



UNIVERZITET CRNE GORE
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET

Nebojša Delibašić

**INTEGRACIJA KOMUNIKACIONIH PROTOKOLA U
INTELIGENTNIM OBJEKTIMA SA PRIMJEROM
IMPLEMENTACIJE**

MAGISTARSKI RAD

Podgorica, 2017

PODACI I INFORMACIJE O MAGISTRANTU:

Ime i prezime: Nebojša Delibašić

Datum i mjesto rođenja: 29.09.1990., Nikšić

Prethodno završene studije:

Elektrotehnički fakultet, osnovne akademske studije (180 ECTS), studijski program:
Energetika i automatika, 2014.

Elektrotehnički fakultet, specijalističke akademske studije (60 ECTS), studijski program:
Automatika, 2014.

INFORMACIJE O MAGISTARSKOM RADU:

Fakultet: Elektrotehnički fakultet

Studijski program: Energetika i automatika

Smjer: Automatika

Naslov rada: INTEGRACIJA KOMUNIKACIONIH PROTOKOLA U INTELIGENTNIM
OBJEKTIMA SA PRIMJEROM IMPLEMENTACIJE

Mentor: Prof. dr Milovan Radulović

UDK, OCJENA I ODBRANA MAGISTRASKOG RADA:

Datum prijave magistarskog rada: 30.06.2016

Datum sjednice Vijeća na kojoj je prihvaćena tema: 22.09.2016

Komisija za ocjenu teme i podobnosti kandidata:

1. Prof. dr Božo Krstajić
2. Prof. dr Milovan Radulović
3. Doc. dr Milutin Radonjić

Komisija za ocjenu rada:

1. Prof. dr Božo Krstajić
2. Prof. dr Milovan Radulović
3. Doc. dr Milutin Radonjić

Komisija za odbranu rada:

1. Prof. dr Božo Krstajić
2. Prof. dr Milovan Radulović
3. Doc. dr Milutin Radonjić

Lektor:

Datum odbrane:

Datum promocije: _____

Predgovor

Od samog nastanka, čovjek teži da svoj životni i radni prostor prilagodi svojim potrebama. Razvojem elektronike, telekomunikacija i računara to mu je i omogućeno, kroz koncept implementacije naprednih tehnologija u objektu, i integracije u jedinstven sistem poznat pod nazivom Inteligentni objekti (Inteligentne zgrade) ili Smart Buildings.

Inteligentne zgrade predstavljaju koncept koji je razvijen zbog potrebe uštede energije, povećanja bezbjednosti i komfora pri eksploataciji stambeno-poslovnih objekata. Ostvarivanjem prethodnih zahtjeva, ostvaruju se i indirektni benefiti kao što su povećanje pouzdanosti sistema, smanjenje troškova eksploatacije, povećanje produktivnosti zaposlenih, povećanje bezbjednosti ljudi i opreme, efikasniji menadžment, povećanje energetske efikasnosti objekta, itd.

Ovaj rad će se baviti problemom instalacije i integracije različitih sistema u inteligentnim objektima s ciljem postizanja potpune interoperabilnosti. U radu su analizirani komunikacioni protokoli koji se upotrebljavaju u inteligentnim objektima, osnovni podsistemi, načini integracije u centralizovani sistem, kao i tehnoeekonomska isplativost primjene različitih mjera i postupaka u cilju realizacije inteligentnog objekta. I na kraju je, prikazana praktična realizacija inteligentnog objekta na primjeru Dukley Gardens-a.

Rad može poslužiti kao korisan materijal studentima osnovnih i postdiplomskih studija tehničkih i tehnoloških fakulteta, kao i svima onima koji se bave ili proučavaju komunikacione protokole u inteligentnim objektima i načinima integracije različitih podsistema u inteligentnim objektima. Rad ima kako teorijski tako i praktični značaj, koji je prikazan na primjeru rezidencijalnog kompleksa Dukley Gardens. Autor se zahvaljuje svom mentoru profesoru Milovanu Raduloviću koji je bio značajna podrška tokom pisanja rada, kao i kompaniji Digital Interiors koja mu je omogućila sticanje teorijskog i praktičnog znanja iz ove oblasti.

Sažetak

Prilikom izgradnje savremenih poslovnih i stambenih objekata pored zahtjeva za poboljšanje funkcionalnosti radnog i životnog prostora kao veoma značajno pitanje postavlja se pitanje racionalnog korišćenja različitih oblika energije. U cilju postizanja odgovarajuće energetske efikasnosti objekta neophodno je izvršiti povezivanje raznorodnih upravljačkih sistema koji nadziru rad pojedinih podsistema. Intezivan razvoj informaciono komunikacionih tehnologija obezbjeđuje mogućnost integracije različitih podsistema u jedinstveni sistem, pri čemu se takvi objekti mogu okarakterisati kao inteligentni ili pametni. Prilikom realizacije inteligentnih objekata suočavamo se sa zadatkom integracije opreme različitih proizvođača koja u najvećem broju slučajeva nema jedinstven sistem međusobne komunikacije. Standardizacija u ovoj oblasti dozvoljava različite tipove protokola što dovodi do zahtjeva za rešavanjem problema međusobne integracije različitih podsistema u inteligentnim objektima. Rad obrađuje problematiku integracije podsistema u inteligentnim objektima sa aspekta interoperabilnosti različitih komunikacionih protokola.

Nakon opisa teorijskog koncepta inteligentnih objekata i sistematizacije naučnih i stručnih rešenja, u ovom radu, obrađuje se zadatak integracije komunikacionih protokola u inteligentnim objektima. U tom kontekstu izvršena je analiza i sistematizacija komunikacionih protokola, kao jednog od najznačajnijih elemenata u sistemima inteligentnih objekata.

Studija slučaja, na objektu Dukley Gardens u Budvi, je potvrdila značaj postavljenog istraživačkog zadatka. Istraživanje je potvrdilo pretpostavku da integracija komunikacionih protokola predstavlja veoma važno pitanje u oblasti realizacije sistema inteligentnih objekata. Na razmatranoj studiji slučaja prikazan je način integracije različitih uređaja i podsistema pomoću predloženog kontrolerskog sistema. Prikazani su principi objedinjavanja različitih tipova protokola koji egzistiraju u sistemima: upravljanja rasvjetom, kontrole pristupa, klimatizacije, hlađenja i grijanja vazduha, upravljanja tendama i zavjesama, dojave požara i sistemom meteo stanica. Navedenom integracijom postignuta je realizacija sistema sa manjim brojem senzora, upotrebom informacija dobijenih sa senzorskog dijela jednog podsistema kao ulaza za drugi podsistem. Takođe, na ovaj način je omogućen pristup svim podsistemima upotrebom jedinstvene računarske aplikacije. Upravljanje je omogućeno na nivou kompleksa i na nivou pojedinačnih apartmana.

Prilikom realizacije inteligentnih objekata, primjenom mjera i postupaka prikazanim u radu, značajno se može poboljšati funkcionalnost životnog i radnog prostora, kao i ostvariti ušteda električne energije. U široj oblasti istraživanja, rad daje odgovore na dio pitanja iz oblasti komunikacionih sistema u inteligentnim objektima, koji pružaju mogućnost za dalja istraživanja.

Ključne riječi: inteligentni objekti, automatizacija zgrada, komunikacioni protokoli, integracija protokola.

Abstract

In the construction of modern business and residential facilities, apart from the demands for improvement of functionality of working and living space, the question of rational use of different forms of energy is raised as an important one. In order to achieve the proper energy efficiency of the facility, it is necessary to connect the various control systems that monitor the operation of the individual subsystems. The intensive development of information communication technologies provides the possibility of integrating different subsystems into a single system, where such objects can be characterized as smart or intelligent ones. During the implementation of intelligent buildings, we face the task of integration of equipment from different manufacturers, which in most cases has no unique system of intercommunication. Standardization in this area allows different types of protocols, which leads to a demand for resolving the problem of mutual integration of different subsystems in intelligent buildings. The paper deals with the issue of integration of subsystems in intelligent buildings from the aspect of interoperability of different communication protocols.

In addition to the description of a theoretical concept of intelligent buildings and systematization of scientific and expert solutions, this paper deals with the task of integration of communication protocols in intelligent buildings. In this context, the analysis and systematization of communication protocols were carried out, as one of the most important elements in the systems of intelligent buildings.

The case study, at Dukley Gardens in Budva, has confirmed the significance of the set research task. The research has confirmed the hypothesis that the integration of communication protocols represents a very important issue in the field of implementation of the systems of intelligent buildings. The case study illustrates the way of integrating different devices and subsystems using the proposed control system. The principles of unification of various types of protocols in systems are shown including lighting control, access control, heating and cooling systems, awnings and curtain operation, fire alarms and weather station systems. By means of this integration, a system with a smaller number of sensors was achieved by using information obtained from the sensor part of one subsystem as the input for the second subsystem. In addition, this allows an access to all subsystems using a unique computing application. The control has been enabled at the level of the complex and at the level of individual apartments.

During the implementation of intelligent buildings, the functionality of living and working space can be significantly improved and electricity savings can be achieved by applying the measures and procedures outlined in this paper. In a broader field of research, the paper gives answers to some of the issues in the field of communication systems in intelligent buildings, which provides the opportunity for further research.

Key words: intelligent buildings, building automation, communication protocols, protocol integration.

Sadržaj:

1. UVOD.....	9
2. TEORIJSKI KONCEPT INTELIGENTNIH ZGRADA I NJIHOVA EVOLUCIJA	10
2.1 DEFINICIJA INTELIGENTNE ZGRADE	10
2.1.1 Definicija na osnovu performansi	10
2.1.2 Definicija na osnovu servisa	10
2.1.3 Definicija na osnovu sistema.....	11
2.2 EVOLUCIJA INTELIGENTNIH ZGRADA.....	11
2.3 OSNOVNI RAZLOZI AUTOMATIZACIJE ZGRADA	12
3. ELEMENTI SISTEMA (KONTROLERI, SENZORI, AKTUATORI, KOMUNIKACIONI PODSISTEMI, SCADA)	15
3.1 ARHITEKTURA KONTROLERA.....	15
3.1.1 Kontroleri	15
3.2 SENZORI.....	17
3.3 AKTUATORI.....	19
3.3.1 Kontaktori	19
3.3.2 Solenoid.....	20
3.3.3 Motori i regulatori.....	21
3.4 KOMUNIKACIJA	23
3.5 SCADA.....	24
3.6 SISTEMI U INTELIGENTNIM ZGRADAMA	25
3.6.1 Sistem kontrole rasvjete u inteligentnim zgradama.....	25
3.6.2 Sistemi za klimatizaciju	28
3.6.3 Sigurnosni i bezbjednosni sistemi	31
3.6.4 Sistemi video nadzora.....	32
3.6.5 Sistemi za kontrolu pristupa	33
3.6.6 Protivpožarni sistemi.....	34
4. KOMUNIKACIONI PROTOKOLI U INTELIGENTNIM OBJEKTIMA	35
4.1 BACNET.....	37
4.2 LONWORKS	41
4.3 EIB/KNX.....	44
4.4 UPOREĐIVANJE BACNET-A, LONWORKS-A I KNX-A.....	48
4.5 BEŽIČNI PROTOKOLI	50
4.5.1 Z-Wave.....	50
4.5.2 EnOcean.....	50
4.5.3 ZigBee	50
4.5.4 Bluetooth	51
4.5.5 Wi-Fi.....	51
4.5.6 Poređenje karakteristika bežičnih protokola.....	51
4.6 ZAHTEVI PODSISTEMA ZA ODREĐENIM KARAKTERISTIKAMA PROTOKOLA	52
4.7 IOT - INTERNET OF THINGS.....	53
5. STUDIJA SLUČAJA	55
5.1 LOXONE KONTROLERSKI SISTEM	55
5.2 SISTEM RASVJETE.....	58
5.3 SISTEM SIGURNOSTI I BEZBIJEDNOSTI.....	60
5.4 SISTEM ZA UPRAVLJANJE TENDAMA I ZAVJESAMA.....	61
5.5 SISTEM KLIMATIZACIJE.....	62
5.6 SISTEM METEO STANICA.....	65
6. ZAKLJUČAK.....	70
LITERATURA	71

Lista skraćenica

AC (*Alternating Current*) – naizmjenična struja

BA (*Building Automation*) – automatizacija zgrada

BAS (*Building Automation System*) – sistemi automatizovanih zgrada

BMS (*Building Management System*) – menadžment sistemima automatizovanih zgrada

CA (*Communication Automation*) – automatizacija komunikacije

CPU (*Central Processing Unit*) – centralna procesorska jedinica

DC (*Direct Current*) – jednosmjerna struja

DVR (*Digital Video Recorder*) – digitalni video rekorder

EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) – izbrisiva programabilna memorija samo za čitanje

ETS (*Engineering Tool Software*) – softver za programiranje KNX sistema

HMI (*Human Machine Interface*) – interfejs između čovjeka i automatizovanog sistema

HVAC (*Heating, Ventilation and Air Conditioning*) – grijanje, ventilacija i klimatizacija

IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) – institut inženjera elektrotehnike i elektronike

IoT (*Internet of Things*) – Internet stvari

LAN (*Local Area Networks*) – lokalna računarska mreža

LNS (*LonWorks Network Services*) – LonWorks mrežni servisi

MTU (*Main Terminal Unit*) – glavna terminalna jedinica

OA (*Office Automation*) – automatizacija kancelarija

PTP (*Point to Point*) – od tačke do tačke

RAM (*Random Access Memory*) – operativna memorija

RF (*Radio Frequency*) – radio frekvencija

RGB (*Red, Green and Blue*) – crvena, žuta i plava

RGBW (*Red, Green, Blue and White*) – crvena, žuta, plava i bijela

ROM (*Read Only Memory*) – memorija samo za čitanje

RTU (*Remote Terminal Unit*) – udaljene terminalne jedinice

SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) – sistem za mjerenje, praćenje i kontrolu automatizovanih sistema

SNVT (*Standard Network Variable Types*) – standardni tipovi mrežnih varijabli

UHF (*Ultra high frequency*) – ultra visoka frekvencija

UTP (*Unshielded Twisted Pair*) – neoklopljena upredena parica

Lista naziva organizacija i komunikacionih protokola

ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers*)

BACnet

C-BUS

CEBUS (*Consumer Electronics Bus*)

DALI (*Digital Addressable Lighting Interface*)

DMX512 (*Digital Multiplex 512*)

EHS (*European Home System*)

EIB (*European Installation Bus*)

EIBA (*European Installation Bus Association*)

EIGB (*European Intelligent Building Group*)

EnOcean

HBS (*Home Bus System*)

IBI (*Intelligent Building Institute*)

IR (*Infra Red*)

KNX

LonWorks

M-Bus

RS-232

RS-485

X10

ZigBee

1. UVOD

Inteligentni objekti su nekada bili pojmovi daleke budućnosti, dok su danas realnost. Pri samom nastanku, tokom 80-tih godina prošlog vijeka, koncept inteligentna zgrada, odnosio se na pojedinačne automatizovane sisteme u zgradi. Razvoj elektronike, telekomunikacija i računara, uticao je na razvoj kontrolerskih i upravljačkih sistema u inteligentnim objektima. Tako da danas pojam inteligentna zgrada, podrazumijeva da su svi podsistemi u zgradi (sistemi rasvjete, sistemi ventilacije i klimatizacije, sistemi kontrole pristupa, protivpožarni sistemi) integrisani u funkcionalnu cjelinu. Povezivanjem sistema u jednu cjelinu, omogućava se međusobna interakcija između sistema, kao i zajedničko dijeljenje svih resursa [1]-[4].

Okosnicu inteligentnog objekta predstavljaju komunikacioni protokoli u njima, koji su zaduženi za komunikaciju svih podsistema. Autori koji se bave problematikom razvoja i integracije podsistema u inteligentnim objektima, akcenat stavljaju na samim komunikacionim protokolima [1]-[4], [9], [11]-[16], [27]-[36], [41]-[49] i posmatraju ih kao glavni preduslov da bi se uopšte mogla ostvariti interoperabilnost između podsistema.

U radu su predstavljeni komunikacioni protokoli u inteligentnim objektima, kao i problemi na koje se nailazi prilikom integracije različitih komunikacionih protokola, u cilju postizanja pune interoperabilnosti. Rad se sastoji od šest poglavlja. U prvom poglavlju prikazana su uvodna razmatranja. U okviru drugog i trećeg poglavlja su date definicije inteligentnih objekata, opisane karakteristike i predstavljena struktura tehničkih sistema u inteligentnim objektima, kao i njihove funkcionalne karakteristike i načini za njihovo međusobno povezivanje. Četvrto poglavlje je posvećeno detaljnoj analizi najčešće korišćenih komunikacionih protokola u inteligentnim objektima (BACnet, LonWorks i KNX). U petom poglavlju je prikazana jedna od mogućih realizacija inteligentnog objekta korišćenjem različitih komunikacionih protokola na primjeru Dukley Gardens-a. I na kraju, u okviru šestog poglavlja su prikazana zaključna razmatranja.

2. TEORIJSKI KONCEPT INTELIGENTNIH ZGRADA I NJIHOVA EVOLUCIJA

2.1 Definicija inteligentne zgrade

Pojam inteligentnih zgrada postao je popularan posljednje dvije decenije. U samom početku, većina sistema koji su se implementirali u zgradama, bili su nezavisni. Sa razvojem hardvera i softvera omogućena je integracija svih sistema, koji su ranije radili nezavisno jedan od drugog, u jedan funkcionalan sistem.

Tokom perioda razvoja inteligentnih objekata predlagane su različite definicije, ali su se i one vremenom mijenjale. Praktično je nemoguće jednoznačno definisati pojam inteligentne zgrade i ne postoji jedinstveno prihvaćena definicija u svijetu. Međutim, danas postoje različiti pristupi za definisanje inteligentnih zgrada, njihova osnovna podjela je na [1]-[3]:

- definicija na osnovu performansi (*performance based definitions*),
- definicija na osnovu servisa (*service based definitions*),
- definicija na osnovu sistema (*system based definitions*).

2.1.1 Definicija na osnovu performansi

Definicija na osnovu performansi opisuje inteligentnu zgradu kao skup karakteristika koje bi zgrada trebalo da posjeduje. Definicija na osnovu performansi više stavlja akcenat na zahtjeve korisnika koji trebaju biti ispunjeni, nego na samom hardveru i softveru koji će biti instalirani. Tako je na primjer EIGB (*European Intelligent Building Group*) definisala inteligentnu zgradu: “Inteligentna zgrada je građevina sagrađena tako da svojim korisnicima obezbijedi efikasno okruženje, a u isto vrijeme zgrada efikasno koristi i upravlja resursima, i minimizuje troškove eksploatacije uređaja i objekata” [1].

Drugi primjer definicije inteligentne zgrade na osnovu performansi dat je od strane IBI-a (*Intelligent Building Institute*) iz SAD-a, koja glasi: “Inteligentne zgrade obezbijedjuju efikasno, ugodno i prilagođeno okruženje zadovoljavajući četiri osnovna zahtjeva: strukturu, sistem, servis i menadžment, i optimizovanje njihovih međusobnih relacija” [1].

2.1.2 Definicija na osnovu servisa

Definicija na osnovu servisa opisuje inteligentne zgrade na osnovu usluga i kvaliteta koje zgrada pruža. Japanski institut je dao definiciju na osnovu servisa: „Inteligentna zgrada je zgrada sa uslužnim funkcijama komunikacije, automatizacije kancelarija i automatizacije zgrada“ [1]. Definicija na osnovu servisa, iz perspektive korisnika, može se sagledati sa četiri stanovišta [1]-[3]:

- pametne zgrade predstavljaju mjesto prijema i predaje informacija, i efikasne podrške menadžmentu,
- obezbijedjuje zadovoljstvo i komfor osobama koje rade i borave u njoj,

- racionalizacije upravljanja zgradom radi postizanja adekvatnih administrativnih servisa sa nižom cijenom,
- brzo, fleksibilno i ekonomično reagovanje na promjenu sociološkog okruženja, raznovrsne zahtjeve i aktivne poslovne strategije.

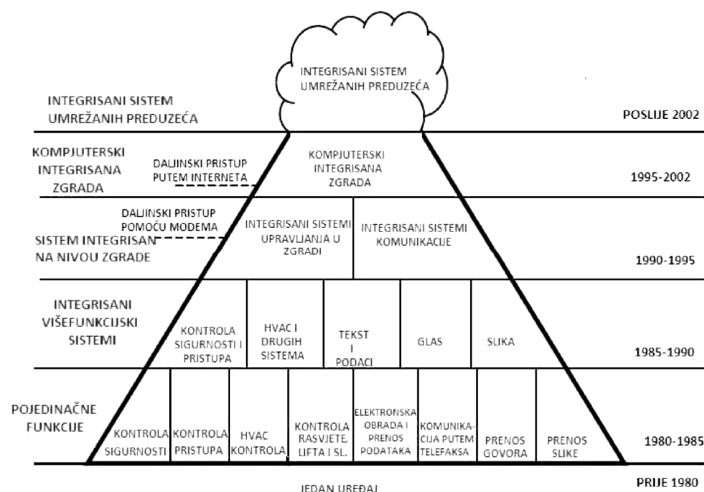
2.1.3 Definicija na osnovu sistema

Definicija na osnovu sistema opisuje inteligentnu zgradu na osnovu tehnologije i tehnoloških sistema koji su implementirani. Tipičan primjer definicije inteligentnih zgrada na osnovu sistema opisan je u kineskom standardu o inteligentnim zgradama (*Chinese IB Design Standard*), prema kojoj: “Inteligentna zgrada obezbjeđuje automatizaciju zgrade, automatizaciju kancelarija i sistem za komunikaciju, kao i optimalan sastav, objedinjujući strukture, sisteme, usluge i upravljanje, da bi se dobila zgrada sa visokom efikasnošću, udobnošću i sigurnošću korisnika” [1]. Često se u praksi susreće pojam 3A koji objedinjuje pojmove iz prethodne definicije, BA (*building automation*), CA (*communication automation*) i OA (*office automation*).

Iz prethodnih definicija se uočava da ne postoji jedinstvena definicija inteligentne zgrade. Međutim, bez obzira na definiciju, da bi zgrada bila inteligentna ona treba prvenstveno da arhitektonski zadovoljava određene uslove, tj. da se savršeno uklapa u prirodni ambijent, i da je izgrađena od savremenih materijala, koji su po prirodi fleksibilni i lako se prilagođavaju različitim uslovima (npr. inteligentna fasada, bravarija, koje regulišu intezitet svjetlosti, temperaturu vazduha u objektu...). U kombinaciji sa naprednim tehnologijama i automatizovanim sistemima čine potpuno kompaktnu cjelinu, zadovoljavajući najveće standarde u pogledu funkcionalnosti, energetske efikasnosti i sigurnosti.

2.2 Evolucija inteligentnih zgrada

Koncept inteligentne zgrade postao je popularan 1980, tokom godina sam koncept se mijenjao, u pogledu šta se sve obuhvata pod pojmom inteligentne zgrade. 1984. godine se pojavljuje i prvi članak u New York Times-u, koji opisuje pametne zgrade kao “nove generacije objekata koji gotovo mogu sami da misle” [4], a u tehničkom pogledu predstavljale su spoj dvije tehnologije koje nezavisno upravljaju različitim sistemima. Na slici 1 je prikazana vremenska piramida razvoja inteligentnih sistema u objektima.

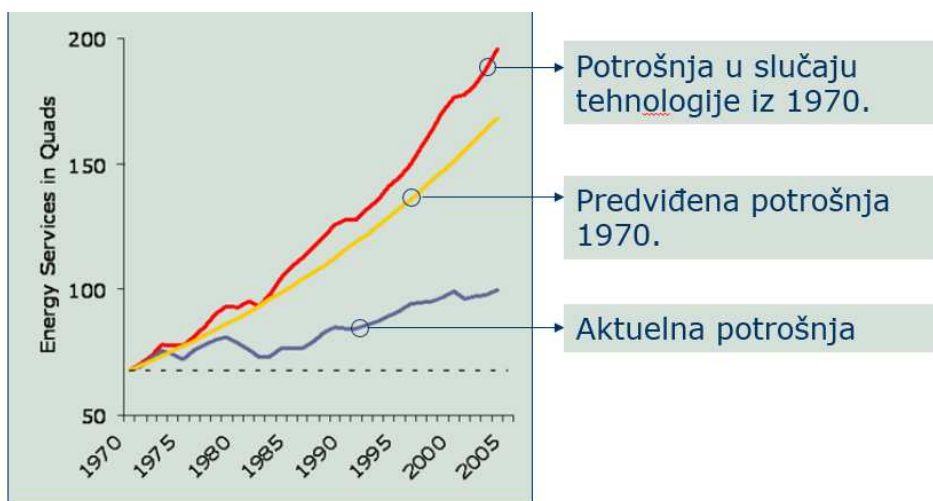


Slika 1: Grafički prikaz razvoja inteligentnih zgrada [3]

Na slici 1 se uočava da u samom početku pojam, inteligentne zgrade bio je vezan za različite podsisteme (kontrola rasvjete, HVAC, sigurnosti, pristupa, prenosa i obrade podataka) koji su funkcionisali nezavisno jedan od drugog. Razvojem elektronike i informacionih tehnologija razvijali su se i sami podsistemi. Samim njihovim razvojem u periodu do 1985 do 1990 bilo je omogućeno povezivanje podsistema sličnih karakteristika i funkcionalnosti. Zatim, u periodu od 1990 do 1995 omogućena je integracija svih prethodno nezavisnih podsistema u dva nezavisna sistema, jedan sistem je bio zadužen za upravljanje u zgradama, dok je drugi sistem bio zadužen za komunikacije. Njima je bilo moguće upravljati pomoću telefonskih mreža koristeći uređaje koji su posjedovali modem. Period od 1995 do 2002 obilježen je mogućnošću integracije svih podsistema u jednu funkcionalnu cjelinu, kojom se upravljalo pomoću računarskog sistema. Samim tim što je upravljao računarski sistem, omogućeno je bilo daljinsko upravljanje i nadzor svih podsistema putem Interneta. Nakon 2002 sistemi inteligentnih zgrada pružaju mogućnost interaktivnog povezivanja zgrada međusobno formirajući funkcionalne cjeline. Da bi se danas ostvarila integracija inteligentnih objekata na nivou grada popularna pod nazivom “Smart cities”.

