

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
Ekonomikas un vadības fakultāte
Ekonomikas informātikas katedra

**INTERNETA TĪKLA VEIDOŠANA IZMANTOJOT MĀJAS
ELEKTROTĪKLU**
**INTERNET NETWORKS BASED ON DOMESTIC ELECTRICAL
INSTALLATION**

DIPLOMDARBS

Autors: Vadības zinību bakalaura studiju programmas
E-business un loģistikas vadības sistēmas
studiju virziena
4. kursa students
Raivis Ulmanis
Stud. Apl. Ru08014

Darba vadītājs: Lektora p.i
Jānis Krūmiņš

RĪGA 2012

Anotācija

Diplomdarba tēma ir „Interneta tīkla veidošana izmantojot mājas elektrotīklu”. Ir attīstījies šāds jauns tehnoloģijas virziens, un darba galvenais mērķis ir noskaidrot vai PLC piedāvā dzīvotspējīgu alternatīvu WiFi un vadu Ethernet mājas savienojumiem? Lai to noskaidrotu, darbā tiek pētīts IEEE 1901 standarts un sīki izanalizēti elektrolīniju tīklu darbības principi, lietderība, problēmas un izmaksas. Tēma ir aktuāla, jo interneta izmantošana un popularitāte ir strauji pieaugusi, un labs savienojums mājas iekšpusē vairs nav greznība, bet prasība. Ņemot vērā šo faktu, par internetu kā ikdienišķu prasību, papētot situāciju, ir skaidrs, ka ļoti daudzās vecākās mājās ethernet jeb parastais vadu tīkls nav pieejams, jo vadu ievilkšana no nulles ir pārāk dārgs pasākums, kā arī WiFi spektrs ir tik ļoti pārpildīts, ka augsta blīvuma pilsētu vidē cilvēkiem ir grūtības izveidot jaudīgu un stabilu bezvadu tīklu savā dzīvojamajā platībā. Tādēļ ir jāmeklē alternatīvas, kas ir spējīgas nodrošināt lietotāju vēlmes par saprātīgām izmaksām.

Atslēgvārdi: elektrolīniju tīkls, IEEE 1901, PLC.

Annotation

Graduation theme is " Internet networks based on domestic electrical installation". Has developed this new technology direction, and the main objective is to determine whether the PLC offers a viable alternative to WiFi and wired Ethernet connections? To clarify this, the work is analyzed in detail IEEE 1901 protocol, the principles of powerline networking, utility, and the costs. The theme is actual, as Internet usage and popularity has grown rapidly, and a good connection inside the home is no longer a luxury but a requirement. Given this fact, the Internet as a routine action, after studying the situation, it is clear that in large number of older homes regular ethernet cable network is not available, since the wiring from scratch is too expensive, and WiFi spectrum is so crowded that in high-density urban environment people find it difficult to create a powerful and robust wireless network in their living area. Therefore, the search for alternatives that are able to provide users needs at a reasonable cost.

Keywords: powerline networking, IEEE 1901, PLC.

SATURS

Apzīmējumu saraksts.....	6
Ievads.....	8
1. Elektrolīniju tīkli	10
1.1. Elektrolīniju tīklu koncepcija.....	10
1.2. Attīstības vēsture.....	10
1.3. Tehnoloģijas plusi un mīnusi.....	12
1.4. Sadarbība ar multivides tehnoloģijām	13
2. PLC darbības principi.....	15
2.1. Signālu izplatīšanās un pārraides vides raksturojums	15
2.2. Trokšņu raksturojums	17
3. Tehnoloģijā izmantotie standarti	23
3.1. IEEE 1901 standarts	23
3.2. HomePlug standarts.....	24
4. Sistēmas arhitektūra.....	25
4.1. Fiziskais slānis (PHY)	26
4.2. Vides piekļuves vadība (MAC) kontroles plaknē.....	28
4.3. MAC Datu plaknē.....	28
4.4. Galvenais koordinātors (CCo).....	29
4.5. Konverģences jeb saplūšanas slānis (CL)	30
4.6. Vairāku tīklu sadarbība.....	32
4.7. Nākamās paaudzes uzlabojumi.....	33
5. Tehnoloģijā izmantojamo ierīču raksturojums	35
6. Datu drošība.....	38
7. Lietotāja saskarne, Programmatūra	39
8. Pētījumi un to analīze	40
8.1. Autora veikts pētījums par elektroiekārtu ietekmi uz PLC.....	40
8.2. PLC pielietojums pasaulē	41

8.3. PLC izmantošana Latvijā	46
9. Pielietošana PLC tehnoloģijām	47
10. PLC pielietojums uzņēmuma „Reiņa trase” vidē	48
10.1. Uzņēmuma apraksts un specifika	48
10.2. PLC risinājuma ieviešana	50
10.3. Izmantotās tehnoloģijas raksturojums un izmaksas	53
11. Sistēmas ieviešanas ekonomiskā efektivitāte	56
Secinājumi	58
Izmantotās literatūras avotu saraksts	60

APZĪMĒJUMU SARAKSTS

ACS	Saite, kas automātiski tiek nodibināta starp funkcionālajiem blokiem informācijas pārraidei.
AES	datu šifrēšanas standarts
AFE	no analogā uz digitālo signāla pārveidotājs
AGC	signāla pārveidotājs
ATS	pieņākšanas laika zīmogs
AVLN	HomePlug AV loģiskais tīkls
BPL	platjoslas elektrolīniju tīkls
BPSK	Binārā fāzes manipulācija
CCo	centrālais /galvenais koordinators
CF	operāciju kopums bezvadu tīklu mezgliem
CID	savienojuma identifikators
CL	konverģences / saplūšanas līmenis
CM	savienojumu pārvaldnieks
CSMA/CA	nesēja jušanas un sadursmju nepieļaušanas daudzpiekļuves metode
CSPEC	savienojuma specifikācija
DAK	ierīces pieejas kods / atslēga
DNL	Atklāto tīklu saraksts
DSL	Atklāto darba staciju saraksts
EAP	paplašināmais autentificēšanas protokols
FDM	frekvenčdales blīvēšana, frekvenčdales multipleksēšana
FEC	automātiska pārraides kļūdu kontrole / labošana
FFT	paātrinātās Furjē transformācijas algoritms
HDTV	Augstas izšķirtspējas televīzija
HLE	Augstāka slāņa / līmeņa struktūra
Host/ H1	saimnieks. Dators vai programma, kas nodrošina informatīvos pakalpojumus citiem tīkla datoriem vai programmām
HPAV	HomePlug AV ir kopienas vārds dažādu elektrolīnijas sakaru specifikācijām, kas atbalsta sadarbības tīklā pār jau esošo mājas elektroinstalācijas tīklu
IFFT	apgrieztais Furjē pārveidojums
INL	līdzdarbojošos tīklu saraksts
MAC	vides piekļuves vadība

MPDU	vides piekļuves vadības protokola datu vienība
MSDU	vides piekļuves vadības apkalpošanas datu vienība
NEK	Tīkla šifrēšanas atslēga
NMK	Tīkla Dalības atslēga
NN	blakusesošs / kaimiņu tīkls
NPW	tīkla parole
OFDM	diskrēta daudztoņu modulācija
PB	fizikālā slāņa grupa
PCF	patstāvīgi esoša konfliktsituācija
PCo	proxy / starpniekservera koordinators
PLC	Powerline communication – elektrolīniju tīklu komunikācija
PHY	fizikālais slānis
PPDU	fizikālā slāņa protokola datu vienība
Proxy	starpnieks
QAM	amplitūdas kvadrātūrmulēšana
QoS	kvalitatīvs / Garantēts datoru tīkla caurlaidspējas līmenis
SACK	selektīvs apstiprinājums
SAP	Pakalpojuma piekļuves punkts
SDTV	Standarta izšķirtspējas televīzija
SNR	signāla un trokšņa attiecība
SOF	kadra sākumnorobežotājs
STA	stacija
TCC	kļūdu labošanas kods
TCP	Pārraides vadības protokols
TDM	laikdales blīvēšana, laikdales multipleksēšana
TDMA	laikdales daudzpiekļuve
TXOP	nosūtīšanas iespēja
VLAN	virtuālais lokālais tīkls
Windowed OFDM	OFDM modulācija, kas atļauj vairāk simbolu pārsūtīšanu, plašāks datu spektrs

IEVADS

Mūsdienu pasaulē notiek strauja tehnoloģiju attīstība, kas ienes jaunas tehnoloģijas katru dienu, dažas no tām ir labākas citas sliktākas. Pozitīvais šajā tehnoloģiju plūsmā ir tas, ka to lietotājiem pastāv plašas izvēles iespējas. Nav jāpieturas pie kāda konkrēta, uzspiesta standarta, jo varam atrast sev vēlamo risinājumu. Ne vienmēr, kāds no piedāvātajiem risinājumiem, ir tas labākais, jo risināmās situācijas ir ļoti dažādas, daudzām no tām ir nepieciešama individuāla pieeja. Tādēļ ir ļoti labi, ka pastāv dažādas alternatīvas, ar kuru palīdzību iespējams atrast vēlamo risinājumu.

Diplomdarba tēma ir „Interneta tīkla veidošana izmantojot mājas elektrotīklu”. Tēma ir skaidrojama ar mūsdienu tehnoloģiju attīstību, kas šajā multivides laikmetā piedāvā visdažādākās iespējas, kā atvieglot un uzlabot mūsu dzīves. Visi ir pieraduši pie ērtībām, cilvēki rēķinās ar to, ka, ja parādās, kāda jauna tehnoloģija, tad tā būs viņiem saprotama un ikdienā viegli izmantojama. Tieši tāda ir elektrolīniju tīklu koncepcija – nekādu jaunu vadu, vienkārši pieslēdzam un viss notiek. Nav vairs jānopūlas ar sarežģītām vadu un tehnikas instalācijām.

1998. gadā, elektroinženieris Deivs Klārks uzdeva jautājumu: "Vai elektrolīniju tīkli ir gatavi savam uznācienam?" Mēdiji uzskatīja, ka elektrolīniju komunikāciju (PLC) tehnoloģija ir pieņemama savienojumiem uz mājām, kā arī māju iekšējai lietošanai. Šodien, ņemot vērā vieglo pieejamību tādām tehnoloģijām kā DSL, kabeļiem, un optikai, ir grūti iedomāties kāda varētu būt PLC loma interneta pakalpojumu sniegšanai uz mājām. Tomēr, jautājums par PLC lietderību mājas iekšējos tīklos ir daudz aktuālāks šodien kā tas bija 1998. Interneta izmantošana un popularitāte ir strauji pieaugusi, un labs savienojums mājas iekšpusē vairs nav greznība, bet prasība. Ņemot vērā šo faktu, par internetu kā ikdienišķu prasību, papētot situāciju, ir skaidrs, ka ļoti daudzās vecākās mājās ethernet jeb parastais vadu tīkls nav pieejams, jo vadu ievilkšana no nulles ir pārāk dārgs pasākums, kā arī WiFi spektrs ir tik ļoti pārpildīts, ka augsta blīvuma pilsētu vidē cilvēkiem ir grūtības izveidot jaudīgu un stabilu bezvadu tīklu savā dzīvojamajā platībā. Kā arī, mājās esošās mūsdienu tehnoloģijas vairāk vai mazāk ir tīkla ierīces, bet ļoti bieži tās kā tādas netiek izmantotas, jo vienkārši nav savienotas tīklā, iespējams, sarežģītības un izmaksu dēļ.

Darba mērķis:

Ir attīstījies šāds jauns tehnoloģijas virziens, un darba galvenais mērķis ir noskaidrot vai PLC piedāvā dzīvotspējīgu alternatīvu WiFi un vadu Ethernet mājas savienojumiem?

Aprīkojuma ražotāji noteikti liek tam noticēt, tādēļ šī neatkarīgā pārbaude mēģinās noskaidrot patiesību. Faktiski, fizikālā slāņa pētniecības protokoli liecina, ka šie tīkli ir neaizsargāti, skatoties no daudziem aspektiem, piemēram, līnijas troksnis, un kāda ir šo problēmu ietekme uz veiktspēju un augstāko slāņu protokoliem? Ir veikti ļoti maz pētījumi, lai atbildētu uz šādiem jautājumiem.

Darba uzdevumi:

- Noskaidrot cik liela ir signālu traucējumu un trokšņu ietekme uz PLC
- Izpētīt, kā šī tehnoloģija darbojas un sadarbojas ar citām tehnoloģijām
- Izanalizēt PLC tīklu lietderību, ieviešanu un izmaksas
- Noskaidrot pielietošanas iespējas

Izvirzīto mērķu un uzdevumu sasniegšanai darbā tika izmantotas sekojošas metodes:

- Teorētiskās analīzes metode;
- Salīdzināšanas metode;
- Aprakstošā metode

Darbs sastāv no teorētiskās un praktiskās daļas, kur praktiskais darbs balstīts reāla, funkcionējoša pētāmā objekta ieviešanu dzīvē. Par pamatu teorētiskajai bāzei ņemti literatūras avoti, kas pārsvarā ir dažādi pētījumi.

1. ELEKTROLĪNIJU TĪKLI

1.1. Elektrolīniju tīklu koncepcija

Elektrolīniju tīkls ir viens no vairākiem veidiem, kā savienot datorus mājās, birojos vai citur. Tiek izmantota jau esoša elektroinstalācija mājā tīkla izveidei. Elektrolīniju tīkls ir balstīts uz koncepciju "no new wires" (nekādi jauni vadi). Ērtība ir vēl acīmredzamāka šajā lietā, jo ne vienmēr mums tuvumā ir kāda telefonlīnija, taču praktiski vienmēr datora tuvumā ir pieejama elektriskā kontaktligzda. Tādēļ sanāk, ka pieslēdzot jebkuru datoru vai citu iekārtu kontaktligzdā, jau sanāk vienots tīkls. Kā arī bonusā nav jāvelk jauni vadi un jāmaksā papildus rēķins par elektrību.

Savādāk sakot, šī tehnoloģija ļauj izveidot tīklu tur, kur savādāk to nevarētu izdarīt, tādejādi elektrotīkla tehnoloģijas piedāvā interesantas iespējas mājsaimniecībām un mazo biroju / mājas biroju vidēm. Tas ir ļoti labs risinājums, lai paplašinātu redzesloku par mājas multimediju ierīcēm, jo īpaši attiecībā uz strauji augošajiem mazajiem tīkliem ar mediju serveriem vai dažādajiem mediju papildinājumiem un spēļu konsolēm. Elektrolīniju tehnoloģija, ir arī noderīga tiem, kas vēlas, savienot datoru ar tīklu telpās, kur sienas vai citi vadu izvadi var nebūt klāt, vai, kad traucējumi un attālumš padara bezvadu tīklu nelietojamu. Tas var būt īpaši noderīgi daudzdzīvokļu ēkām ar telpām blakus liftiem, lieliem transformatoriem, vai citām smagām elektroiekārtām. Ņemot vērā, ka elektroinstalācijas principā ir visur, kāpēc to neizmanto un ļaut visiem darīt tāpat?

Nevar noliegt, ka šī ir lieliska ideja, kas dod iespēju ikvienam izmantot viņu rīcībā esošās sienu elektroinstalācijas, pārvēršot šo infrastruktūru savām vēlmēm atbilstošā mājas multimediju tīklā.

1.2. Attīstības vēsture

PLC tehnoloģijas princips īstenībā ir parādījies jau ļoti sen. 1838. gadā angļi Edvards Davijs piedāvāja risinājumu, kas ļāva veikt bateriju uzlādes tālvadības mērījumus vietās, kas atradās tālu no telegrāfa līnijām starp Londonu un Liverpūli. 1897. gadā viņš iesniedza savu pirmo patentu par tehnoloģiju priekš tehnikas tālvadības mērījumu nolasīšanas pa elektrolīnijas tīkliem. 1950. gadā tika izstrādātas pirmās PLC sistēmas, kas zināmas kā pulsācijas regulēšana. Tās tika ieviestas vidēja un zema sprieguma tīklos, kuros tajā laikā nesošā frekvence bija starp 100 Hz un 1 kHz. Tas bija nepieciešams, lai izveidotu viena virziena sakarus, izmantojot vadības signālus sabiedriskā apgaismojuma ieslēgšanai un

izslēgšanai. Pirmās rūpnieciskās sistēmas, kas saucās Pulsadis, parādījās Francijā 1960. gadā, iesaistītā jauda bija aptuveni 100 kilovatampēri (kVA). Nedaudz vēlāk parādījās pirmās Cenelec joslu PLC sistēmas, kas bija paplašinātas no 3 līdz 148,5 kHz un atļāva divvirzienu komunikāciju caur zema sprieguma elektriskajiem tīkliem, kā piemērus var minēt attālinātu skaitītāju nolasīšanu, ielaušanās signalizācijas, ugunsgrēka un gāzes noplūdes detektorus. (17)

2000.gadā, elektronisko ierīču un tīkla ražotāju grupa sanāca kopā un nodibināja nozares asociāciju, ko nosauca par HomePlug Powerline aliansi. Viņu mērķis bija gan interesants, gan pievilcīgs, jo viņi ir radījuši ievērojamu interesi un rosību no patērētāju puses, attīstot tīklu ierīces, ko var iespraust standarta mājas barošanas kontaktligzdās, lai izveidotu tiltu starp parasto vai bezvadu elektropadeves līnijām mājās. Ideja ir ļaut jau esošajām mājas elektroinstalācijām nodrošināt saikni starp telpām un ēkas ārpusi, kamēr standarta lokālā tīkla tehnoloģijas vai bezvadu ierīces veido saikni starp HomePlug ierīcēm un datoriem vai citiem tīkla rīkiem (maršrutētāji, kabeļi / DSL modemi, bezvadu piekļuves punkti, un tā tālāk).

Sākotnējās implementācijas šai tehnoloģijai sauca par HomePlug 1.0, kas sāka parādīties 2001.gadā, bet tām bija maksimālais caurlaides ātrums tikai 14 Mb / s, kas ātri izrādījās pārāk lēns daudzajām mājsaimniecību vajadzībām, jo īpaši multividei (mūzika, video, TV, utt). Līdz, 2005.gada decembrī, iznāca otrā versija, ko nosauca par HomePlug AV, kas tika palaista tirgū. 2006. gadā HomePlug AV ierīces tirgū kļuva pieprasītas un piedzīvoja savu slavas izaugsmi. Šī versija vairāk ir paredzēta HDTV datu satiksmei mājās un atbalsta daudz lielāku teorētisko joslas ātrumu 189 Mb / s. Tomēr, lielākajā daļā reklāmu un rūpnieku saka, ka ātrums ir līdz 200 Mb / s. (18)

2010. gadā Homeplug Powerline alianse (HPAV) un HD-PLC alianse izstrādāja vienotu sertifikāciju, lai iegūtu IEEE 1901 vienoto standartu, ko arī tajā pašā gadā ieguva. Šī standarta iegūšana, ļauj turpināt tehnoloģijas izaugsmi un ieviešanu ļoti veiksmīgā ceļā. Tagad PLC pēc standartizācijas ir pielīdzināms WiFi tehnoloģijai svarīguma ziņā, jo bez šī standarta atzīšanas sabiedrība tehnoloģiju nepieņemtu kā līdzīgi tas bija ar HD DVD. (19)

2012. gada 9. Janvārī HomePlug AV oficiāli paziņoja par trešās versijas iznākšanu, kas saucās HomePlug AV2. Šī versija pamazām sāk ienākt tirgos un solās sasniegt ātrumu pat līdz gigabaitu klasei. Tā ir savienojama ar visām iepriekšējām šīs tehnoloģijas versijām. Tās mērķis ir sekot līdz mūsdienu tehnoloģijām, kas ļoti strauji attīstās, lai varētu apkalpot un apstrādāt vispieprasītākos tiešsaistes pakalpojumus un lietojumprogrammas.

