje prozora u spavaćoj sobi kao dio alarmnog sustava)
7. hranilica za mačku s dojavom (ne)prisutnosti životinje (ZigBee čvor 3)
8. 433 MHz komunikacija hranilice i vratašca za

9. SMS dojava da je (provala; nema kućnog ljubimca)
10. RFID identifikacija kućnih ljubimaca



Slika 9. Sustav inteligentne kuće

## 4. Zaključak

Dan je pregled RFID tehnologije koja je danas sve više prisutna u društvu. Kako bi se čitatelj bolje upoznao sa tom tehnologijom napravljen je realan primjer korištenja koji je u gornjem tekstu detaljno objašnjen. Ovaj RFID sustav se lagodno može integrirati u sustav inteligentne kuće i kao takav u ovom radu se koristi. S razvojem RFID tehnologije javljale su se nove ideje za njeno korištenje. Jedna od ideja razvijena na samom početku bila je da se minijaturni RFID tagovi implantiraju živim bićima ispod kože u svrhu identifikacije. Tehnologija biočipa razvijena je 1983. godine u svrhu promatranja životinja. Danas se koristi u dvadesetak razvijenih zemalja svijetu u preko 300 zooloških vrtova, mnogim biološkim laboratorijima I promatranju životinja u divljini, a mnogi ljudi svoje kućne ljubimce označavaju biočipovima. Kod ljudi bi univerzalni biočip zamijenio sve postojeće kartice koje osoba danas koristi (osobnu iskaznicu, putovnicu, vozačku dozvolu, zdravstvenu iskaznicu, kreditne kartice...). Odgovarajući čitač očitavao bi specifični skup informacija za koje je ovlašten. Primjena biočipova na ljudima ostala je u domeni znanstvene fantastike sve do 2001. godine kada je tvrtka Verichip razvila prvi komercijalni biočip namijenjen korištenju na ljudima. Verichip je minijaturni RFID tag veličine zrna riže koji se ugrađuje ispod kože, te se u blizini čitača aktivira i emitira ID broj koji korisniku omogućuje pristup različitim informacijama. Postojeći biočipovi omogućuju pohranu male količine podataka duljine 10 – 15 znakova, a u budućnosti se očekuje razvoj koji će omogućiti pohranu i duljih informacija.

## 5. Literatura

- [1] RFID regulacija za UHF [http://www.epcglobalinc.org/standards\\_technology/  
RFID\\_at\\_UHF\\_Regulations\\_20060503.pdf](http://www.epcglobalinc.org/standards_technology/RFID_at_UHF_Regulations_20060503.pdf)
- [2] Livun Nina. Radio Frequency Identification. Fakultet elektrotehnike i računarstva.  
Zagreb. 2005.
- [3] Landt Jerry; Catlin Barbara. Shrouds of Time – The history of RFID. AIM Inc. 2001.

## 6. Pojmovnik

Pojam	Kratko objašnjenje	Više informacija potražite na
RFID	<b>RFID</b> je tehnologija koja koristi radio frekvenciju kako bi se razmjenjivale informacije između prijenosnih uređaja/memorija i host računala.	<a href="http://hr.wikipedia.org/wiki/RFID">http://hr.wikipedia.org/wiki/RFID</a>
Antena	<b>Antena</b> je uređaj koji koristi radio valove putem kojih se prenose podaci.	<a href="http://hr.wikipedia.org/wiki/RFID">http://hr.wikipedia.org/wiki/RFID</a>
Checksum	Niz bitova koji se dodaje sadržaju nekog bloka podataka koji je sačuvan na RFID chipu a koji se može provjeriti prije i nakon što je podatak poslan kako bi se utvrdilo da li je prilikom prijenosa došlo do pogreške.	<a href="http://www.rfidjournal.com/article/articleview/208/">http://www.rfidjournal.com/article/articleview/208/</a>
UPC	Univerzalni kod koji ima svaki proizvod radi njegove identifikacije	<a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Universal_Product_Code">http://en.wikipedia.org/wiki/Universal_Product_Code</a>
UHF	Raspon frekvencija elektromagnetskog vala od 300 MHz do 3 GHz	<a href="http://en.wikipedia.org/wiki/UHF">http://en.wikipedia.org/wiki/UHF</a>