2.3 Osnovni razlozi automatizacije zgrada

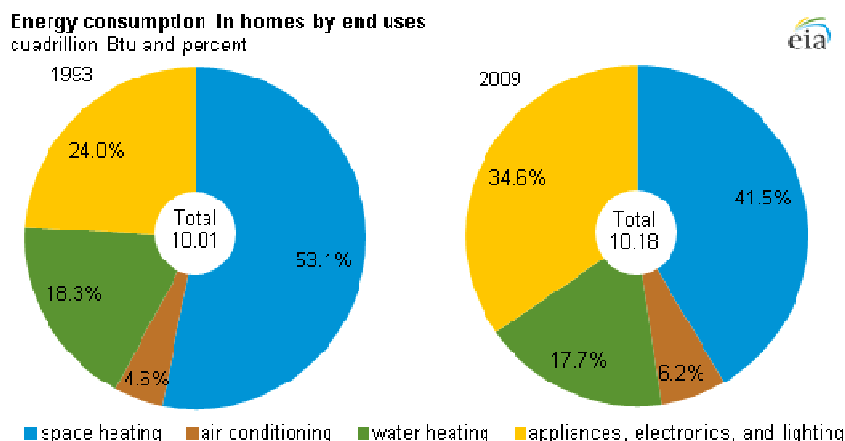
Značaj i uticaj primjene naprednih sistema najbolje se može uočiti sagledavanjem studije predviđanja potrošnje električne energije, slika 2, koja je urađena od strane U.S. Department Energy-a u SAD-u 1970 godine. Glavni uticaj na smanjenje potrošnje električne energije u odnosu na predviđanja, imali su razvoj poluprovodničkih komponenti i elektronike koji su omogućili razvoj različitih tipova kontrolerskih i upravljačkih sistema, koji su našli primjenu u gotovo svim električnim uređajima [6].



Slika 2: Predviđanja potrošnje električne energije u periodu od 1970 do 2005 godine [6]

Studije potrošnje električne energije u SAD-u procjenjuju da rezidencijalni objekti troše 37%, komercijalni objekti 35% i industrija 27% ukupne potrošnje električne energije [7]. S obzirom da je ukupna potrošnja električne energije u različitim tipovima objekata preko 70%, ova studija u potpunosti opravdava sve napore koji su do sada uloženi u razvoj inteligentnih sistema koji su našli primjenu u različitim tipovima objekata, i ukazuje na važnost daljih ulaganja u ovoj oblasti.

Primjena naprednih tehnologija i inteligentnih sistema, uticala je i na promjenu potrošnje električne energije određenih podsistema u objektu, kao i ukupnu potrošnju koja je porasla za 1,66%. Na slici 3 je prikazan uporedni grafik potrošnje električne energije na primjeru rezidencijalnog objekta 1993 i 2009 godine. Potrošnje električne energije je izražena u mjernoj jedinici Btu¹ [8].



Slika 3: Potrošnja električne energije rezidencijalnog objekta po podsistemima 1993 i 2009 godine [8]

BAS (*Building Automation System*) i BMS (*Building Management System*) su osnovni pojmovi kada se govori o sistemima inteligentnih zgrada. Ovi pojmovi se često upotrebljavaju za različite oblike automatizacije u zgradama, mogu se odnositi na veći ili manji broj kontrolerski upravljanih sistema koji imaju specijalnu namjenu, i koji mogu biti povezani na centralizovani računarski sistem. Svaki od specijalizovanih sistema namijenjen je za kontrolu određene grupe uređaja (rasvjeta, alarmni sistemi, klimatizacija, multimedia, itd.). Kombinacijom, prethodno pomenutih sistema u jedinstven sistem ostvaruju se mnogi benefiti, neki od najznačajnijih su [3]:

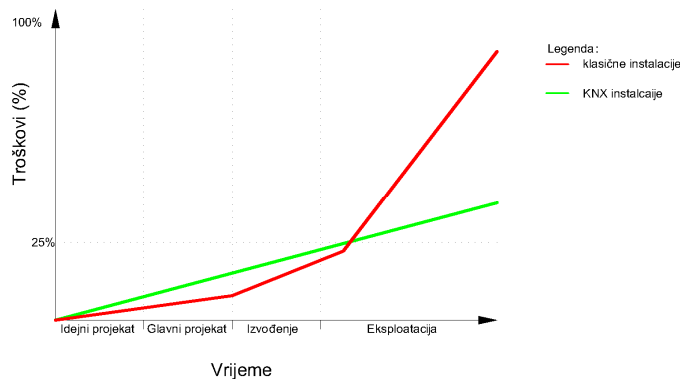
- povećanje pouzdanosti postrojenja ili servisa,
- smanjenje troškova eksploatacije,
- povećanje produktivnosti zaposlenih,
- zaštita ljudi i opreme,
- efikasan menadžment zgradom.

Povećanje pouzdanosti postrojenja ili servisa ima za cilj da obezbijedi rad sistema u normalnim uslovima, bez prekida rada izazvanih kvarovima sistema. Svaki prekid rada sistema ili servisa ima za posledicu troškove, koji nastaju usled prekida rada sistema i osposobljavanja sistema za rad. U tom pogledu BAS omogućava kontinualno praćenje i preventivno djelovanje, samim tim ostvaruju se značajne uštede i produžava se životni vijek sistema.

Smanjenje troškova eksploatacije se postiže smanjenjem operativnih troškova najvećih potrošača unutar zgrade, a to su grijanje, hlađenje, ventilacija, rasvjeta. Osnovna uloga BAS-a je da smanji potrošnju električne energije na najmanji mogući nivo, a pri tom da se ne ugrozi funkcionisanje cjelokupnog sistema. Takođe, BAS smanjuje broj osoba koje su potrebne za odžavanje i

¹ Btu (*British thermal unit*), 1 quadrillion Btu=2.93×10¹¹ kWh

upravljanje sistemima, što značajno utiče na smanjenje ukupnih operativnih troškova. Primjer operativnih troškova tokom instalacije i eksploatacije prikazan je na slici 4 poređenjem klasične i KNX instalacije. Uočava se, da je cijena instalacije inteligentnih sistema veća u odnosu na klasičnu instalaciju, ali takođe se uočava, da su troškovi u eksploatacionom periodu znatno manji u poređenju sa konvencionalnom instalacijom.

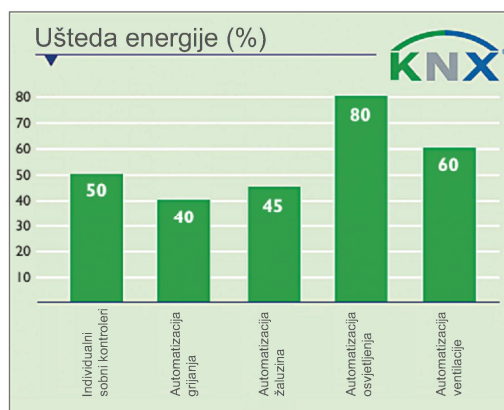


Slika 4: Operativni troškovi klasične i KNX instalacije tokom implementacije i eksploatacije [9]

Povećanje produktivnosti zaposlenih, je jedan od benefita koje omogućava BAS, ali za razliku od prethodno pomenutih benefita, nije lako mjerljiv, ali je svakako uočljiv. Sami komfor koji omogućava BAS i poboljšani uslovi za rad utiču na povećanje produktivnosti zaposlenih.

Zaštita ljudi i opreme je jedan od najvažnijih, ako ne i najvažni benefit, koje obezbjeđuje BAS. Uglavnom BAS se realizuje na nivou zgrade, čija je uloga slanje upozorenja operateru ili službi bezbjednosti u slučaju pojave dima, vatre, provale ili u slučaju prestanka rada nekog od sistema. Pored toga, ima mogućnost kontrole pristupa i monitoring objekta.

Efikanas menadžment zgradom se postiže korišćenjem naprednih tehnologija i platformi koje poboljšavaju i proširuju mogućnosti instalirane opreme u objektu. Efikanas menadžment omogućava upravljanje i monitoring resursima i njihovo maksimalno iskorišćavanje. Na slici 5 je prikazan grafik uštede energije za svaki podsistem pojedinačno koji može biti ostvaren efikasnim menadžmentom. Studija dobijanja maksimalne uštede električne energije primjenom efikasnog menadžmenta odrađena je korišćenjem KNX sistema. Veoma slični rezultati se dobijaju korišćenjem drugih inteligentnih sistema u zgradama.



Slika 5: Ušteta energije ostvorena efikasnim menadžmentom [9]

3. ELEMENTI SISTEMA (KONTROLERI, SENZORI, AKTUATORI, KOMUNIKACIONI PODSISTEMI, SCADA)

3.1 Arhitektura kontrolera

Za upravljanje različitim sistemima unutar zgrade zaduženi su različiti tipovi kontrolerskih sistema. Svaki pojedinačni kontroler je projektovan tako da omogući upravljanje određenom grupom uređaja (rasvjetom, grijanjem, hlađenjem, ventilacijom, protivpožarnim sistemima). Kontroler funkcioniše na način što prikuplja podatke, obrađuje i na osnovu njih izvršava naredbe. Još jedna veoma bitna karakteristika koju kontroleri posjeduju je komunikacija, koja se može odvijati između samih kontrolera iste ili različite namjene, ili između kontrolera i nekog centralizovanog računarskog sistema.

Svaki upravljački sistem, bez obzira na njegovu namjenu, se sastoji od [1]:

- kontrolera,
- senzora,
- aktuatora.

3.1.1 Kontroleri

Osnovni elementi kontrolera su [3]:

- centralna procesorska jedinica (CPU),
- memorija,
- ulazni modul,
- izlazni modul i
- komunikacioni modul.

Centralna procesorska jedinica je osnovna komponenta svakog kontrolerskog sistema. Za različite tipove kontrolerskih sistema koriste se različiti tipovi CPU-a. Osnovna razlika između procesorskih komponenti je brzina procesora i arhitektura procesora. Nekada je bila zastupljena 8-bitna arhitektura, dok se danas uglavnom primijenjuju 16-bitna i 32-bitna. Osnovna uloga CPU-a je izvršavanje programa, nadgledanje ulaza, upravljanje izlazima i ostvarivanje komunikacije. Za izvršavanje prethodno nabrojanih radnji, neophodno je da CPU bude realizovan iz dvije cjeline, aritmetičko-logičke i upravljačke jedinice.

Pored CPU - a sastavni dio svakog kontrolera je memorija, koja može biti [3]:

- sistemska ROM (*Read Only Memory*) i
- korisnička RAM (*Random Access Memory*).

ROM memorija je namijenjena samo za čitanje podataka koji su u njoj sačuvani, i ne mogu biti izbrisani usled prekida napajanja kontrolera. U ROM memoriji je sačuvan operativni sistem kontrolera i korisnički program u binarnom obliku. Postoji više tipova ROM memorija, ali se

pretežno koristi EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) koja se može mijenjati kada se mijenja korisnički program.

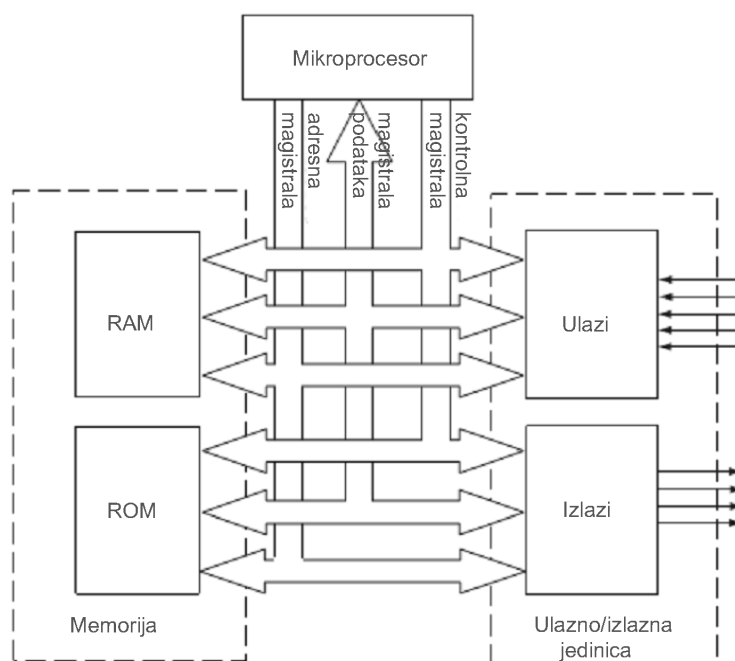
RAM memorija je namijenjena za trenutno čuvanja podataka, i nema mogućnost trajnog čuvanja podataka. Memorija je podijeljena u segmente, od kojih svaki segment ima posebnu funkciju. Jedan dio memorije se koristi za čuvanje stanja ulaza i izlaza, dok se u drugom dijelu čuvaju vrijednosti internih promjenljivih, tajmera, brojača.

Osnovna namjena ulaznog modula je prihvatanje ulaznih signala, koje generišu različiti tipovi senzora, i prilagođenje za smještaj u memoriju. Da bi se zaštitio sam kontroler, kao intrfejs između ulazne jedinice i CPU-a postavljala se opto-izolator. Postavljanjem opto-izolatora unutar ulazne jedinice, omogućeno je da se signal prenosi optički, što osigurava CPU od neželjenih napona koji bi se mogli pojaviti usled određenih kvarova i spojeva na senzorima.

Izlazni moduli služe za povezivanje kontrolera i uređaja kojim se upravlja. Izlazni moduli mogu biti analogni i digitalni. Najčešće upravljani uređaju su releji, solenoid i motori. Za njihovu izvedbu se takođe koriste opto-izolatori, za razliku od ulaznih modula kod kojih je senzor pobuđivao opto par, kod izlaznih modula CPU pobuđuje opto par i tako aktivira neku izlaznu jedinicu.

Komunikacioni modul zadužen je za komunikaciju sa računarom, distribuiranim periferijama, drugim kontrolerima, operatorskim panelima, centralizovanim računarima. Uglavnom kontroleri u sebi imaju ugrađen 1 ili 2 komunikaciona modula (npr. Ethernet, RS-485...), koji služe za programiranje i komunikaciju, a u zavisnosti od namjene i tipa kontrolera, određeni kontroleri omogućavaju proširenje komunikacije sa modulima koji podržavaju poznate komunikacione protokole (BACnet, LonWorks, KNK/EIB, Modbus, Profibus, ASi...).

Na slici 6 je prikazana arhitektura unutrašnjosti kontrolera. Za komunikaciju između svih elemenata kontrolera zadužena je interna magistrala (CPU, RAM, ROM, ulazi, izlazi..).



Slika 6: Arhitektura kontrolera [1]

Za upravljanje svim podsistemima u inteligentnim zgradama koriste se različiti kontrolerski sistemi. U najvećem broju slučajeva, svaki podsistem instaliran u zgradi koristi kontrolerski sistem specijalno razvijen za upravljanje njime. Što predstavlja otežavajuću okolnost, u koliko se želi ostvariti interoperabilnost između svih podsistema u zgradi. Čak se može desiti i situacija da određeni kontrolerski sistemi uopšte nemaju mogućnost povezivanja sa drugim sistemima. Veoma je bitno, u fazi planiranja podsistema u inteligentnim zgradama, birati kontrolerske sisteme koji između sebe imaju mogućnost komunikacije, i na taj način obezbijediti interoperabilnost. Najlakši način za ostvarivanje interoperabilnosti je korišćenje kontrolera koji podržavaju neki od otvorenih standarda namijenjenih za upravljanje podsistemima u inteligentnim zgradama, kao što su BACnet, LonWorks, KNX [1]-[4].

3.2 Senzori

Senzori su osnovna “čula” svakog kontrolera. Senzori detektuju fizičke veličine koje se mjere i konvertuju ih u neki drugi oblik prihvatljiv za kontroler. Postoji veliki broj različitih tipova senzora. Bez obzira na tip senzora, svaki senzor se sastoji od sledećih elemenata:

- detektor je uređaj koji prima signale iz mjerene sredine (kao što su brzina, pritisak, temperatura, zračenje, magnetno polje...) i na osnovu njih generiše izlazni signal koji zavisi od izmjerene vrijednosti,
- transdžucer je uređaj koji konvertuje signal koji se dobija na izlazu modula za detekciju u odgovarajući signal drugog oblika. Ovaj modul se često naziva i pretvarački modul.
- pojačavač vrši uobličavanje signala. Uglavnom, dobijeni signali su veoma mali, pa ih je potrebno uobličiti i pojačati.

Često se u praksi transdžucer i pojačavač izvode kao jedan uređaj, čija je funkcija filtriranje šuma, pojačanje signala, usrednjavanje tokom vremena i linearizacija signala.

Postoje različite podjele senzora, neke od podjela su na osnovu:

- izlaznog signala senzora,
- napajanja senzora,
- veličine koje mjere.

Podjela na osnovu izlaznog signala senzora je na:

- analogni senzori, na svom izlazu generišu kontinualan signal, vrijednosti 0-10 V ili 4-20 mA. Izlazni signal senzora je srazmjeran mjerenoj veličini, sama informacija o vrijednosti sadržana je u amplitudi izlaznog napona ili struje,
- digitalni senzori na svom izlazu daju diskretnu vrijednost, koja se interpretira kao logička 0 ili 1. Na izlazu senzora se može pojaviti samo jedna od unaprijed definisanih vrijednosti.

Senzori, prema izvoru napajanja, dijele se na:

- pasivni senzori zahtijevaju dodatno napajanje za generisanje izlaznog signala (kapacitivni, induktivni..),
- aktivni senzori sami generišu izlazni signal, tj. generišu izlazni signal na račun spoljašnjeg uticaja na senzor (elektromagnetni, termoelektrični...).

Prema veličinama koje mjere senzori se dijele na [5]:

- električne,
- mehaničke,
- akustične,
- hemijske,
- optičke,
- termičke.

Prilikom odabira senzora mora se voditi računa o njegovim karakteristikama, neke od karakteristika su:

- osjetljivost senzora predstavlja odnos promjene izlazne veličine usled promjene mjerene veličine. Osjetljivost senzora se za datu vrijednost mjerene veličine određuje nakon dostizanja stacionarnog stanja, kao odnos priraštaja izlazne veličine i priraštaja mjerene veličine $S = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x}$.
- rezolucija senzora je definisana kao najmanja promjena mjerene veličine koja može biti detektovana,
- tačnost senzora predstavlja razliku između izmjerene veličine i njene stvarne vrijednosti,
- preciznost senzora predstavlja sposobnost senzora da obezbijedi određeni broj očitavanja unutar date klase tačnosti,
- linearnost, teži se da izlazni signal senzora bude linearna funkcija mjerene veličine, u većini slučajeva teško se postiže zbog upotrebe nelinearnih elemenata,
- brzina odziva senzora predstavlja vrijeme koje je potrebno da se dostigne 63% vrijednosti mjerene veličine u stacionarnom stanju.

U posljednje vrijeme inteligentni senzori postaju sve popularniji, oni osim standardnih funkcija detektovanja, kondicioniranja, obrade signala, signal pretvaraju u digitalnu informaciju, a zatim je nekim od komunikacionih protokola prosleđuju do mjerno - upravljačkih uređaja.

Svaki podsistem instaliran u inteligentnoj zgradi ima svoje senzore, razvijene upravo po potrebi podсистema. Jedan od benefita, koji se ostvaruje povezivanjem podсистema u cjelinu, je mogućnost međusobnog korišćenja resursa. Što rezultira efikasnijim radom cijelog sistema i smanjenjem broja potrebnih uređaja. Na primjer, senzor prisustva koji je dio podсистema sigurnosti i bezbjednosti, može se koristiti za upravljanje rasvjetom, koja je potpuno nezavisan sistem. U inteligentnim zgradama se upotrebljava veliki broj različitih tipova senzora, koji se mogu podijeliti po podсистemima kojima su originalno namijenjeni:

- sistemi sigurnosti i bezbjednosti (detektor pokreta, detektor prisustva, magnetni kontakti, čitači kartica, biometriški čitači, senzori protivprovale, senzori loma stakla),
- protivpožarni sistemi (protivpožarni senzori, termički senzori, senzori dima),
- sistemi ventilacije i klimatizacije (temperaturni senzori, senzori pritiska, senzori vlažnosti, senzori CO_2),
- sistemi rasvjete (senzor inteziteta svjetlosti).

Navedeni su neki od najčešće korišćenih tipova senzora u inteligentnim zgradama. Pored navedenih senzora, u inteligentnim zgradama mogu biti instalirani i drugi tipovi senzora, što zavisi od namjene zgrade i zahtjeva za instaliranim sistemima u zgradi.

3.3 Aktuatori

Aktuatori su izvršni organi preko kojih kontroler upravlja nekim tehnološkim procesom ili procesnim veličinama. Neki od najzastupljenih aktuatora su [5]:

- elektromagnetni,
- piezoelektrični,
- elektrostatički,
- hidroulični,
- pneumatski...

Prema načinu kontrole aktuatori se dijele na digitalne i analogne. Digitalna kontrola omogućava ON/OFF upravljanje, dok analogna kontrola omogućava kontinualno upravljanje aktuatorima. Nekim aktuatorima nije moguće direktno upravljati pomoću analognih i digitalnih izlaza, već ti aktuatori posjeduju sopstvena upravljačka kola. Specijalizovanim upravljačkim kolima, glavni kontrolerski sistem može upravljati pomoću analognih ili digitalnih izlaza. Međutim, češća je situacija da upravljačka kola imaju mogućnost povezivanja sa glavnim kontrolerskim sistemom putem nekog od standardizovanih protokola (RS-485, RS-232, Modbus, Profibus, BACnet, LonWorks), što omogućava efikasnije upravljanje i lakšu razmjenu informacija između sistema. Primjer specijalizovanog upravljačkog sistema je frekventni regulator, koji je sprega između glavnog kontrolerskog sistema i aktuatora, u ovom slučaju asihronog motora. Najčešće korišćeni aktuatori u BMS-u su elektromagnetni. Elektromagnetni aktuatori mogu biti: kontaktori, solenoidi, elektromagnetni ventili, različiti tipovi motora (AC/DC)...

Kao i kod senzora, u inteligentnim zgradama, aktuatorima koji su dio jednog podsistema, moguće je upravljati svim podsistemima. Primjer takvog upravljanja je protivpožarni sistem, koji može upravljati aktuatorima sistema ventilacije i klimatizacije. Kao i kod senzora, i aktuatore možemo podijeliti po sistemima gdje su originalno namijenjeni:

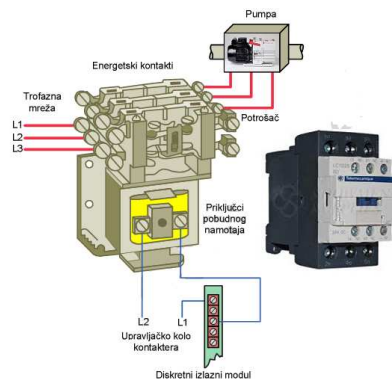
- sistemi sigurnosti i bezbjednosti (električne brave, rampe),
- protivpožarni sistemi (protivpožarne klapne, ventili sprinkler sistema),
- sistemi ventilacije i klimatizacije (pumpe, kompresori, ventilatori, klapne),
- sistemi rasvjete (kontaktori, dimeri).

Navedeni su neki od najčešće korišćenih aktuatora, podijeljenih po podsistemima. Pored navedenih aktuatora, u ineligentnim zgradama, mogu biti instalirani i drugi tipovi aktuatora, što zavisi od namjene zgrade i zahtjeva za instaliranim sistemima u zgradi.

3.3.1 Kontaktori

Kontaktori su specijalna vrsta releja namijenjenih za upravljanje snažnim potrošačima. Pretežno se koriste za upravljanje potrošačima od 2 KW do 300KW. Upravljački naponi namotaja kontaktora su standardni i kreću se u rasponu od 12 V do 220V (DC ili AC). U praksi se koriste jednopolni i

tropolni kontaktori, dok je ređa upotreba četvoropolnih kontaktora. Takođe većina kontaktora ima mogućnost proširenja sa pomoćnim kontaktima, strujnim i naponskim zaštitama, mehaničkim blokadama. Na slici 7 je prikazan izgled kontaktora [5].



Slika 7: KONTAKTOR [5]

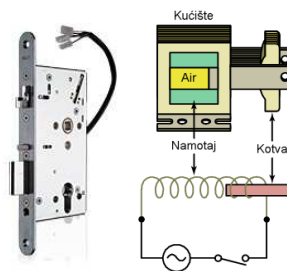
Posebnu vrstu kontaktora čine kontaktori za motore. Kontaktori za motore imaju ugrađen dodatni relej za prekostrujnu zaštitu. Releji za prekostrujnu zaštitu obično su termički i u sebi sadrže bimetalne trake, koje se usled preopterećenja motora zagrijevaju i savijaju. U slučaju preopterećenja koje je veće od dozvoljenog, kontakti se usled zagrijavanja toliko saviju da prekinu napajanje pobude kontaktora. Prekidanjem napajanja pobude, kontaktor otvara svoje energetske kontakte. Kada se otvore kontakti prekidom prekostrujne zaštite, prekid se pamti mehaničkim leč kolom i time sprečava automatsko ponovno uključivanje. Da bi kontaktor nastavio da radi potrebno ga je resetovati ručno ili automatski. Na slici 8 je prikazan izgled kontaktora za motore [5].



Slika 8: KONTAKTOR ZA MOTORE [5]

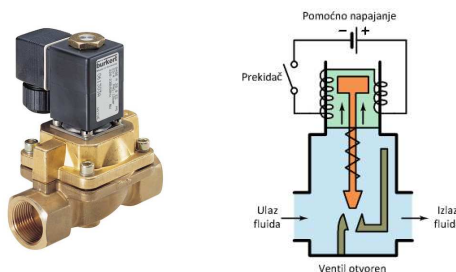
3.3.2 Solenoid

Solenoidi su još jedan tip aktuatora koji su našli široku primjenu u inteligentnim zgradama. Solenoidi spadaju u grupu elektromehaničkih aktuatora, koji pod dejstvom elektromagnetne sile proizvedene u pobudnom namotaju vrši neki tip mehaničkog rada. Uglavnom se pojavljuju kao elektronske brave i elektroventili. Na slici 9 je prikazana principijelna šema električne brave i električna brava [5].



Slika 9: Električna brava i principijelna šema električne brave [5]

Posebna vrsta solenoida koja kontroliše protok fluida kroz neki sistem je elektromagnetni ventil. Upravljanjem pobudnom strujom namotaja reguliše se položaj pokretnog dijela ventila (kotve), i tako sprečava ili dozvoljava protok fluida. Na slici 10 su prikazani elektromehanički ventil i njegova principijelana šema [5].