1.3. Tehnoloģijas plusi un mīnusi

Priekšrocības

Galvenā priekšrocība ir iespēja ievilkt internetu, izmantojot jau esošo kabeļu instalāciju. Bieži vien internets pa elektrības vadiem tiek piedāvāts kā saslēguma veids tīkla beigu posmā, piemēram, pieslēdzot klienta māju jaudīgākam pieslēguma kabelim, izmantojot esošo elektrības tīklu. Tas nozīmē, ka interneta pieslēgums netiek pārraidīts pa visiem valsts elektrotīkliem, bet kādā no apakšstacijām konvertēts ar speciāla modema palīdzību un tālāk jau pārraidīts, izmantojot radio internetu vai optisko šķiedru.

- Viegli izmantot, uzstādīt
- Nav nepieciešami atsevišķi kabeļi
- Stabilāks savienojums kā izmantojot bezvadu tehnoloģiju
- Piemērots multivides satiksmei, piemēram, IPTV, HDTV
- Savienojuma kvalitāte uz, ko var paļauties (jaunākajās tehnoloģijās)
- Vieglā savietojamība ar, gandrīz jebkuru tehnoloģiju un programmatūru
- Tehnoloģija kā tāda ir ļoti maza un neliek domāt par papildus aprīkojuma ieviešanu vai vietas atbrīvošanu
- Patērē ļoti minimāli enerģiju
- Tiek izmantotas jau esošās elektroinstalācijas
- Darbojas neatkarīgi no līnijas sprieguma un strāvas frekvences
- Tā pati ietver šifrēšanu

Trūkumi

Elektrības tīkla interneta pieslēgumam ir vairāki trūkumi.

- Pieslēgums internetam izmantojot elektrības tīklu, ir pieejams tikai tad, ja to piedāvā kāds interneta pakalpojumu sniedzējs
- Divu adapteru cena ir, sākot no 30 latiem
- Latvijā šāds pieslēguma veids netiek izdalīts no citiem pieejamajiem pieslēgumu veidiem
- Caurlaidība/ātrums. Pieslēguma ātrums šim interneta pieslēguma veidam var būt no 1 līdz pat 200 megabitiem sekundē (Mbps), pašiem jaunākajiem modeļiem ātrums vismaz teorētiski ir 500 Mbps
- Šim interneta pieslēguma veidam netiek noteikti datu apjoma ierobežojumi

- Tīkla joslas platums tiek sadalīts starp elektroinstalāciju visiem dalībniekiem. Piemēram, ja Elektrolīniju tīklā divi pāri aktīvi dalīsies informācijā, tad apmaiņas ātrums katram pārim būs aptuveni 50% no kopējās joslas platuma
- Nedarbojas caur speciāliem tīkla filtriem
- Moderno elektrolīniju adapteri mēdz karst
- Attiecību kvalitāte var būt negatīva, ietekmē lētas enerģiju taupošajās spuldzes, pārslēdzami elektroenerģijas padeves bloki un akumulatora lādētāji (samazinājums par aptuveni 5%) (18)
- Attiecību kvalitāte var būt negatīva sliktas kvalitātes vadiem, deformētām instalācijām

1.4. Sadarbība ar multivides tehnoloģijām

Izmantojot PLC tehnoloģijas ar platjoslas interneta piekļuvi, ir iespējams nodrošināt jaudīgu tīklu visās vēlamajās vietās mājas teritorijā. Vairs nav jāvelk garie kabeļi vai jāatsakās no kādas ieceres dārgo ievilkšanas izmaksu un laikietilpīgo darbību dēļ. PLC tehnoloģija darbojas pēc plug and play principa, kā arī ir apvienojama ar bezvadu interneta funkcijām.

Video atbalsts

Daudzi jaunie televizori un video atskaņotāji nāk tirgū ar iebūvētu Ethernet savienojumu. Ar šo iespēju, potenciālais skatītājs var savienot savu TV un atskaņotājus ar platjoslas internetu, kuru, savukārt, ir iespējams savienot ar plašu bibliotēku standarta un augstas izšķirtspējas televīzijas saturu internetā vietnēs, piemēram, CinemaNow, Netflix, Roku, Hulu, YouTube, un citos. Problēma ir tā, ka lielākajā daļā māju nav Ethernet kabeļu dzīvojamā vai ģimenes istabā, kur atrodas lielākā daļa TV un atskaņotāji. Ar HomePlug elektrolīniju tehnoloģijas risinājums ir ļoti vienkāršs. Ar PLC adapteru palīdzību nepieciešamo signālu ir iespējams aizvadīt tieši tur, kur tas nepieciešams bez lieku vadu savirknējumiem.

Lai varētu kvalitatīvi baudīt HDTV vai IPTV signālu, PLC kompānijas ir izstrādājušas speciāli šim nolūkam paredzētus adapterus ar speciāliem signālu filtriem, lai iegūtu maksimāli labāko rezultātu.

Spēļu konsoles

Pieslēdzot spēļu konsoles, piemēram, Xbox 360, Wii vai PS3 internetam, var būt liels izaicinājums, ja spēļu konsole un TV neatrodas vienā telpā ar interneta maršrutētāju vai platjoslas vārteju. Daži mēģina izmantot bezvadu internetu, bet tam nepieciešama pieredze

uzstādījumu iestatīšanai konsolei un drošības parametriem. Citi mēģina vilkt garus kabeļus, kas parasti nav ne vizuāli skaisti, ne ērti. Ar HomePlug elektrolīniju savienojumiem, patērētāji var izveidot savienojumu ar internetu jebkurā elektrības kontaktligzdā. Viss nepieciešamais ir elektrolīniju adaptera savienojums ar maršrutētāju, un otra elektrolīniju adaptera savienojums ar spēļu konsoli. Kā arī ir ļoti vienkārši savienot vairākas spēļu konsoles vienā mājā vai telpā, kas parasti sagādā problēmas.

Viedais tīkls

Viedais tīkls ir energotīkls, kas izmantos 21.gadsimta informācijas tehnoloģijas, lai nodrošinātu elektroenerģiju efektīvi, uzticamību un drošību, vienlaikus ļaujot palielināt atjaunojamo enerģijas avotu. Viedā enerģija kopā ar progresīvu viedo tīklu infrastruktūru nodrošina saziņu starp komunālo pakalpojumu uzņēmumiem un kopējām mājtsaimniecības ierīcēm, piemēram, viedo termostatu dažādiem mērījumu nolasītājiem un citām ierīcēm. Individuālās mājas, kurās tiek ieviesti šie viedie tīkli, sazināsies ar elektrības skaitītājiem un citiem nolasījumiem, piedāvājot resursu vadību patērētājiem. (18) Tas viss tiek un tiks panākts PLC palīdzību.

Mājas audio sistēmas

Iedomājieties stereo sistēma, kur katrs komponents savienots tikai ar vienu vadu. Tikai viens vads - elektrības kabelis - savieno atskaņotājus, iPod stacijas, uztvērējus, skaļruņus, pastiprinātājus un pat dziesmas kolekcijas, kas izvietotas datoros vai serveros. Ar PLC tehnoloģiju palīdzību, visas šīs sastāvdaļas darbojas kopā, lai izveidotu vienotu sistēmu - spēlējot vairāku zonu mūziku visā mājā. Nav vairāk jāuztraucas par vadu krāsu kodēšanu, nesakrītības pretestības, garu, dārgu skaļruņa vadu pirkšana vai caurumu urbšanu sienās un grīdās, lai pielāgotos. PLC tehnoloģijās ir iestrādātas visu mājas audio sistēmu sastāvdaļas, kas ļauj pilna diapazona digitālo mūziku izplatīt visā mājā.

2. PLC DARBĪBAS PRINCIPI

2.1. Signālu izplatīšanās un pārraides vides raksturojums

PLC nozīmē elektroenerģijas piegādes tīkla izmantošanu saziņas mērķim. Elektrolīniju tīkls ir ļoti plaša infrastruktūra gandrīz katrā ēkā. Tā kā elektrolīnijas tīka izstrādātas jaudas novadīšanai pie 50-60 Hz, un ne vairāk kā 400 Hz, izmantot šo mediju datu pārraidei, pie augstām frekvencēm, ir radušās zināmas tehniskas problēmas. Elektrolīniju tīkls ir viena no sarežģītākajām elektriskā tipa tehnoloģijām, kas padara komunikāciju ārkārtīgi grūtu. Dažādie noteiktie ierobežojumi, izmantojot dažādas frekvenču joslu barošanas līnijas, ierobežo sasniedzamo datu pārraides ātrumu. (6)

Elektropārvades līnijas pieslēdzas elektroenerģijas ražošanas stacijām ar dažādiem klientiem ļoti plašā reģionā, un stāvas raidīšana tiek veikta, izmantojot dažādus sprieguma līmeņus un barošanas līnijas kabeļiem. Elektrolīniju kabeļu dažādība un to savienojumu skaits spēlē nozīmīgu lomu, nosakot, kāda veida komunikāciju tehnoloģija ir jāizmanto.

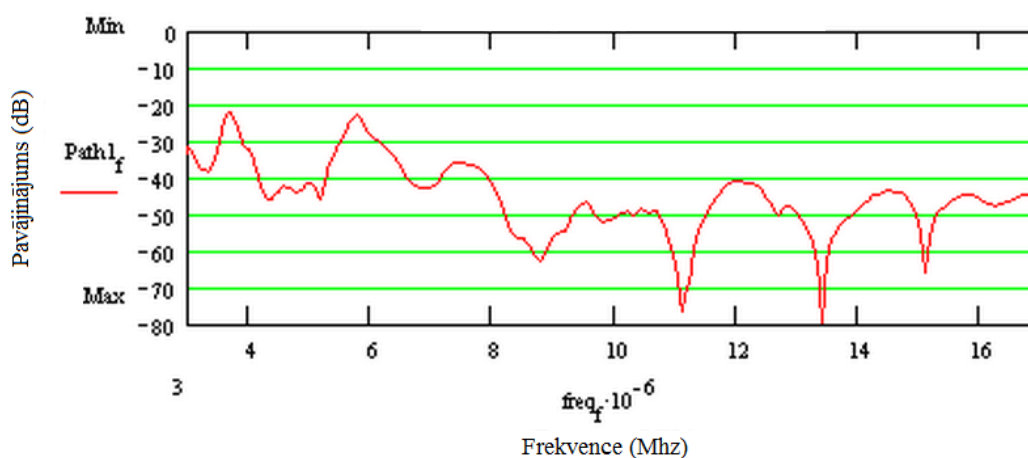
Elektrisko līniju kanāls ir nedaudz līdzīgs bezvadu kanālam - abi cieš no trokšņa, signāla izgaišanas, multi-ceļa un iejaukšanās. PLC troksni ražo elektrisko ierīču darbība. Signāla izgaišanas, multi-ceļa un traucējumu cēlonis ir nepilnības elektrotīklu kanālos. Pat tad, ja visas ierīces no elektrotīkla ir atvienotas, troksnis nepazūd un krasa signāla pavājināšanās PLC tīklos ir neizbēgama. (4; 105)

Vispārīgi PLC tehnoloģijas pamatā tiek izmantots frekvenču dalījuma signāls, kura ātrgaitas datu plūsma ir sadalīta vairākās relatīvi zema ātruma plūsmās, katra no tām tiek nodota uz atsevišķu subfrekvenci, kas beigās apvieno tos vienā signālā. Reāli PLC jeb elektrotīkla tehnoloģijā tiek izmantotas 84 subfrekvences diapazonā 4-30 MHz.

Kad tiek sūtīts signāls uz kādu mājsaimniecības elektrisko sistēmu, var rasties signāla vājināšanās attiecībā uz signāla izejas punktu dažās frekvencēs, kas var novest pie datu zuduma. PLC tehnoloģijā ir paredzēta speciāla metode, lai atrisinātu šo problēmu - dinamiska signāla ieslēgšanās un izslēgšanās. Šīs metodes būtība slēpjas tajā, ka ierīce patstāvīgi uzrauga pārvades kanālu, lai noteiktu spektru reģionus, kas pārsniedz noteiktu robežvērtību amortizāciju. Balstoties uz šo faktu šo frekvenču izmantošana tiek pārtraukta līdz brīdim, kad signāls atveseļojās līdz normālai vērtībai. (12) Pastāv arī impulsa trokšņa problēma (līdz 1 mikrosekunde), kas var būt halogēnās lampas, kā arī pie jaudīgu ierīču, kas aprīkotas ar elektromotoriem, izslēgšanas un ieslēgšanas. PLC atkārtotās tehnoloģijā signāls elektrolīnijā tiek atsvaidzināts. Signāli tiek atsijāti no elektrolīnijas un modulēti jaunās nesējfrekvencēs, un pēc tam no jauna ievadīti elektrolīnijā.

Enerģijas sadales izmanto lejupslīdošos transformatoros, lai mazinātu spriegumu, kas ir paredzēts klientiem. PLC signāliem nav viegli iziet cauri transformatoriem, tā kā to augstā induktivitāte liek tiem darboties kā zemfrekvences filtriem, bloķējot augstas frekvences signālus. Tādēļ parasti PLC tehnoloģijas darbojās vienas fāzes ietvaros.

Augstfrekvences signālus iespējams pārraidīt pa elektroenerģijas līnijām, izmantojot atbilstoši izstrādātus augstas caurlaidības filtrus. Saņemtā signāla jauda būs maksimāla, ja raidītāja, barošanas vada un uztvērēja pretestības tiek saskaņotas. Speciālas saziņas kanāliem, piemēram, Ethernet ir zināma pretestība, tāpēc pretestības saskaņošana nav problēma. Tomēr, elektrolīniju tīkli parasti tiek izgatavoti no dažādiem vadītājiem un gandrīz nejausi pievienotām to sastāvdaļām. Tāpēc dažādas plaša rakstura pretestības tiek sastaptas tīklā, tīkla termināla pretestība mēdz atšķirties gan no komunikāciju signāla frekvencēm, gan laika patēriņa slodzes modeļiem. Pretestības neatbilstības noved pie daudzstaru efekta, kas izraisa dziļus izrobojumus atsevišķās signāla frekvencēs. Tipiskos mājas apstākļos elektroenerģijas līniju vājināšanās ir no 20dB līdz 60dB un pastāv spēcīgas funkcijas slodzes. Att.2.1.1. parādītas signāla vājināšanās īpašības elektrolīniju tīklos. Dziļas 11, 13.5, 15 MHz pakāpes, ko rada daudzstaru efekta ietekme. (11)



Att.2.1.1. Signāla vājināšanās piemērs PLC kanālos

PLC sistēmas izmanto diskrēto daudztoņu modulāciju (OFDM), kas ļauju mazināt traucējumus izmantotajās radio frekvencēs, likvidējot nevajadzīgās frekvences, atstājot speciāli izmantojamās.

Signāla kļūmju scenāriji

Ir daudzi veidi, kad komunikācijas signālos var rasties kļūda. Iejaukšanās, savstarpējā saziņa, dažādas aktīvas ierīces un dažas pasīvās ierīces - tas viss var radīt trokšņus vai signāla

vājināšanos. Kad kļūdas kļūst ļoti nopietnas, tas var novest pie ierīču signāla pasliktināšanās, tas kļūst neefektīvs vai darbojas nevēlama veidā.

- Iejaukšanās: Traucējumi no tuvumā esošajām sistēmām var izraisīt signāla degradāciju, jo modems, iespējams, nevarēs noteikt konkrēto frekvenci starp daudzajiem signāliem tajā pašā joslas platumā
- Aktīvo ierīču signāla slāpēšana: Ierīces, piemēram, releji, tranzistori un rektifikatori mēdz radīt troksni attiecīgajās sistēmās, palielinot signāla degradācijas iespējamību
- Pasīvo ierīču signāla slāpēšana: Transformatori un maiņstrāvas-līdzstrāvas pārveidotāji samazina ieejošo frekvenču signālu gandrīz pilnībā. Lai signāls tiktu nodots tālāk, saņemšanas mezglā var izmantot "Apvedceļa" ierīces. Apvedceļa ierīces var sastāvēt no trim posmiem - filtru virknes ar aizsardzības mehānismiem un attiecīgo uznavu, kura atrodas paralēli pasīvajai ierīcei. (3; 84)

Lai modulētu ciparu signālu elektropārvades līnijās, var izmantot daudzas no tām metodēm, kas tiek plaši īstenotas bezvadu komunikācijās. Pamata modulācijas metodes, piemēram, fāzes manipulācija (PSK), frekvences manipulācija (FSK), minimuma manipulācija (MSK) un Gausiāna minimuma manipulācija (GMSK) var tikt izmantotas zema datu pārraides ātruma komunikācijai. Citas vairāk progresīvas metodes, piemēram, M-ary fāzes manipulācija (MPSK), M-ary frekvences manipulācija (MFSK) un OFDM var tikt izmantotas augstākas datu pārraides ātruma komunikācijai. (8)

HomePlug alianse izvēlējās par tehnoloģijas bāzi izmantot OFDM metodi dēļ tās izturības pret trokšņiem un fakta, ka tā ir paralēlā datu pārraides metode. Galvenā problēma, izmantojot OFDM, bezvadu tīklos ir frekvences nobīde, ko izraisa Doplera efekts, kad lietotājs pārvietojas. Doplera efekts rada veiktspējas degradāciju, bet PLC tīklos nav kustīgu iekārtu un tādēļ nav arī Doplera efekta.

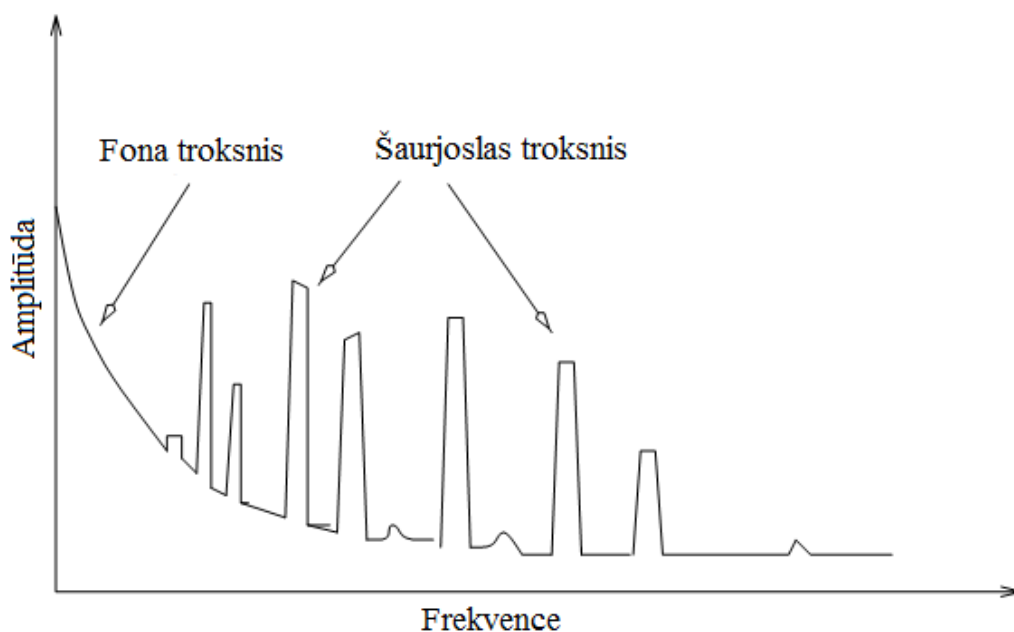
2.2. Trokšņu raksturojums

Tā kā jaudas vadi tika izstrādāti tikai strāvas pārvadei, tad to galveno īpašību sarakstā neatrodas datu pārraide augstas frekvences diapazonā. Turklāt, šajos tīklos ir pieslēgtas dažādas ierīces ar ļoti dažādām īpašībām, tāpēc, pirms šie tīkli tiek lietoti informācijas pārraidei, jānoskaidro ar ko šajā vidē kopā jāsadzīvo. Atšķirībā no citiem telekomunikāciju kanāliem, elektrolīniju kanālam nav tāda funkcija kā aditīvais, baltais Gausa troksnis (AWGN), kura jaudas spektrālais blīvums ir nemainīgs visā pārvades spektrā.

Ir veikti ļoti dažādi pētījumi un mērījumi, lai iedalītu un novērotu trokšņu īpašības PLC vidē un ir veikta sekojoša klasifikācija.

Trokšņu tipi

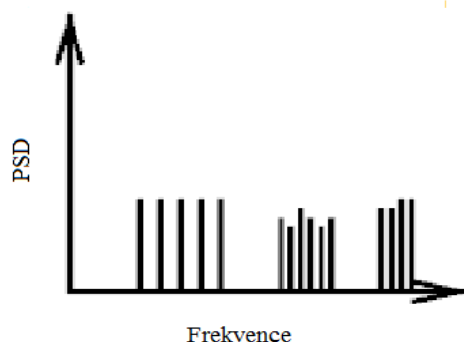
1. Krāsaina fona troksnis, kura jaudas spektrālais blīvums (PSD) ir salīdzinoši mazāks un samazinās kopā ar frekvenci, skatīt att.2.2.1. Šo trokšņa veidu galvenokārt izraisa zemākas intensitātes trokšņu avotu pārklāšanās. Pretēji baltajam troksnim, kas ir izlases troksnis, kuram ir nepārtraukts un vienveidīgs spektrālais blīvums, tas būtiski ir atkarīgs no frekvences virs noteiktā frekvenču diapazona. Krāsaina fona troksnis liecina par lielu atkarību no attiecīgās frekvences. Šī trokšņa parametri var mainīties laika gaitā attiecībā uz minūtēm un stundām. Šis troksnis ir ievērojami stiprāks zemās frekvencēs.
2. Šaurjoslas troksnis. Tas, lielāko daļu laika, ir sinusoīdas formā, ar modulētām amplitūdām. Šis veids aizņem vairākas apakšgrupas un ir salīdzinoši neliels un nepārtrauktu frekvenču spektra. Šis troksnis galvenokārt izraisa iekļūšanu apraides stacijās pa vidēja un īsviļņu apraides joslām. To amplitūda vispārīgi mainās dienas laikā, kļūst lielāka naktī, kad atstarošanas īpašības no atmosfēras kļūst stiprākas.



Att.2.2.1. Spektrālā blīvuma modelis vispārējā fona trokšņiem

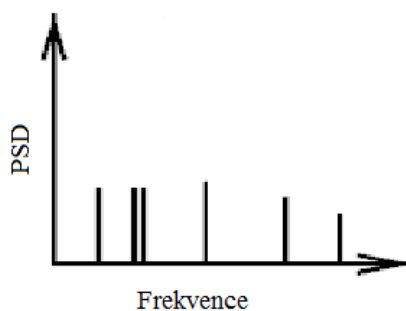
3. Periodiski impulsīvais troksnis. Asinhrons galvenajai frekvencei, ar impulsa formu, kurai atkārtošanās ātrums ir starp 50 un 200 kHz un kas rada spektru ar diskrētu frekvenču intervāla līnijām saskaņā ar atkārtojuma frekvenci, skatīt att.2.2.2. Šo trokšņa veidu galvenokārt izraisa elektroenerģijas padeves ieslēgšana vai izslēgšana. Tā spēka avots ir

buferis ciklā, kas atrodas starp nesaderīgu avotu un slodzi, kas veicina to saderīgumu. Tā augstās atkārtojuma frekvences dēļ, šis troksnis aizņem frekvences, kas atrodas pārāk tuvu viena otrai, un būvē frekvenču paketes, kas parasti atrodas tuvu šaurajām joslām.



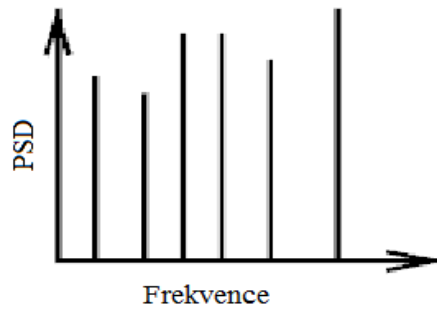
Att.2.2.2. Periodiski impulsīvais troksnis asinhrons galvenajai frekvencei

4. Periodiski impulsīvais troksnis. Sinhrons galvenajai frekvencei, ar impulsa formu, kurai atkārtošanās ātrums ir 50 vai 100 Hz un ir sinhrons ar galveno elektrolīniju frekvenci, skatīt att.2.2.3. Šādi impulsi ir īslaicīgi, tie notiek mikrosekundēs, un tiem piemīt jaudas spektrālais blīvums, kas samazinās kopā ar frekvenci. Šo trokšņa veidu parasti izraisa tas, ka barošana darbojas sinhroni ar galveno frekvenci, piemēram, jaudas pārveidotāji, kas pieslēgti elektrotīklam.



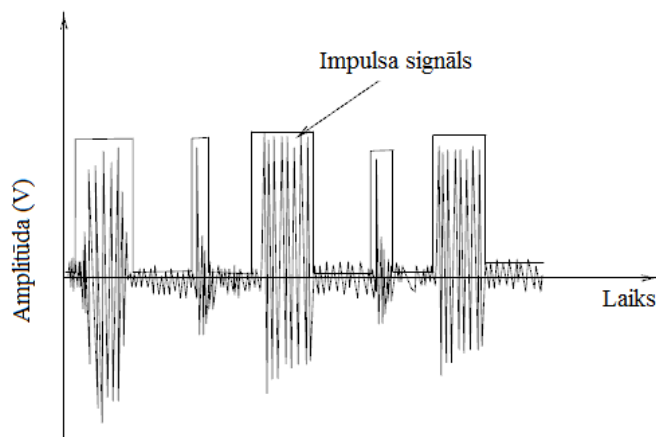
Att.2.2.3. Periodiski impulsīvais troksnis sinhrons galvenajai frekvencei

5. Asinhroni impulsīvs troksnis (Att..2.2.3.). Troksnis, kura impulsi galvenokārt tiek izraisīti, pārslēdzot pārejas režīmus tīklos. Šo impulsu ilgspēja var būt no dažām mikrosekundēm līdz pāris milisekundēm ar patvaļīgu ierašanās laiku. To jaudas spektrālais blīvums var sasniegt vērtību, kas pārsniedz 50 dB virs fona trokšņa līmeņa, padarot to par galveno kļūdu cēloni digitālajai komunikācijai PLC tīklos.



Att.2.2.4. Asinhroni impulsīvs troksnis

Pirmo trīs tipu trokšņi parasti turas salīdzinoši ilgu laiku, sākot no sekundes, minūtes un dažreiz pat pāris stundas. Tādēļ šie visi trīs ir apkopoti vienā trokšņu klasē kā krāsainie PLC fona trokšņi un klase saucās – Vispārējā fona trokšņi. Pēdējie divi tipi ir atšķirīgi, pretēji un ilgst aptuveni no milisekundes līdz mikrosekundai, tādēļ tiek apvienoti trokšņu grupā, ko sauc Impulsīvs troksnis, att.2.2.5.



Att.2.2.5. Impulsa trokšņa piemērs PLC tīklā

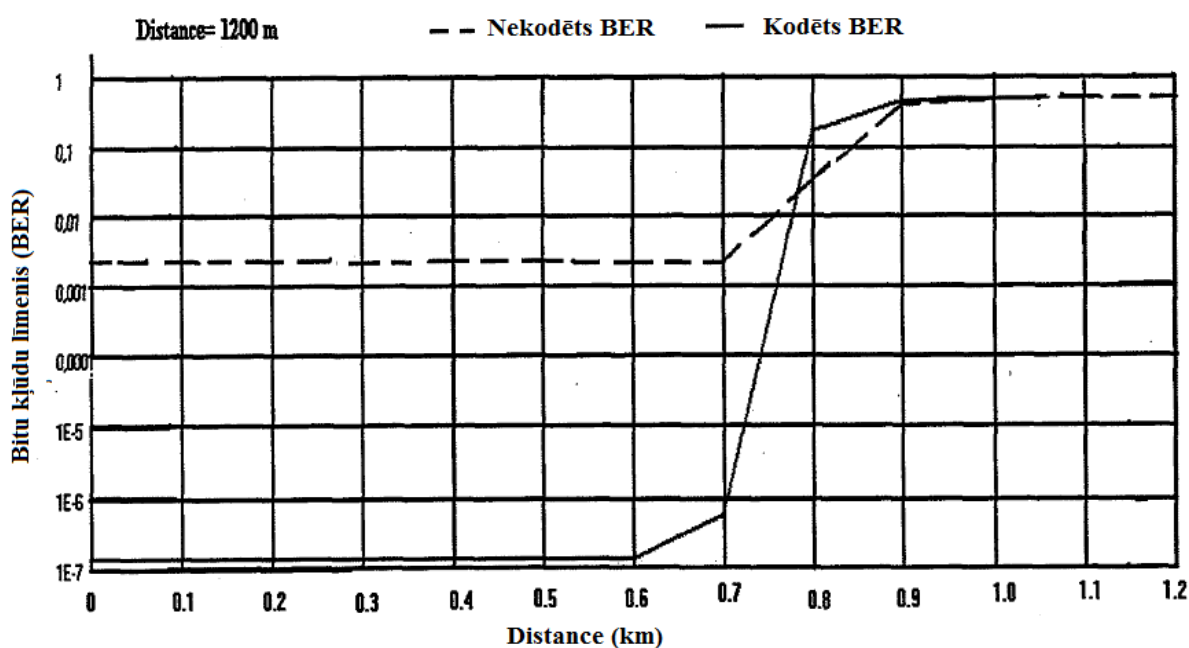
Šīs pretestības svārstības un pārtraukumi padara elektrolīniju tīklus nestabilākus, un jautājums par to izmantošanu informācijas pārraidei kļūst daudz delikātāks. Blakus šiem kanālu traucējumiem, trokšņi PLC vidē nekļūdainu komunikācijas signāla pieņemšanu padara daudz grūtāku. Impulsīvie trokšņi rada kļūdas lielos intervālos. Vadoties pēc jaunajām HomePlug tehnoloģijām, viņi ir atklājuši, kā šīs kļūdas novērst izmantojot automātiskus kļūdu koriģēšanas kodus un citas tehnoloģijas.

Elektrolīniju kanāliem ir raksturīgi augsti trokšņi un spēcīga signāla vājināšanās. Tādēļ, komunikācijas diapazons ir diezgan īss, un bitu kļūdu intensitāte ir potenciāli augsta. Tādējādi, automātisko pārraides kļūdu labošanas (FEC) kodu izmantošana ir ļoti būtiska drošai komunikācijai caur šo kanālu. Lai maksimāli novērstu kļūdas tiek izmantotas trīs

kodēšanas metodes; Reed-Solomon (RS) kodi, atkārtotās kodēšana un papildinošie cikliskie kodi.

- RS kodi: Impulsa troksnis, kas parādās jaudas līnijās parasti spēcīgi ietekmē datu bitu ilgumu un stabilitāti. RS kodi ir ļoti piemēroti bitu kļūdu korekcijai, ko rada impulsu trokšņi.
- Atkārtotās kods: Atkārtotās kods ir ļoti vienkāršs paņēmieni. Uztvērēja pusē, dekodēšana tiek veikta pēc Vairākuma atšifrēšanas noteikuma (Majority Decoding Rule). Šī kodēšanas metode ir iekļauta zema datu pārraides ātruma (S-FSK) standartā.
- Blokkods: papildinošais cikliskais kods, kas tika iegūts par pamatu izmantojot blokkodu. Sākotnēji šī metode tika ieviesta kopā ar nesēja jušanas un sadursmju nepieļaušanas daudzpiekļuves metodi (CSMA) māju automatizācijai. Šis kods ir spējīgs labot trīs secīgas bitu kļūdas. (8)

Sakari ar augstu datu pārraides ātrumu neliekas iespējami pateicoties spēcīgiem trokšņiem un augstai signāla izzušanai diapazonos ārpus 1 km (vadu garums), pat ja tiek izmantota kļūdu labošanu un kodēšana. Oficiāli ražotāji apgalvo, ka viņu tehnoloģijas darbojas no 200-2000 metriem vadu garuma. Att.2.2.6. parādīti aptuveni signāla traucējumi un bitu kļūdu līmenis atkarībā no tīkla vadu garuma, izmantojot un neizmantojot kodēšanas metodes.



Att.2.2.6. Bitu kļūdu līmenis, izmantojot un neizmantojot kodēšanu

Datu pārraidei pa elektropārvades līnijām, vislabākie rezultāti tiek iegūti izmantojot Rīda-Solomona kodēšanas un diferenciālās fāzes nobīdes (DPSK) modulācijas metodes. DPSK sniegums pasliktinās, palielinoties attāluma izmēriem, kaut arī kodēšana nav efektīva, lai palielinātu sakaru diapazonu tā ievērojami samazina kļūdu varbūtību saziņas diapazonā.

(8) Vairāk informācijas par to, kā tas tiek panākts, fiziskajā līmenī skatīt sadaļu par sistēmas arhitektūru.

3. TEHNOLOĢIJĀ IZMANTOTIE STANDARTI

Kopš 2010. gada uz elektrolīniju tīklu komunikāciju tiek attiecināti divu izteikti dažādu standartu kopumi – HomePlug AV un IEEE 1901. Šie standarti, galvenokārt, globāli nosaka, ka esošie maiņstrāvas vadi, būtu jāizmanto datu pārsūtīšanas mērķiem. IEEE 1901 standarts izmanto HomePlug kā bāzes tehnoloģiju un nosaka, lai produkti būtu pilnībā savietojami ar šīs tehnoloģijas specifikāciju. Šo standartu piešķir Elektronikas un Elektrotehnikas Inženieru Institūts (IEEE), kas visā pasaulē atzīta autoritāte.

3.1. IEEE 1901 standarts

IEEE 1901 protokols ļauj datorizētiem tīkliem sūtīt datus, izmantojot elektrisko tīklu līnijas. Šis protokols sevī ietver divus dažādus fizikālos slāņus (PHY). Viens ir balstīts uz diskreto daudz toņu modulāciju (OFDM), bet otrs uz fraktālo modulāciju. Katrs no PHY nav obligāts, īstenojot specifikāciju, tie abi var un var nebūt obligāti iekļauti. Ierīces, kas izmanto OFDM PHY nav savietojamas ar ierīcēm, kas balstītas uz fraktālo modulāciju. Daudzi uzskata, ka šī nesavietojamība ir pretrunā ar standarta ieviešanas mērķi un ka tas ir nākamais solis, lai apvienotu tirgu. OFDM PHY ir daļa no HomePlug tehnoloģijas, kas ir ietverta bāzes produktā, savukārt, fraktālais PHY ir veidots ļoti šauram lokam, galvenokārt Japānai.

Pirmā iespēja ir balstīta uz paātrinātā Furjē transformācijas algoritma (FFT) OFDM moduli ar automātisko kļūdu labošanu (FEC). Otrā iespēja ir balstīta fraktālo OFDM moduli ar obligātu FEC, kas balstīts uz salikta Reed-Solomon (RS) koda.

Papildus šiem diviem fizikālajiem slāņiem tika noteikti divi dažādi vides piekļuves vadības (MAC) slāņi; viens priekš mājas iekšējā tīkla, otrs tīkla piekļūšanai. Šie MAC slāņi ir nepieciešami, jo katram pieteikumam ir savas unikālās un atšķirīgās prasības. (19)

Sākot ar 2012. gada Maiju, šis protokols ir ļoti plaši pieejams un pamanāms ar daudzām ierīcēm un izplatītājiem, ko salīdzināt, kā arī savstarpēja savietojamība ir ļoti augstā līmenī.

Saistībā ar šo standartu drīzumā tiks apstiprināti vēl citi standarti, kas saistīti ar PLC:

- IEEE P1775 - ("Elektrolīniju komunikācijas iekārtas - Elektromagnētiskās saderības prasības - Testēšanas un mērīšanas metodes") IEEE darba grupa koncentrējās uz PLC iekārtām, elektromagnētiskās saderības prasībām un testēšanas un mērījumu metodēm;
- IEEE P1905 - Konverģences digitālais mājas sakaru tīkls. Tas apvieno P1901 sakarus ar citiem 802.x standartiem priekš IP balstītiem komunikācijas tīkliem, ierīcēm, tostarp transportlīdzekļiem, skaitītājiem un ēkām;

- IEEE 1901.2 domāts priekš šaurjoslas elektrolīniju komunikācijām. (17)

3.2. HomePlug standarts

HomePlug ir ģimenes vārds dažādām PLC specifikācijām, kas atbalsta tīkla veidošanu izmantojot esošos mājas elektrotīklus. Pastāv vairākas tehnoloģiju specifikācijas zem HomePlug zīmola, kas katra piedāvā unikālas izpildījuma iespējas un savietojamību ar citām ierīcēm. (21)

Dažas no HomePlug specifikācijām mērķē uz mājas platjoslas lietojumiem, piemēram, IPTV, HDTV, 3D TV, spēļu pasaule un interneta saturs, kamēr citi domā vairāk par zaļo māju regulējamām ierīcēm un automatizāciju. Visas šīs tehnoloģijas tiek izstrādātas HomePlug aliansē, kurai tad arī pieder HomePlug preču zīme.