Slika 10: Elektro ventil i njegova principijelna šema [5]

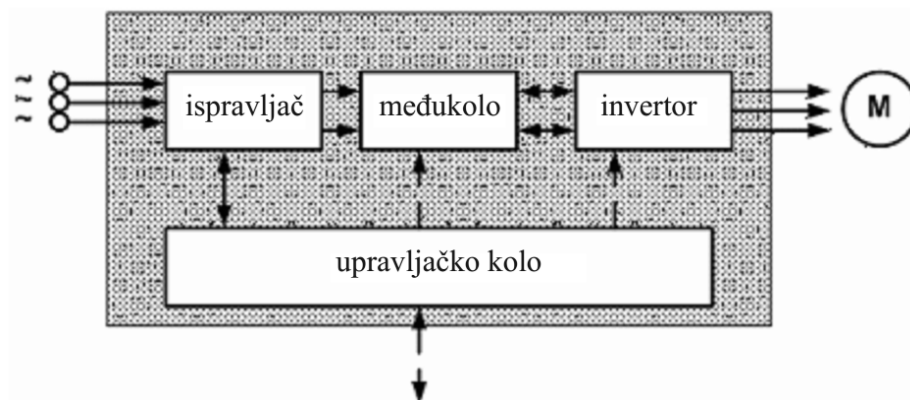
3.3.3 Motori i regulatori

Električni motori imaju veoma veliku primjenu u BAS-u. Najčešće se susreću kao pumpe, ventilatori, motori za liftove, motori za tende, motori za zavjese, itd. Prema vrsti napajanja koju koriste motori se mogu podijeliti na jednosmjerne (DC) i naizmjenične (AC). U jednosmjerne spadaju koračni (*step*) motori, motori bez četkica (*brushless*), servo motori. Motori jednosmjerne struje se koriste u aplikacijama manjih snaga i veće preciznosti, dok se naizmjenični (sinhroni, asihroni) motori koriste na mjestima gdje je potrebna veća snaga, i manja preciznost. Način upravljanja motorima zavisi od tipa, snage i namjene motora. U koliko je motorima potrebno upravljati ON/OFF to se može realizovati pomoću kontaktora za motore, u koliko nije dovoljno ON/OFF upravljanje, postoje specijalizovani kontroleri za upravljanje svakim tipom motora [5].

Za upravljanje asihronim motorima koriste se frekventni regulatori. Frekventni regulatori su elektronski uređaji koji omogućavaju upravljanje brzinom asihronog motora. Pored osnovne funkcije upravljanja brzinom, frekventni regulatori omogućavaju zaštitu motora, alarmiranje, procesno upravljanje u zatvorenoj petlji, kao i mogućnost povezivanja sa različitim tipovima kontrolera i upravljačkih jedinica putem komunikacionih protokola (RS-485, Modbus, Profibus, BACnet, LonWorks).

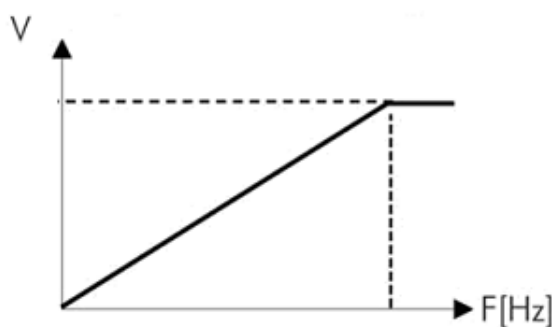
Na slici 11 je prikazana principijelna šema frekventnog regulatora. Uloga pretvarača je da mrežni AC napon pretvara u pulsirajući DC napon. Međukolo ispravlja DC napon i prosleđuje ga do invertora. Invertor dobijeni DC napon pretvara u AC napon određenog inteziteta i frekvencije.

Upravljačko kolo je mikroprocesorski sistem namijenjen za upravljanje ispravljačem, međukolom i inverterom, kao i prikupljanje informacija sa različitih tipova senzora instaliranih na motoru. Frekventni regulator ima mogućnost rada u više režima. Odabrani režim rada, se po određenom algoritmu, izvršava u upravljačkom kolu.



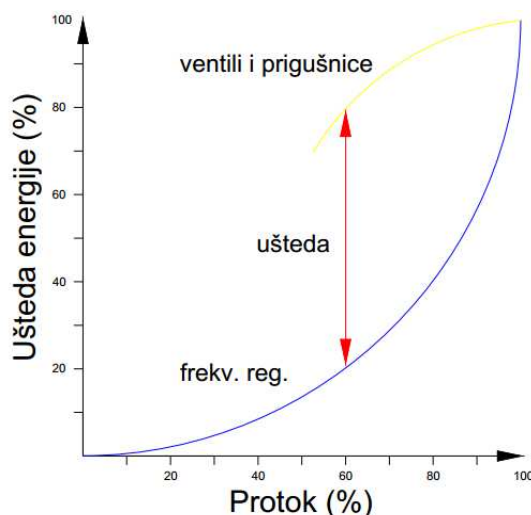
Slika 11: Principijelna šema frekventnog regulatora [10]

Frekventni regulator reguliše zajedno izlazni napon i frekvenciju. Teži se postići linearna zavisnost izlazne frekvencije i napona, što je prikazano na slici 12. Održavanjem konstantnog odnosa napona i frekvencije, na osovini motora obezbijuje se konstantan moment.



Slika 12: Zavisnost izlazne frekvencije i napona frekventnog regulatora [10]

Asihroni motori sa frekventnom regulacijom u inteligentnim objektima se susreću kao pumpe, ventilatori i kompresori. Kao što je rečeno, značajne uštede energije se mogu ostvariti primjenom frekventne regulacije. Na slici 13 je prikazan uporedni grafik potrošnje energije korišćenjem konvencionalnih načina (ventila, prigušnica) i frekventne regulacije [10].



Slika 13: Ušteta energije korišćenjem frekventne regulacije [10]

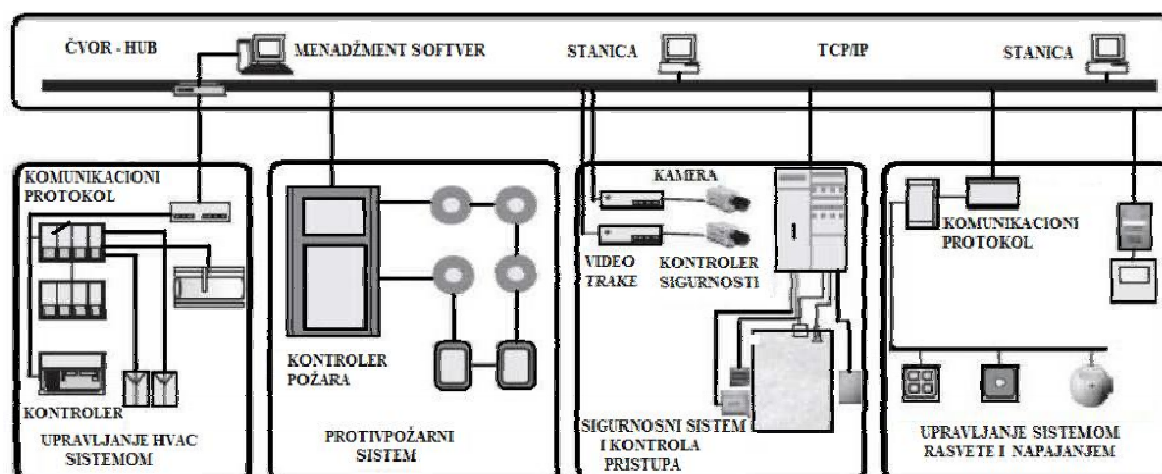
3.4 Komunikacija

Cijeli koncept BAS-a ima za cilj da omogući međusobnu komunikaciju svih sistema instaliranih u inteligentnim zgradama. Od samog nastanka koncepta inteligentne zgrade pa do danas, nastao je veliki broj komunikacionih protokola koji su namijenjeni da upravljaju samo određenim podsistemom ili dijelom podсистema unutar zgrade, i nemaju mogućnost direktne komunikacije sa svim sistemima u zgradi. Na primjer, unutar zgrade dio rasvjete se kontroliše preko DMX512 (*Digital Multiplex*) protokola, a drugi dio preko DALI (*Digital Addressable Lighting Interface*) protokola, samim tim što su različiti protokoli, nemaju mogućnost direktnog povezivanja svih svjetiljki u jedan sistem inteligentne zgrade. Da bi se ostvarila komunikacija između različitih sistema potreban je hardverski uređaj koji se naziva gateway [1]-[2].

Razlog postojanja velikog broja različitih protokola za komunikaciju između sistema proističe iz različite namjene sistema i njihove kompleksnosti. Osnovne razlike su veličina informacije koja se prenosi (bit, bajt, poruka), način slanja i primanja informacija, brzina kojom se informacije prenose, medijum kojim se prenose [12]-[16]...

Na slici 14 je prikazan način povezivanja više različitih podсистema u jedan centralizovani sistem, koji služi za monitoring i upravljanje svim podсистemima. Svi sistemi komuniciraju putem Ethernet mreže. Pojedini sistemi nemaju mogućnost direktne komunikacije putem Ethernet-a, već su za komunikaciju preko Ethernet-a korišćeni gateway-i [11].

Povezivanje svih sistem u jedan sistem, ostvaruju se mnogi benefiti u pogledu monitoringa i upravljanja sistemima. Postoje različiti softverski paketi koji omogućavaju upravljanje i nadgledanje svih sistema instaliranih u zgradi, ali u principu svaki menadžment softver obavlja istu ulogu (prikupljanje, obrada, čuvanje, analiza informacija, upravljanje...). Menadžment softveri su prilično fleksibilni, zbog činjenice da se moraju lako prilagoditi različitim tipovima inteligentnih zgrada i sistema instaliranih u njima.



Slika 14: Primjer instaliranih sistema u inteligentnim zgradama [11]

Razvoj novih tehnologija i načina same organizacije BAS-a je uticao na smanjenje poteškoća prilikom integracije različitih podsistema. Organizacija BAS-a se može podijeliti na [11]:

- nivo polja,
- nivo automatizacije,
- nivo menadžmenta.

Tehnički gledano, može se vršiti integracija na svim nivoima. Međutim, u koliko postoji mogućnost najbolje je koristiti jedan otvoreni protokol (BACnet, LonWorks, KNX) za integraciju na svim nivoima. Ili, u koliko postoji potreba za integracijom BAS-a sa drugim poslovnim sistemima da to se odvija na višim nivoima.

3.5 SCADA

SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) je računarski sistem namijenjen za monitoring i upravljanje određenim kontrolerskim sistemom. Kompleksnost SCADA sistema zavisi od načina organizacije SCADA sistema (centralizovani, decentralizovani) i kompleksnosti sistema upravljanja. Međutim, bez obzira na organizaciju, uloga SCADA sistema je da vrši akviziciju, obradu, čuvanje podataka, vizuelizaciju prikupljenih i obrađenih podataka, i upravljanje distribuiranim sistemima. SCADA sistem može se podijeliti u tri cjeline [17]:

- glavna stanica MTU (*Main Terminal Unit*),
- udaljene terminalne jedinice RTU (*Remote Terminal Unit*),
- komunikaciona infrastruktura.

Glavna stanica se još naziva nadzorno-upravljački centar, njegova uloga je prikupljanje informacija od distribuiranih sistema i upravljanje njima. Glavna stanica se može sastojati od jednog ili više računarskih sistema koji opslužuju cijeli sistem. Specijalizovani softver koji se izvršava na centralizovanim računarima se naziva HMI (*Human Machine Interface*). HMI omogućava grafički prikaz cijelog sistema, kao i upravljanje i interakciju sa integrisanim sistemima. Pomoću mimičkih dijagrama, operateru se omogućava upravljanje cijelim sistemom na lak i intuitivan način [17].

Udaljene terminalne jedinice RTU, su distribuirane mikroprocesorske jedinice, koje su namijenjene za prikupljanje podataka od senzora, obradu podataka, upravljanje na lokalnom nivou, kao i komunikaciju sa centralizovanim računarskim sistemom [17].

Da bi se omogućila implementacija SCADA sistema, mora postojati komunikacija između svih djelova sistema. Komunikacija između djelova sistema može se odvijati pomoću različitih protokola, ali se teži, u koliko je moguće, da se koristi što je moguće manji broj različitih komunikacionih protokola.

3.6 Sistemi u inteligentnim zgradama

3.6.1 Sistem kontrole rasvjete u inteligentnim zgradama

Zadatak svakog sistema rasvjete je da obezbijedi dovoljnu vidljivost u slučajevima kada dnevna svjetlost nije dostupna u dovoljnoj mjeri. Uloga sistema osvjetljenja je da obezbijedi [1]:

- funkcionalnost i fleksibilnost prostora;
- uštedu električne energije;
- vizuelni komfor u prostoru;
- zakonske uslove i
- dinamično i dramatično okruženje.

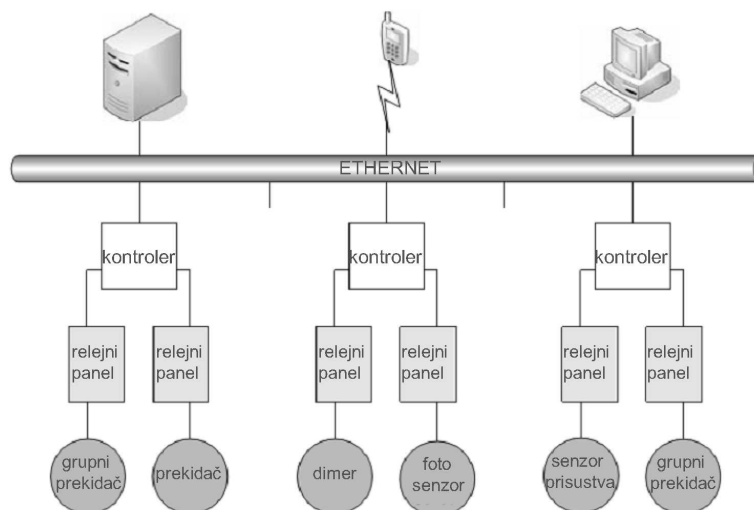
Procjenjuje se, da su sistemi rasvjete najveći potrošači električne energije posle sistema za grijanje i klimatizaciju. Što predstavlja relativno veliki procenat utrošene električne energije. Upotrebom specijalizovanih kontrolerskih sistema postižu se značajne uštede električne energije, povećava funkcionalnost i fleksibilnost prostora, kao i vizuelni komfor, i stvaraju se uslovi za dinamično i dramatično okruženje.

Za kontrolu rasvjete koriste se različiti tipovi kontrolerskih sistema. Uglavnom su kontroleri distribuirani u unutrašnjosti zgrade, i svaki kontrolerski sistem upravlja rasvjetom u jednom dijelu zgrade. Pored upravljanja rasvjetom, kontrolerski sistemi rasvjete razmijenjuju podatke između sebe, kao i sa svim instaliranim sistemima unutar inteligentne zgrade. Na slici 15 je prikazan tipičan sistem za kontrolu rasvjete.

Upravljanje rasvjetom može biti ON/OFF i dimovanje. Pomoću programabilnih releja uključivanjem odnosno isključivanjem napajanja ostvaruje se ON/OFF kontrola. Dimovanje rasvjete se kontroliše naponom od 0 do 10 V, ili strujom od 4 do 20 mA. Dimovanje rasvjete može biti u opsegu 0 do 100%, ali je uglavnom ograničen opseg dimovanja (npr. od 10 do 100%), zbog karakteristika svjetiljki. Na slici 16 a i 16 b prikazane su principijelne šeme ON/OFF upravljanja i dimovanja, respektivno [9].

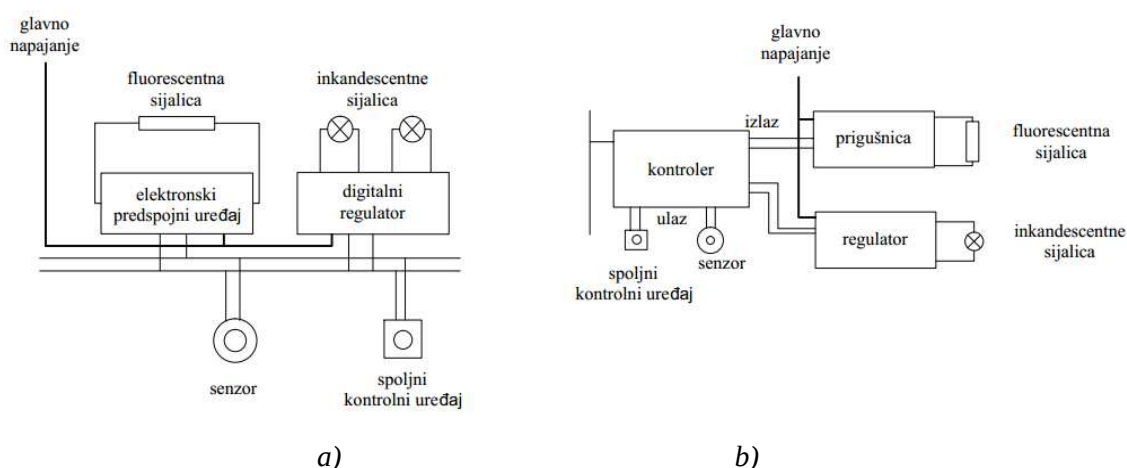
Kontrola rasvjete može biti ručno, daljinski i automatski. Ručna kontrola rasvjete se ostvaruje preko tastera, svaki taster ima svoju funkciju, uključuje određenu grupu svjetiljki ili ih dimuje. Jedan taster se može isprogramirati da ima više funkcionalnosti, npr. kratki klik, dugi klik, dvoklik, što omogućava lakšu organizaciju kontrole rasvjete i pravljenje scena. Drugi način upravljanja rasvjetom je daljinski, danas su većinom kontrolerski sistemi mrežni uređaji i može im se pristupiti i upravljati direktno preko IP adrese. Uređajima koji imaju integrisan web-server, može im se lako i jednostavno pristupiti i upravljati rasvjetom iz web-browsera računara, tableta, mobilnog telefona,

dok uređajima koji nemaju integrisan web-server se pristupa i upravlja preko specijalizovanih aplikacija.



Slika 15: Tipičan sistem kontrole rasvjete [4]

Programabilni kontrolerski sistemi omogućavaju i automatsku kontrolu rasvjete. Automatsko upravljanje rasvjetom omogućava da se u tačno određeno vrijeme uključuje, odnosno isključuje rasvjeta (npr. uključuje se noću, a isključuje danju). Uključivanje rasvjete u tačno određeno vrijeme može biti realizovano pomoću tajmera koje kontroleri posjeduju, ili primjenom senzora. Senzori igraju veoma važnu ulogu, pogotovo kada se govori o uštedama energije i optimalnim upravljanjem rasvjetom. Senzori koji se koriste za kontrolu rasvjete su PIR senzor, detektor prisustva i senzor osvjetljenja. PIR senzor i detektor prisustva imaju sličnu ulogu, da uključuju rasvjetu u koliko detektuju kretanje u objektu, dok se gašenje može programski realizovati nakon određenog vremena. Uloga senzora osvjetljenja je da obezbijedi da nivo osvjetljenja u prostoriji bude prilagođen zahtjevima korisnika. Senzor osvjetljenja mjeri trenutno osvjetljenje, tu informaciju upoređuje sa zadatom vrijednosti osvjetljenja, i na osnovu toga preduzima određene akcije (povećanje/smanjenje osvjetljenja, uključivanje/isključivanje određenog broja svetiljki...) [4].

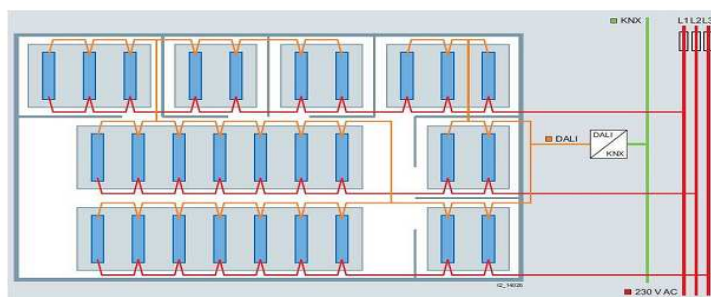


Slika 16: Principijelna šema a) ON/OFF upravljanja i b) dimovanja [9]

Za prikazanu kontrolu potrebno je da su napojni kablovi razvučeni do svjetiljki, i povezani sa kontrolerskim sistemima. Postoje i napredni kontrolerski sistemi, koji su specijalizovani za upravljanje određenim tipovima rasvjete. Poznati standardi za kontrolu rasvjete su DALI (*Digital Addressable Lighting Interface*) i DMX512 (*Digital Multiplex*). Za realizaciju upravljanja rasvjetom DALI i DMX512, osim kabla za napajanje potrebno je obezbijediti i komunikacioni kabl do svake svjetiljke [18]-[19].

DMX512 je komunikacioni protokol baziran na EIA-RS-485 (RS-485), obično se koristi za kontrolu scenske rasvjete i scenskih efekata. Kontroleri imaju od 1 do 16 univerzuma², na jedan univerzum od 512 adresa može se povezati maksimalno 170 RGB (512 / 3) ili 120 RGBW (512/4) svjetiljki. Povezivanje rasvjete se vrši pomoću dvožilnog oklopljenog kabla, prečnika od 0.2 do 0.6 mm. Komunikacija za svjetiljke se veže redno, najčešće pomoću petopinskih XLR³ konektora od kojih se koriste samo tri pina. Ređe se koriste tropinski XLR konektori. Dozvoljena dužina komunikacione linije je do 1200m. Na kraju komunikacione linije se postavlja otpornik od 120Ω. Ukoliko je komunikaciona linija manja od 40m i sa malim brojem svjetiljki, otpornik na kraju nije obavezan. Međutim, da bi se izbjeglo slabljenje signala preporučljivo je da se nakon 300m ili 32 svjetiljke stavlja pojačavač signala [19].

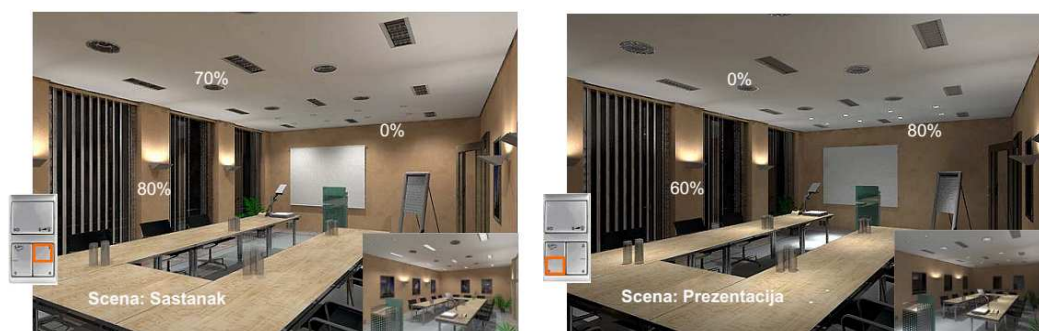
Drugi veoma zatupljeni standard za kontrolu rasvjete u inteligentnim zgradama je DALI. Kao i kod DMX512-a, za realizaciju DALI rasvjete potrebno je obezbijediti komunikacioni kabl do svake svjetiljke. Za komunikaciju se koristi dvožilni kabl presjeka do 1.5mm². Maksimalna dozvoljena dužina komunikacione linije je 300m. U jednoj komunikacionoj liniji moguće je povezati ukupno 64 različite svjetiljke, koje mogu biti organizovane u 16 grupa. Kao i kod DMX512, svaka od svjetiljki je adresabilna. U koliko postoji više od 64 svjetiljke, koristi se veći broj DALI kontrolera koji su povezani sa nekim od komunikacionih protokola. Na slici 17 je prikazana principijelna šema vezivanja DALI rasvjete [18].



Slika 17: Principijelna šema vezivanja DALI rasvjete [3]

Osnovne razlike između DMX512 i DALI su u načinu povezivanja i načinu adresiranja. DMX512 ima prednost u odnosu na DALI u broju svjetiljki i broju scena, koje se mogu kontrolisati s jednim kontrolerom. Dok je, DALI jednostavniji za implementaciju i adresiranje. Na slici 18 je prikazan primjer upravljanja rasvjetom korišćenjem protokola DALI/DMX512.

² naziv za izlaznu jedinicu kontrolera DMX512



Slika 18: Korišćenje savremenih protokola za upravljanje rasvjetom [20]

Pritiskom na taster pale se isprogramirane scene, takođe, rasvjeta se može paliti putem senzora. Na primjer senzorom osvjetljenosti, koji je povezan sa kontrolerom, i na osnovu inteziteta trenutnog osvjetljenja formira se određena scena. Ili sa senzorom pokreta, koji pri detekciji kretanja, kontroler pali određene svjetiljke po tačno definisanoj krivoj osvjetljenja [20].

3.6.2 Sistemi za klimatizaciju

Sistemi klimatizacije imaju za cilj da obezbijede zadovoljavajući klimatski komfor i kvalitet unutrašnjeg vazduha sa minimalnom utrošenom električnom energijom. Kada se govori o energiji, sistemi za klimatizaciju spadaju u najveće potrošače energije u inteligentnim zgradama.

Pod pojmom klimatizacija objekata se podrazumijevaju svi procesi pripreme i distribucije vazduha s ciljem dostizanja stepena klimatskog komfora u objektu. Osnovne fizičke veličine kojim upravlja sistem za klimatizaciju, a koje utiču na klimatski komfor u objektu su [21]:

- temperatura vazduha,
- vlažnost vazduha,
- količina distribuiranog vazduha,
- kvalitet unutrašnjeg vazduha.

Primjenom savremenih trendova u gradnji i savremenih sistema automatizacije može se obezbijediti optimalno upravljanje svim prethodno pomenutim veličinama, i ostvariti značajne uštede po pitanju utrošene energije. Uticaj automatizacije i inteligentnih sistema upravljanja na sisteme klimatizacije može biti opisan pomoću metoda koje definiše Evropski standard. I na osnovu njega, energetska efikasnost zgrada može biti svrstana u jednu od kategorija od A do D. I na osnovu klase, tipa zgrade i namjene može se izračunati potencijalna ušteda energije.