4. SISTĒMAS ARHITEKTŪRA

HomePlug AV (HPAV) ir nākamās paaudzes tehnoloģija no HomePlug elektrolīniju alianses. Tās mērķis ir nodrošināt augstas kvalitātes, nepārtrauktas plūsmas izklaides orientētas tīklu pār jau esošo mājas elektrotīklu, izmantojot PHY un MAC tehnoloģijas, kas nodrošina 200 Mbps (miljonos biti sekundē) video, audio un citu datu straumēšanu. Fizikālais slānis (PHY) izmanto šo 200 Mbps kanālu, lai nodrošinātu 150 Mbps informācijas līmeni ar spēcīgiem sakariem trokšņainajos elektrolīniju kanālos. Vides piekļuves kontroles slānis (MAC) ir veidots, lai būtu efektīvs atbalstot gan uz TDMA un CSMA balstīto piekļuvi maiņstrāvas cikla sinhronizācijai. TDMA piekļuve nodrošina pakalpojumu kvalitātes (QoS) garantijas, tostarp garantētu joslas rezervēšanu, augstu uzticamību un ciešu kontroli. CSMA piekļuve nodrošina četrus prioritātes līmeņus. Maiņstrāvas cikla sinhronizācija nodrošina izcilu kanāla adaptāciju, saskaroties ar kopējo līniju troksni. Centrālais koordinators (CCo) kontrolē tīkla darbību, piešķirot laiku CSMA izmantot un izplānot TDMA izmantošanu. (7)

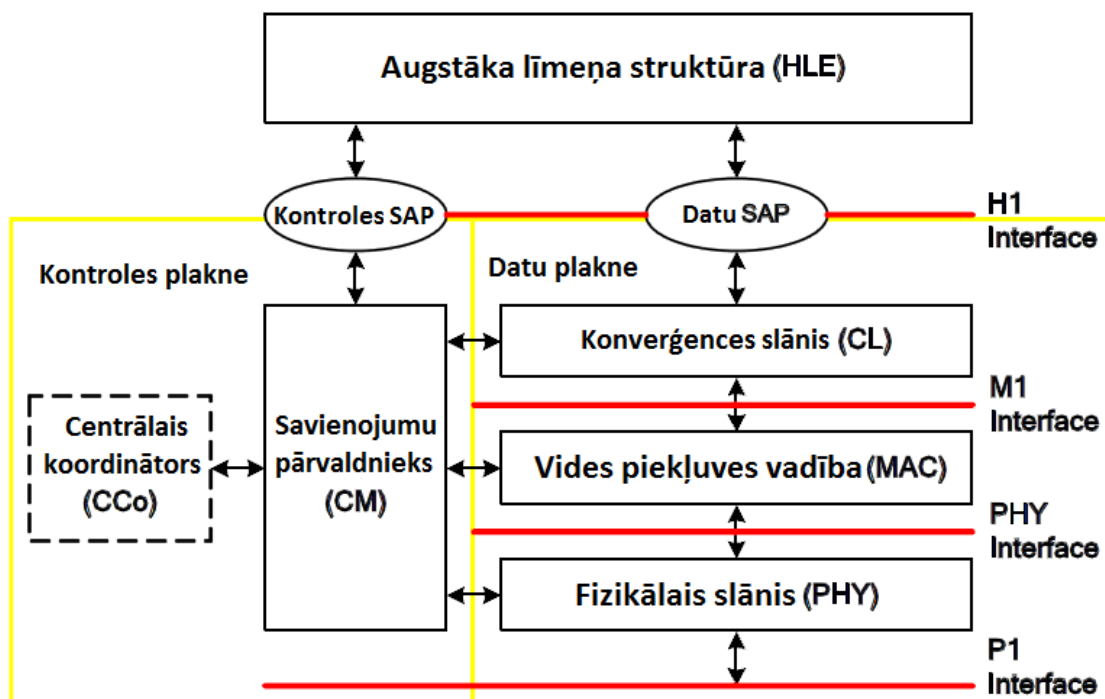
Homeplug AV nodrošina arī uzlabotas iespējas, kas atbilst jaunākajiem tīklu standartiem. Izvērstā tīkla vadības funkcijas un iekārtas spēj uzturēt lietotāja pievienojamo ierīču konfigurācijas, kā arī pakalpojumu sniedzēja uzstādītās. HPAV piedāvā drošību, pamatojoties uz 128-bit AES, un paredz noteikumus par dinamisku (automātisku) šifrēšanas atslēgu maiņu, kā arī dažādu lietotāju pieredzi, veidojot drošību dažādās tīkla pozīcijās. Izstrādātais dizains ļauj darba stacijām piedalīties vairākos AV tīklos. HPAV ir savietojams arī ar vecākām tehnoloģijām tajā skaitā HomePlug 1.0, Passport un citām, kā arī piedāvā vairākus obligātos un izvēles līdzāspastāvēšanas režīmus, atļaujot vairāku tīklu darbību un citu servisu vienlaicīgu sadarbību.

HPAV mērķis ir būt daudzpusīgam tīklam priekš dažādām datu plūsmām -HDTV, SDTV un audio. Tā ir izstrādāta, lai sniegtu vislabāko savienojumu augstākajā līmenī mājas tīklu konkurencē. HomePlug AV ļauj visām jaudas ierīcēm izmantot tīkla piekļuvi. HPAV tika izstrādāta, lai nodrošinātu šādu iespēju par izmaksām, kas ir konkurētspējīga ar citām konkurējošām tehnoloģijām.

Att. 4.1. tiek attēlota arhitektūras diagramma HPAV sistēmās. Augstākajā struktūras slānī (HLE) virs H1 (host) saskarne var būt tilti, pārejas, programmas vai serveri, kas nodrošina ārējus pakalpojumus zemākesošajiem (zem H1) interfeisiem. Datu pakalpojumu piekļuves punkts (Data SAP) pieņem visas Ethernet formāta apakšgrupas, tāpēc visus uz IP balstītos protokolus, ir viegli apstrādāt.

Arhitektūra definē divus datu līmeņus, kā parādīts att. 4.1. Datu plakne nodrošina tradicionālo līmeņu pieeju ar M1 saskarni starp konverģences līmeni (CL) un MAC līmeni, un

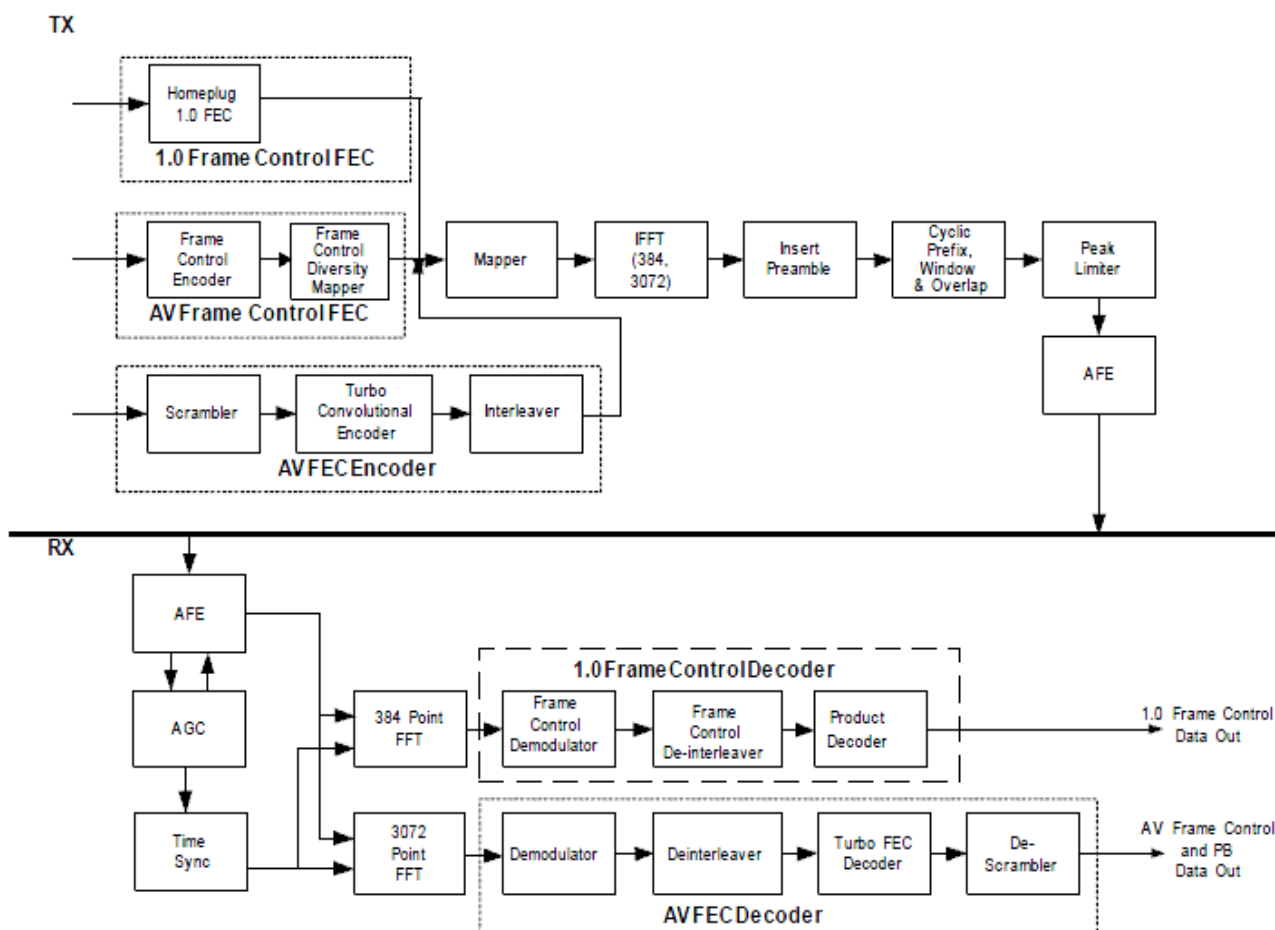
PHY interfeisu starp MAC un PHY līmeni, jo kontroles plaknē, MAC ir monolīts bez parastā noslāņojuma. Att. 4.1. viņš ir apzīmēts kā savienojumu pārvaldnieks (CM), jo tā ir viņa galvenā funkcija. Attiecīgā pieeja vadības plaknei tika izvēlēta, lai nodrošinātu efektīvāku apstrādi un procesu īstenotājiem lielāku elastīgumu uz atjauninājumiem. Lai gan lielu daļu no kontroles plaknes aizņem centrālais koordinators (CCo) visās stacijās, tas būtībā darbosies tikai vienā adapterī visā HPAV tīklā. (10)



Att. 4.1. HPAV arhitektūra

4.1. Fiziskais slānis (PHY)

Fiziskais slānis (PHY) darbojas frekvenču diapazonā no 2 līdz 28 MHz, un nodrošina 200 Mbps PHY kanāla ātrumu un 150 Mbps informācija ātrumu. Tas izmanto Windowed OFDM un jaudīgu kļūdu labošanas kodu (TCC), kurā ietvertā spēcīgā veiktspēja atbilst 0,5 dB no Shannon skalas jaudas. Windowed OFDM nodrošina elastīgas spektra ierobežošanas iespējas, kur robi var pārsniegt 30 dB padziļināti, nezaudējot būtiski noderīgu spektru ārpus iecirtuma. Gari OFDM simboli ar 917 izmantojamiem toņu vadītājiem, tiek izmantoti kopā ar elastīgu aizsarg intervālu. Modulācijas blīvums no BPSK (kas nes 1 bitu informācijas vienā vadītājā vienā simbolā) līdz 1024 QAM (kas nes 10 bitus informācijas vienā vadītājā vienā simbolā) ir patstāvīgi piemēroti katram vadītājam, pamatojoties uz kanāla īpašībām starp raidītāju un uztvērēju. Att. 4.1.1. attēlota blokshēma HPAV raidītāja un uztvērēja fiziskajam slānim. (1; 48)



Att. 4.1.1. HPAV OFDM uztvērējs

Raidītāja pusē, PHY slānis saņem savas datu izejvielas no MAC slāņa. Ir divas dažādas ieejas HPAV datiem - HPAV kontroles informācija un HomePlug 1.0 kontroles informācija (lai atbalstītu HomePlug 1.0 savietojamību). HPAV kontroles informācija tiek apstrādāta kadru kontroles šifrēšanas blokā, kurā ir ietverts kadru kontroles FEC bloks un dažādi jaudas paaugstinātāji. HPAV datu plūsma iet cauri gan skremblerim, gan Turbo FEC šifrētāju un jaudas paaugstinātājiem. Šo triju datu plūsmu izvide noved pie kopējas OFDM modulācijas struktūrā, kas sastāv no objektu-relāciju kārtotāja, IFFT procesora, preambula, cikliskā ievietošanas prefiksa un maksimuma ierobežotāja. Šis izejas galu galā nodrošina no analogā uz digitālo signāla moduli (AFE), kas pārraida signālu elektrolīniju vidē. (3; 68)

Pie uztvērēja AFE darbojas kopā ar signāla pārveidotāju (AGC) un laika sinhronizācijas moduli, lai pabarotu atsevišķus datu informācijas un datu atgūšanas ciklus. HPAV tīkla kontrole tiek iegūta, pārstrādājot saņemto datu plūsmu caur 3072 punktu FFT, freimu kontroles demodulatoru un freimu kontroles dekoderi. HomePlug 1.0 tīkla kontrole, ja tāda ir, tiek iegūta ar 384 punktu FFT. Paralēli datu plūsma pēc pārstrādes tiek iegūta izmantojot 3072 punktu FFT priekš HPAV, demodulatoru ar signāla un trokšņa attiecības (SNR)

aprēķiniem, demodulatora, freimu kontroles, Turbo FEC šifrētāju un dekoderi HPAV datiem. (12)

HPAV PHY paredz īstenot elastīga spektra politikas mehānismu, lai ļautu pielāgoties mainīgām ģeogrāfiskām, tīklu regulējošām vidēm. Frekvenču pakāpes ir iespējams viegli un dinamiski pielāgot. (1; 48)

4.2. Vides piekļuves vadība (MAC) kontroles plaknē

MAC līmenis satur integrētu savienojumu pārvaldnieku (CM). Augstākā slāņa struktūra nodrošina savienojumu specifikācijas (CSPEC), kas detalizēti informē QoS prasības programmatūrai. Datu pārsūtīšanas satiksmei CSPEC var tikt dinamiski ģenerēts ar automātiskā savienojuma (ACS) vai augstākā slāņa QoS pārvaldnieka palīdzību, kas koordinē QoS dažādos tīkla segmentos. (9)

Kontroles plakne nodrošina viengabalainu saskarni lietojumslānī. Lietojuma prasības tiek saņemtas no H1 kontroles SAP, kas atrodas savienojumu specifikācijā un tiek izskaidrots ar CM palīdzību. CM ir atbildīgs par novērtēšanu CSPEC un piemērota savienojuma izveidi otrā savienojuma galā ar CCo. Savienojumu pārvaldnieks ir atbildīgs par to, lai tīklu nodrošināts, ka attiecīgie AV mehānismi ir iesaistīti programmatūras pieprasītajā joslas platuma nodrošināšanā. Vēl tam ir jāuzrauga servisa līmeņi, ko savienojums saņem, un jāveic koriģējoša darbība ja garantētais QoS netiek sniegts.

MAC arī uztur pulksteni, kas ir cieši sinhronizēts ar CCo pulksteni (CCo ietver laiku fiksējošo bāksignālu). Tas nozīmē, ka viss HPAV tīkls izmanto kopīgu tīkla pulksteni, lai izmantotu augstāka līmeņa struktūru, kurai ir stingri laika ierobežojumi. (6)

4.3. MAC Datu plaknē

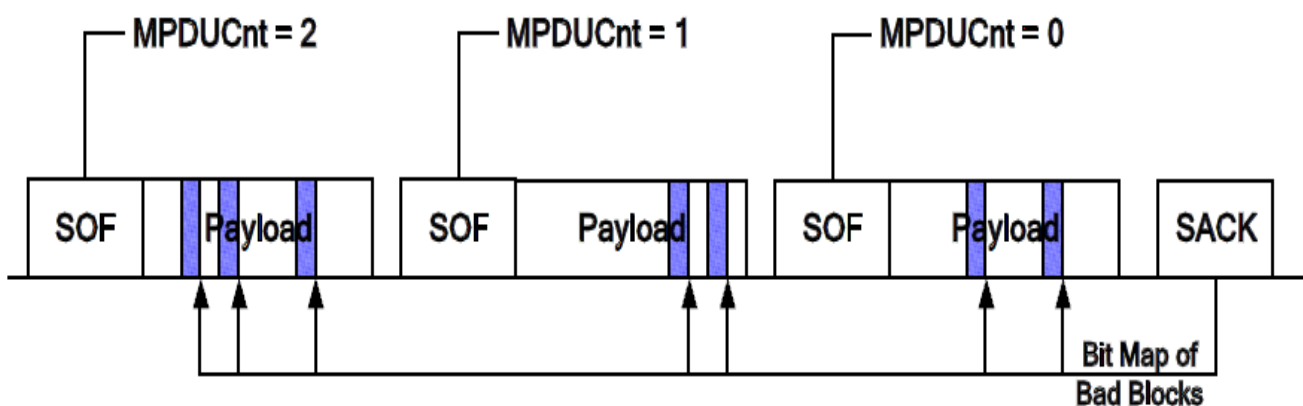
Datu plaknē MAC pieņem MSDU, piemēram, Ethernet paketes, kas ierodas no konverģences līmeņa (CL), un apkopo tos ar galveni, ierašanās laika zīmogu (ATS) un gala vērtību, lai izveidotu MAC kadru. Tad MAC kadri tiek ierindoti atbilstošajā MAC kadru plūsmā. MAC pienākums ir nodrošināt, ka MSDU, kas saistīts ar doto savienojumu, tiek nogādāts PHY savienojumam atvēlētajā laikā. Šim nolūkam, tas uztur individuālos rindas par katra savienojuma datiem, katra CSMA satiksmes prioritātes līmeņus un katras prioritārās līmeņa kontroles ziņojumus.

Katra MAC kadru plūsma tiek sadalīta 512 Oktetu segmentos, katrs no tiem ir šifrēts un iekapsulēts ar piešķirtiem individuāliem sērijas numuriem PHY blokos (PB). Kā parādīts att.

4.3.1. fiziskā līmeņa bloki tiek iepakoti MPDU, kas savukārt tiek piegādāti PHY. PHY raidītājs tiek pakļauts kļūdu labošanai un iegūtais rezultāts PPDU tiek nosūtīts uz elektrolīniju, kā aprakstīts PHY.

Tiklīdz uztvērējs rekonstruē saņemto MSDU, tas izvēles kārtā apstiprina fiziskā līmeņa blokus, tie, kas netiek apstiprināti, tiek ierindoti nākamajā TXOP. Selektīvā apstiprināšana (SACK) ir neatņemama daļa no TDMA sadales. Kad visi fiziskā līmeņa bloki, kas veido MSDU ir saņemti pareizi, segments tiek atšifrēts, un rezultātā MSDU tiek nodots konverģences līmenī, lai tiktu transportēts uz attiecīgo augstākā līmeņa pasākumu. Kontroles ziņojumi tiek apstrādāti līdzīgā veidā. (10)

Tā kā FEC un selektīvā apstiprināšana tiek veikta uz relatīvi maziem bloku datiem, FEC ir stabilāka un datu retranslāciju ir ļoti minimāla. Šie divi elementi veicina HPAV spēju darboties tuvākajos jaudas kanālos.



Att. 4.3.1. MAC Segmentācija un MPDU ražošana

4.4. Galvenais koordinātors (CCo)

Katrs CCo kontrolē AV loģisko tīklu (AVLN), kas sastāv no vairākiem AV stacijām, kam ir kopīga tīkla dalības atslēga (NMK). Ja kāda AV stacija ir pievienota elektrotīklam, tā automātiski klausās vidē un tiklīdz tā sadzird eksistējošu AVLN, tā mēģinās pievienoties. Ja tā nedzird esošu AVLN, tā izveido savu tīklu, kļūstot par CCo un pārraides signālbāku. Galu galā kāda cita AV stacija tiks pieslēgta un tās sapārosies, izveidojot AVLN. CCo mēģina apgūt AVLN topoloģiju, kurā tā atrodas, kā arī visu kaimiņu AVLN. Lai to panāktu, katra AV stacija pārraida periodisku radiobākas signālu. Šī radiobāka raida informāciju par staciju un AVLN, kurai tā pieder. Katra stacija, kas dzird radiobākas signālu pievieno tai savu informāciju atklāto staciju sarakstā (DSL). Ja stacija brīdi, kad veido DSL, atrod kādu citu

signālu no stacijas, kas atrodas citā AVLN, tā pievieno informācija par citu tīklu atklāto tīklu sarakstā. Periodiski CCo pieprasa katru staciju ar savu DSL un DNL, lai varētu izmantot savāktos sarakstus topoloģijas kartes izveidei. CCo izmanto savu topoloģijas karti no savāktajiem DSL un DNL, lai noteiktu, vai ir cita stacija AVLN, kas padarītu labāku CCo nekā tā ir pati. Galvenie šī lēmuma kritēriji prioritātes kārtībā ir:

1. Lietotāja izvēle
2. CCo piemērotība
3. Atklāto staciju skaits staciju sarakstā
4. Atklāto AVLN skaits tīklu sarakstā

Ja pašreizējā CCo konstatē citu staciju, kas varētu kļūt par labāku CCo, tā mēģinās izlemt vai tai ir jānodod visas savas funkcijas jaunajai stacijai. Atkarībā no vecās un jaunās CCo iespējām, notiekot vai nenotiekot maiņai, esošais savienojums netiks izjaukts. CCo var izvēlēties arī citu CCo, kas būtu spējīga būt par rezerves staciju tās kļūdas gadījumā. Ja stacija pieņem rezerves stacijas lomu, tai būs jāuzrauga viss AVLN un, ja CCo bāksignālu kāda brīdī nedzirdēs neviena no stacijām konkrētu periodu, tad rezerves CCo uzņemsies CCo lomu un mēģinās saglabāt un uzturēt esošos savienojumus bez traucējumi. (8)

Tā kā stacijai ir jāspēj sazināties ar CCo, lai pievienotos AVLN un izveidotu savienojumu, proxy iespējās ir paredzēts atbalstīt stacijas, kas nespēj sazināties vai tiek slēptas no CCo. Šī iespēja paredz izveidot proxy koordinātoru (PCo), lai atkārtotu bāksignāla informāciju proxy uztvērējiem, kas spētu nodot kontroles ziņojumus starp slēpto staciju un CCo, jāpiebilst, ka izlaisti cauri tiek tikai kontroles ziņojumi. Stacijai ir jāvar tieši sazināties ar visām stacijām, ar kuru tā vēlas izveidot savienojumu.

Kad visas stacijas atrodas dīkstāvē, CCo izraisa AVLN ieiešanu enerģijas taupīšanas režīmā. Šajā režīmā, ir tikai neliels CSMA reģions, lai stacijās var iniciēt sakarus un neliels PCF reģions, lai veiktu testus un meklētu signālbākas. Stacijām jābūt saviem uztvērējiem priekš šiem mazajiem reģioniem, lai piedalītos AVLN. Šāds risinājums ir izveidots, lai tehnoloģija iegūtu enerģijas taupīšanas sertifikātu (Energy Star certification). (10)

4.5. Konverģences jeb saplūšanas slānis (CL)

Konverģences slānis darbojas kā vidutājs starp HLE un MAC datu plaknē. Tas pieņem datu apjomu caur pakalpojumu piekļuves punktu (SAP) pie H1 interfeisa un apstrādā to pēc nepieciešamības pirms nodod to tālāk uz MAC caur M1 interfeisu. Dati, kas iet caur SAP ir AV noteikti un tie ir Ethernet II klases saime. Šī saime atbalsta pakešu formātus, kas noteikti

ar IEEE 802.3, ar vai bez 802.2 IEEE (LLC), IEEE 802.1H (SNAP) paplašinājumiem un VLAN tagiem. Izmantojot Ethernet formātus, tiek atvieglota AVLN saskarnes ar citiem LAN tīkliem. (19)

Starp pakalpojumiem, ko CL piedāvā pārraides pusē ir klasifikācija un automātiskais savienojums. Ja pieprasa savienojumu, CL piesaistīta arī pienākšanas laika zīmoga (ATS) lietderīgumu. Saņēmēja pusē CL nodrošina datu izlīdzināšanu un garantē, ka saņemtie MSDU tiek piegādāti atbilstošā H1 servisa piekļuves punktam (SAP). Abās pusēs tas nodrošina savienojuma pārvaldnieka informāciju, lai uzraudzītu QoS līmeni, kurus sniedz savienojums.

Kad tiek izveidots savienojums, CM nodrošina klasifikatoru, kam ir savs noteikumu kopums, kas ļauj klasifikatoram nekļūdīgi sasaistīt ieejošās datu paketes ar pārējo savienojumu. Piemēram, noteikumu kopums var norādīt avotu un galamērķi MAC adreses un TCP avota un galpunkta portu savienojumam.

Klasifikators pārbauda katru saņemto paketi pie H1 interfeisa un mēģina saskaņot to ar savienojumu, izmantojot klasifikācijas noteikumus, kas tai ir paredzēti. Ja tas atrod atbilstību tad marķē paketi ar savienojuma ID nepieciešamajam savienojumam, pretējā gadījumā klasifikators palaidīs paketi tālākai pārraidei CSMA reģionā attiecīgajā prioritātes līmenī.

Ja nosūtīšanas stacija atbalsta ACS, visas paketes, ko klasifikators palaiž tālāk bez piesaistīšanas savienojumam, izskatīs ACS, kas novērtēs datu plūsmu starp avotu un galamērķi un izvērtēs vai tā ir savienojuma vērtā. Šāda novērtēšana un identifikācija var tikt veikta pamatojoties uz sekojošām lietām:

- Stratēģijas, kas noteiktas pēc HLE vai ražotāja,
- Šabloni, piemēram, satiksme starp portiem,
- Regulējumi, piemēram, apjoma un regularitātes dati, kas tiek nosūtīti.

Kad ACS identificē savienojumu, tā turpina pakešu caurlaidību CSMA periodā tūlīt pēc pakešu piemērotās inspekcijas pabeigšanas. (10)

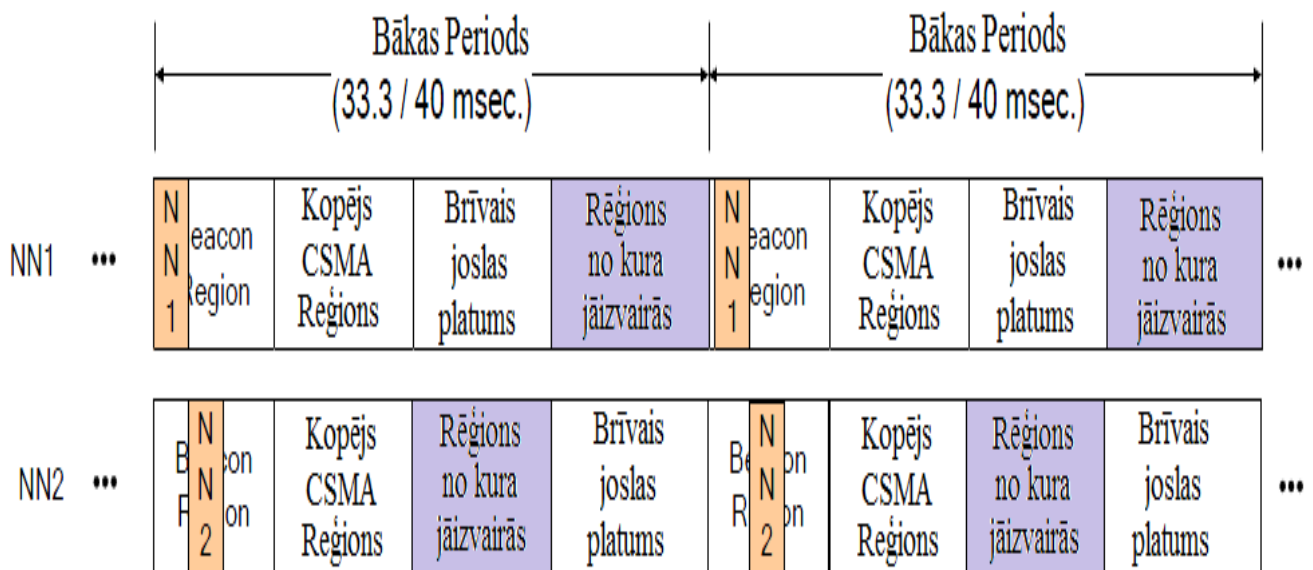
Ja ACS atklāj datu plūsmu, kura ir savienojuma cienīga, tas uzvedas analogiski HLE un lūdz CM, lai tas izveido savienojumu, nodrošinot klasifikatora noteikumus. Kad CM izveido savienojumu, klasifikators sāk pakešu savienošānu ar jaunizveidoto savienojumu un ACS to vairs neredz. ACS, tomēr ir atbildīgs par savienojumu apkalpošanu tādā pašā veidā kā HLE.

Abās savienojuma pusēs, CL sniedz pietiekamu informāciju, lai CM varētu uzraudzīt QoS līmeni, kas nodrošina savienojumam garantijas. CM veiks korektīvus pasākumus, kas noteikti CSPEC, ja būs kādi pārkāpumi vai atkāpes no QoS garantijām. (8)

4.6. Vairāku tīklu sadarbība

AV ietver dažādus mehānismus, lai nodrošinātu sadarbību blakus esošiem tīkliem un tehnoloģijām. Tiklīdz atklāts kāds kaimiņu tīkls, CCo var kooperēties, ieplānojot caurlaidību savos tīklos, neradot traucējumus citos. Vairāku AVLN gadījumā, katrs CCo uztur līdzdarbojošos tīklu sarakstus (INL). INL identificē visus, netālu esošos CCo, ko tas var dzirdēt. Tālāk katrs CCo sazinās ar savu INL un salīdzina to ar otra CCo. HPAV pieprasa, lai CCo atpazīst visus INL un lai tas ir informēts, kā arī lai tas neiejauktos šajos tīklos.

Ja kādā AVLN CCo atklāj vēl vienu CCo, tas mēģina saskaņot informāciju ar atklāto CCo. Tie apspriežas par bāksignāliem, kas atrodas bākas reģionā, ko var būt nepieciešams paplašināt, lai nodrošinātu vietu citai bāksignāla nišai un par laika periodiem, kas ir nepieciešami tā PCF reģionā. Kad sarunas ir pabeigtas, abi CCo sinhronizē grafiku izmaiņas, kā rezultātā katram AVLN veidojas sava telpa PCF rajonā, kuru identificē pēc tās kaimiņiem kā bāksignālu ar brīdinājumu netuvoties. Visas NN daļas lieto kopēju CSMA reģionu. Piemērs ir parādīts att. 4.6.1.



Att. 4.6.1. Blakus esošo tīklu sadarbība

Kad vairākas AVLN ir blakus esošas, katrai ir joslas platuma kvota, t. i. daļa, bākas periodā, ko tā izmanto priekš sava PCF reģiona. Kvota ir noteikta politika, kas ir piemērota regulatīvajam reģionam, kurā AVLN darbojas. Noklusējuma kvotā visiem ir vienādas daļas.

Kad kvotas bākas reģionā ir sadalītas, CCo var izplesties atlikušajā joslas platumā, kas ir pieejams, lai apkalpotu savus savienojumus. Tas var pat pārsniegt kvotas, ja joslas platums ir pieejams. Ja AVLN izmanto vairāk nekā savu kvotu, kas ir atkarīga no NN daudzuma, dažreiz tam ir jāatsakās no joslas platuma līdz savai kvotai, ja to pieprasa tās kaimiņiem, pat ja tas nozīmē pārkonfigurēt (saspiest) vai atbrīvot savienojumu, lai ietilptu kvotā. Nav nepieciešams saspiesties zem savas kvotas vai atbrīvot joslas citu NN dēļ ja atbrīvošana varētu izraisīt NN kvotu pārsniegšanu. (10)

4.7. Nākamās paaudzes uzlabojumi

Pieejams no 2012gada, HomePlug AV2 parametri atļauj sasniegt gigabitu klases ātrumu PLC instalācijās, paliekot pilnībā savietojama ar HomePlug AV vecākajām tehnoloģijām. HomePlug AV2 izlaiž vēl lielāku veiktspēju un pārklājumu platjoslas tīklos, padarot to ātrāku kā jebkad, lai apstrādātu visprasīgākos tiešsaistes pakalpojumus un lietojumprogrammas.

HomePlug digitālās izklaides tehnoloģijas nodrošina augstas kvalitātes tīklu pār esošo vadu instalācijām uz jebkuru ierīci ar Ethernet portu vai pat paplašināt bezvadu maršrutētāja diapazonu. HomePlug AV2 specifikācija ir balstīta uz vairāk nekā desmit gadu reālās pasaules pieredzi un plašiem darbības testiem, ko veic alianses tehniskā darba grupa. HomePlug AV2 tehnoloģijas nodrošina Gigabit klases platjoslas ātrumu, padarot to ideāli piemērotu interneta video, HDTV, IPTV, tiešsaistes spēlēm, HD audio un citiem tīkliem, kam nepieciešama ātra un stabila datu pārraide. (18)

Veiktspējas uzlabojumi

- Uzlabota HD un 3D plūsma;
- Paredz virzību uz ultra ātrgaitas platjoslas piekļuvi un pakalpojumiem;
- Vairāku ieeju un izeju (MIMO) atbalsts;
- Viss pārklājums ir ar retranslācijas funkciju;
- Augstas izšķirtspējas video un audio atbalsts bez pamanāmiem traucējumiem;
- Jaudas taupītājs.

Jauninājumi

- Papildus 30-86 Mhz frekvenču joslā;

- Efektīva signāla apraide;
- ISP līdzāspastāvēšanas protokols;
- Atkārtotānās;
- Augstas efektivitātes datu vienību protokolu (PPDU) struktūra. (18)

Tas arī viss, kas ir pieejams par šīs tehnoloģijas uzlabojumiem, jo šī sērija parādījusies ir ļoti nesen bet tā solās būt jau daudz stabilāka par iepriekšējo HomePlug AV sēriju.

5. TEHNOLOĢIJĀ IZMANTOJAMO IERĪČU RAKSTUROJUMS

HomePlug AV standarta integrētas Powerline ierīces datu pārraidei izmanto parastu sadzīves elektroinstalāciju un piedāvā pilnu tīkla ierīču izvietojanas brīvību telpas ietvaros, tā kā jebkura elektriskā rozete kļūst par internet un lokāla tīkla piekļuves punktu. HomePlug AV Powerline tehnoloģija nodrošina multi medija pārraidi (aizsargātu no traucējumiem) ar ātrumu līdz 200 Mbt/s. Att.5.1. redzams parastais adapteris, var būt ar vairākām izejām, kā arī ar iespējamu pārmaiņu uz USB pieslēgvietu.



Att.5.1. Adapteru pāris

Att.5.2. redzams adapteris, kam iebūvēta WiFi funkcija, tādejādi darbojas kā tīkla paplašinātājs, kur ērtāk ir lietot bezvadu internetu.



Att.5.2. Wifi adapteris

Vēl ir nepieciešams maršrutētājs, cik jaudīgs un labs, ir jāskatās pēc nepieciešamības – izmantojamības, noslodzes un veidojamā tīkla lieluma.



Att.5.3. Maršrutētājs

Vēl ir nepieciešams tīkla kabelis att.5.4. Parasti tie nāk komplektā, bet iespējams, ka dažreiz ir nepieciešams garāks par 2m, atkarīgs no izkārtojuma telpā.



Att.5.4. Tīkla kabelis

Iespējams pievienot speciāli PLC tehnoloģijām domātu centrmezglu (att.5.4.) ar vairākiem portiem. Centrmezgls padara PLC mājas tīklu daudz nodrīgāku un spēcīgāku. Tam ir četri vai vairāki papildu Ethernet porti. Balstīts tieši uz elektrolīniju specifikācijām, un to var savienot ar vairākām tīkla ierīcēm, ieskaitot spēļu konsoles un ārējos cietos diskus. Ērti piemērots, lai veidotu savu tīklu, kā pašam grībās.



Att.5.5. PLC centrmezgls

Tā kā PLC tīklu lielākā problēma ir trokšņi un, citi signāla traucējumi, tad pastāv tāda lieta, kā trokšņu filtri, ko parasti liek starp kontaktligzdu un PLC adapteri. Bet šos filtrus parasti izmanto tikai tad, kad līnija ir ļoti trokšņaina, respektīvi, ir daudz dažādas jaudas blakus ierīces, kas veido pamatīgus signāla kropļojumus. Skatīt att.5.6.