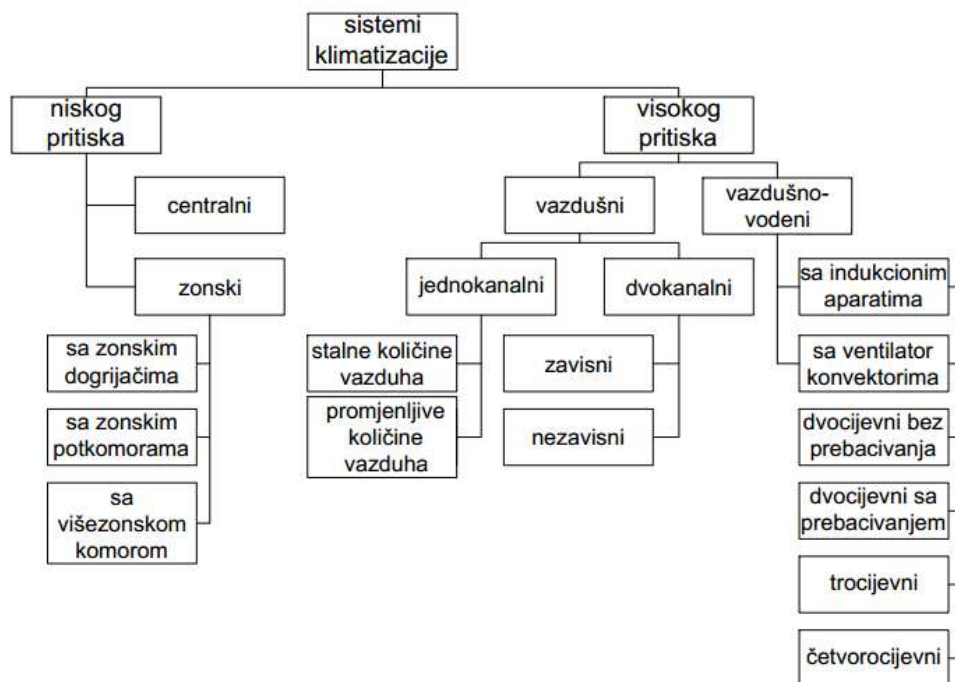
Postoje različiti kriterijumi za podjelu sistema klimatizacije, neke od podjele su [21]:

- prema radnom fluidu na: vazdušne sisteme, vazdušno - vodeni, vodeni sistemi i sistemi sa rashladnim fluidom (najčešće freonom),
- prema brzini strujanja vazduha kroz kanale: sistemi niskog pritiska (brzina strujanja vazduha $< 12 \text{ m/s}$), sistemi visokog pritiska (brzina strujanja vazduha $> 12 \text{ m/s}$),

³ XLR konektori su namijenjeni za povezivanje audio i video opreme, urađjen u skladu sa standardom IEC 61076-2-103

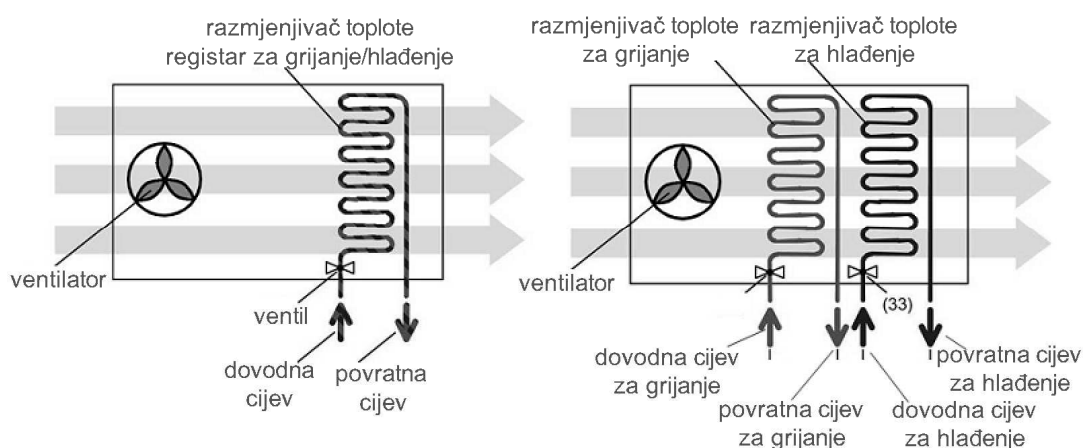
- prema broju kanala na: jednokanalni i dvokanalni,
- prema količini vazduha na: sisteme sa konstantnom količinom vazduha i sa promjenljivom količinom vazduha,
- prema broju cijevi u sistemu na: dvocijevni, trocijevni, četvorocijevni.

Na slici 19 je grafički prikazana podjela sistema za klimatizaciju.



Slika 19: Podjela sistema za klimatizaciju [21]

Veoma zastupljeni sistemi za klimatizaciju iz kategorije voda-vazduh su ventilator konvektori. Razlog popularnosti je veoma prosta konstrukcija i jednostavno upravljanje, što u krajnjem slučaju utiče i na cijenu, koja je znatno manja u odnosu na ostale sisteme vazduh-vazduh. Ventilator konvektori po svojoj izvedbi mogu biti dvocijevni, trocijevni i četvorocijevni. Na slici 20 su prikazani dvocijevni i četvorocijevni ventilator konvektori [21]-[23].



Slika 20: Dvocijevni i četvorocijevni ventilator konvektori [22]

Dvocijevni sistem ventilator konvektora sadrži izmjenjivač toplote koji je povezan sa dvije cijevi, od kojih jedna služi za dovod tople ili hladne vode u sistem, dok je druga povratna, vraća ugrijanu ili ohlađenu vodu na ponovno hlađenje ili grijanje. Čime se ostvaruje cirkulacija vode u zatvorenom krugu. Dvocijevni sistem ventilator konvektora je namijenjen da radi u dva režima zimski ili ljetnji. Za razliku od dvocijevnog sistema, četvorocijevni sistem posjeduje dva izmjenjivača toplote koji pružaju mogućnost trenutne promjene radnog režima toplo/hladno [21]-[22].

Ventilator konvektori se sastoje od izmjenjivača toplote, ventilatora i filtra koji se nalaze u kućištu. Uloga ventilatora je stvaranje prisilnog strujanja vazduha preko izmjenjivača toplote, što prouzrokuje grijanje ili hlađenje vazduha, u zavisnosti da li kroz izmjenjivač protiče topla ili hladna voda. Povezivanje ventilator konvektora sa izvorom tople ili hladne vode se vrši cijevima, koje su najčešće bakarne. Grijanje vode može biti u kotlarnicama, toplanama, ili korišćenjem toplotnih pumpi, dok se za hlađenje koriste rashladni agregati. Regulacione veličine ventilator konvektora su protok vode, koji se reguliše pomoću elektroventila, i brzina ventilator [21]-[22].

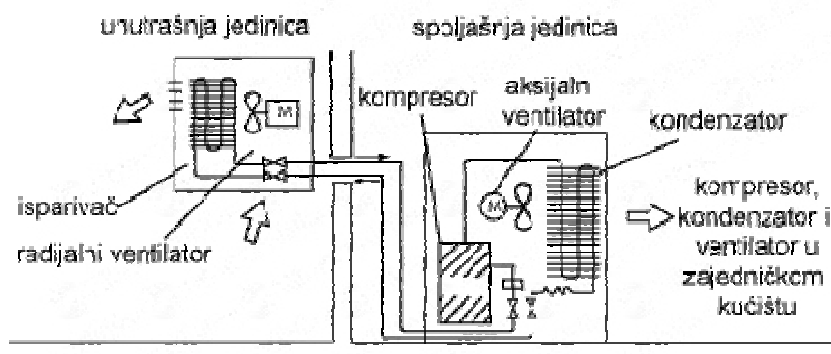
Drugi tip sistema za klimatizaciju su multi split sistemi, koji kao cirkulacioni fluid koriste freon. Multi split sistem se sastoji od jedne spoljne jedinice i više unutrašnjih, koje su povezane bakarnim cijevima, napojnim i komunikacionim kablovima. Na slici 21 je prikazan primjer multi split sistema sa različitim tipovima unutrašnjih jedinica.



Slika 21: Multi split sistem sa različitim tipovima unutrašnjih jedinica [24]

Na slici 22 je prikazana principijelna šema multi split sistema. Multi split može da radi u dva režima, grijanje i hlađenje. U režimu hlađenja, freon kreće od kompresora vruće pare rashlađenog gasa sa visokim pritiskom prolazi kroz četvoropolni magnetni ventil i dolazi u izmjenjivač, koji u ovom režimu rada ima ulogu kondezatora. Freon posle utečnjavanja u kondezatoru, prolazi kroz izmjenjivač toplote, koji u režimu hlađenja radi kao isparavač. Gdje freon isparava, oduzimajući toplotu od klimatizovane prostorije i na taj način je hladi. Pare freona se vraćaju u kompresor, gdje se ponovo ponavlja ciklus [21]-[22].

U režimu grijanja, freon kreće iz kompresora vruće pare rashladnog gasa sa visokim pritiskom ide preko magnetnog ventila i ulazi u izmjenjivač toplote, koji u ovom slučaju radi kao kondezator. U njemu se freon utečnjava i rashlađuje, predajući toplotu vazduhu u prostoriji. Nakon toga, tečni freon prolazi kroz cijevi, gdje snižava pritisak i ulazi u izmjenjivač toplote, koji sada ima ulogu isparavača. Pri niskoj temperaturi freon isparava oduzimajući toplotu od okoline [21]-[22].



Slika 22: Principijelna šema multi split sistema [22]

Kontrola sistema za klimatizaciju može biti direktno iz upravljačkog centra ili pomoću lokalnih upravljačkih uređaja. Integracija klima sistema u BAS se realizuje na različite načine, u zavisnosti od tipa sistema klimatizacije. Oderedenim sistemima se može upravljati direktno temperaturom, na primjer ventilator konvektorima, upravljanjem protoka vode i brzine ventilator. Dok, neki sistemi nemaju mogućnost direktnog upravljanja, već sistemi posjeduju sopstvene kontrolere koji se povezuju putem gateway-a u BAS-u.

Senzori koji se kombinuju sa režimom rada klima sistema su senzori prisustva i magnetni kontakti. Tako na primjer, kada su prisutni ljudi u prostoriji, temperatura vazduha ima jednu vrijednost, a kada nema prisutnih ljudi u prostoriji drugu vrijednost temperature. Ili, detekciom da su prozori ili vrata otvoreni, klima uređaj automatski prestaje da radi. Takođe, može se rad klima sistema povezati i sa aktuatorima. Na primjer, povezivanjem žaluzina, čiji je položaj zavisao od režima rada klima uređaja. U koliko je ljeto, i klima radi u režimu hlađenja, žaluzine će biti zatvorene i automatski spriječiti direktan ulazak svjetlosti u prostoriju, i samim tim smanjiti temperaturu u prostoriji, dok će u zimskom režimu raditi suprotno. Kombinacijom sa senzorom prisustva može se realizovati scena da ukoliko su osobe prisutne u prostoriji i klima radi u režimu hlađenja, žaluzine budu potpuno otvorene i tako omogućće maksimalno iskorišćenje dnevne svjetlosti, a napuštanjem prostorije žaluzine se potpuno zatvaraju kako bi spriječile direktan ulazak svjetlosti u prostoriju, i samim tim smanjile direktno zagrijavanje prostorije.

3.6.3 Sigurnosni i bezbjednosni sistemi

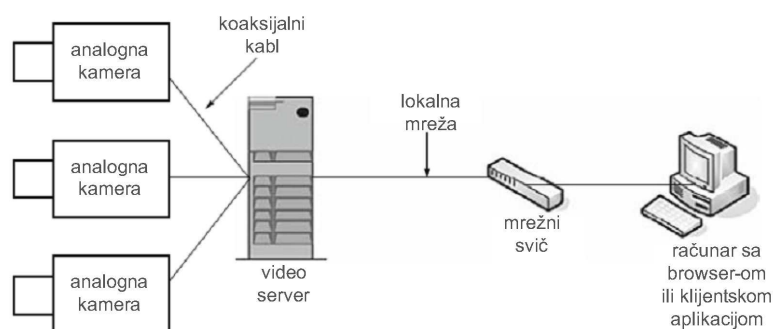
Uloga sistema sigurnosti i bezbjednosti je obezbijedjivanje imovine, ljudi i objekata od požara, neautorizovanog prisustva i krađe. Prema namjeni sistemi se mogu podijeliti na [3]:

- sisteme video nadzora,
- sisteme za kontrolu pristupa,
- protivprovalne sisteme,
- protivpožarne sisteme.

Česta je situacija u konvencionalnim zgradama, da su sistemi za kontrolu pristupa, protivprovalni sistemi i protivpožarni sistemi nezavisni sistemi. Dok se u inteligentnim zgradama vrši integracija svih sistema sigurnosti i bezbjednosti u jedinstven sistem, kao i integracija sa svim sistemima instaliranim u zgradama [3].

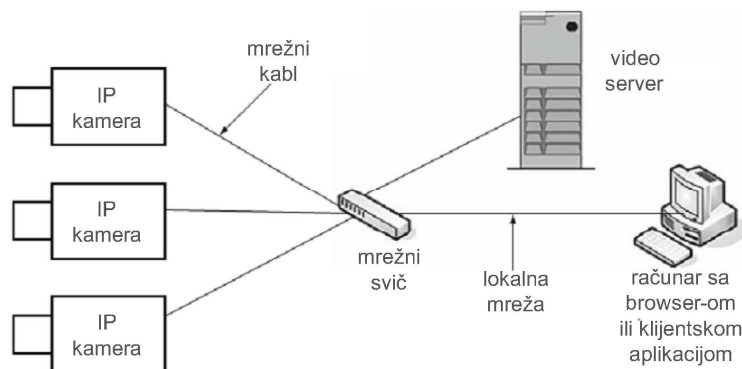
3.6.4 Sistemi video nadzora

Namjena sistema video nadzora je uživo snimanje i/ili prikazivanje video zapisa prostora koji se nadzire. Osnovni cilj sistema video nadzora nije snimanje “nepoželjnih osoba”, već preventivno djelovanje. Sistemi video nadzora prema načinu komunikacije između uređaja mogu se podijeliti na analogne i digitalne. Bez obzira na tip komunikacije, svaki sistem nadzora se sastoji od kamera, videosvičeva, video snimača i monitora. Medijum koji se koristi za prenos signala od kamera do video snimača kod analognih sistema je koaksijalni kabl, a takođe, za prenos analognog video signala se može koristiti i bakarna parica. Kada se koristi bakarna parica, na njenim krajevima se postavlja video balun da bi se pojačao video signal i tako zadržao kvalitet signala, bez obzira na udaljenost između kamera i samog video snimača. Takođe, u koliko postoji potreba za tim, moguće je obezbijediti da se napajanje i komunikacija odvijaju preko jednog kabla. Na slici 23 je prikazana principijelna šema analognog video nadzora [4].



Slika 23: Principijelna šema analognog video nadzora [4]

Za prenos digitalnog signala od kamere do video snimača koriste se standardni UTP (*Unshielded Twisted Pair*), ili optički kabl u koliko je veća udaljenost između kamera i video snimača. Postoji mogućnos i bežičnog povezivanja, ova opcija se koristi kada nije moguće obezbijediti kablovsku infrastrukturu. Na slici 24 je prikazana principijelna šema digitalnog video nadzora.



Slika 24: Principijelna šema digitalnog video nadzora [4]

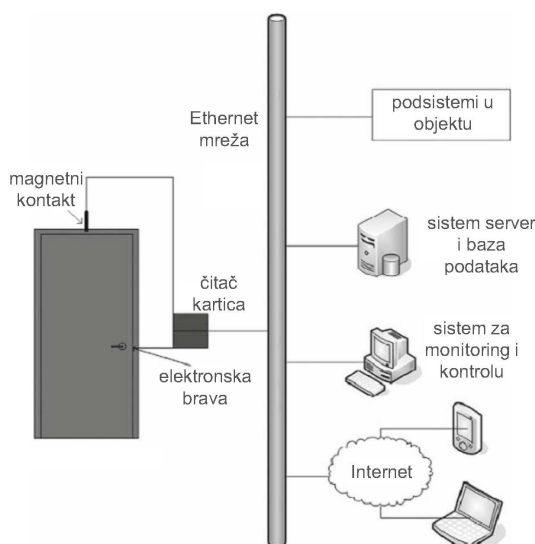
Kamere spadaju u osnovne uređaje video nadzora, one stvaraju sliku, sa tonom ili bez, koja se prenosi do sobe za monitoring. Kamere imaju zadatak da fokusiranu sliku u prostoru koju nadgleda, pretvori u oblik pogodan za prenos, skladištenje i emitovanje. Osnovni kriterijumi za

izbor kamera su: rezolucija, vidno polje, režim dan/noć, IR osvjetljenje, fiksna/pokretna... Danas se pretežno koriste IP kamere, zbog svojih prednosti u kvalitetu slike i načinu povezivanja. Za povezivanje može se koristiti mrežna infrastruktura, dok to nije slučaj za analogne kamere kojima se mora obezbijediti po jedan koaksijalni kabl za svaku kameru [4].

Podaci snimljeni kamerom mogu biti skladišteni na DVR-u (*Digital Video Recorder*) ili nekom računarskom sistemu. Za prikazivanje slike koriste se standardni monitori, u zavisnosti od podešavanja, na monitoru se može prikazivati slika sa jedne ili više kamera [4].

3.6.5 Sistemi za kontrolu pristupa

Zadatak sistema za kontrolu pristupa je omogućavanje pristupa (ulaza ili prolaza) objektu isključivo ovlaštenim licima. Tipična mjesta gdje se ugrađuju sistemi za kontrolu pristupa su varata, rampe, liftovi... Najprostiji sistem za kontrolu pristupa sastoji se od kontrolera, čitača i električne brave. Čitač može biti čitač kartica, biometrijski čitač ili tastatura. U zavisnosti od važnosti objekta na kojem je instaliran sistem kontrole pristupa, moguća je upotreba više različitih čitača. Na slici 25 prikazana je tipična šema sistema za kontrolu pristupa [4].



Slika 25: Tipična šema sistema za kontrolu pristupa [4]

Za upravljanje kompletnim sistemom zadužen je kontroler. Na njega se povezuju svi senzori (čitači kartica, tasteri, magnetni kontakti) i aktuatori (električne brave, i elektro motori, u koliko se vrata autoamtski otvaraju). Kontroleri su u najvećem broju slučajeva nezavisne programabilne jedinice, pored mogućnosti samostalnog rada, imaju mogućnost povezivanja na centralizovani sistem. Povezivanjem na centralizovani sistem, ostvaruju se mnogi benefiti. Neki od benefita su mogućnost evidentiranja vremena kada osobe ulaze i/ili napuštaju objekat, mogućnost integracije sa ostalim sistemima instaliranim u zgradi. Sistemi sa kojima je sistem za kontrolu pristupa usko povezan su sistemi video nadzora, protivprovalni sistemi, protiv požarni sistemi, a takođe, u skolpu inteligentne zgrade povezuje se sa ostalim sistemima, kao što su sistemi rasvjete i klimatizacije [4].

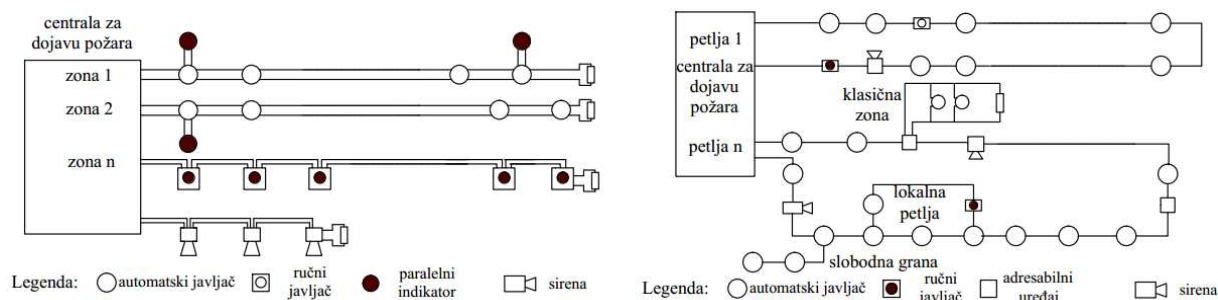
3.6.6 Protivpožarni sistemi

Protivpožarni sistemi imaju za cilj detektovanje požara u objektu, obavještanje u slučaju nastanka požara, i upravljanje sistemima za gašenje požara. Osnovni elementi protivpožarnog sistema su detektori, protivpožarne centrale i izvršni organi [25].

Prema funkciji detektori se mogu podijeliti na termičke detektore, detektore dima i detektore vatre. Svaki detektor ima svoje karakteristike, najveća pouzdanost u objektu se ostvaruje korišćenjem sva tri tipa detektora. Pored detektora, za dojavu požara se koriste i ručni javljači [25].

Protivpožarana centrala je mjesto gdje se prikupljaju informacije iz senzora, obrađuju i izdaju naredbe aktuatorima. Podjela protivpožarnih sistema prema načinu komunikacije između centrale i detektora je na konvencionalne i adresabilne. Kod konvencionalnih sistema detektori i ručni javljači se povezuju u zone, najviše do 30 uređaja se može povezati na jednu zonu. Preporučljivo je, u koliko je moguće koristiti manji broj senzora po zoni. U praksi se teži realizovati povezivanje senzora u logičke cjeline, npr. po prostorijama ili stanovima u zavisnosti od organizacije i namjene samog objekta. Razlog tome je, da kada se aktivira protivpožarni sistem, da se može približno odrediti mjesto nastanka požara. Za razliku od konvencionalnih sistema, adresabilni sistemi nemaju problema sa prepoznavanjem mjesta gdje je nastao požar. Adresabilni senzori posjeduju jedinstvenu adresu, i nemaju ograničenja po pitanju zona, već je jedino ograničenje maksimalan broj senzora koji se mogu povezati na jednu centralu. U slučaju nastanka požara, zna se tačno mjesto nastanka požara, na osnovu jedinstvene adrese. Na slikama 26 prikazane su principijelne šeme konvencionalnog i adresabilnog sistema, respektivno [25]-[26].

Izlazni uređaji služe za zvučno i vizuelno obavještanje da je došlo do požara i aktiviranja svih sistema za suzbijanje požara. Za vizuelno i zvučno obavještenje koriste se sirene i antipanik rasvjeta, dok sistemi koji se koriste za suzbijanje požara su sistemi ventila i prskalica, sistemi ventilacije.



Slika 26: Principijelna šema konvencionalnog i adresabilnog protivpožarnog sistema [25]

4. KOMUNIKACIONI PROTOKOLI U INTELIGENTNIM OBJEKTIMA

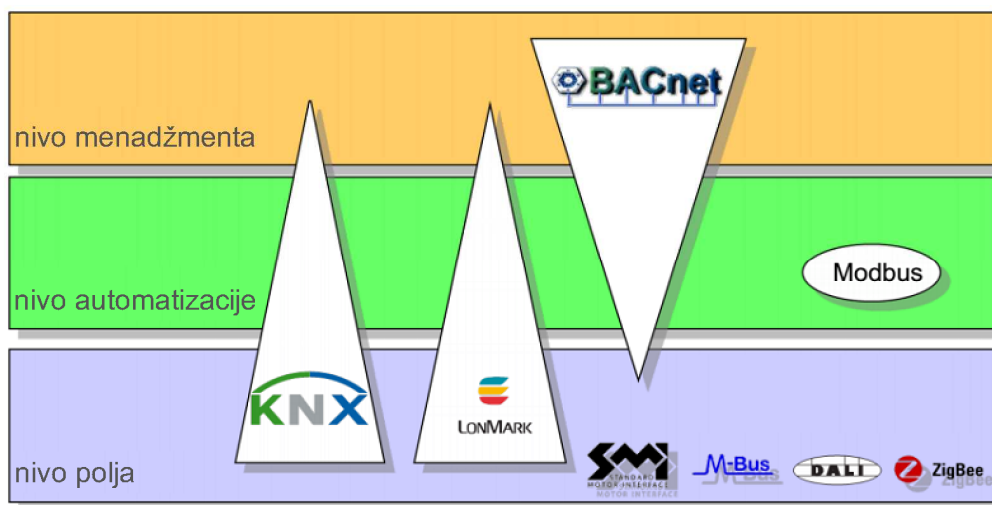
BAS ima za cilj da poboljša i olakša kontrolu i menadžment svim podsistemima u inteligentnoj zgradi. Kao što je rečeno u prethodnom poglavlju, organizacija BAS sistema može se podijeliti na tri nivoa: nivo polja, nivo automatizacije i nivo menadžmenta. Na nivou polja se prikupljaju podaci sa senzora i direktno prosleđuju aktuatorima. Na nivou automatizacije izvršava se složenije i naprednije upravljanje, npr. izvršavanje kontrolnih petlji. Dok je nivo menadžmenta namijenjen za menadžment i upravljanje sistemima na nižim nivoima. Na ovom nivou se vrši prikupljanje, obrada, skladištenje i vizuelizacija podataka prikupljenih sa nižih nivoa. Za realizaciju BAS-a neophodno je da su svi nivoi sistema međusobno povezani. Ukoliko je moguće, najlakše je organizovati BAS sistem baziran samo na jednom protokolu, ali u praksi je česta situacija da se koristi više različitih protokola koji su povezani putem gateway-a. Standardi za automatizaciju u zgradama su [1]-[2], [11]-[16]:

- KNX,
- LonTalk,
- BACnet,
- DALI,
- DMX512,
- C-BUS,
- M-Bus,
- EnOcean,
- ZigBee,
- RS-232,
- RS-485,
- X10.

Prethodno su nabrojani najčešće korišćeni komunikacioni protokoli u inteligentnim zgradama. Nivoi na kojima se primjenjuju pomenuti standardi su različiti. Najzastupljeniji od pomenutih standarda su KNX, LonTalk, BACnet. Ova tri protokola mogu se koristiti za sva tri nivoa automatizacije. Dok, to nije slučaj sa ostalim protokolima koji se koriste na nižim nivoima automatizacije. KNX, LonTalk i BACNet su otvoreni protokoli, koji su zastupljeni kod velikog broja proizvođača opreme. Iako se sva tri protokola mogu koristiti za svaki nivo automatizacije, pretežno se KNX i LonTalk koriste na nivou polja i nivou automatizacije, dok BACnet preovladava na polju menadžmenta. Na slici 27 je grafički prikazana zastupljenost pomenutih protokola na svim nivoima. Sa slike se uočavaju osnovni nivoi djelovanja protokola, kao i njihova zastupljenost na višim odnosno nižim nivoima.

Osim pomenutih protokola koji se mogu koristiti za sva tri nivoa automatizacije, veliki broj protokola je namijenjen za nivoe polja i automatizacije. Razlog zbog čega je to, je veći broj

protokola koji se razvijao, tako da omogući upravljanje samo određenom grupom uređaja. Tako su na primjer, protokoli DALI, DMX512 i C-BUS namijenjeni za upravljanje samo sistemima rasvjete, dok se na primjer M-Bus samo koristi za uređaje koji mjere potrošnju električne energije, vode, gasa, vazduha [1]-[2].



Slika 27: Nivoi djelovanja KNX-a, LonTalk-a i BACnet-a [33]

Pored pomenutih protokola, postoji veliki broj protokola koji se koriste za upravljanje aktuatorima i senzorima različitih sistema. Preostali pobrojani protokoli omogućavaju upravljanje uređajima različitih sistema. ZigBee i EnOcean spadaju u grupu bežičnih komunikacionih protokola, i mogu se koristiti za prikupljanje informacija od različitih tipova senzora i upravljati različitim tipovima aktuatora, koji se koriste u različitim podsistemima. Na primjer, u sistemima bezbjednosti i sigurnosti (PIR senzor, termički senzor, detektor dima, magnetni kontakti), u sistemima grijanja i klimatizacije (temperaturni senzori, ventili), kao i ON/OFF upravljanje koje se može koristiti u različitim podsistemima u inteligentnim zgradama.

RS-232 i RS-485 imaju značajnu ulogu u inteligentnim zgradama. Komunikacija oba protokola se odvija serijskim putem. Pomenuti protokoli imaju veliku zastupljenost u sistemima sigurnosti i bezbjednosti, kao i u upravljanju i prikupljanju podataka od različitih sistema i regulatora koji se koriste u različitim podsistemima.