Att.5.6. Trokšņu filtrs

6. DATU DROŠĪBA

Pieslēgšanās kontroles procedūras nodrošina to, ka tikai atļautās ierīces drīkst piedalīties AVLN. Staciju spēja uzturēt vairākas drošības atslēgas ļauj tai piedalīties vairākos AVLN. Visu datu plūsmu un gandrīz visu satiksmes kontroli iekš AVLN, izņemot stingri ierobežotus kontroles ziņojumus, kas vienkārši nevar būt kodēti, ir nodrošināta ar 128-bitu AES šifrēšanu, kas nodrošina augstu drošības līmeni. Šī šifrēšana izmanto tīkla šifrēšanas atslēgu (NEK) un tiek veikta atsevišķos segmentos attiecīgi, tā kā MPDU ir arī veidots. NEK var automātiski un dinamiski mainīt. (1; 80)

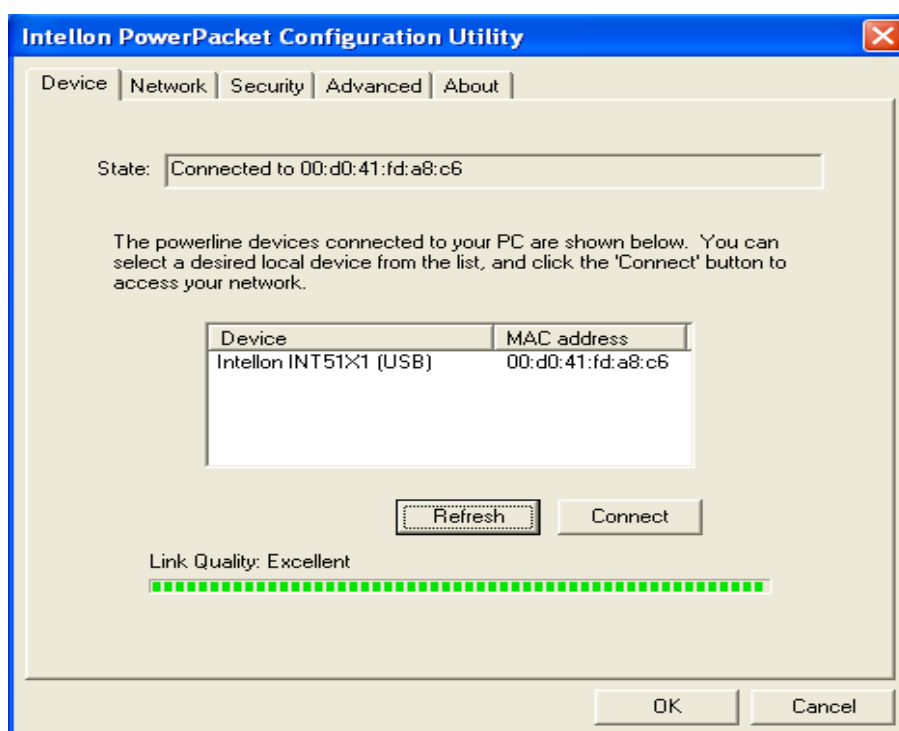
Lai pievienotos AVLN, stacijai ir jāsaņem tīkla dalībnieka atslēga (NMK). Ja tai NMK atslēga jau ir, tā var pievienoties tīklam nekavējoties, pretējā gadījumā tā ar to jānodrošina. Nodrošināšana var notikt dažādos veidos, tostarp:

- Izmantojot noklusējuma NMK, kas ir ieprogrammēta visās AV stacijās. Pēc noklusējuma NMK nodrošina viengabalainu plug and play pieredzi, kamēr viss nepieciešamais tiek sākotnēji instalēts, tā nesniedz nekādu privātumu, jo tā ir zināma katrai HPAV sertificētai stacijai.
- Lietotājs var definēt un ievadīt tīkla paroli (NPW) pa tiešo stacijai. Šis NPW ir sajaukts, lai radītu NMK, 128 bitu AES šifrēšanas atslēgu. Lietotājam ir jāievada NPW vismaz vienai stacijai, kas sākotnēji definētu NMK priekš AVLN.
- Visas AV stacijās ir arī programmētas ar unikālu ierīces pieejas atslēgu (DAK). Lietotājs var ievadīt šo atslēgu jebkurā pienācīgi programmētā stacijā AVLN un šī stacijā izmantos DAK, lai šifrētu NMK un pārraidītu to. Tā kā tikai jaunām stacijām ir DAK, tad tā būs vienīgā stacija, kas spēs atšifrēt pārraidīto ziņojumu, tādēļ tikai tā saņems jauno NMK.
- Izmantojot asimetrisko publisko / privāto atslēgas šifrēšanu, AV stacijas var nodrošināt lietotājam iespēju pievienot jaunu stacija AVLN bez nepieciešamības atcerēties vai ievadīt paroles. Tas var būt tikpat vienkārši kā lietotājam nospiediet pogu un stacija jau atrodas AVLN. (10)

Ja stacijai ir pareizs NMK un tā pievienojas AVLN, tai tiks piešķirta aktuālā tīkla šifrēšanas atslēga (NEK), kas tiek izmantota, lai šifrētu datus MAC segmentācijas laikā. Dizains arī ļauj citu šifrēšanas atslēgu pārvaldību, augstāku slāņu drošības un autentiskuma standartus, piemēram, 802.1x un VRRP. (1; 48)

7. LIETOTĀJA SASKARNE, PROGRAMMATŪRA

Principā nepastāv nekādas īpašas programmas vai lietotāja interfeiss PLC tehnoloģijai, jo tā ļoti labi spēj darboties arī bez tās, būdama pasargātā no ielaušanās vai citu tīklu pārklāšanās. Bet pastāv nelielas programmas, kas parasti nāk līdzī pērkot attiecīgo tehniku. Katrai firmai šis interfeiss ir savādāks, bet kopējos vilcienos tie visi ir ļoti līdzīgi, jo nodrošina dažas aktuālas funkcijas jeb PLC adapteru manuālu konfigurāciju. Šī programmatūra var būt instalējama, bet var būt vienkārši konfigurējama caur kādu no interneta pārlūkprogrammām. Aptuvenais vizuālais skats ir parādīts att.7.1.



Att.7.1. Manuālās konfigurācijas interfeiss

Sadaļā Device tiek parādītas tīklā atrastās PLC ierīcēs. Šinī sadaļā ir iespējams attiecīgi kādu no ierīcēm pievienot vai atvienot, lai izveidotu savu vēlamu tīkla topoloģiju. Kā arī tiek parādīta katras pievienotās ierīces MAC adrese un signāla stiprums, stabilitāte, kas ir atkarīgi no jaudas stabilitātes un konkrētās atrašanās vietas kopējā ķēdē. (15)

Sadaļā Network var aplūkot visas ierīces, kas pievienotas PLC tīklam, kā arī ātrums Mbps ar kādu tiek veikta datu pārraidē konkrētajā ķēdes posmā.

Sadaļā Security ir iespējams uzlikt pašam savu papildus drošības paroli savam lokālajam tīklam.

Sadaļā Advanced ir iespējams uzstādīt katram adapterim atsevišķu paroli, kā arī veikt atsevišķu konfigurāciju.

8. PĒTĪJUMI UN TO ANALĪZE

8.1. Autora veikts pētījums par elektroiekārtu ietekmi uz PLC

Veicot šo eksperimentu, autors gribēja noskaidrot citu elektroierīču ietekmi uz PLC tīkliem. PLC PHY specifikācija norāda uz to, ka pastāv liela iespēja rasties troksnim no ierīcēm, kas atrodas vienā līnijā PLC tīklu. Šī eksperimenta mērķis bija noskaidrot, cik liels ir šī trokšņa radītais kaitējums. Eksperiments veikts ar Linksys HomePlug AV elektrolīniju PLK200 adapteri, kas reklamē, ka atbalsta PHY datu ātrumu 200 Mbps un informācijas ātrumu līdz 150 Mbps (līdzīgi vairumam ierīču).

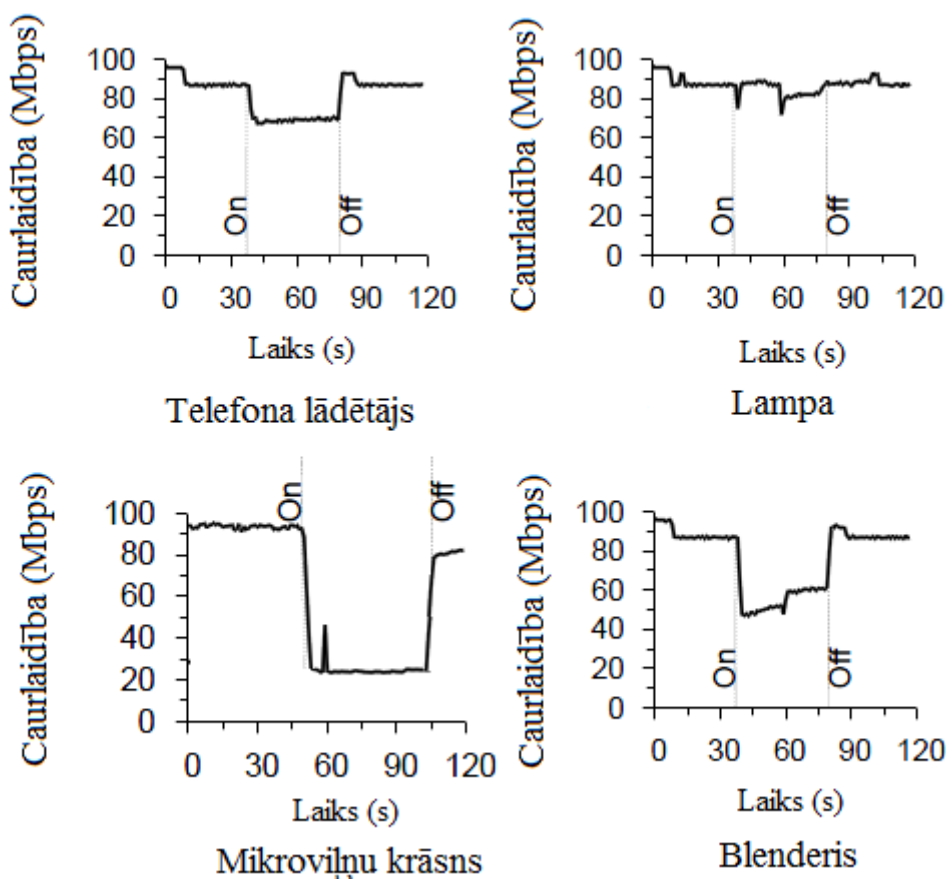
Tika uzstādīti divi punkti jeb savienojumi starp kuriem notiks datu pārraide, Īsu brīdi pēc datu pārraides sākšanās elektrolīniju tīklam tika pievienotas un ieslēgtas dažādas sadzīves iekārtas, kas varētu radīt traucējumus. Pēc 40 sekundēm šīs iekārtas tika atvienotas. Rezultāti ir parādīti att.8.1.1. un izmantotās ierīces tabulā 8.1.1.

8.1.1. tabula

Izmantotās elektroierīces

Ierīce	Jauda (V)
Telefona lādētājs	5
Lampa	150
Blenderis	350
Mikroviļņu krāsns	1200

Rezultāti liecina, ka mājsaimniecības ierīces ievērojami ietekmē PLC tīkla caurlaidības efektivitāti. Ir interesanti atzīmēt, ka, pat ja lampa piesaista vairāk enerģijas, nekā telefona lādētājs, tās ietekme ir vismazākā. Tas ir iespējams tāpēc, ka lampai ir tikai tīra slodze, savukārt citām ierīcēm, kas uzstādītas ir induktīvā un kapacitatīvā slodze.



Att.8.1.1. Elektroiekārtu ietekme uz PLC signālu

Rezultāti liecina par to, ka šo ierīču ietekme uz PLC tīklu ir milzīga, šajā testā gan tika izmantoti vieni no pirmajiem HomePlug AV modeļiem, ar jaunākiem modeļiem rezultāti varbūt būtu labāki ar ne tik lieliem traucējumiem. Vismaz tā sola ražotāji, ka jaunākajos modeļos šie traucējumu novēršana ir krietni uzlabota. Pārraides vadības protokola caurlaidība tika mērīta, izmantojot programmu Iperf.

8.2. PLC pielietojums pasaulē

2011. gadā HomePlug alianse veica pētījumu par to, kā un cik daudz PLC tehnoloģijas tiek izmantotas reālajā pasaulē, kā arī cik tas ir aktuāli. Galvenie interesējošie jautājumi:

- Vai esošā tehnoloģija atbilst stimulācijām reālajā dzīvē?
- Vai pastāv vienots modelis, kas ir spējīgs aptvert elektrotīklus dažādos reģionos?
- Kādi nosacījumi ietekmē līniju parametrus?
- Cik daudz adapteri parasti tiek pielietoti mājas tīklu uzstādīšanā?

Interesanti ir tas, kā viņi panāk šīs informācijas pieejamību, veidojot milzīgas datubāzes ar ļoti lielu datu apjomu, šajā pētījumā tiek aplūkota Rietumeiropa. Tātad, kā viņi to panāk? Atbilde ir – ļoti vienkārši, katru reizi, kad pasaulē tiek uzstādīts kāds PLC adapteris, aptuveni 70% gadījumu tiek uzinstalēta arī līdzīgo esošā programmatūra. Instalējot to, lietotājs piekrīt privātuma aizsardzībai un noteikumi, kas ietver nosacījumu, ka HomePlug alianse pieprasīs informāciju par tehnoloģijas izmantošanu. Ļoti ērti un viegli apkopojama informācija.

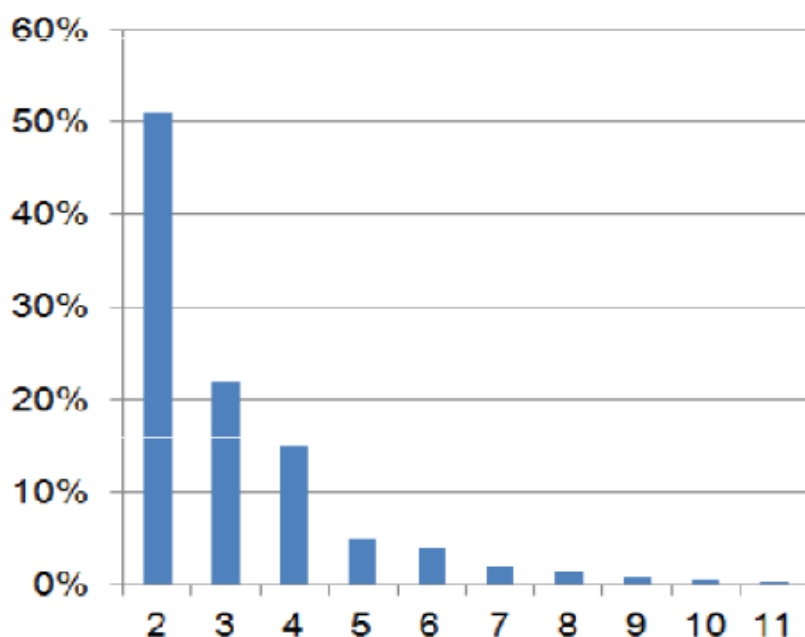
Datubāzes dati un fakti, kas apkopoti par produktiem no 2006.-2011. gadam:

- Dažādu lietotāju skaits – 500 000
- Šo lietotāju reģistrētais datu ierakstu skaits – 95 miljoni
- Datu bāzes apjoms – 100 GB
- Laiks, kas tiek pavadīts veicot vienkāršu vaicājumu par visu datu bāzi – 4-5 h

Šinī laika posmā HP alianse ir piegādājusi vairāk kā 15 miljonus adapteru Rietumeiropas tirgus, kas ir ļoti daudz, ņemot vērā, ka tehnoloģija ir atzīta par pielietojamu sabiedrības uztverē tikai pēdējo divus gadus. (14)

Apkopojot datus tiek izdarīti secinājumi.

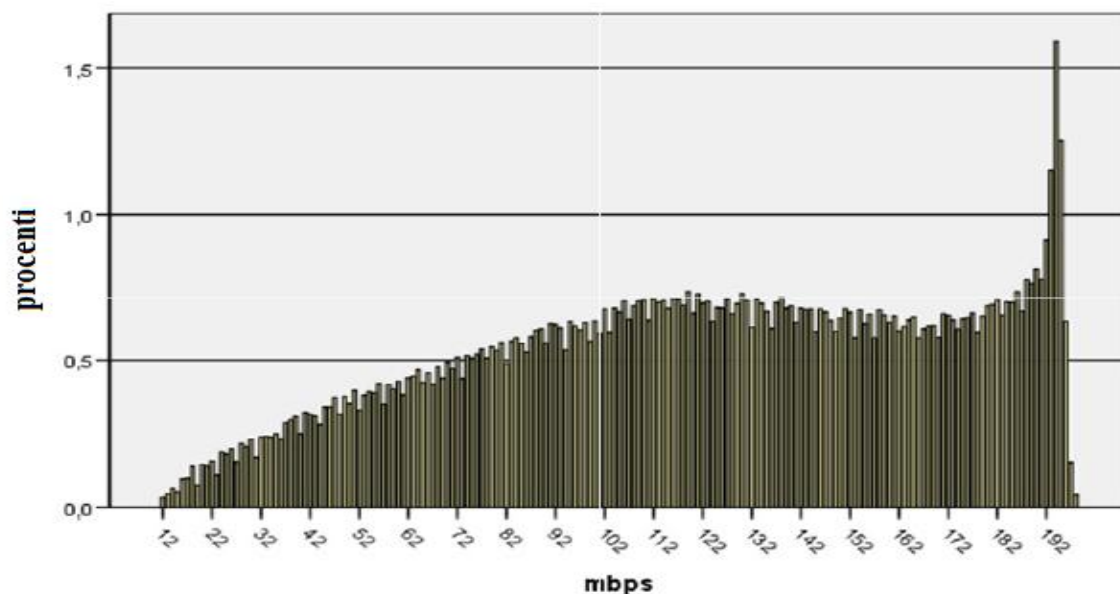
Vairāk kā 20% esošo tīkla instalāciju izmanto 3 adapterus, 15% izmanto 4 adapterus un aptuveni 10% izmanto vairāk, kā četrus (tajā skaitā arī vecākās tehnoloģijas versijas). Skatīt att.8.2.1. pilnai statistikai.



Att.8.2.1. Procentuāls izmantoto adapteru skaits mājāsniecībās

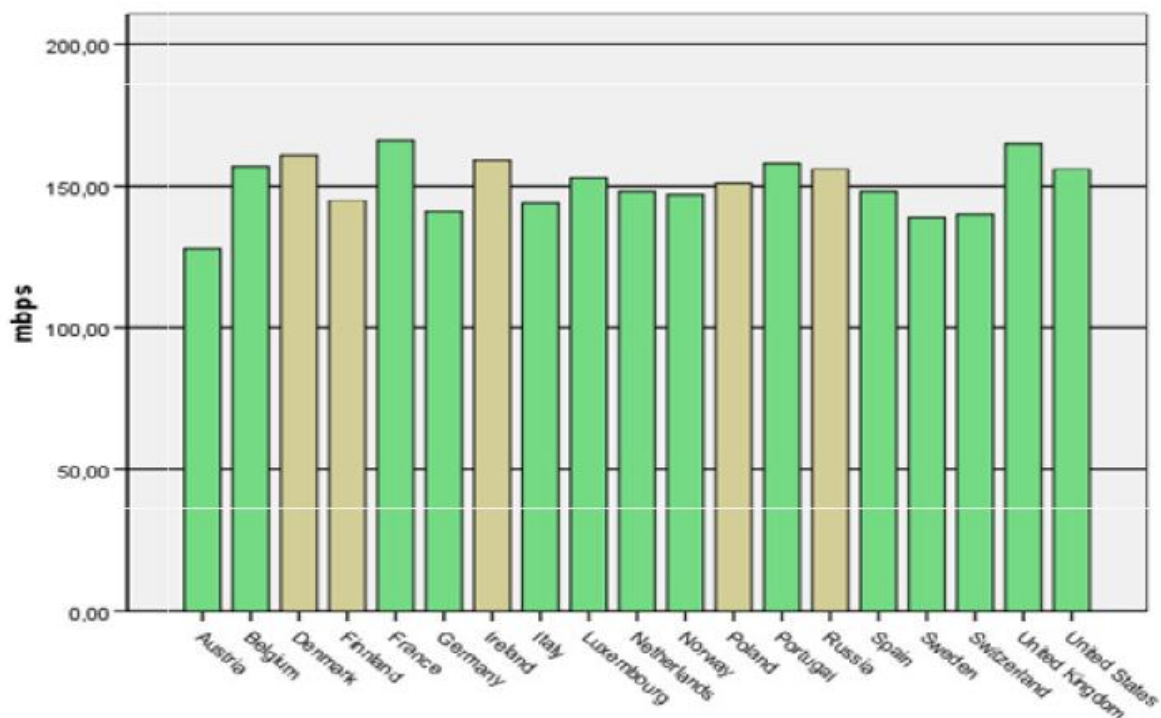
Vidējais HPAV lietotāju fiziskais ātrums, no visu mājsaimniecību skaita – 128.46 Mbit/s.

Visu lietotāju diagramma att.8.2.2.