X10 je specijalizovani protokol namijenjen za kontrolu uređaja u inteligentnim zgradama. Prenos podataka kod X10 protokola odvija se putem električne mreže, frekvencijom 120kHz. Ovaj protokol se koristi u jednostavnim sistemima, zbog relativno male brzine prenosa podataka koja je 20bit/s, u poređenju sa KNX i EnOcean čija je brzina 9600bit/s. Primjenu je našao u sistemima bezbjednosti i sigurnosti, čiji senzori i aktuatori mogu imati dva stanja (0 ili 1) i sistemima za ON/OFF upravljanje i dimovanje rasvjetom.

Pomenuti standardi, nijesu jednako zastupljeni u svijetu. Veoma česta je situacija, da su protokoli najzastupljeniji na područjima gdje su nastali. Razlog tome je prilagođenost proizvođa lokalnom tržištu, kao i saradnja sa lokalnim proizvođačima opreme. Na slici 28 je grafički prikazana zastupljenost različitih komunikacionih protokola u svijetu.



Slika 28: Zastupljenost različitih komunikacionih protokola u svijetu [28]

Sa slike 28 se uočava zastupljenost različitih protokola u različitim djelovima svijeta. U Americi preovladava X-10, CEBUS (*Consumer Electronics Bus*) i LonTalk, dok u Evropi i većem dijelu Azije preovladava KNX koji je povezao protokole BatiBUS, EIB (*European Installation Bus*) i EHS (*European Home Systems*) u jedan protokol. Dok je u Japanu popularan HBS (*Home Bus System*) [28].

4.1 BACnet

Pristup BACnet-a automatizaciji inteligentnih zgrada se znatno razlikuje od KNX-a i LonTalk-a. Za razliku od njih, kod kojih je djelovanje usmjereno od nivoa polja, preko nivoa automatizacije do nivoa menadžmenta, kod BACnet-a osnovni nivo djelovanja je nivo menadžmenta i usmjeren je prema nižim nivoima. Razlog velike zastupljenosti BACnet-a je činjenica, da ima tačno definisana pravila za razmjenu informacija sa svim podsistemima koji mogu biti instalirani u inteligentnim zgradama.

Razvijen je pod pokroviteljstvom američkog udruženja inženjera za grijanje, hlađenje i klimatizaciju ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers*). Veoma je popularan u svijetu, a ujedno je i američki nacionalni standard, evropski standard, i nacionalni standard u više od 30 zemalja. BACnet je jedini otvoreni protokol koji je izvorno razvijen za upravljanje inteligentnim zgradama. Ova činjenica, ukazuje na to, da je sami protokol razvijan u skladu sa potrebama inteligentne zgrade. I zbog toga je, jedan od vodećih protokola u ovoj oblasti [29].

Koncept BACnet sistema može se podijeliti na tri cjeline [2]:

- predstavljanje BAS opreme na standardan način - BACnet objekti,
- obezbjeđivanje standardnih poruka za monitoring i upravljanje - BACnet servisi,
- arhitektura BACnet protokola.

Predstavljanje BA (*Building Automation*) opreme na standardan način opisuje metode za predstavljanje opreme bilo koje vrste u sistemu upravljanja inteligentnom zgradom. BACnet ima

tačno definisan način prezentovanja funkcija bilo kojeg uređaja kao što su analogni/digitalni ulazi/izlazi, upravljački algoritmi i petlje, alarmi, rasporedi... Postoji tačno definisana lista standardnih informacija, koje se klasifikuju kao objekti, i imaju set osobina koje ih opisuju. Od kojih su neke osobine obavezne, dok su neke opcione. Tako, na primjer svaki analogni ulaz može se predstaviti kao analogni BACnet ulazni objekat, koji je opisan pomoću standardnih osobina (trenutna vrijednost ulazne veličine, tip i karakteristike senzora, lokacija senzora, mjerni opseg...). Najvažnija od svih osobina je indetifikator, koji predstavlja numeričko ime objekta, i koji ga jednoznačno opisuje. Ova činjenica omogućava da se u svakom trenutku može pristupiti svakom objektu ponaosob, i jednoznačno pročitati ili promijeniti njegovo stanje, u zavisnosti od tipa objekta kojim se manipuliše. Definisanjem objekta, automatski se definišu tipovi standardnih poruka koje se razmjenjuju između objekata [29].

Kada je nastao, BACnet je imao 18 tipova različitih objekata. Sa razvojem, javila se potreba za povećanjem broja objekata, tako da danas ima ukupno definisano 25 različitih tipova objekata, koji su prikazani u tabeli 1. Namjena većine BACnet objekata je vidljiva iz samog naziva objekta, dok će namjena nekih složenijih objekata biti opisana u nastavku [1]:

- kalendar (*Calendar*) predstavlja listu datuma, na osnovu kojih se upravlja radom određenih sistema u tačno definisanom periodu, na primjer praznici, godišnji odmori.
- komande (*Command*) predstavljaju naredbe za upravljanje većim brojem uređaja, na primjer upravljanje različitim uređajima u istom trenutku.
- uređaj (*Device*) sadrži opšte informacije o uređaju, kao što su proizvođač, model, lokacija, podržana verzija protokola, podržani tipovi objekata.
- registracija događaja (*Event Enrolment*) omogućava definisanje alarma ili nekog drugog događaja kada se ispune određeni uslovi. Većina objekata nema potrebu korišćenja ovog objekta, kao što su analogni/digitalni ulazi/izlazi, analogna vrijednost, petlje, jer u opcionim osobinama imaju mogućnost definisanja alarma i događaja.
- grupa (*Group*) omogućava čitanje stanja većeg broja objekata u jednom koraku. Na primjer, ova opcija se može koristiti za simultano ažuriranje vrijednosti većeg broja promjenljivih, koje se prikazuju.
- petlja (*Loop*) se koristi za realizaciju zatvorene petlje, koja može imati P, I ili D dejstvo,
- obavještajna klasa (*Notification Class*) obezbijедуje upravljanje i distribuciju alarma i obavještenja o događajima, koji se prosleđuju većem broju uređaja,
- baza podataka (*Accumulator*) predstavlja standardni tip objekta, namijenjenog za registrovanje i čuvanje promjena neke promjenljive veličine tokom vremena,
- objekti sigurnosne zone (*Life Safety Zone*) i sigurnosne tačke (*Life Safety Point*) omogućavaju upravljanje sistemom u slučaju detektovanja požara, poplava, ili nekog drugog događaja koji može ugroziti rad sistema i osoblja.

Tabela 1: Standardni tipovi BACnet objekata [1]

Br.	Naziv objekta	Br.	Naziv objekta
1	Analogue Input	14	Event Enrolment
2	Analogue Output	15	File
3	Analogue Value	16	Group
4	Binary Input	17	Loop
5	Binary Output	18	Multi- state Input
6	Binary Value	19	Multi- state Output
7	Calendar	20	Notification Class
8	Command	21	Program
9	Device	22	Schedule
10	Accumulator	23	Averaging
11	Trend Log	24	Multi- state Value
12	Pulse Converter	25	Life Safety Point
13	Life Safety Zone		

Pored definisanih objekata, BACnet tačno definiše servise ili poruke koje služe za nadgledanje i upravljanje uređajima. Trenutno je definisano 40 različitih vrsta poruka, koje se mogu podijeliti u 6 grupa. A to su: servisi za pristup i manipulaciju osobinama objekta, servisi za upravljanje alarmima i događajima, servisi za upravljanje udaljenim uređajima, virtuelni terminalni servisi, servisi za pristup fajlovima, i servisi bezbjednosti. U tabeli 2 je prikazana cijela lista poruka grupisanih po servisima.

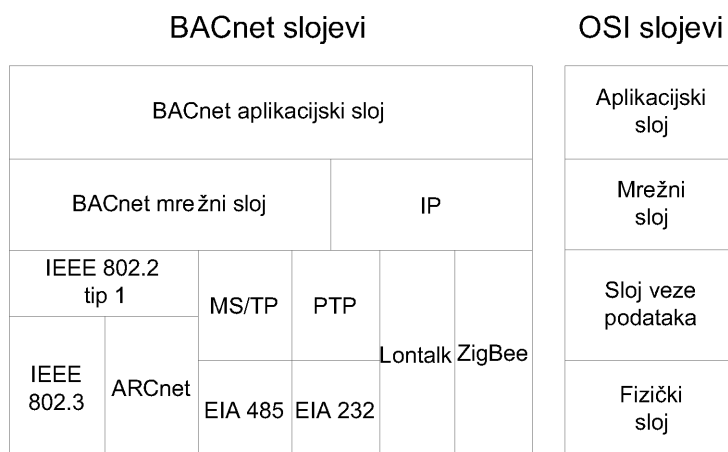
Tabela 2: Lista poruka grupisanih po servisima [1]

	<i>Alarm and event services</i>		<i>Object access services</i>
1	AcknowledgeAlarm	24	AddListElement
2	ConfirmedCOVNotification	25	RemoveListElement
3	ConfirmedEventNotification	26	CreateObject
4	GetAlarmSummary	27	DeleteObject
5	GetEnrolmentSummary	28	ReadProperty
6	SubscribeCOV	29	ReadPropertyConditional
7	UnconfirmedCOVNotification	30	ReadPropertyMultiple
8	SubscribeCOVProperty	31	ReadRange
9	UnconfirmedEventNotification	32	WriteProperty
10	GetEventInformation	33	WritePropertyMultiple
11	LifeSafetyOperation		<i>Virtual terminal services</i>
	<i>Remote device management services</i>	34	VT- Open
12	DeviceCommunicationControl	35	VT- Close
13	ConfirmedPrivateTransfer	36	VT- Data
14	UnconfirmedPrivateTransfer		<i>Security services</i>
15	ReinitializeDevice	37	Authenticate
16	ConfirmedTextMessage	38	RequestKey
17	UnconfirmedTextMessage		<i>File access services</i>
18	TimeSynchronization	39	AtomicReadFile
19	UTCTimeSynchronization	40	AtomicWriteFile
20	Who-Has		
21	I-Have		
22	Who-Is		
23	I-Am		

Treći dio, BACnet protokola, opisuje načine komunikacije između svih elemenata sistema. Kao i veliki broj drugih komunikacionih protokola, BACnet je baziran na OSI (*Open Systems Interconnection*) modelu. OSI model je razvila međunarodna organizacija za standarde IOS 1977. godine, kako bi omogućila i unaprijedila komunikaciju između opreme različitih proizvođača. OSI model se sastoji od 7 slojeva, od kojih svaki sloj ima jasno definisana pravila funkcionisanja kao i načine komunikacije sa višim i nižim slojevima u cijeloj hijerarhiji. OSI model je referentni model, i nije obavezno korišćenje svih 7 slojeva. Tako na primjer, BACnet koristi samo četiri sloja: fizički sloj, sloj veze podataka, mrežni sloj i aplikacijski sloj, slika 29.

BACnet komunikaciona mreža može biti realizovana na različite načine. Izbor komunikacione mreže usko je povezan sa zahtjevima koje sistem treba da ispunjava, neki osnovni parametri su brzina razmjene informacija, udaljenost komponenti, količina podataka. Ethernet je najbolji izbor

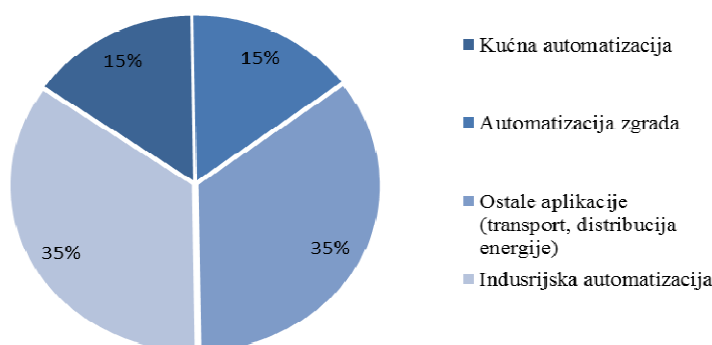
po svim kriterijumima, čija je brzina preko 100Mbps, ali ujedno predstavlja i najskuplje rešenje. Jeftinija varijanta je ARCnet sa brzinom od 2.5Mbps. Za uređaje sa manjim zahtjevima po pitanju brzine, može se koristiti Master-SlaveToken-Passing (MS/TP) čija je brzina 1Mbps, koji kao medijum koristi upređenu paricu. Svi pomenuti načini komunikacije predstavljaju LAN (*Local Area Networks*) mreže različitih karakteristika. Pored pomenutih načina komunikacije, BACnet ima mogućnost PTP (*Point To Point*) komunikacije, koji za komunikaciju koristi telefonsku liniju ili fizički medijum protokola EIA-232 (RS-232). Osim ovih načina komunikacije BACnet na fizičkom nivou može koristiti i fizičke medijume drugih komunikacionih protokola kao što su LonTalk i ZigBee [2].



Slika 29: Arhitektura BACnet protokola [3]

4.2 LonWorks

LonWorks je poznat i pod nazivom LonTalk protokol ili ANSI/EIA 709.1 Control Networking Standard. Sami protokol predstavlja jezgro LonWorks sistema. Protokol obezbijuje set komunikacionih servisa, koji omogućavaju komunikaciju između različitih uređaja, bez potrebe poznavanja topologije mreže, adresa i funkcija drugih uređaja. LonWorks je proizvod kompanije Echelon, namijenjen je za upravljanje u inteligentnim zgradama i industriji, a poslednjih godina postaje i sve popularniji u kućnoj automatizaciji. Na slici 30 je grafički prikazana zastupljenost LonWorks-a u različitim oblastima automatizacije.



Slika 30: Zastupljenost LonWorks-a u različitim oblastima automatizacije [2]

Čip Neuron je “srce” LonWorks sistema. Čip sadrži tri procesora, čija je uloga obezbijedivanje komunikacije i izvršavanje naredbi. Sami Neuron čip predstavlja priključak na komunikacionu mrežu.

Koncept LonWorks sistema može se podijeliti na četiri cjeline [1]:

- arhitektura LonWorks protokola,
- adresiranje LonWorks uređaja,
- LonWorks objekti i standardne mrežne poruke (*Standard Network Variable Types*)
- servisne LonWorks poruke.

Arhitektura LonWorks protokola bazirana je na “peer to peer” (p2p) komunikaciji između uređaja. Ovakav tip komunikacije omogućava direktnu razmjenu informacija između uređaja sa jednakim prioritetima. Protokol je baziran na OSI referentnom modelu. Na slici 31 je prikazana arhitektura LonWorks protokola. Kao fizički sloj mogu se koristiti različiti medijumi, najpopularniji su LAN kablovi, upredena parica, električna napojna mreža, RF (*Radio Frequency*), IR (*Infra Red*), optički kablovi. Brzina komunikacije između uređaja i topologija mreže, direktno je uslovljena tipom komunikacionog medijuma. Slojevi od 2-gog do 6-tog sloja OSI modela implementirani su korišćenjem Neuron čipa. Dok, na 7-mom sloju, LonWorks ima razvijen sopstveni aplikacijski sloj, a takođe, na ovom nivou može koristiti aplikacijski sloj drugih proizvođača.

Aplikacijski sloj	LonMark aplikacijski sloj	Aplikacijski sloj drugih proizvođača
Sloj prezentacije	LonTalk protokol (neuron čip)	
Sloj sesije		
Transportni sloj		
Mrežni sloj		
Sloj veze podataka		
Fizički sloj	Različiti tipovi medija	

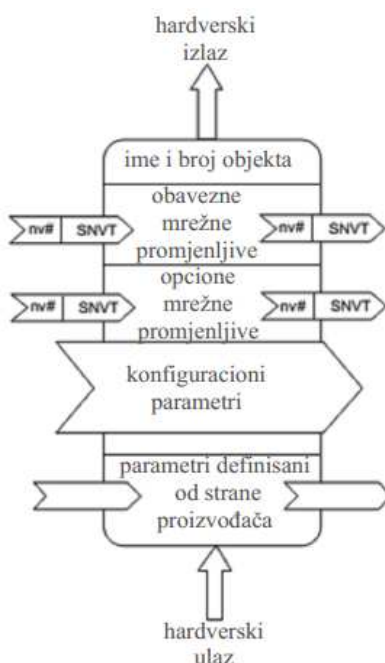
Slika 31: Arhitektura LonWorks protokola [1]

Alogoritam za adresiranje definiše putanju prenosa paketa podataka od izvornog uređaja do odredišta. Paketi se mogu slati jednom uređaju, grupi uređaja ili svim uređajima u sistemu. LonWorks definiše više tipova adresa, a to su [1]:

- fizička adresa, svaki LonWorks uređaj definiše jedinstveni 48 bitni indetifikator koji se još naziva Neuron ID. Neron ID se dodjeljuje prilikom pravljenja samog uređaja i ne može se mijenjati.
- adresa uređaja, LonWorks dodjeljuje adresu uređaju kada se instalira u mrežu, takođe adresu je moguće dodjeljivati i mijenjati softverskim putem. Adresa uređaja se koristi umjesto fizičke adrese prilikom slanja poruke, jer omogućava efikasnije određivanje putanje poruke.

- grupne adrese, predstavljaju logički-funkcionalnu organizovanu grupu uređaja, namijenjenu za lakše upravljanje većim brojem uređaja ili prikupljanje informacija od većeg broja uređaja. Za razliku od pod mreža (*subnet*), uređaji mogu biti grupisani bez obzira na njihovu poziciju u sistemu.
- adresa prenošenja (*broadcast*), služi za identifikaciju svih uređaja pod mreže ili samo domena.

LonWorks objekti predstavljaju osnovu interoperabilnosti na aplikacijskom nivou. Sistem integrator prilikom povezivanja uređaja u sistem, uređaju dodjeljuje jedan od definisanih objekata. Izbor objekta se vrši na osnovu namjene i karakteristika uređaja. Svaki objekat je opisan osobinama. Osobine objekata opisuju broj i tip informacija koje objekat može da primi i da pošalje. Neke od osobina su obavezne, dok su neke samo opcione. Opcione osobine služe za napredna podešavanja objekta, i proširenje funkcionalnosti samog objekta. Na slici 32 je prikazana grafička prezentacija LonWorks objekta sa svim osobinama.



Slika 32: Grafička prezentacija LonWorks objekta [30]

Pored definisanih objekata sa svojim osobinama, LonWorks definiše i tipove poruka koje se razmjenjuju između objekata. Mrežne poruke koje se razmjenjuju, su tačno definisane za svaku osobinu pojedinačno. Mrežne poruke u LonWorks sistemu su poznate pod nazivom Standard Network Variable Types (SNVTs). SNVTs imaju veoma važnu ulogu u cijelom sistemu, njihov osnovni zadatak je da omoguće komunikaciju između uređaja različitih proizvođača.

LonWorks protokol omogućava tri osnovna tipa servisa za dostavljanje poruka, i takođe omogućava provjeru autentičnosti poruka. Sve optimizovane mreže, veoma često koriste ove servise. Servisi koji povećavaju efikasnost, pouzdanost i sigurnost razmjene podataka su [1]:

- potvrдна poruka (*Acknowledged messaging*) o stizanju poslate poruke na zadatu adresu. U koliko potvrda nije primljena, pošiljalac opet pokušava da pošalje poruku. Broj pokušaja i vrijeme između pokušaja su programski podešivi.

- ponovno slanje poruka (*Repeated messaging*), služi za ciklično slanje poruka jednom ili više uređaja.
- poruka bez odgovora (*Unacknowledged messaging*), kada se pošalje poruka jednom ili više uređaja, ne očekuje se odgovor od uređaja da je primio poruku. Ovaj servis se veoma često koristi, da bi se smanjilo opterećenje mreže.
- provjera autentičnosti, omogućava prijemniku da provjeri da li je predajnik autorizovan da pošalje poruku. Potvrdom autentičnosti pošiljaoca, sprečava se neovlašćeni pristup uređajima.

LonWorks Network Services (LNS) je skup alata i softvera namijenjenih za programiranje, održavanje, nadgledanje i upravljanje LonWorks sistemom. Pomenuti alati i softveri omogućavaju konfigurisanje svakog uređaja povezanog u mrežu, konfigurisanje mreže, promjenu parametara uređaja, otklanjanje grešaka u sistemu, i sl. Pored nabrojanih funkcionalnosti, LNS omogućava povezivanje LonWorks sistema sa drugim informacionim sistemima.

LonWorks sistemi su veoma zastupljeni u BA sistemima, iako je cijeli sistem baziran na Neuron čipu, koji je vlasnički proizvod kompanije Echelon. Svoju popularnost je doživio zbog svoje otvorenosti, zastupljenosti velikog broja medijuma na fizičkom sloju, i prilagođenosti zahtjevima automatizacije na nivou polja i nivou automatizacije [30].

4.3 EIB/KNX

Preteča KNX organizacije je EIBA (*European Installation Bus Association*) koja je 1990. godine okupila 15 proizvođača elektroinstalacionih materijala i opreme, s ciljem unapređenja i standardizacije EIB (*European Installation Bus*) sistema. Da bi se kasnije formirala Konnex (KNX) organizacija koja je sredinom 1999. godine ujedinila tri najveća konkurenta u Evropi, na polju automatizacije inteligentnih zgrada. Kompanije koje su formirale KNX organizaciju su EIB (*European Installation Bus*), BatiBUS i EHS (*European Home System*). Cijeli koncept KNX postao je veoma popularan, tako da bi krajem 2003 bio promovisan kao prvi otvoreni standard za automatizaciju u kućama i zgradama, i opšte prihvaćen od: International Standard (ISO/IEC14543-3), European Standard (CENELEC EN50090, CEN EN 13321-1, 13321-2), Chinese Standard (GB/Z 20965) i ANSI/ASHRAE Standard (ANSI/ASHRAE 135).

Koncept KNX sistema može se podijeliti na tri cjeline [27]:

- KNX uređaji,
- adresiranje KNX uređaja,
- komunikacija.

KNX asocijacija ima registrovanih 405 proizvođača opreme. Sva proizvedena oprema mora biti u skladu sa KNX standardom, koji omogućava povezivanje opreme različitih proizvođača, i njeno funkcionisanje korišćenjem jednog protokola. KNX oprema se može grupisati u četiri kategorije [2]:

- sistemski uređaji (izvori napajanja, line coupler⁴-i, area coupler⁵-i, interfejsi, gateway-i),

⁴ uređaj koji omogućava komunikaciju izmedju više linija sistema i njihovo povezivanje u zonu

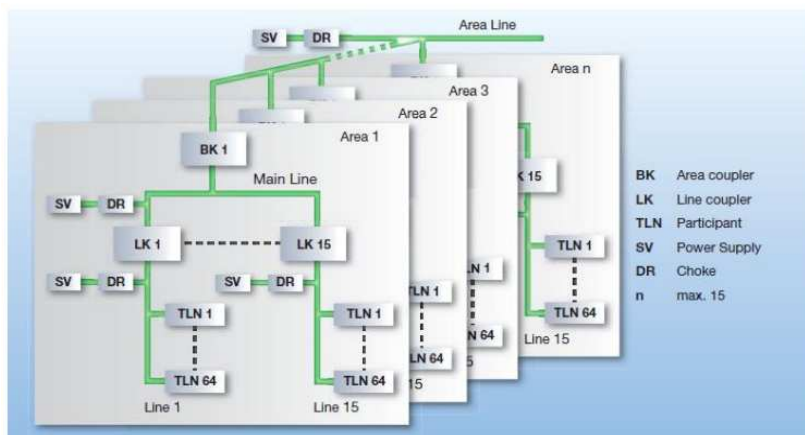
⁵ uređaj koji omogućava komunikaciju izmedju više zona i njihovo povezivanje na glavni KNX bus

- senzori (tasteri, prekidači, detektori pokreta i prisustva, termički detektori i detektori dima, različiti tipovi senzora za mjerenje različitih fizičkih veličina),
- aktuatori (različiti tipovi prekidačkih uređaja, dimeri, uređaji za upravljanje zvučesama, tendama, roletnama, uređaji za kontrolu grijanja i hlađenja),
- ostali uređaji (logičke komponente, upravljački paneli, web serveri).

KNX u ponudi ima širok opseg opreme različitih karakteristika i namjena. Osnovni uređaji KNX sistema su napajanje i uređaji za spajanje većeg broja aktuatora i senzora u jedan sistem (line coupler-i i area coupler-i). Za napajanje uređaja se koristi napon od 30VDC, u koliko se koristi upređena parica kao medijum, napajanje i komunikacija se odvijaju pomoću istog kabla. Svi uređaji čija je potrošnja manja od 10mA mogu se napajati sa KNX sabirnice, u koliko su uređaji veće snage, potrebno je obezbijediti dodatno napajanje. Senzori i aktuatori spadaju u grupu inteligentnih uređaja namijenjenih za rad na nivou polja, u slučaju da je potrebno napredno upravljanje koriste se dodatni funkcijsko-logički uređaji. Osim sistemskih uređaja, senzora i aktuatora, KNX ima i veliki izbor uređaja koji omogućavaju obradu, skladištenje, vizuelizaciju i upravljanje informacijama u KNX sistemu.

Svaki element KNX sistema je adresabilan, osim napajanja. KNX definiše tri tipa adresa: jedinstvenu, fizičku i grupnu. Jedinstvenu adresu dodjeljuje proizvođač opreme i ona se ne može mijenjati. Ona se koristi za konfiguraciju i dodjeljivanje fizičke adrese. Jedanput dodijeljena fizička adresa, koja je jedinstvena u sistemu, koristi se za dodjeljivanje funkcije uređaju, mijenjanje parametara uređaja, dodjeljivanje grupnih adresa. Fizička adresa se dodjeljuje tako da odgovara poziciji uređaja u cjelokupnoj logičkoj organizaciji. Na primjer, logičko grupisanje uređaja može biti po namjeni, ili u zavisnosti od organizacije zgrade, po spratovima ili kvartovima. Dobro organizovane logičke cjeline imaju veliki uticaj na gustinu saobraćaja kroz cijelu KNX mrežu. KNX mreža može se podijeliti na linije i zone. Jedna linija može maksimalno da sadrži do 64 uređaja. Povezivanje više linija u zonu vrši se line coupler-ima. Maksimalan broj linija u jednoj zoni je 15. Povezivanje zona na jedan bus vrši se pomoću area coupler-a. Maksimalan broj zona koje se mogu povezati na glavnu KNX liniju je 15. Povezivanjem zona na glavnu KNX liniju omogućava se povezivanje sa Internetom ili nekim drugim KNX sistemom. Za povezivanje se koristi KNX/IP gateway. Na 33 je prikazana moguća topologija KNX sistema. Line coupler-i i area coupler-i imaju veoma važnu ulogu u sistemu, jer su oni zaduženi za razmjenu poruka između različitih linija i zona u sistemu. Iz prethodnog poglavlja se zaključuje, da dobrim načinom dodjeljivanja fizičkih adresa, značajno se može redukovati opterećenje mreže, i time značajno povećati brzina i efikasnost mreže. Preporuka je, ukoliko je fizički moguće, da se uređaji koji najviše komuniciraju povezuju u jednu liniju, odnosno zonu, i time smanji vrijeme koje je potrebno za slanje i primanje poruka. U slučaju da su uređaji organizovani u dvije različite zone, poruka mora da prođe kroz 2 line coupler-a i 2 area coupler-a da bi došla do određene adrese.