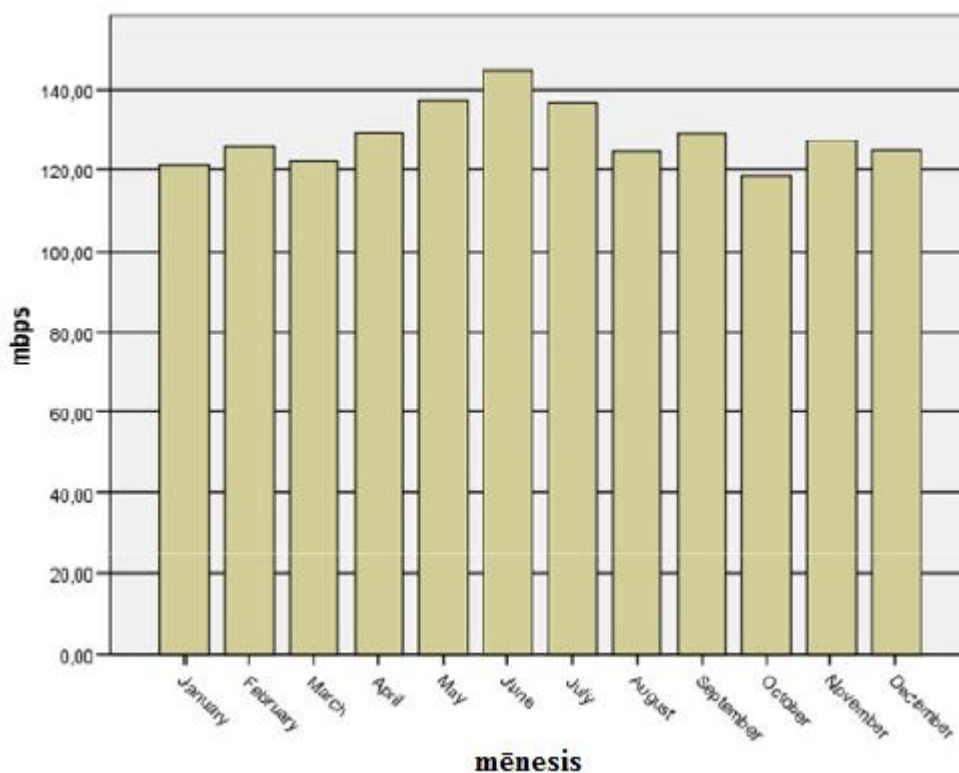
Att.8.2.2. Visu lietotāju ātruma diagramma

Ir apkopots arī vidējais ātrums pa valstīm, ātrumu atšķirības tiek skaidrotas ar to, ka tīkla uzstādīšanu ietekmē tā atrašanās dažādās fāzēs. Tomēr atšķirības ir ļoti niecīgas, principā, visā Rietumeiropā ātrums ir ļoti līdzīgs, skatīt att.8.2.3.



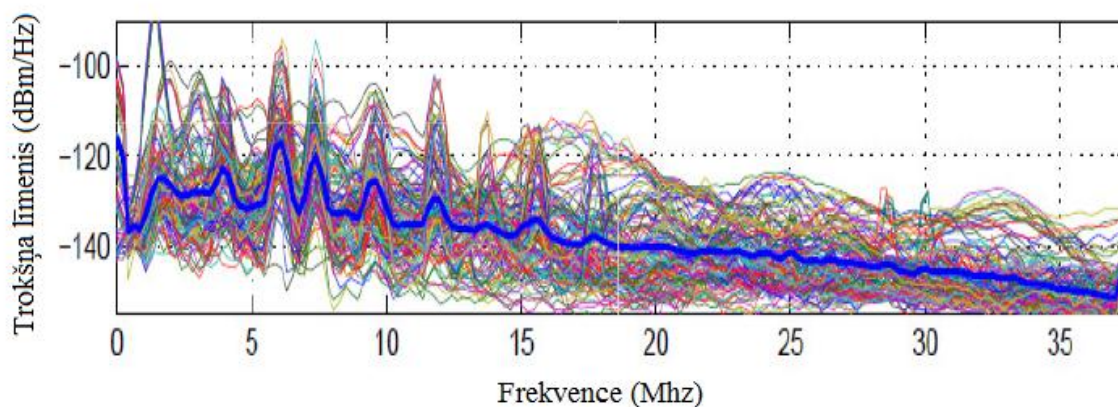
Att.8.2.3. Vidējais ātrums Rietumeiropas valstīs

Ir arī aplūkotas datu ātruma izmaiņas gada skatījumā pa mēnešiem, konstatējot to, ka siltajos mēnešos ātrums ir 140 Mbit/s un aukstajos ap 120 Mbit/s. Tas ir skaidrojams ar temperatūras ietekmi uz elektrolīniju vadiem. Pilns skatījums attēlots att.8.2.4.



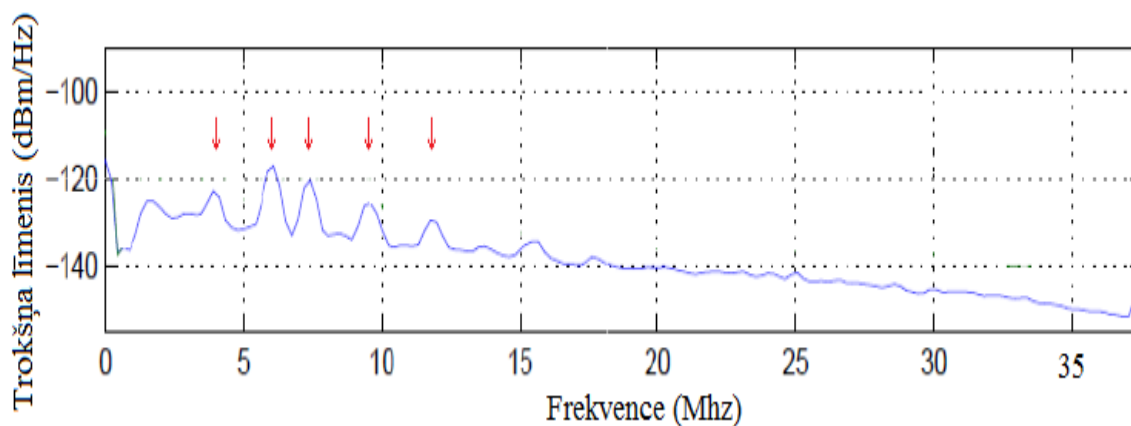
Att.8.2.4. Ātruma attiecība pret gada mēnesi

Trokšņi ir lielākā PLC tehnoloģiju problēma un vājība. Aplūkojot dažādus datu avotus no dažādām vietām, tiek izdarīts secinājums – nav vienādas trokšņu līnijas nekur (att.8.2.5.).



Att.8.2.5. Dažādu trokšņu attēlojums

Vidējais trokšņu līmenis parāda to, ka Eiropas trokšņiem ir dažas kopējas tendences, skatīt att.8.2.6.

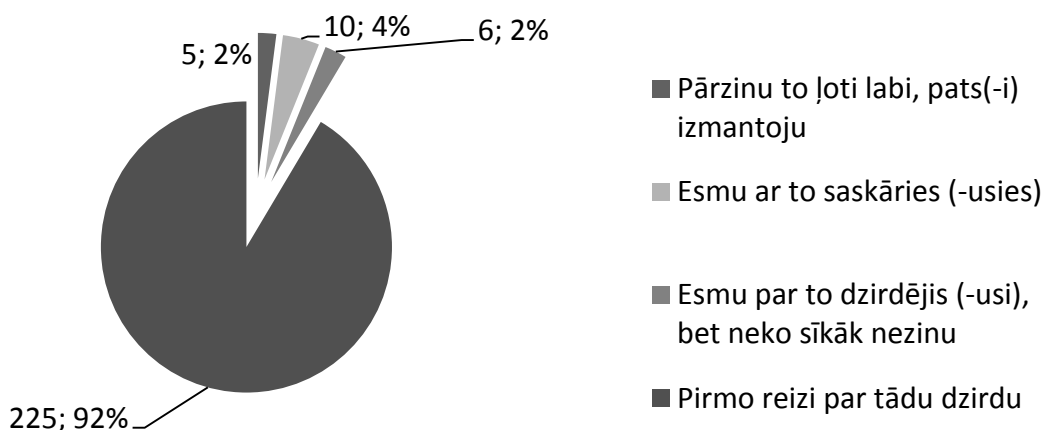


Att.8.2.6. Vidējā troksņa līmeņa attēlojums

Šis pētījums atspoguļo kopējās un atšķirīgās tendences Eiropā, kā arī parāda to, ka Eiropā PLC produkti tiek izmantoti salīdzinoši daudz, ņemot vērā, ka šobrīd tikai sākās šīs tehnoloģijas zieda laiki.

Šajā pētījumā nav ietverta Austrumeiropa, attiecīgi nav arī Latvija. Nedaudz pārzinot situāciju Latvijas tirgū, saistībā ar PLC tehnoloģijām, autors pieņem, ka pie mums šī tehnoloģija, kā alternatīva citiem tīkliem, vai iespēja vienkārša mājas multimediju tīkla izveidei, ir ļoti maz pazīstama un izplatīta. Daudzi par to nav nemaz dzirdējuši.

Lai pārliecinātos par pieņēmuma atbilstību, autors veica ļoti vienkāršu aptauju ar vienu jautājumu – Vai esat saskāries ar interneta un tīkla izveides alternatīvu - elektrolīniju tīklu komunikāciju (PLC)? Tika piedāvāti 4 atbilžu varianti. Uz jautājumu atbildēja 246 cilvēki. Atbildes skatīt att.8.2.7.



Att.8.2.7. Atbildes uz jautājumu

Secinājums: Tikai 8% bija dzirdējuši par šādu tehnoloģiju, tas ir ļoti maz, bet šeit jāņem vērā fakts, ka ļoti daudz cilvēki vispār par tehnoloģijām zina ļoti maz.

8.3. PLC izmantošana Latvijā

Latvijā šis pieslēguma veids nav populārs, bet īpašos gadījumos to piedāvā Latvijas elektroenerģijas kompānija Latvenergo. Jaunceltnēs Latvenergo līdz ar elektrības vadiem piedāvā ievilkt arī optisko kabeli. Dažās valstīs pa elektrības vadiem tiek pat nodrošināts ātrgaitas internets. Tas, protams, nevar sacensties ar optisko pieslēgumu, bet tas tomēr ir ātrgaitas pieslēgums. Internets izmantojot elektrības vadus nereti tiek izmantots mājās, lokālā datortīkla izveidošanai, piemēram, saslēdzot kopa divas ēkas, izmantojot jau esošo elektrības kabeli.

Latvijas tirgū šī tehnoloģija un piedāvātie adapteri ir ļoti labi piemēroti audio, video un Lattelecom digitālās TV signāla pārraidei. Tos ir pārbaudījuši arī Lattelecom speciālisti, kas rekomendē izmantot šos produktus. Iekārtām ir iebūvēta aizsardzība un tās neļauj pieslēgties no malas, kā arī jaunākie modeļi ir izstrādāti tā, lai to darbība neradītu traucējumus cita veida elektroniskajām iekārtām. Izmantojot šo tehnoloģiju, to ir iespējams kombinēt un pielietot ar visu veidu ethernet tīklu iekārtām. Tehnoloģija ir pielietojama kā ethernet kabeļu aizstājēja vietās, kur ethernet tīkla ierīkošana nav iespējama. Elektrības tīkla interneta pieslēgums parasti ir pieejams tikai īpašos interneta ievilkšanas scenārijos, kuros ir arī ļoti dārgas izmaksas, un šāds pieslēguma veids privātpersonām netiek piedāvāts. Tas, protams, netraucē pašiem savienot blakus esošas mājas, piemēram, lauku sētā, ar uzticamu interneta pieslēgumu izmantojot vienkāršu elektrības kabeli.

9. PIELIETOŠANA PLC TEHNOLOĢIJĀM

Pašlaik lielākā daļa no tīklu gala savienojumiem izgatavoti, izmantojot kabeli no ātrgaitas līnijas līdz mājas vai biroja tīkla lietotājam. Tas ir lētākais risinājums, bet, ja kabeļi ir nevēlami vai ievilkšana neiespējama, var izmantot, pieejamu katrā ēkā, elektrolīniju sistēmu. Šādā gadījumā jebkura kontaktligzda ēkā varētu kļūt par piekļuves punktu internetam. Lietotājam nepieciešama tikai PLC modema klātbūtne, lai izveidotu savienojumu ar izvēlēto ierīci. Autors pētot esošo situāciju par PLC tehnoloģiju, kā arī balstoties uz šī gada IEEE Starptautisko konferenci par elektrotīklu komunikāciju, izdala vairākus pielietojumus jeb, kur šo tehnoloģiju vajadzētu pielietot.

Mazu biroju risinājums (SOHO)

Elektrolīniju tehnoloģiju var izmantot, veidojot LAN nelielā birojā (aptuveni 10 datori), kur galvenās prasības pret tīklu ir īstenošanas vieglums un mobilitāte ierīcēm kā arī viegla paplašināmība. Tajā pašā laikā, viss biroju tīkls un tā atsevišķie segmenti var tikt būvēti ar elektrolīniju adapteriem. Bieži vien ir situācija, kad vēlaties iekļaut esošajā tīklā attālāku datoru vai tīkla printeri, kas atrodas citā telpā vai citā ēkas galā. Šī problēma ir viegli atrisināma, izmantojot PLC adapterus.

Mājas komunikācijas

Powerline tehnoloģijas paver jaunas iespējas realizācijai ideju par "gudro māju", kur visa patērētāju elektronika ir savienota vienotā informācijas tīklā ar centralizētu kontroli. Iedomājieties: ieejot savā mājā, Jūs izkraujat un iespraužat Jūsu tikko nopirkto plakanā ekrāna televizoru. Vienkārši un ātri - televizors automātiski pieslēdzas kabelim, DVD atskaņotājam, digitālajam video rakstītājam, mājas kino sistēmām, kā arī internetam. Šāds scenārijs ir realitāte mūsdienās, tikai daudzi to vēl nezina.

Ēkās, kur nav interneta

Precīzāk būtu, ēkās, kur internets nekad nav bijis vai ievilkšanas izmaksas ir ļoti dārgas. Šajā kategorijā ietilpst arī lauku viensētas, kur ievilkšana nekad nav bijusi apsvērta. Pastāv ļoti daudz tādas vietas un ēkas, kur internets nekad nav bijis, jo ievilkšanas izmaksas bijušas ļoti dārgas. Tādēļ izmantojot šo alternatīvu ir iespējams panākt, ka šajās vietās tomēr cilvēki tiek pie interneta.

10.PLC PIELIETOJUMS UZŅĒMUMA „REIŅA TRASE” VIDĒ

Diplomdarbā pētāmo tēmu un tās problēmas autors ieguva, veicot šīs tehnoloģijas ieviešanu reāla uzņēmuma vidē, prakses laikā pašam veidojot projektu un sistēmas uzstādīšanu.

10.1. Uzņēmuma apraksts un specifika

Projekts tika īstenots laikā no 2011. gada septembra līdz 2012. gada janvārim, biedrībā „Rekreācija RT”, kas vairāk ir pazīstama kā apakšstruktūra aktīvās atpūtas centam „Reiņa Trase”. Uzņēmuma mērķis ir nodrošināt aktīvās atpūtas iespējas gan ziemā, gan vasarā, kļūstot par lielāko un populārāko atpūtas bāzi Latvijā un Baltijā. Uzņēmuma pamatdarbības virzieni ir vietējo iedzīvotāju dzīves vides un sabiedriskās telpas kvalitātes uzlabošana un attīstīšana, cilvēk resursu kvalitātes paaugstināšanās veicināšana un sabiedriskās aktivitātes attīstība, kā arī sporta aktivitāšu veicināšana jauniešu un pārējo vietējo iedzīvotāju vidū un sabiedrisko aktivitāšu un izglītojošo, garīgi attīstošo, izzinošo semināru rīkošana, sabiedrisko objektu popularizēšana un aktivizēšana, un resursu maksimizēšana, veicinot vietējo lauku iedzīvotāju aktivitāti, pašizaugsmes, pašattīstības procesu, kā arī nodarbinātības līmeni un iesaistīšanos teritorijas aktivizēšanas un sakopšanas procesā, sekmējot teritorijas labklājību un attīstību. Biedrības atrašanās vieta ir vienota teritorija ar tās biedriem – juridiskām personām, kas savu līdzdalību nodrošina ar tās rīcībā esošiem un apgūstamiem saimnieciskajiem resursiem – golfa laukumu, kalnu slēpošanas un distanču slēpošanas trasi.

Tehniskais nodrošinājums uzņēmumā

Uzņēmumā tiek izmantoti 12 datori, 10 stacionārie un 2 portatīvie datori ar Windows 7 operētājsistēmu darbam no mājām vai izbraukumā. 8 stacionārie datori pentium 2 dual core ar operatīvo atmiņu 2gb katrs tiek izmantoti tiešo darba pienākumu izpildei, ar Windows XP Professional operētājsistēmām. 2 Quartto core datori tiek lietoti visu sistēmu administrēšanai tajā skaitā mūzikas atskaņošana teritorijā, video novērošanai, pacēlāju sistēmas koordinēšanai un uzturēšanai un citām ikdienas operācijām. Ir iekšējais uzņēmuma serveris – Share Point, kurā tiek glabāta apjomīga informācija par klientiem, dažādiem ierakstiem un video ierakstiem, serverim lietota linux operētājsistēma. Arī video novērošanas tīkls ir diezgan plašs, pareizāk sakot ir divi tīkli, kas sastāv no 20 IP kamerām, 5 no tām ir publiskās web kameras mājaslapai un pārējās 15 iekšējās kārtības un drošības nodrošināšanai. Kopā

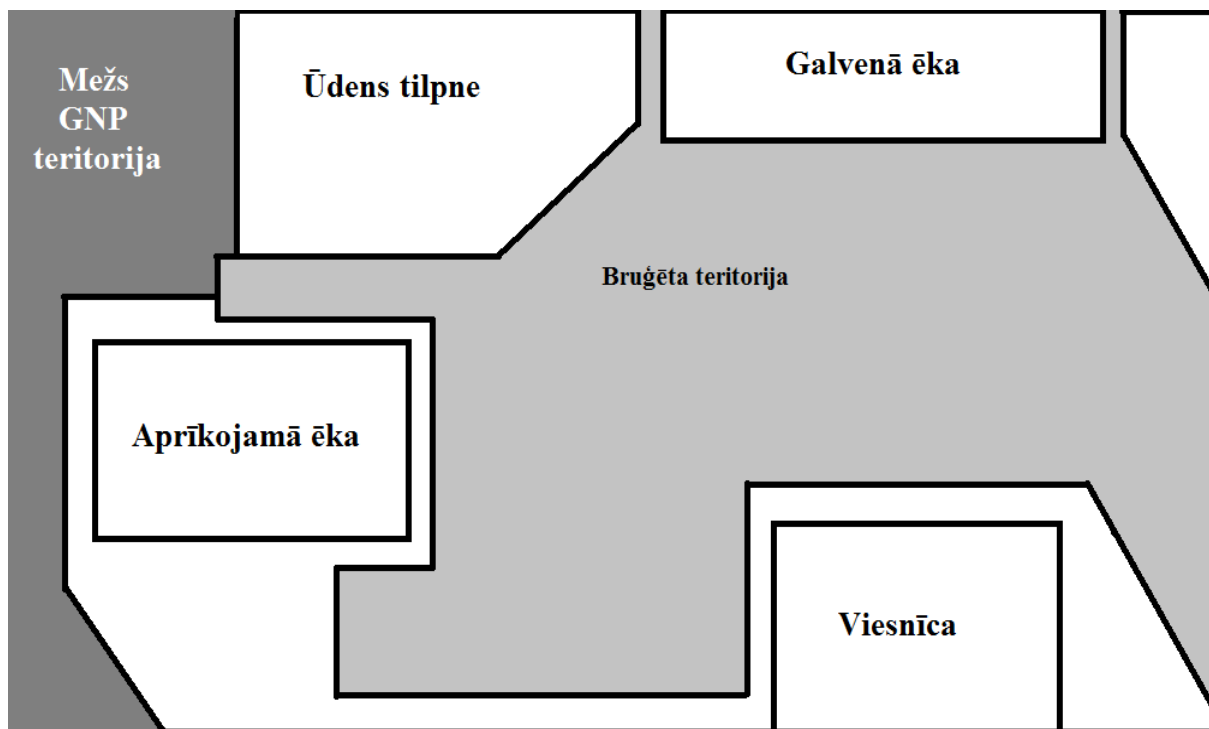
uzņēmumam vēl ir divi projektori un trīs platekrāna televizori, kas attiecīgi paredzēti pasākumu kvalitatīvākai nodrošināšanai, kā arī informatīvo materiālu izplatīšanai.