Fizičke adrese u KNX sistemu imaju oblik $X_1 / X_2 / X_3$, gdje je X_1 adresa zone, X_2 adresa linije i X_3 adresa uređaja. Fizičke adrese je moguće grupisati po nekom kriterijumu i upravljati njima. Dobra strana grupnog adresiranja je da svi uređaji u grupnoj adresi odjednom dobijaju iste informacije, što značajno utiče na smanjenje opterećenja komunikacione mreže, u odnosu da se svakom uređaju informacije šalju posebno.



Slika 33: Topologija KNX sistema [34]

KNX komunikacija je, kao i kod BACnet-a i LonWorks-a bazirana na OSI referentnom modelu, s tim što nijesu definisani 5 i 6 nivo OSI modela, tj. nijesu definisani nivoi sesije i prezentacije. Protokol je koncipiran tako da svaki uređaj, bez obzira na njegovu namjenu, razumije sve poruke koje definiše KNX standard.

KNX definiše različite medijume za komunikaciju, a to su: upredena parica (KNX.TP), električna mreža (KNX.PL), radio frekvencija (KNX.RF) i Ethernet/IP (KNXnet/IP). Svaki od pomenutih medijuma našao je posebnu primjenu. Međutim, najviše se upotrebljava upredena parica. Tip signalnog kabla koji se koristi je J-Y(St)Y 2x2x0,8mm, koji ujedno služi i za komunikaciju i napajanje uređaja manje potrošnje. Dok u objektima u kojima već postoji električna instalacija, kao komunikacioni medijum se koristi električna mreža ili radio frekvencija. Za integraciju i povezivanje KNX u centralizovani sistem nadzora i upravljanja koristi se Ethernet/IP. Pored povezivanja u centralizovani sistem, Ethernet/IP se može koristiti za povezivanje više KNX sistema koji mogu biti instalirani u istim ili fizički odvojenim objektima.

Bez obzira na medijum koji se koristi, poruke/telegrami koje se prenose, pakuju se u tačno definisane okvire (*data frame*). Na slici 34 je prikazan izgled KNX okvira.

C polje (8 bit)	Adresa izvora (16 bit)	Adresa odredišta (17 bit)	RL polje (7 bit)	Polje podataka (1-16 bajt)	P polje (8 bit)
--------------------	---------------------------	------------------------------	---------------------	-------------------------------	--------------------

Slika 34: Izgled KNX okvira [34]

Kao što je prikazano na slici 34, polje C se sastoji od 8 bitova, i u njemu je sačuvana informacija o prioritetu poruke (sistemski, alarmni, visoki i niski prioritet). Osim informacije o prioritetu, u ovom polju je sačuvana i informacija o tome da li je poruka prvi put poslata, ili je slanje ponovljeno zbog neke greške. U polju adresa izvora je sačuvana 16-bitna adresa pošiljaoca, od kojih prva 4 bita sadrži adresu zone, druga 4 bita sadrže adresu linije, dok poslednjih 8 bitova sadrže adresu uređaja u liniji. Polje adresa odredišta sadrži 17 bitnu adresu odredišnog uređaja. 16 bitova je namijenjeno za čuvanje fizičke adrese uređaja, dok se u 17-tom bitu čuva informacija o tipu adrese, fizička ili grupna. U 7-bitnom RL polju se nalazi informacija o stanju brojača i broju dolazećih bajtova u polju podataka (od 4 bita do 16 bajtova). Komunikacioni protokol mrežnog

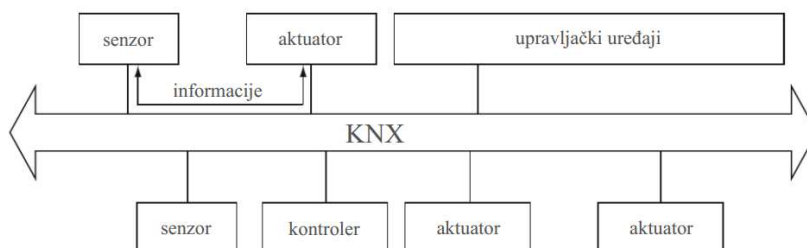
sloja, na osnovu brojača šalje ili prekida slanje podataka. Sve bitove u navedenim poljima uređuje sloj podataka, osim brojača kojeg uređuje mrežni sloj. U polju podataka se nalaze “korisne” informacije. Sastoji se najviše od 16 bajtova, a tačan broj bajtova unaprijed je sačuvan u RL polju. U prvom bajtu polja podataka uvijek se nalazi informacija o zadatku i karakteru poruke (zahtjev za uspostavljanje ili prekidanje veze, ili je podatak koji se prenosi jednom uređaju, grupi uređaja ili cijelom sistemu). Za popunjavanje ovog bajta zadužen je transportni sloj. U koliko postoji više bajtova u polju podataka, drugi bajt je kontrolni bajt aplikacijskog sloja. U njemu je sadržan zadatak koji je korisnik indirektno zatražio: pisanje u uređaj, postavljanje grupne adrese, resetovanje uređaja... Dok ostali bajtovi zavise od zadatka koji se izvršavaju i predstavljaju čist podatak, npr. određenu veličinu, iznos ili kod. Zadnje polje P je namijenjeno za provjeru ispravnosti poruke. Kada poruka dođe do odredišta, vrši se provjera parnosti primljene poruke i upoređuje sa primljenim P poljem. Provjera parnosti, se vrši horizontalno i vertikalno prema tabeli 3. U koliko se utvrdi da se parnost primljene poruke ne poklapa sa P poljem, zahtijeva se ponovno slanje poruke.

Tabela 3: Provjera parnosti KNX poruke [34]

Polje	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	P
C polje	1	0	1	1	0	0	0	0	1
Adresa izvora (1. Byte)	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Adresa izvora (2. Byte)	0	0	0	0	1	0	0	1	0
Odredište (1. Byte)	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Odredište (2. Byte)	0	0	0	0	0	1	1	1	1
RL polje	0	0	0	1	0	0	0	1	0
Podaci (1. Byte)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Podaci (2. Byte)	1	0	0	0	0	0	0	1	0
P polje	1	1	0	1	0	0	0	1	0

U tabeli 3 je prikazan način provjere parnosti. Za provjeru parnosti neophodno je formirati matricu, u kojoj su smješteni svi podaci iz KNX poruke. S obzirom da Odredišno polje ima 17 bitova i RL polje 7, izvršeno je pomjeranje zadnjeg odredišnog bita, koji se predaje RL polju. U tabeli 3 je demonstrativno prikazana provjera parnosti za samo 2 bajta podataka, iako se vrši provjera svih.

Kao što je prethodno rečeno, KNX aktuatori i senzori spadaju u grupu inteligentnih. Na slici 35 je prikazana principijelna šema razmjene informacija između KNX uređaja.



Za programiranje svih KNX uređaja koristi se ETS5 (*Engineering Tool Software*), koji je razvijen pod okriljem KNX organizacije, i jedinstven je za sve KNX uređaje. ETS 5 je softver namijenjen za rad na Windows platformi. Trenutno postoje tri verzije softvera: ETS5 Free, ETS5 Lite i ETS5 Professional. Razlika između pomenutih softvera je ograničenje maksimalnog broja uređaja koji mogu biti isprogramirani u jednom sistemu. ETS5 Free je besplatan softver i omogućava programiranje do 5 KNX uređaja. Dok se za ETS5 Lite i ETS5 Professional kupuju licence. ETS5 Lite ima mogućnost programiranja do 20 uređaja u jednom sistemu, dok ETS5 Professional nema ograničenja po broju uređaja [27].

4.4 Upoređivanje BACnet-a, LonWorks-a i KNX-a

Arhitektura BACnet i KNX uređaja nije usko vezana za određeni čip ili neki drugi elektronski uređaj koji je neophodan za njihovo funkcionisanje, dok to nije slučaj sa LonWorks-om. Za funkcionisanje LonWorks sistema neophodno je da svaki uređaj u sebi sadrži Neuron čip. Samo dvije kompanije imaju pravo proizvodnje Neuron čipova, što predstavlja glavni nedostatak LonWorks sistema u poređenju sa BACnet-om i KNX-om. S druge strane, ovakav način funkcionisanja ima prednosti u slučaju nadogradnje ili promjene strukture samog čipa. Dok, nadogradnja i promjene uređaja u BACnet i KNX sistemima nijesu izvodljive na lak i jednostavan način, zbog velikog broja proizvođača već standardizovane opreme.

Po broju proizvođača opreme, tehničkog osoblja i trening centara, KNX ima veliku prednost u poređenju sa BACnet-om i LonWorks-om. Neki od razloga veće popularnosti KNX sistema su relativno lako instaliranje i konfigurisanje sistema, veliki izbor opreme različitih karakteristika i proizvođača. BACnet i LonWorks su prvenstveno namijenjeni za integraciju u velikim i veoma kompleksnim objektima, dok u manjim i srednjim objektima prevladava KNX. Takođe, kao prednost KNX sistema može se navesti cijena opreme koja je znatno niža u poređenju sa BACnet-ovom i LonWorks-ovom.

Interoperabilnost komunikacionih protokola između podsistema instaliranih u zgradi predstavlja jedan od ključnih kriterijuma prilikom izbora nekog od navedenih protokola. Prethodno analizirana tri komunikaciona protokola su veoma različita po načinu implementiranja OSI referentnog modela, komunikacionim medijumima, topologijama. U tabeli 4 je dat prikaz implementiranih nivoa OSI modela po svakom protokolu pojedinačno.

Tabela 4: Implementirani nivoi OSI referentnog modela [35]

	LonWorks	KNX	BACnet
Aplikacijski sloj	X	X	X
Prezentacijski sloj	X		
Sloj sesije	X		
Transportni sloj	X	X	
Mrežni sloj	X	X	X
Veza podataka	X	X	X
Fizički sloj	X	X	X

Sva tri analizirana protokola bazirana su na OSI referentnom modelu. S tim što je samo LonWorks implementirao svih sedam slojeva, što kao rezultat daje jedinstven i moćan LonTalk protokol. Za razliku od LonWorks-a i KNX-a, koji su zasnovani samo na jednom komunikacionom protokolu, dok je BACnet mnogo fleksibilniji od njih, i ima mogućnost korišćenja resursa drugih protokola, što ga čini veoma moćnim i superiornim u poređenju sa konkurencijom.

Svaki od pomenutih protokola u ponudi ima veliki broj različitih medijuma na fizičkom nivou. Takođe, i u ovoj kategoriji BACnet ima najveći izbor komunikacionih medijuma. BACnet pored originalno definisanih medijuma, na nižim slojevima (fizičkom sloju i sloju veze podataka) ima mogućnost korišćenja resursa LonTalk i ZigBee protokola. U tabeli 5 je prikazana zastupljenost komunikacionih medijuma za svaki od protokola pojedinačno.

Tabela 5: Zastupljenost medijuma u BACnet-u, LonWorks-u i KNX-u [35]

Medijumi/Protokoli	KNX	LonWorks	BACnet
Upredena parica	X	X	X
Električna instalacija	X	X	X(a)
Radio frekvencija	X	X	X(a)
Optički kabl		X	X(a)
Infra Red	X	X	X(a)
Ethernet/IP	X	X	X
ARCnet			X
Telefonska linija			X

U tabeli 5 je prikazana zastupljenost medijuma za KNX, LonWorks i BACnet pojedinačno. Iz tabele se uočava da BACnet podržava najveći broj različitih medijuma. Oznakom X(a) označeni su medijumi koje BACnet može da koristi, a pripadaju fizičkim slojevima LonWorks-a ili ZigBee-ja.

Po pitanju softvera koji omogućavaju programiranje, puštanje u rad i povezivanje sa drugim sistemima, sva tri sistema nude različita rešenja. Programiranje i puštanje u rad KNX uređaja moguće je samo sa jednim softverom, LonWorks nudi skup programa i alata koji to omogućavaju, dok kod BACnet uređaja, svaki proizvođač obezbjeđuje softver za njihovo programiranje. Korišćenje jednog softvera je dobro, sa te strane da se samo sa jednim softverom mogu svi uređaji isprogramirati i puštiti u rad. Ali ujedno i predstavlja ograničenje kada su specifični zahtjevi u pitanju, i nema tu fleksibilnost da se lako prilagodi različitim zahtjevima. Dok, LonWorks nudi široku paletu softvera namijenjenih različitim zahtjevima, što ga čini prilično fleksibilnim u poređenju sa KNX-om. Ali, isto tako, otežavajuća okolnost za programera je što mora poznavati veći broj softvera.

4.5 Bežični protokoli

4.5.1 Z-Wave

Z-Wave je naširoko rasprostranjen bežični komunikacioni protokol koji se upotrebljava za upravljanje različitim uređajima u inteligentnim objektima. Z-Wave se može koristiti za upravljanje rasvjetom, klimatizacijom, sistemima sigurnosti i bezbjednosti, sistemima za kontrolu pristupa.

U jednu Z-wave mrežu moguće je povezati do 232 različita uređaja. Razmjena podataka između uređaja odvija se putem radio talasa frekvencije ≈ 900 MHz, pri brzini od 20Kbit/s [36].

4.5.2 EnOcean

EnOcean je komunikacioni protokol baziran na wireless tehnologiji koji se primarno primjenjuje u inteligentnim objektima, a takođe se koristi u industriji, transportu, logistici. Moduli bazirani na EnOcean tehnologiji su u najvećoj mjeri samonapajajući moduli, koji koriste različite načine i vidove energije za napajanje (kretanje, pritisak, svjetlost, temperatura). Struktura modula se može podijeliti na mikro energetski konvertor i niskokonzumne elektronike, koji omogućavaju komunikaciju između bezbaterijskih senzora, svičeva, kontrolera i gateway-a.

Veliki dio opreme bazirane na EnOcean protokolu funkcioniše bez dodatnih napajanja, i nije joj potrebno dodatno održavanje. Frekvencije prenosa podataka su 902 MHz, 868,3 MHz, i 315 Mhz, dok je maksimalna brzina prenosa podataka 125 Kbit/s. Zbog ograničenja u pogledu količine i brzine prenosa podataka EnOcean se primjenjuje u manje zahtjevnim aplikacijama. Osim pomenutih ograničenja, postoji i ograničenje u vidu maksimalne udaljenosti uređaja, koja ne smije preći 30 m u zatvorenom i 300 m na otvorenom prostoru [37].

4.5.3 ZigBee

ZigBee spada u grupu bežičnih protokola baziranih na IEEE 802.15.4 standardu, koji omogućavaju formiranje bežične mreže uređaja male snage. Tehnologija definisana od strane ZigBee-a je namijenjena da bude jednostavna, i jeftinija od ostalih bežičnih mreža, kao što su Bluetooth ili Wi-Fi. Aplikacije gdje se primjenjuje protokol su različite, i mogu biti od klasičnih tastera za kontrolu rasvjete, uređaja za mjerenje potrošnje energije, sistema za kontrolu i upravljanje saobraćajem, i u različitim izvedbama u industriji. Osnovna primjena mu je u aplikacijama malog dometa gdje nijesu potrebne velike brzine prenosa podataka.

ZigBee omogućava prenos putem radio talasa 868MHz ili 2,4GHz, pri brzinama od 20Kbit/s i 250Kbit/s, respektivno. Uređaji čija je komunikacija bazirana na pomenutom protokolu su pretežno male snage, što može biti problem kada se govori o maksimalnoj udaljenosti između uređaja koji mogu da razmijenjuju informacije. Udaljenost između uređaja koji mogu da komuniciraju može biti od 10 do 100 m u zavisnosti od karakteristika sredine gdje su uređaji instalirani. U koliko je potrebno ostvariti komunikaciju između uređaja čija udaljenost prelazi propisanu, koriste se uređaji za pojačavanje signala [38].

4.5.4 Bluetooth

Bluetooth je bežični komunikacioni standard namijenjen za razmjenu podataka na malima rastojanjima putem ultra kratkih radio talasa (UHF) frekvencije 2,4 GHz. Udaljenost na kojima se može izvršiti razmjena podataka je uglavnom manja od 10m, a može se i kretati do 100 m u zavisnosti od sredine. Bluetooth je osmišljen od strane telekomunikacione kompanije Ericsson, koji je bio zamišljen kao bežična varijanta protokola RS-232. Cilj je bio omogućiti povezivanje više uređaja, prevazilazeći probleme sinhronizacije.

Bluetooth je standardizovan od strane IEEE grupe standardom IEEE 802.15.1. Upravljanje i stalno unapređenje Bluetooth protokola se odvija pod vodstvom Bluetooth Special Interest Group – (SIG). Danas SIG sarađuje sa preko 25000 kompanija iz različitih oblasti kao što su telekomunikacije, računari, mreže, korisnička elektronika [39]...

4.5.5 Wi-Fi

Wi-Fi tehnologija omogućava bežično povezivanje uređaja, uglavnom korišćenjem 2.4 GHz UHF i 5 GHz radio frekvencija. Wi-Fi Alliance definiše Wi-Fi kao bežičnu lokalnu mrežu - WLAN (*wireless local area network*) koja je bazirana na standardima IEEE 802.11.

Wi-Fi je najzastupljeniji bežični protokol, i implementiran je u uređajima kao što su računari, pametni telefoni, tableti, digitalne kamere. U inteligentnim objektima koristi se za povezivanje sa uređajima za audio i video reprodukciju, kao i različitim tipovima kontrolera kao što su kontroleri za rasvjetu, klimatizaciju, sigurnosne sisteme... Takođe, Wi-Fi se koristi za povezivanje uređaja na Internet korišćenjem access point-a [40].

4.5.6 Poređenje karakteristika bežičnih protokola

U prethodnom poglavlju je dat kratak opis bežičnih komunikacionih protokola koji se mogu susresti u inteligentnim objektima. Izbor nekog od pomenutih protokola usko je vezan za brzine prenosa podataka koje se mogu ostvariti, što predstavlja glavni kriterijum prilikom odabira. U tabeli 6 prikazane su osnovne karakteristike pomenutih protokola [41]-[46].

Tabela 6: Poređenje bežičnih komunikacionih protokola [47]

	EnOcean	Z-Wave	ZigBee (802.15.4)	ZigBee (802.15.4)	Bluetooth (802.15.1)	WLAN (802.11)
Frekvencija(MHz)	868	868	868	2400	2400	2400-5000
Brzina prenosa (kbyte/s)	125	9,6/20	20	250	720	11000-54000
Minimalna dužina telegrama (ms)	0,6	20	30	4	0,7	-
Potrošnja električne energije (uključujući pokretanje)	veoma mala	Mala	Mala	Mala	srednja	Velika
Rizik od kolizije podataka	veoma mali	Srednji	Srednji	Mali	veoma mali	Veliki
Životni vijek	veoma dobar	Dobar	Dobar	Dobar	dobar	ne baš dobar

U tabeli 6 su prikazane uporedne karakteristike analiziranih protokola. Međutim, uglavnom se uzimaju u obzir brzina prenosa podataka, frekvencija i način napajanja uređaja. Svaka od prikazanih karakteristika može uticati na izbor određenog protokola. Protokoli EnOcean, Z-Wave, ZigBee (868 MHz) se koriste na nivou polja, gdje su potrebne manje brzine i manja pouzdanost prenosa podataka. Dok se za razliku od njih, ZigBee (2,4 GHz), Bluetooth i Wi-Fi pretežno koriste na nivou automatizacije i nivou menadžmenta gdje se zahtijevaju veće brzine prenosa podataka i veća pouzdanost prenosa. Brzine prenosa koje je potrebno obezbijediti za podsisteme pojedinačno prikazane su u tabeli 7.

4.6 Zahtjevi podsistema za određenim karakteristikama protokola

Različiti podsistemi u inteligentnim objektima zahtijevaju različite karakteristike protokola da bi se omogućila integracija svih podsistema na nivou zgrade. Bitne karakteristike svakog protokola su brzina prenosa, propusni opseg, sigurnost prenosa podataka... U tabeli 7 su prikazani zahtjevi sa karakteristikama protokola koje moraju biti ispunjeni da bi se omogućila integracija određenih podsistema [36].

Tabela 7: Zahtjevi podsistema za određenim karakteristikama protokola [36]

Područje primjene	Aplikacije	Minimalna/maksimalna brzina prenosa podataka
Menadžment energijom	-aktivacija i deaktivacija uređaja u objektima (HVAC, rasvjeta) -potrošnja energije u realnom vremenu -pametni mjerači	2,4 kb/s – 250 kb/s
Sistemi zaštite i video nadzora	-alarmni sistemi -sistemi video nadzora -HD sistemi video nadzora	200 kb/s – 54 Mb/s
Multimedia	-audio sistemi -televizijski sistemi -kompletni distribuirani sistemi namijenjeni za reprodukciju HD videa	250 kb/s – 500 Mb/s

U tabeli 7 navedeni su opsezi brzina prenosa podataka za različite podsisteme u inteligentnim objektima. Uočava se, da su zahtjevi po pitanju brzine najmanji u sistemima za kontrolu rasvjete i sistemima klimatizacije, dok su najzahtjevniji sistemi namijenjeni za audio i video reprodukciju. Navedeni zahtjevi sa preporučenim brzinama u određenim podsistemima direktno uslovljavaju odabir nekog od komunikacionih protokola, bilo žičanih ili bežičnih [36].

4.7 IoT - Internet of things

IoT je predstavljen kao koncept i paradigma, koja razmatra rasprostranjene stvari/objekte koji žičanim ili bežičnim vezama uz primjenu jedinstvenih adresa imaju sposobnost komunikacije i saradnje jednih sa drugima, ili sa drugim stvarima/objektima u cilju stvaranja novih aplikacija i usluga. Sposobnost umreženih uređaja je da prikupljaju informacije iz okruženja u kojem se nalaze i da ih prenesu, podijele putem Interneta da bi druge stvari ili ljudi na osnovu primljenih informacija preduzeli određene aktivnosti. Osnovne karakteristike IoT sistema su [48]:

- svi uređaji komuniciraju, inteligentni uređaji imaju mogućnost žičane ili bežične komunikacije između sebe i između međusobno povezanih objekata unutar mreže,
- svi uređaji se indentifikuju, inteligentni uređaji se indentifikuju preko digitalnog imena,
- svi uređaji interreaguju, inteligentni uređaji mogu interreagovati sa lokalnim okruženjem kroz očitavanja i aktiviranja postojećih mogućnosti.

Internet of things objedinjuje nekoliko trendova razvoja informaciono-komunikacionih tehnologija. Prvi trend, je trend minijaturizacije, odnosno smanjivanje dimenzija povezanih uređaja, nekada i ispod granice vidljivosti golim okom. Drugi trend, je upotreba bežičnih tehnologija koje obezbijavaju mobilnost odnosno prenosivost uređaja. I treći trend je heterogenost uređaja na kojima će se zasnivati Internet of things [48]-[49].

Da bi se omogućilo stvaranje koncepta IoT neohodno je odgovoriti na mnogobrojna pitanja. U tabeli 8 je prikazan tehnološki razvoj IoT danas, kao i predviđanja za budući razvoj. Pored velike rasprostranjenosti i primjene IoT koncepta i dalje postoje ozbiljni tehnološki izazovi i prepreke prilikom realizacije. Tu svakako spada potreba za jeftinim, energetski samoodrživim, inteligentnim uređajima, prelazak na šestu verziju IP adresa, dostupnost softvera koji mogu objединiti i analizirati podatke, kao i obezbijediti privatnost i sigurnost podataka. Takođe, veliki tehnološki izazovi leže i obimu podataka koje treba obraditi, postizanju interoperabilnosti, standardizaciji i sl. Stoga, može se zaključiti da postoji više izazova sa kojima se potrebno suočiti prilikom realizacije koncepta IoT, i da će dinamika budućeg razvoja biti usko zavisna od inovacija u brojnim oblastima tehnike [48]-[49].

Tabela 8: Tehnološki razvoj IoT [48]

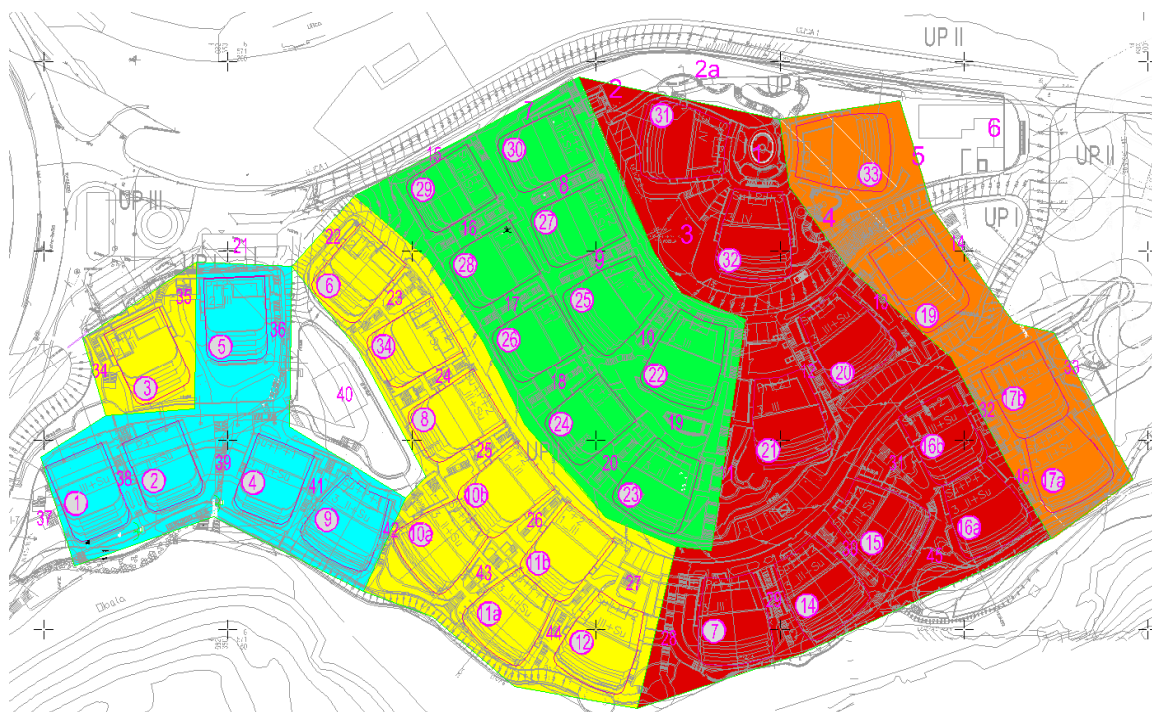
	<2010	2010-2015	>2015
Tehnologije arhitekture IoT	-specifikacija arhitekture IoT -kontekstualni middleware -platforme inteligentnog rezonovanja	-razvoj arhitekture IoT -mreža mrežnih arhitektura -interoperabilnost platformi	-adaptivne, na kontekstu bazirane arhitekture -kognitivne arhitekture -eksperimentalne arhitekture
Komunikacione tehnologije	-RFID, WiFi, UWB, WiMax, Bluetooth, ZigBee, 6LoWPAN	-čip veoma male snage, sistem na čipu -antene na čipu -mobilnost -heterogenost	-široki spektar i protokol svjesan spectra -jedinstveni protokol u širokom spektru
Mrežne tehnologije	-senzorske mreže	-samosvjesne i samoorganizujuće mreže -mreže tolerantne na kašnjenje -hibridne mrežne tehnologije -transparentnost lokacije senzorske mreže	-samoučeća, samoobnavljajuća mreža -mreže spoznaje
Tehnologije identifikacije	-različite šeme -domen specifični identifikatori -ISO, GS1, u-code, Ipv6...	-jedinstveni okvir za jedinstvene identifikatore -dostupni okvir za IoT -jedinstveni identifikator resursa	-upravljanje identitetima -semantika -svijest o privatnosti -identifikator DNK stvari

Primjena IoT koncepta moguća je u različitim područjima, neka od područja primjene su pametne elektroenergetske mreže, različiti tipovi sistema sigurnosti i bezbjednosti, sistemi za praćenje saobraćaj, farmacija, zdrstvo, različiti tipovi automatizovanih procesa [48].

5. STUDIJA SLUČAJA

Dukley Gardens je elitno turističko naselje smješteno na poluostrvu Zavala, koje se nalazi na ulazu u Budvu. Kompleks je sagrađen u skladu sa najvišim tehničkim standardima. Prilikom gradnje korišćeni su savremeni materijali i tehnologije. Kombinacijom energetske efikasnosti materijala i savremenih tehnologija dostižu se svjetski standardi u pogledu energetske efikasnosti i funkcionalnosti objekata.

Rezidencijalni kompleks se sastoji od 36 vila, u kojima se nalazi od 3 do 9 apartmana u zavisnosti od veličine vile, slika 36. Između svake dvije vile smještena je tehnička prostorija. Do svake tehničke prostorije dovedeni su energetske i optičke kablovi, koji su dalje prosljeđeni do svakog apartmana. Osim optičkim kablovima, tehničke prostorije su povezane sa pripadajućim apartmanima FTP kablovima [50].



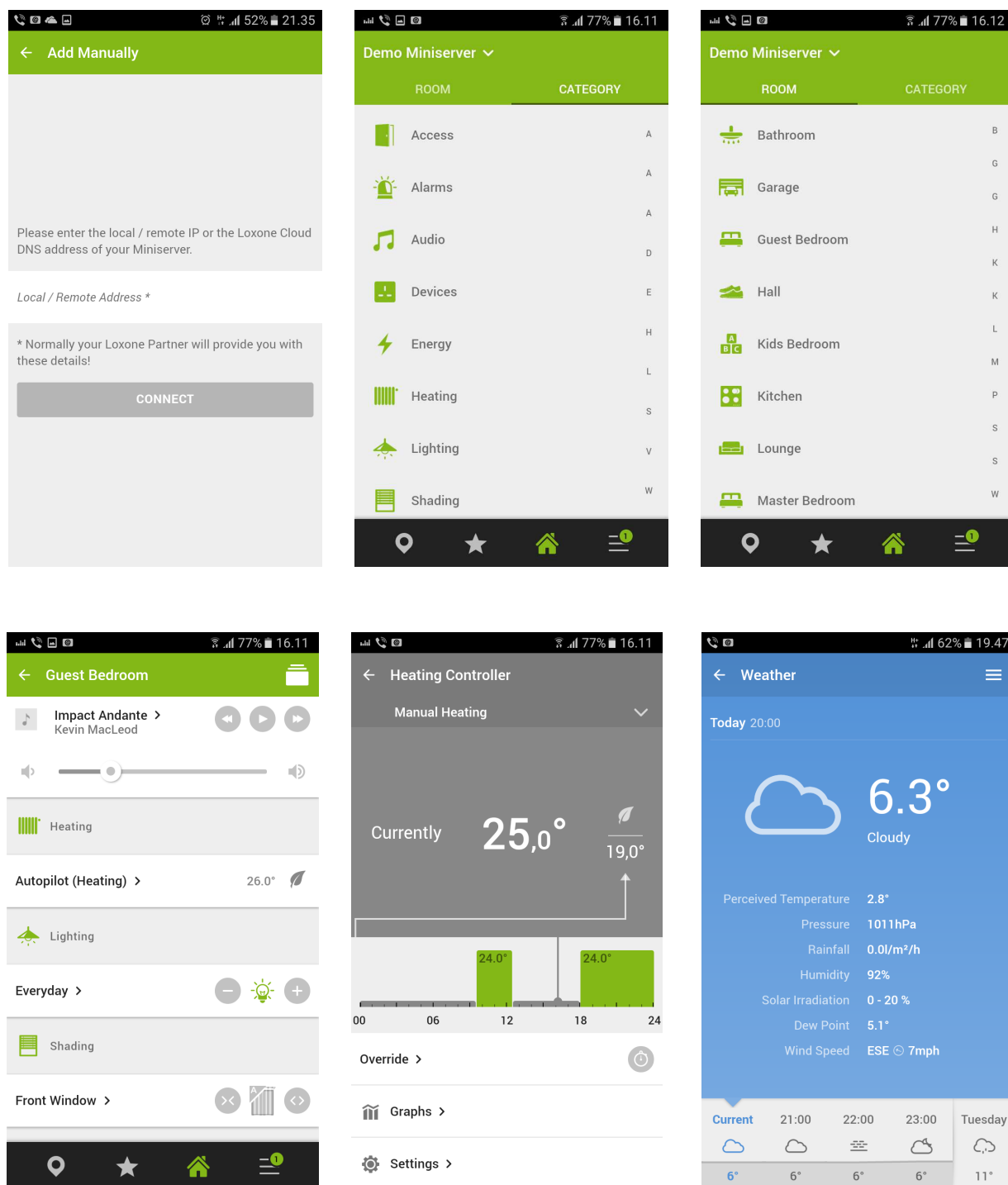
Slika 36: Šema kompleksa Dukley Gardens [50]

5.1 Loxone kontrolerski sistem

Zahtjevi za instaliranim sistemima na kompleksu su uticali na odabir kontrolerskog sistema, koji omogućava integraciju i upravljanje projektovanim sistemima. Svi instalirani sistemi su birani tako da se mogu integrisati sa Smart Home sistemom. Kontrolerski sistem koji je omogućio integraciju svih instaliranih sistema je Loxone. Integracija sistema je vršena na nivou apartmana.

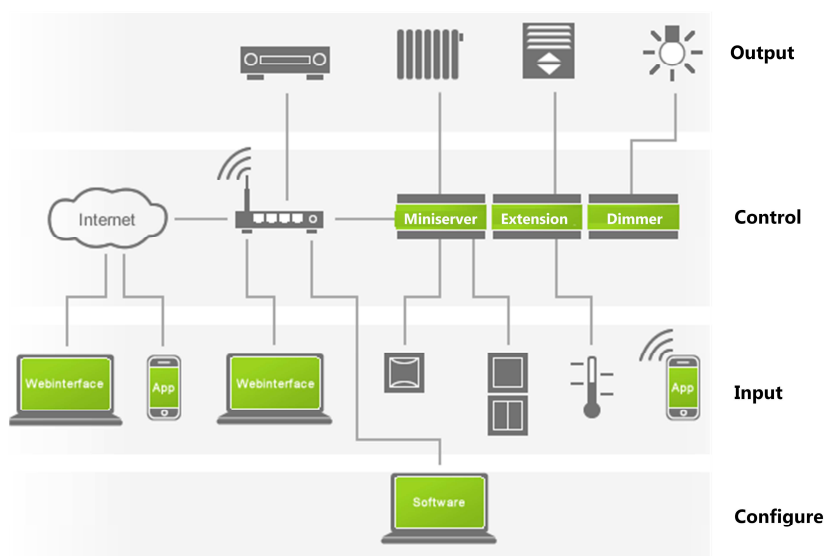
Osnovni modul Loxone platforme je Loxone Miniserver, koji je upravljačka jedinica cijele platforme. Aplikacije za Android i iOS uređaje su besplatne i mogu se preuzeti sa Google Play-a i App Store-a. Uređaji sa instaliranom aplikacijom predstavljaju HMI (*Human Machine Interface*) za Loxone platformu. Na slici 37 je prikazan izgled aplikacije instalirane na telefonu ili tabletu. Da bi

se moglo pristupiti Loxone Miniserveru u apartmanu, neophodno je obezbijediti statičku IP adresu, ili korišćenjem Internet servisa obezbijediti pristup uređaju. Za svaki apartman na kompleksu Dukley Gardens predviđena je lokalna IP adresa 192.168.xxx.20, i adresa za pristup preko Interneta smarthome.dukleygardens.com:9xxx, gdje je broj xxx jedinstven za svaki apartman. Svaki Miniserver je povezan na lokalnu mrežu, i omogućen mu je pristup preko Interneta. Lokalna IP adresa omogućava korisniku da se preko lokalne mreže poveže sa Loxone kontrolerskim sistemom direktno iz apartmana. Korisnik ima mogućnost i da preko Interneta pristupi svom apartmanu, bez obzira gdje se nalazi. Na slici 38 je prikazana principijelna šema povezivanja Loxone kontrolera na lokalnu mrežu i Internet.



Slika 37: Izgled Loxone aplikacije na telefonu ili tabletu

Loxone Miniserver u sebi ima integrisan web-server. Pozivanjem IP adrese Miniservera iz web browser-a, otvara se web stranica na kojoj se korisnik apartmana loguje svojim nalogom. Logovanjem, korisniku se omogućava pregled statusa svih uređaja koji se kontrolišu preko Loxone kontrolerskog sistema i upravljanje njima. Pristupanje Loxone Miniserver-u sa mobilnog telefona ili tableta, vrši se preko aplikacije Loxone. Nakon uspostavljanja konekcije sa uređajem, korisnik se loguje svojim nalogom, omogućava mu se pregled statusa svih uređaja i upravljanje njima. Komunikacija između Miniserver-a i računara, mobilnog telefona ili tableta odvija se pomoću WebSocket protokola. Loxone, osim WebSocket protokola, podržava i HTTP protokol. Podržani mrežni protokoli omogućavaju razmjenu informacija sa različitim sistemima kao što su centralizovani računari, audio-video serveri i drugi mrežni uređaji.

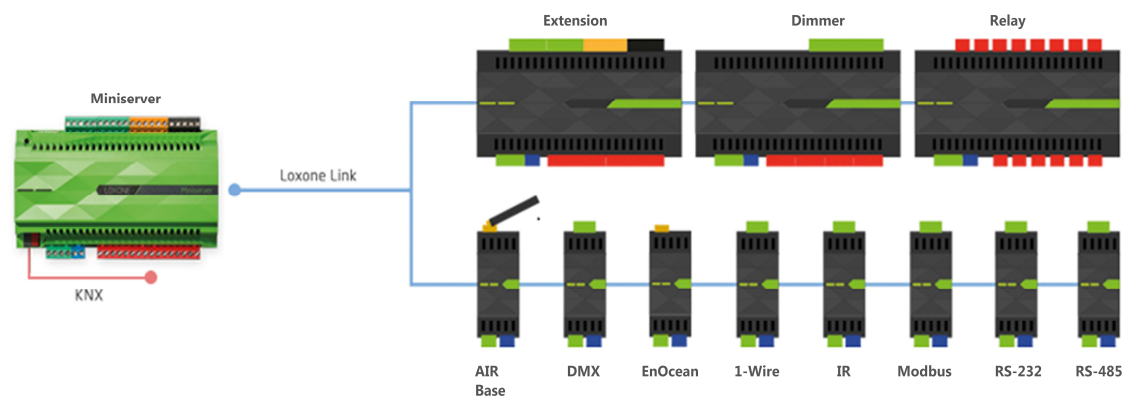


Slika 38: Principijelna šema povezivanja Loxone kontrolera na lokalnu mrežu, aktuatora, senzore i Internet [51]

Sa druge strane, potrebno je realizovati komunikaciju sa podsystemima u samom objektu. Modularnost Loxone platforme je omogućila integraciju raznorodnih tipova komunikacionih protokola. Loxone Miniserver posjeduje 8 digitalnih ulaza, 4 analogna ulaza, 8 digitalnih izlaza i 4 analogna izlaza. Moduli omogućavaju kako proširenje broja analognih/digitalnih ulaza/izlaza, tako i proširenja interfejsa različitih komunikacionih protokola. Moduli proširenja su Ekstenzija, Dimer, Relejna ekstenzija, AIR Base, DMX, EnOcean, 1-Wire, IR, Modbus, RS-232, RS-485. Komunikacija između Miniservera i modula se odvija pomoću CANbus protokola. Jedan Miniserver može da opslužuje do 30 modula. Ukoliko je potrebno, broj ulaza, izlaza i komunikacija se može proširiti povezivanjem dva ili više Miniservera u strukturi master - slave. Na slici 39 je prikazan izgled Loxone Miniservera i modula proširenja [51].

AIR Base, EnOcean i IR moduli omogućavaju bežičnu komunikaciju senzora i aktuatora sa Miniserverom. Air Base je Loxone-ov proizvod namijenjen za bežično povezivanje 128 različitih senzora (IR senzora, dimnih senzora, tastera, senzora temperature i vlage) i aktuatora (ventila, releja, dimera). EnOcean omogućava povezivanje 128 senzora (temperaturni, detektor pokreta, detektor prisustva, magnetni kontakti..) i 128 aktuatora (ventila, releja, dimera). IR modul se sastoji od prijemnika i predajnika, koji omogućavaju prijem i slanje informacija putem IR-a. 1-Wire modul omogućava povezivanje do 20 senzora (temperaturni senzor, senzor vlage, senzori za kontrolu pristupa). Modbus, RS-485 i RS-232 su moduli namijenjeni kao komunikacioni interfejsi.

Oni omogućavaju povezivanje Loxone kontrolera sa različitim sistemima koji podržavaju navedene protokole (PLC-om, alarmnim sistemima, mjeračima potrošnje energije...). Osim pomenutih komunikacionih modula, Loxone Miniserver ima integrisan KNX interfejs, koji omogućava povezivanje Loxone kontrolera sa različitim KNX uređajima [51].

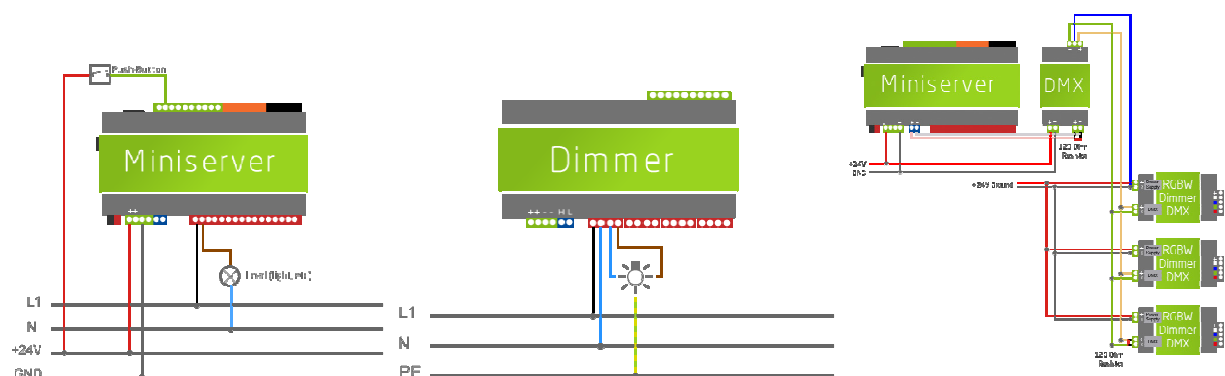


Slika 39: Loxone Miniserver i moduli proširenja [51]

Loxone Config je softver koji je namijenjen za programiranje Loxone kontrolerskog sistema. Sam program je veoma intuitivan, i omogućava lako i brzo programiranje kontrolera pomoću funkcijskih blokova. Osim funkcijskih blokova, Loxone Config omogućava programiranje u programskom jeziku C. Softver je besplatan, i može se preuzeti sa zvanične stranice www.loxone.com [51].

5.2 Sistem rasvjete

Loxone kontrolerski sistem ima sopstvene module koji omogućavaju kontrolu rasvjete. Moduli proširenja koji omogućavaju kontrolu rasvjete su Dimer i DMX modul. Na slici 40 su prikazane principijelne šeme ON/OFF upravljanja, dimovanja i DMX kontrole rasvjete pomoću Loxone kontrolerskog sistema. U koliko je potrebno upravljati, nekim drugim sistemom rasvjete, za koji ne postoji Loxone modul, potrebno je obezbijediti dodatne gateway-e. Na primjer, upravljanje DALI rasvjetom pomoću Loxone kontrolera moguće je realizovati putem gateway-a KNX-DALI.



Slika 40: Principijelna šema ON/OFF upravljanja, dimovanja i DMX upravljanja rasvjetom [51]

Upravljanje rasvjetom u apartmanima Dukley Gardens kompleksa se vrši pomoću Loxone kontrolera. Upravljanje rasvjetom u najvećem broju apartmana je ON/OFF, dok je u malom broju apartmana realizovano dimovanje određenih strujnih krugova i dimovanje LED traki primjenom analognih dimabilnih drajvera.

Rasvjeta na nivo apartmana može se podijeliti:

- spoljašnju i
- unutrašnju.

Spoljašnju rasvjetu apartmana čine LED svjetiljke sa brojem vile i apartmana sa tasterom za zvono, svjetiljke na stubovima tarase (proizvođača iGuzzini snage 12W, 3000 K, IP55), LED traka u aluminiskom profilu na terasi (iGuzzini snage 9,6W/m, IP55), i svjetiljke na ulazu koje posjeduju sopstveni senzor pokreta (tip Deep LED R12, snage 12W 3000K, IP55). Spoljna rasvjeta se uključuje automatski noću, osim svjetiljki na ulazu koje se uključuju noću u trajanju od 5 min pri detekciji pokreta. Kontrolerski sistem omogućava uključivanje i isključivanje spoljašnje rasvjete na osnovu geografskih koordinata na kojima se nalazi objekat. Koordinate objekta se setuju prilikom programiranja samog uređaja. Takođe, spoljašnju rasvjetu je moguće kontrolisati pomoću tastera koji su za to namijenjeni ili pomoću telefona, tableta ili računara.

Unutrašnja rasvjeta, kao i spoljašnja veoma je slična u svim apartmanima, jedino se razlikuju svjetiljke, koje odabiraju investitori ili arhitekta. U apartmanima u prosjeku ima 1 do 2 lustera, dok su ostale svjetiljke na ulazu, hodniku, kuhinji, sobama, kupatilima spot ugradne svjetiljke (tipa Deep LED R12, snage 12W 3000K, IP23). Broj svjetiljki varira od veličine i namjene prostorije. U dnevnoj sobi i kuhinji su projektovane i LED trake koje su smještene u spuštenu plafonu ili djelovima kuhinjskog namještaja. Takođe u kupatilima osim spot svjetiljki, iznad ogledala se nalaze nadgradne LED svjetiljke (tipa Slim Line LED). Kompletnom rasvjetom moguće je upravljati tasterima ili preko mobilnog telefona, tableta i računara.

Sistem rasvjete je povezan i sa sistemom sigurnosti i bezbjednosti. Samim tim, omogućeno je i upravljanje rasvjetom i pravljenje scena kada alarmni sistem detektuje određene događaje. Scene implementirane u svakom apartmanu su:

- uključivanje svijetla dobrodošlice,
- isključenje kompletne rasvjete,
- uključivanje SOS svijetla.

Svijetlo dobrodošlice se pali noću, pri ulasku korisnika u apartman, deaktiviranjem alarma svijetlo nastavlja da radi, u koliko korisnik ne deaktivira alarm, isključuje se svijetlo dobrodošlice. Sam korisnik ima mogućnost odabira svjetiljki koje se uključuju, najčešće ulazno svijetlo i LED traka u dnevnoj sobi i kuhinji, takođe korisnik ima mogućnost da onemogući opisanu scenu.

Izlaskom iz apartmana i aktiviranjem alarma, automatski se isključuje sva rasvjeta u apartmanu, osim spoljašnje koja se automatski uključuje i isključuje, takođe svu rasvjetu je moguće isključiti dužim pritiskom na taster koji uključuje ulazno svijetlo.

U slučaju alarmiranja sistema sigurnosti i bezbjednosti, uključuje se SOS scena, koja aktivira treptuću spoljnu rasvjetu. Deaktiviranjem alarma, isključuje se SOS scena i stanje svjetiljki se vraća u režimu kakvom su bile prije aktiviranja alarma.

Priključnicama i izvodima za napajanje pojedinih uređaja moguće je upravljati grupno, upravljanjem kontaktorom na koji su povezane priključnice. Osim izvoda za bojlere i sušaće peškira kojima se pojedinačno upravlja, i priključnica za IT ormar i frižider kojima je obezbijeđeno stalno napajanje.

5.3 Sistem sigurnosti i bezbjednosti

Uloga sistema sigurnosti i bezbjednosti u inteligentnim objektima, osim zvučnog obavješćavanja u slučaju alarmiranja, je razmjena informacija sa drugim sistemima, kao što su štampači, centralizovani računari, ili neki drugi sistemi. Većina sistema sigurnosti i bezbjednosti podržava različite komunikacione protokole. Protokoli koji se često susreću u ovim sistemima su RS-485, RS-232, GSM/GPRS, Ethernet/IP.

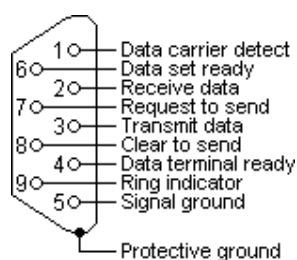
Jedan od ključnih kriterijuma prilikom odabira alarmnog sistema, bio je podržani komunikacioni protokoli. Alarmni sistem Paradox EVO192, ispunio je sve zahtjeve vezane za sistem sigurnosti i bezbjednosti, i omogućio integraciju sa Loxone kontrolerskim sistemom.

U svakom apartmanu je instalirana alarmna centrala Paradox EVO192, kao i veći broj senzora pokreta, jedan termički senzor i jedan dimni senzor. Alarmna centrala je opremljena sirenom, tastaturom TM50 Touch, IP komunikatorom IP150 i komunikacionim modulom PRT3 [51].

Tastatura TM50 Touch je veličine 5 inča i osjetljiva je na dodir. Tastatura je smještena u blizini ulaznih vrata, i služi za aktiviranje i deaktiviranje alarma, kao i za prikazivanje statusa alarma, vremena i datuma.

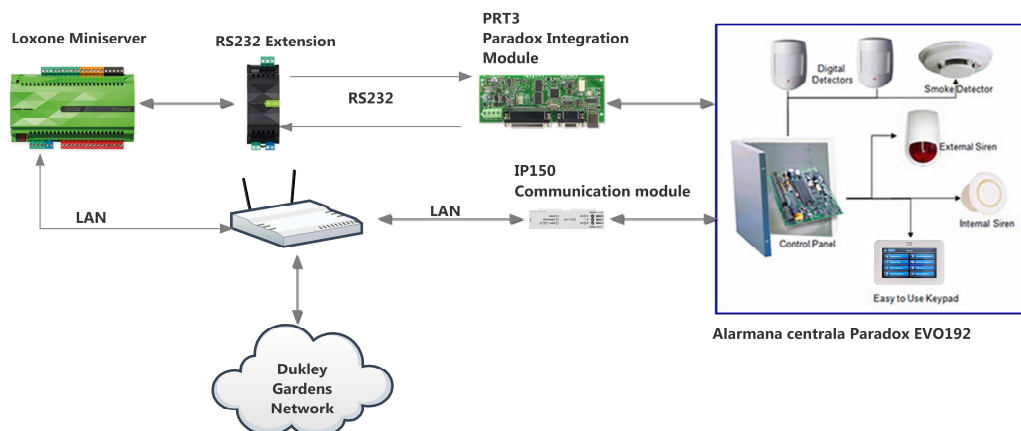
IP 150 je mrežni uređaj, namijenjen je za povezivanje alarmne centrale na Internet ili lokalnu mrežu. Alarmna centrala u svakom apartmanu je opremljena sa IP komunikatorom, što omogućava povezivanje svih alarmnih sistema sa centralizovanim sistemom za monitoring.

Povezivanje alarmne centrale Paradox EVO192 i Loxone kontrolera vrši se pomoću protokola RS-232. Za povezivanje putem protokola RS-232 potrebno je obezbijediti PRT3 modul i Loxone RS-232 modul. Serijski izlaz PRT3 modula je ženski DB9 konektor. Za povezivanje sa RS-232 modulom, potrebno je obezbijediti kabl, koji na jednom kraju ima muški DB9 konektor koji se poveže na PRT3 modul, a na drugom kraju su izblankirane žile koje se povezuju na RS-232 modul. Žile koje se povezuju na Loxone RS-232 modul su Rx (pin 2), Tx (pin 3) i GND (pin 5). Na slici 41 je prikazan raspored pinova DB9 konektora. Rx komunikacioni kanal PRT3 modula se povezuje na Tx kanal RS-232 modula, Tx komunikacioni kanal PRT3 modula se povezuje Rx kanal RS-232 modula, i GND PRT3 modula se vezuje na GND RS-232 modula. Na slici 42 je prikazana principijelna šema povezivanja alarmne centrale Paradox EVO192 i Loxone Miniservera [51]-[52].



Slika 4

Alarmna centrala je isprogramirana, da kada se dese događaji, određene informacije se prosleđuju putem RS-232 protokola do Loxone kontrolera, na osnovu kojih se dalje izvršavaju isprogramirane scene.

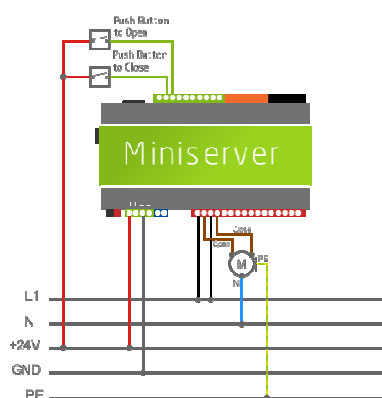


Slika 42: Principijelna šema povezivanja Loxone kontrolera i alarmne centrale Paradox EVO192 [51][52]

5.4 Sistem za upravljanje tendama i zavjesama

Svaki apartman je opremljen sa jednom tendom i sa većim brojem zavjesa. Tende i zavjese posjeduju sopstvene motore, proizvođača Somfy. Tendama i zavjesam se upravlja pomoću Loxone kontrolerskog sistema.

Upravljanje tendama i zavjesama je realizovano pomoću dva digitalna izlaza Loxone kontrolera. Za upravljanje jednim motorom tende ili zavjese obezbijeđena su dva digitalna izlaza, na slici 43 je prikazana principijelna šema. Jedan digitalni izlaz namijenjen je za otvaranje, dok je drugi digitalni izlaz namijenjen za zatvaranje tendi ili zavjesa. Kontrola tendi i zavjesa može biti preko tastera, mobilnog telefona, tableta ili računara [51].



Slika 43: Principijelna šema upravljanja tendama i zavjesama [51]

Sistem tendi u svim apartmanima povezan je sa sistemom meteo stanica. Implementirana je scena, kada brzina vjetera pređe brzinu od 20 Km/h sve tende se zatvaraju.

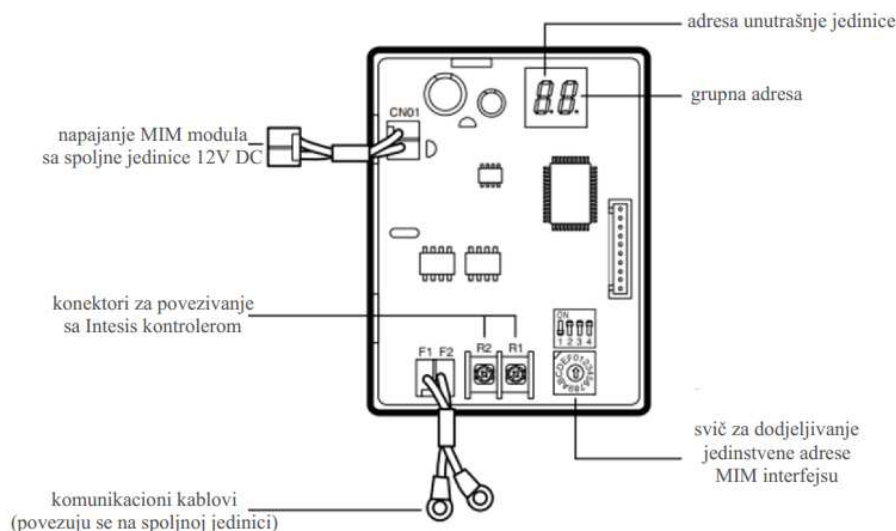
5.5 Sistem klimatizacije

Upravljanje sistemima klimatizacije može biti realizovano na različite načine, u zavisnosti od tipa i veličine sistema. Različiti proizvođači sistema klimatizacije, u najvećem broju slučajeva, pomoću sopstvenih kontrolera omogućavaju upravljanje sistemima klimatizacije. Komunikacija između kontrolerskog sistema i klima uređaja, kod sistema koji kao cirkulacioni medijum koriste freon, najčešće se odvija pomoću kodiranog protokola. Integracija sistema klimatizacije, sa nekim drugim sistemom, moguće je realizovati korišćenjem gateway-a.

Sistem klimatizacije implementiran na Dukley Gardens kompleksu je VRF (*Variable Refrigerant Flow*). Svaki apartman je opremljen jednom spoljašnjom i više unutrašnjih jedinica klima, proizvođača Samsung.

Sistem klimatizacije je integrisan sa Loxone kontrolerskim sistemom. Povezivanje sistema klimatizacije i Loxone kontrolera realizovano je pomoću gateway-a IntesisBox AC. IntesisBox AC je proizvod kompanije Intesis Software S.L. IntesisBox AC omogućava integraciju sistema za klimatizaciju sa sistemima koji podržavaju neki od standardnih komunikacionih protokola. Postoje različiti tipovi IntesisBox AC kontrolera, koji podržavaju KNX, BACnet, LonWorks i Modbus komunikaciju. Integracija sa Loxone kontrolerom vršena je sa IntesisBox AC kontrolerom koji podržava KNX komunikaciju [53]-[54].

IntesisBox AC gateway se isporučuje sa dodatnim MIM modulom koji se povezuje na spoljašnju jedinicu klime. Broj unutrašnjih i spoljašnjih jedinica koje se mogu kontrolisati je ograničen modelom IntesisBox AC gateway-a i MIM modula. Model IntesisBox AC koji je instaliran je SM-AC-KNX-8, on omogućava upravljanje do 8 unutrašnjih jedinica klima uređaja. Maksimalan broj spoljnih jedinica kojim se može upravljati sa jednim gateway-em je 16. Za svaku spoljnu jedinicu klime potrebno je obezbijediti po jedan MIM-B04A interfejs. Na slici 44 je prikazana principijelna šema MIM-B04A interfejsa [53]-[54].

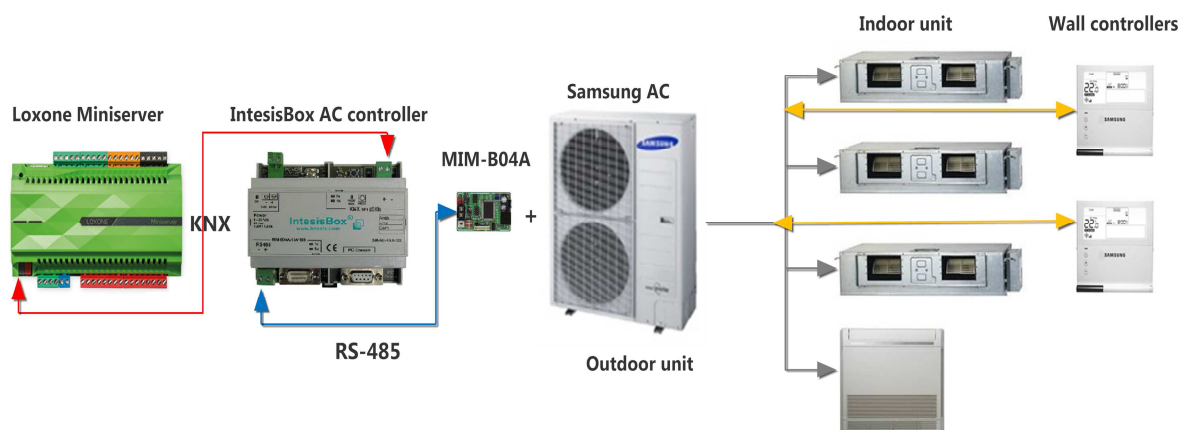


Slika 44: Principijelna šema MIM-B04A interfejsa [53]

Za povezivanje MIM-B04A interfejsa, potrebno je sistem klimatizacije iskonfigurisati, tj. izvršiti adresiranje unutrašnjih jedinica i povezivanje sa zidnim kontrolerima. P

adresu. Komunikacija između MIM-B04A interfejsa i IntesisBox AC gateway-a se odvija pomoću RS-485 protokola. Povezivanje MIM-B04A interfejsa i IntesisBox AC se vrši upredenom paricom, tako što se konektori R1 i R2 MIM interfejsa povežu sa Rx i Tx konektorima IntesisBox gateway-a [53]-[54].

Komunikacija između IntesisBox AC gateway-a i Loxone kontrolera se odvija putem KNX protokola. Komunikacioni medijum je upredena parica. Za uspostavljanje komunikacije potrebno je obezbijediti napajanje KNX basa. Na slici 45 je prikazana principijelna šema povezivanja Loxone kontrolera i Samsung sistema klimatizacije.



Slika 45: Principijelna šema povezivanja Loxone kontrolera i sistema klimatizacije Samsung [51] [52] [54]

Konfigurisanje IntesisBox gateway-a se vrši pomoću LinkBoxEIB softvera. LinkBoxEIB softver omogućava setovanje broja spoljašnjih i unutrašnjih jedinica, kao i dodjeljivanje KNX adresa funkcijama. Za svaku funkciju (npr. ON/OFF, setovanje temperature), predviđen je određeni tip KNX podatka (npr. EIS1-Switch, EIS5-Analog value). U tabeli 8 su navedene funkcije koje se mogu ostvariti i tipovi podataka koji su predviđeni za sve funkcije. Za jednu unutrašnju jedinicu potrebno je definisati po 27 KNX adresa za prijem i slanje informacija. Pozivanjem određene KNX adrese sa Loxone kontrolera, izvršava se određena funkcija (ON/OFF, biranje moda, setovanje temperature). Kada se izvrši promjena bilo kojeg parametra unutrašnje jedinice, gateway automatski promjene prosleđuje Loxone kontroleru na definisanu KNX adresu. Na ovaj način se obezbijuje, da upravljanje pomoću zidnih kontrolera bude automatski sinhronizovano sa uređajima na kojim se izvršava Loxone aplikacija. Važi i obrnuto, svaka promjena sa Loxone aplikacije, se automatski sinhronizuje sa zidnim kontrolerima [53].

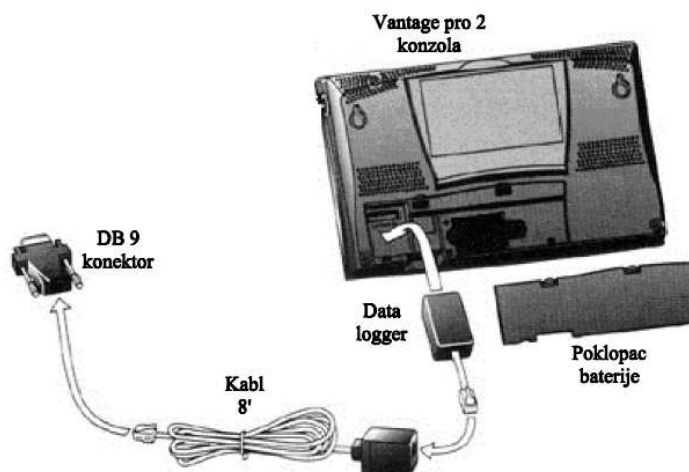
Tabela 8: Lista komandi za kontrolu jedne unutrašnje jedinice klime [54]

Dev.	Ident.	Signal	EIS	Group	Listening addresses
1	00-Communication Error	Communication Error General: 0-Ok, 1-Error (R)	01 - Switching (1 bit)	1/1/1	
1	02 – OnOff	On/Off: 0-Off, 1-On (R/W)	01 - Switching (1 bit)	1/1/2	
1	03 – Mode	Mode: 0-Cool, 1-Heat, 2-Dry, 3-Fan, 4-Auto (ERV: 0-Heat Exchange, 1-Bypass, 3-Sleep, 4-Auto) (R/W)	14 - Counter (8 bit)	1/1/3	
1	04 - Cool (ERV Heat Exchange)	Mode: 1- Cool (ERV Heat Exchange) (R/W)	01 - Switching (1 bit)	1/1/4	
1	05 - Heat (ERV Bypass)	Mode: 1- Heat (ERV Bypass) (R/W)	01 - Switching (1 bit)	1/1/5	
1	06 - Dry	Mode: 1- Dry (R/W)	01 - Switching (1 bit)	1/1/6	
1	07 - Fan (ERV Sleep)	Mode: 1- Fan (ERV Sleep) (R/W)	01 - Switching (1 bit)	1/1/7	
1	08 - Auto (ERV Auto)	Mode: 1- Auto (ERV Auto) (R/W)	01 - Switching (1 bit)	1/1/8	
1	09 – ModeAuto	Mode when Auto: 0-Auto cooling, 1-Auto heating (R)	14 - Counter (8 bit)	1/1/9	
1	10 - Auto Cool	Mode when Auto: 1- Auto Cool (R)	01 - Switching (1 bit)	1/1/10	
1	11 - Auto Heat	Mode when Auto: 1- Auto Heat (R)	01 - Switching (1 bit)	1/1/11	
1	12 – Setpoint	Setpoint temperature: Celsius value, 16 to 30 (R/W)	05 - Float (16 bit)	1/1/12	
1	13 – Temperature	Ambient temperature: Celsius value -55 to 200 (R)	05 - Float (16 bit)	1/1/13	
1	14 – FanDir	Fan direction: 0-Stop, 1-Up/Down, 2-Left/Right, 3-Both (R/W)	14 - Counter (8 bit)	1/1/14	
1	15 - Up/Down	Fan direction: 0-Stop/1-Moving-	01 - Switching (1 bit)	1/1/15	

		Up/Down (R/W)			
1	16 - Left/Right	Fan direction: 0-Stop/1-Moving-Left/Right (R/W)	01 - Switching (1 bit)	1/1/16	
1	17 – FanSpeed	Fan speed: 0-Auto, 1-Low, 2-Middle, 3-High (R/W)	14 - Counter (8 bit)	1/1/17	
1	18 - Auto	Fan speed: 1- Auto (R/W)	01 - Switching (1 bit)	1/1/18	
1	19 - Low	Fan speed: 1- Low (R/W)	01 - Switching (1 bit)	1/1/19	
1	20 - Middle	Fan speed: 1- Middle (R/W)	01 - Switching (1 bit)	1/1/20	
1	21 - High	Fan speed: 1- High (R/W)	01 - Switching (1 bit)	1/1/21	
1	22 - Turbo (ERV only)	Fan speed: 1- Turbo (ERV only) (R/W)	01 - Switching (1 bit)	1/1/22	
1	23 – RemoCon	Remote Control: 0-Enabled, 1-Disabled (R/W)	01 - Switching (1 bit)	1/1/23	
1	24 – ErrorSign	Error sign: 0-Normal, 1-Error (R)	01 - Switching (1 bit)	1/1/24	
1	25 – ErrorCode	Error code: 0-No error, X-Error (100 to 999) (R)	10 - Counter (16 bit)	1/1/25	
1	26 – FilterAlarm	Filter alarm: 0-Normal, 1-Alarm (R)	01 - Switching (1 bit)	1/1/26	
1	27 – FilterReset	Filter reset: 1-Filter reset (W)	01 - Switching (1 bit)	1/1/27	

5.6 Sistem meteo stanica

Specifičan zahtjev investitora za instaliranim sistemima na kompleksu je instalacija i integracija meteo stanica sa Loxone kontrolerima. Na kompleksu su instalirane 3 meteo stanice. Instalirane meteo stanice su tipa Vantage Pro2 proizvođača Davis Instruments Corp. Za povezivanje meteo stanice sa Loxone kontrolerima, potrebno je obezbijediti dodatni interfejs (Data Logger) za meteo stanicu. Data Logger omogućava povezivanje meteo stanice sa računarom ili nekim drugim sistemom. Postoje tri tipa Data Logger-a, koji omogućavaju komunikaciju putem USB-a, Ethernet-a i RS-232 protokola. Za povezivanje sa Loxone kontrolerima, upotrijebljena je verzija Data Logger-a koja omogućava RS-232 komunikaciju. Na slici 46 je prikazana principijelna šema povezivanja konzole meteo stanice i Data Logger-a [55].



Slika 46: Principijelna šema povezivanja upravljačke konzole meteo stanice i Data Loggera [55]

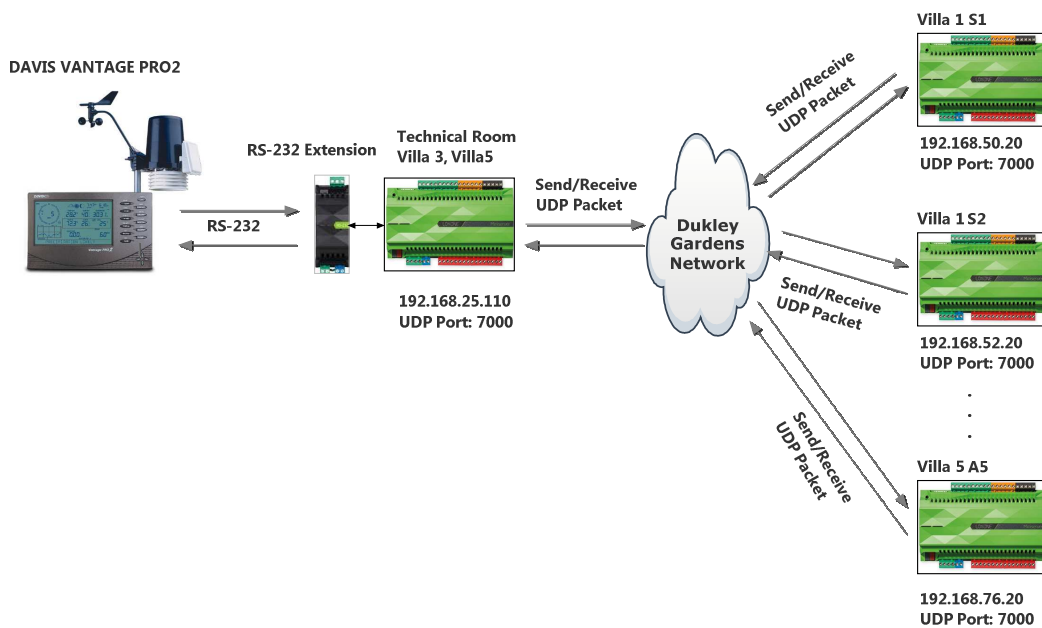
Povezivanje meteo stanice i Loxone kontrolera, se ostvaruje pomoću Loxone RS-232 modula i serijskog Data Logger-a. Data Logger je povezana sa ženskim DB9 konektorom pomoću RJ11 kabla. Za povezivanje sa RS-232 modulom potrebno je obezbijediti kabl koji na jednom kraju ima muški DB9 konektor, koji se povezuje sa ženskim DB9 konektorom Data Logger-a. Dok se na drugom kraju nalaze izblankirane žile kabla koje se povezuju na Loxone RS-232 modul. Povezivanje žila kabla se vrši po istom principu kao kod povezivanja Paradox PRT3 i RS-232 modula [55].

Razmjena podataka se inicira od strane Loxone kontrolera. Komanda za iniciranje razmjene podataka je "LOOP 1". Odgovor meteo stanice je 100 bajtna poruka, u tabeli 9 su prikazane informacije koje su sadržane u jednoj poruci. Razbijanjem poruke na manje pakete dobijaju se informacije o mjerenim veličinama i željenim informacijama [55].

Tabela 9: Informacije sadržane u 100 bajt-noj poruci [55]

Filed	Offset	Size	Explanation
"L"	0	1	Spells out "LOO" for Rev B packets and "LOOP" for Rev A packets. Identifies a LOOP packet
"O"	1	1	
"O"	2	1	
"P" (Rev A) Bar Trend (Rev B)	3	1	Signed byte that indicates the current 3-hour barometer trend. It is one of these values: -60 = Falling Rapidly = 196 (as an unsigned byte) -20 = Falling Slowly = 236 (as an unsigned byte) 0 = Steady 20 = Rising Slowly 60 = Rising Rapidly 80 = ASCII "P" = Rev A firmware, no trend info is available. Any other value means that the Vantage does not have the 3 hours of bar data needed to determine the bar trend.
Packet Type	4	1	0 for LOOP and 1 for LOOP2 packet
Next Record	5	2	Location in the archive memory where the next data packet will be written. This can be monitored to detect when a new record is created.
Barometer	7	2	Current Barometer. Units are (in Hg / 1000). The barometric value should be between 20 inches and 32.5 inches in Vantage Pro and between 20 inches and 32.5 inches in both Vantatge Pro Vantage Pro2. Values outside these ranges will not be logged.
Inside Temperature	9	2	The value is sent as 10th of a degree in F. For example, 795 is returned for 79.5°F.
Inside Humidity	11	1	This is the relative humidity in %, such as 50 is returned for 50%
Outside Temperature	12	2	The value is sent as 10th of a degree in F. For example, 795 is returned for 79.5°F.
Wind Speed	14	1	It is a byte unsigned value in mph. If the wind speed is dashed because it lost synchronization with the radio or due to some other reason, the wind speed is forced to be 0.
10 Min Avg Wind Speed	15	1	It is a byte unsigned value in mph.
Wind Direction	16	2	It is a two byte unsigned value from 1 to 360 degrees. (0° is no wind data, 90° is East, 180° is South, 270° is West and 360° is north)

Extra Humidities	34	7	Relative humidity in % for extra seven humidity stations.
Rain Rate	41	2	This value is sent as number of rain clicks (0.2mm or 0.01in). For example, 256 can represent 2.56 inches/hour.
UV	43	1	The unit is in UV index.
Solar Radiation	44	2	The unit is in watt/meter ² .
Storm Rain	46	2	The storm is stored as 100th of an inch.
Start Date of current Storm	48	2	Bit 15 to bit 12 is the month, bit 11 to bit 7 is the day and bit 6 to bit 0 is the year offsetted by 2000.
Day Rain	50	2	This value is sent as number of rain clicks. (0.2mm or 0.01in)
Month Rain	52	2	This value is sent as number of rain clicks. (0.2mm or 0.01in)
Year Rain	54	2	This value is sent as number of rain clicks. (0.2mm or 0.01in)
Day ET	56	2	This value is sent as the 1000th of an inch.
Month ET	58	2	This value is sent as the 100th of an inch.
Year ET	60	2	This value is setnt as the 100th of an inch.
Soil Moistures	62	4	The unit is in centibar. It supports four soil sensors.
Leaf Wetnesses	66	4	This is a scale number from 0 to 15 with 0 meaning very dry and 15 meaning very wet. It supports four leaf sensors.
Inside Alarms	70	1	Currently active inside alarms. See the table below
Rain Alarms	71	1	Currently active rain alarms. See the table below
Outside Alarms	72	2	Currently active outside alarms. See the table below
Extra Temp/Hum Alarms	74	8	Currently active extra temp/hum alarms. See the table below
Soil & Leaf Alarms	82	4	Currently active soil/leaf alarms. See the table below
Transmitter Battery Status	86	1	
Console Battery Voltage			



Slika 47: Principijelna šema povezivanja Loxone kontrolera i Vantage Pro2 meteo stanice [51] [55]

Brzina vjerta, kao podatak, je iskorišćena za pravljenje scene zatvaranja tendi. Svaki Miniserver u apartmanima je isprogramiran, da kada primi informaciju o brzini vjetra, on je poredi sa dozvoljenom brzinom koja je 20 Km/h, kada brzina vjetra pređe dozvoljenu brzinu, aktivira se scena zatvaranja tendi.

6. ZAKLJUČAK

Analizom i sistematizacijom komunikacionih protokola u inteligentnim objektima moguće je postići značajan napredak u efikasnijem radu i upotrebi različitih podsistema u inteligentnim objektima. Prilikom projektovanja inteligentnih sistema ili nadogradnje postojećih sistema sa novim elementima ili podsistemima uočava se problem međusobne komunikacije koja je ograničena karakteristikama definisanim od strane proizvođača. U cilju obezbijedenja pune interoperabilnosti sistema različitih generacija i proizvođača neophodno je obraditi i izvršiti sistematizaciju različitih tipova komunikacionih protokola.

Rad obrađuje problematiku instalacije i integracije podsistema u inteligentnim objektima sa aspekta primjene različitih komunikacionih protokola s ciljem postizanja potpune interoperabilnosti. Iako je u radu akcenat stavljen na komunikacione protokole u inteligentnim objektima, značajan dio rada je posvećen osnovnim podsistemima instaliranim u inteligentnim objektima, načinima upravljanja i integracije u centralizovani sistem, kao i tehno-ekonomskoj isplativosti primjene različitih mjera i postupaka u cilju realizacije inteligentnog objekta. Takođe, u radu je prikazana praktična primjena, i način integracije različitih podsistema u objektu korišćenjem različitih protokola s ciljem postizanjem pune interoperabilnosti, na primjeru Dukley Gardens-a.

S obzirom, na veliku popularnost Internet i Cloud servisa koji omogućavaju različite vidove interakcije sa inteligentnim objektima i drugim inteligentnim sistemima, moje dalje istraživanje biće usmjereno u tom pravcu. Takođe, nadati se, da ovaj rad može dati određene smjernice za dalja istraživanja u ovom pravcu, ili otići korak dalje, i razmišljati o mogućnostima i načinima realizacije integracije inteligentnih objekata na nivou grada, tzv. Smart cities.

Literatura

- [1] Schengwei Wang, Intelligent Buildings and Building Automation, Spon Press, New York, 2010.
- [2] Hermann Merz, Thomas Hansemann, Christof Hübner, Building Automation, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2009.
- [3] Milan R. Ristanović, Inteligentne zgrade, Mašinski fakultet, Beograd, 2013.
- [4] James Sinopoli, Smart Building, Systems for Architects, Owners, and Builders, Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier, Burlington, MA, 2010.
- [5] Slobodan Lubura, Milomir Šoja, Milica Ristović, Programabilni logički kontroleri zbirka riješenih zadataka, Univerzitet u Istočnom Sarajevu – Elektrotehnički fakultet, Istočno Sarajevo, 2013.
- [6] United States Department of Energy
- [7] U.S. Energy Information Administration, Annual Energy Outlook, December 2014
- [8] U.S. Energy Information Administration, Residential Energy Consumption Survey
- [9] <https://zlaticerov.files.wordpress.com/2013/08/upravljanje-u-intelligentnim-zgradama.docx>
- [10] <http://www.momentum-automation.com/tekstovi%20i%20reklame/Frekventni%20regulatori.pdf>
- [11] <http://infoteh.etf.unssa.rs.ba/zbornik/2011/radovi/F/F-28.pdf>
- [12] F. Ferreira, A. L. Osório, J. M. F. Calado, C. S. Pedro, “Building automation interoperability – A review”, IWSSIP 2010 - International Conference on Systems, Signals and Image Processing, pp. 158-161, 2010.
- [13] W. Kastner, P. Palensky, T. Rausch, Ch. Roesener, „A closer look on today’s home and building networks“, AFRICON, pp. 1239-124

- [30] <http://www.lonmark.org/>
- [31] <http://www.enerlon.com/JobAids/Intro%20LonWorks%20V2.0.pdf>
- [32] https://www.lonmark.org/technical_resources/guidelines/docs/lyr732.pdf
- [33] http://www2.ic.uff.br/iwssip2010/Proceedings/nav/papers/paper_49.pdf
- [34] [https://bib.irb.hr/datoteka/658609.Zavrni rad - Norme i protokoli za automatizaciju kućanstva.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/658609.Zavrni_rad_-_Norme_i_protokoli_za_automatizaciju_kucanstva.pdf)
- [35] <http://www.palensky.org/pdf/Kastner2004.pdf>
- [36] T. D. P. Mendes, R. Godina, E. M. G. Rodrigues, J. C. O. Matias, and J. P. S. Catalão, “Smart Home Communication Technologies and Applications: Wireless Protocol Assessment for Home Area Network Resources”, *Energies*, 8, pp. 7279-7311, jul 2015.
- [37] <https://en.wikipedia.org/wiki/EnOcean>
- [38] <https://en.wikipedia.org/wiki/ZigBee>
- [39] <https://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>
- [40] <https://en.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>
- [41] https://en.wikipedia.org/wiki/Home_automation
- [42] Saša A. Vukosavljev, Erne Đ. Kovač, Boris A. Radin, Dragan P. Simić, “Primer bežičnog senzorskog sklopa u pametnim kućama”, *Zbornik radova Fakulteta tehničkih nau*