Uzņēmuma tīklu topoloģija un risinājumi

Tiek izmantots viens datortīkla pieslēgums globālajam tīmeklim ar 20 Mb/s ātrumu. Datortīkla pieslēgums globālajam tīmeklim ir asinhronais. Uzņēmuma mājas lapa ir ārpalpojums, ko nodrošina VITA. Nākotnē ir plānots veikt uzlabojumus un palielināt ātrumu līdz 300 mb/s, lai būtu ātrs un stabils tīkls kā lokālais tā arī bezvadu. Pāriet no G standarta uz N.

Ir izveidots globālais tīkls (WAN) starp lokālajiem tīkliem (LAN) ar DEACDatu Centra IT infrastruktūras palīdzību. Uzņēmumā tiek lietoti seši LAN tīkli. Divi no tiem ir lokālie Ethernet vadu tīkli, kas savstarpēji ir savienoti ar microtik maršrutētāju un komutatoru, kuriem pa vidu ir savienots vecs dators papildu drošībai, un trīs bezvadu lokālie tīkli, kā arī viens PLC tīkls. Lokālie Ethernet tīkli ir personālam, kas ir saslēgti zvaigznes topoloģijā. Divi bezvadu tīkli ir paredzēti klientiem, un trešais - kamerām. Uzņēmumā ir jauktā veida topoloģija. Bezvadu tīkls tiek izmantots attālinātām nodaļām, kur nepieciešams internets, bet vadu savilkšana nav izdevīga. Uzņēmumā tiek izmantots privātā tīkla pieslēgums ar 20Mb/s duālo datu pārraides ātrumu un ir uzsākti darbi pie ātruma uzlabošanas, lai būtu stabilāks tīkls, kā arī uzlabotāks bezvadu internets, bez traucējumiem. Uzņēmuma specifikas dēļ, tam ir speciālas pacēlāju kontroles sistēmas, kurās jābūt nepārtrauktai saziņai ar galveno māju. Tas nozīmē, ka diezgan plašā spektrā tiek raidīti šie uztveršanas signāli, kas diezgan bieži jauca kopā ar bezvadu signāliem, tādējādi radot bezvadu signālu par visnepiemērotāko šādai videi.

Uzsākot šo projektu, biedrība jau pastāvēja pus gadu, un šajā laikā, Eiropas Savienības projekta ietvaros, tika uzbūvēta moderna ēka semināriem, konferencēm, saviesīgiem pasākumiem, kā arī informācijas centra un ziemas sezonas inventāra nomas uzturēšanai. Tālākais mērķis bija aprīkot ēku ar stabilu iekšējo tīklu, internetu, tehniku un savienot to visu kopā, lai primāri to visu varētu kontrolēt no vienas darba stacijas. Ēkai atrodoties GNP (Gaujas Nacionālā parka) teritorijā un pārējo dizaina specifisko apstākļu, kā arī iekšējā izkārtojuma mainīguma dēļ, bija jāievēro daudz dažādi bieži nenovērojami aspekti un jāizdomā specifiska pieeja, att.10.1.1.



Att. 10.1.1. Ēkas apkārtējā infrastruktūra

Galvenā problēma šā projekta vienkāršai īstenošanai bija tā, ka internetu, saprātīgu cenu robežās, pa vadiem šajā ēkā vairs nebija iespējams ieviest ēkas atrašanās vietas un izbūvētās infrastruktūras dēļ. Arī iekšējās bija nepieciešams izveidot lokālo tīklu četriem stacionārajiem datoriem, printeriem, projektoram un kamerām. Svarīgi bija izveidot stabilu iekšējo tīklu, uzņēmuma specifisko apstākļu un specializētās programmatūras dēļ, jo ziemas sezonā trīs datori tiek izmantoti nepārtraukti, bet, ja nav savienojuma ar galveno datoru, tad nestrādā arī pārējie, tas nozīmē trīs reizes lēnāku klientu apkalpošanas servisu, kā arī naudas plūsmas zudumu, kā arī bija jānodrošina klientiem bezvadu interneta pieeja. Bija jāērķinās ar to, ka infrastruktūra iekšējās bieži tiek mainīta un pārkārtota, kā arī nepieļāva nekādus garo vadu variantus. Kopsummā bija jāērķinās arī ar to, ka bieži ir dažādu signālu traucējumi, pazūd bezvadu internets un tīkls visā pārējā teritorijā, atsevišķos gadījumos pārklājoties signāliem, tātad tikai bezvadu internets nederēja bija jāizdomā, kaut kas no jau esošās kabeļu instalācijas.

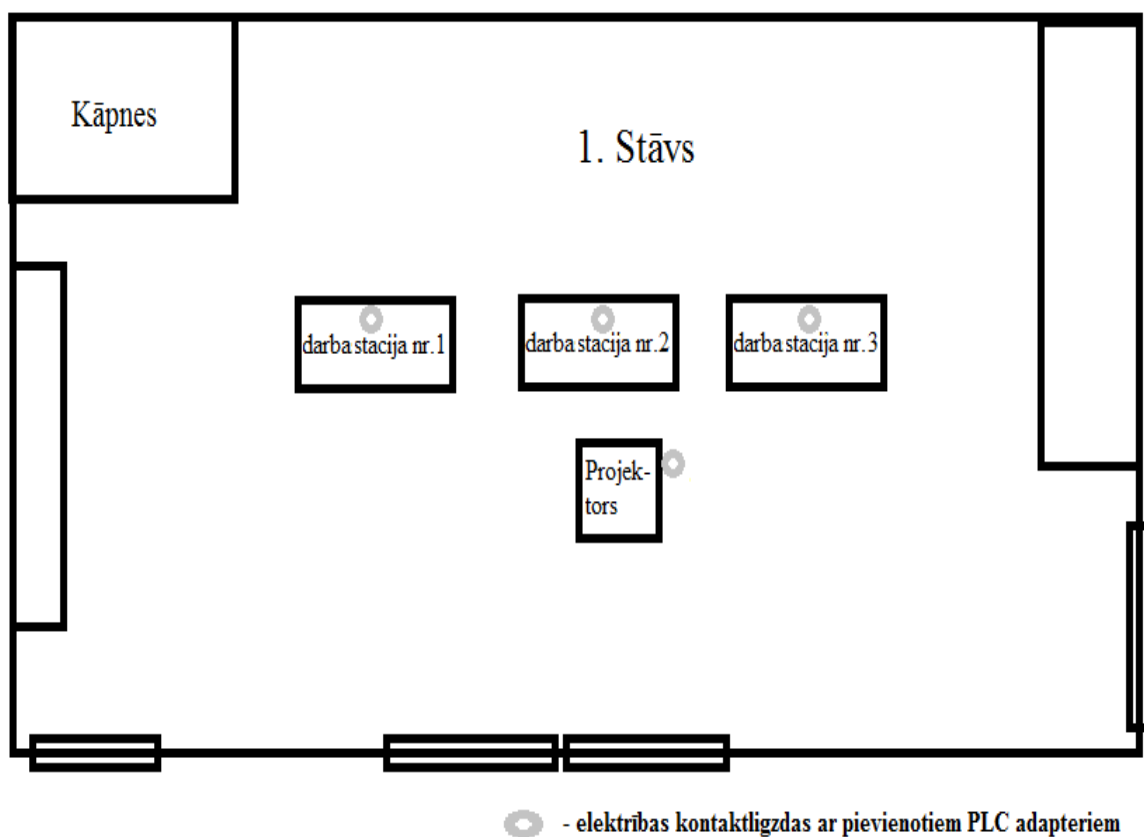
10.2. PLC risinājuma ieviešana

Interesējoties par labākajiem iespējamajiem risinājumiem, reģiona apkalpojošajās interneta kompānijās, piedāvātie varianti bija nesamērīgi dārgi un saistīti ar infrastruktūras pārbūvi, kas būtu arī laikietilpīgi, vai nederēja esošo signālu pārklāšanās dēļ. Tādēļ nācās izmantot, kādu alternatīvu, ko vietējie sakaru nodrošinātāji nepiedāvā. PLC atbilda visiem

nepieciešamajiem kritērijiem, lai to varētu sākt ieviest, taču Latvijā šāda risinājuma ieviešana bija ļoti reta un trūka daudz informācijas par tīkla stabilitāti, nodrošinājumu un efektivitāti. Pētot sīkāk, balstoties uz atsauksmēm un pētījumiem, apkopotās izmaksas un risinājuma ērtums bija ieviešanas riska vērts.

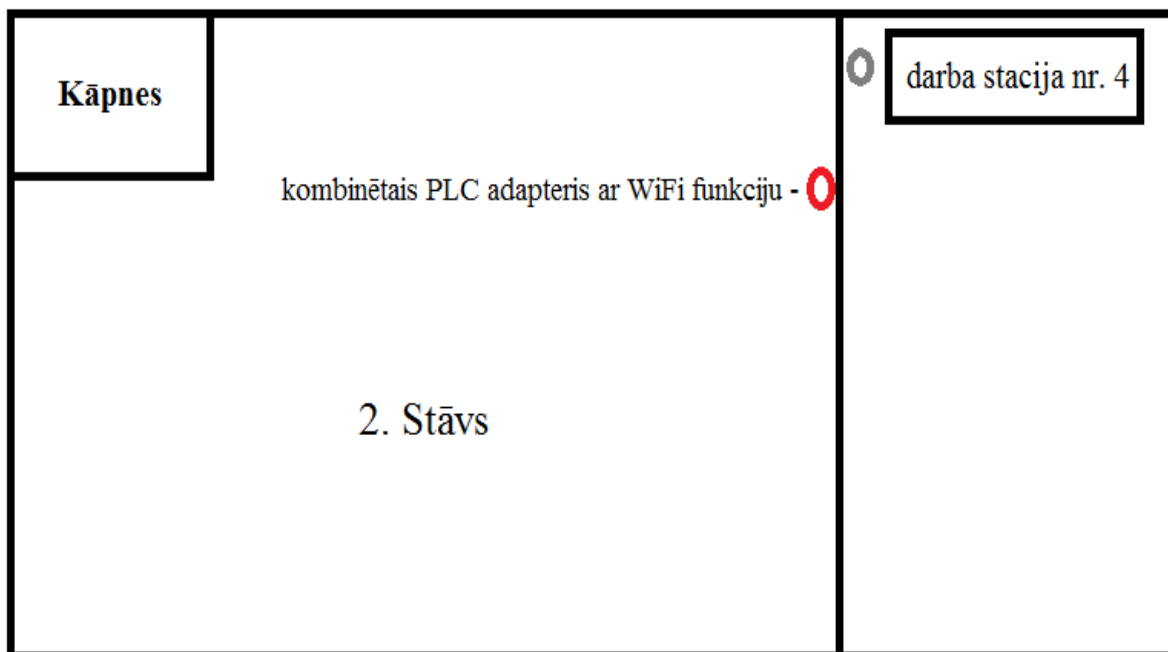
Lai veiktu pilnu tīkla nodrošināšanu tika izmantoti 3*2 (adapteru pāris) adapteri, viens kombinētais adapteris ar paplašinātu bezvadu interneta nodrošinājumu un viens maršrutētājs. Ierīces tika izvietotas divās ēkās, attiecīgi aprīkojamajā ēkā un galvenajā ēkā, kurā pienāk interneta savienojuma kabelis. Svarīgi bija, lai šīs abas ēkas atrastos vienotā elektrotīkla fāzē, savādāk šāds risinājums nederētu un būtu jāveido sarežģītāka topoloģija.

Pirmajā ēkas stāvā tika izmantoti četri adapteri, pa vienam pie trīs nokomplektētām darba stacijām un viens pie projektorā, kā tas attēlots *Att.10.2.1.*



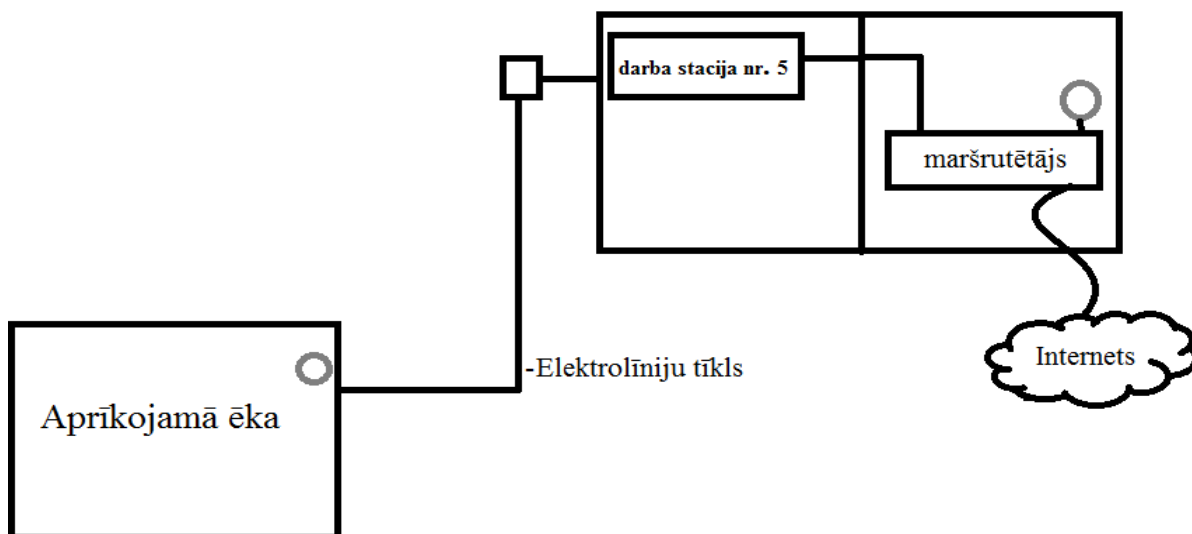
Att.10.2.1. Pirmā stāva plānojums

Otrajā stāvā tika izvietots viens parastais adapteris video servera pārraidei un viens kombinētais adapteris ar bezvadu interneta pārraidi klientiem ar speciāli izdalītu pieeju, att.10.2.2.



Att.10.2.2. Otrā stāva plānojums

Galvenajā ēkā tika uzstādīts maršrutētājs, kas pievienots ethernet interneta kabelim un vienam adapterim, kā arī savienots ar kabeli uz darba staciju, kas darbojās kā galvenais koordinators un sistēmas uzraudzītājs, shēma parādīta att.10.2.3.



Att.10.2.3. Pilna savienojuma shēma

Sākotnēji šāda veida savienojums tika uzstādīts testa režīmā, jo bija nepieciešams risinājums konkrētam laika posmam. Tagad tas darbojas jau sešus mēnešus un nekādas problēmas nav novērotas, brīžos, kad pazūd internets ir stabils un neatkarīgs iekšējais tīkls, kā arī, veicot sezonālos pārkārtojumus, nav jānoņemas ar gariem vadu posmiem, kurus bieži pārvietojot iespējams salauzt. Izveidoto risinājumu autors uzskata par ļoti interesantu pieredzi un jūtas gandarīts par daudziem nezināmas tehnoloģijas ieviešanu.

10.3. Izmantotās tehnoloģijas raksturojums un izmaksas

Lai nodrošinātu šāda savienojuma izdošanos tika izmantota firmas D-Link tehnoloģija.

Tika izmantoti seši D-Link DHP-502AV Powerline AV 500 adapteri (Att.10.3.1.). Pārdodas pa pāriem. Viena pāra cena 40 Ls. Adapteris izmanto mājā esošos elektrības vadus, lai izveidotu tīklu vai paplašināt savu esošo tīklu. Spēj sadarboties ar visdažādākajām ciparu multivides ierīcēm, spēļu konsolēm, drukas serveriem, datoriem un tīkla glabāšanas ierīcēm. Atbilst IEEE 1901 standartiem un ir savietojams ar vecākiem elektrolīniju modeļiem. Teorētiskais caurlaides ātrums 200 Mbps.



Att.10.3.1. D-Link DHP-502AV Powerline AV 500

Viens kombinētais D-Link DHP-W306AV Powerline AV Wireless adapteris (att.10.3.2.), kas darbojās kā bezvadu tīkla paplašinājums. Tiek izmantots kā tīkla veidotājs vai arī paplašinātājs. Teorētiskais caurlaides ātrums 200 Mbps. Cena 30 Ls.



Att.10.3.2. D-Link DHP-W306AV Powerline AV Wireless adapteris

Viens DIR-825 XTREME N DUAL BAND GIGABIT maršrutētājs, skatīt att.10.3.3. Izmanto divu joslu tehnoloģiju tādejādi atļaujot pārraidīt apjomīgu datu apjomu tajā pašā laikā, veicot citu jaudīgu datu apmaiņu. Raida jaudīgu bezvadu signālu, kā arī nodrošina vairāku PLC adapteru darbību un savienojumu ar internetu. Cena 65 Ls.



Att.10.3.3. DIR-825 XTREME N DUAL BAND GIGABIT maršrutētājs

Vēl tika izmantoti deviņi ethernet kabeļi, katrs 2 m. Tie nāk līdzī iepakojumā ar attiecīgo iekārtu.

Kopējās tehnoloģijas izmaksas ir aptuveni 200 Ls. Šāda summa ir krietni mazāka par to, ko būtu jāmaksā kādai kompānijai, kuru piedāvātie varianti ar vides rekonstrukciju sasniegtu tūkstotis un vairāk latus. Kā arī ir sasniegts labākais rezultāts, lai ar darba staciju izkārtojumu varētu viegli, ērti manipulēt un pārvaldīt. Ja šāds projekts būtu jāievieš kādā līdzīgā vietā, kopā ar izmaksām un darbu šāds risinājums varētu izmaksāt sākot no 350 Ls atkarīgs no pakalpojumu sniedzēja piedāvātā risinājuma.

11. SISTĒMAS IEVIEŠANAS EKONOMISKĀ EFEKTIVITĀTE

Lai aprēķinātu ekonomisko efektivitāti sistēmas ieviešanai, tā jāsalīdzina ar, kādu no esošajām tīkla, interneta veidošanas tehnoloģijām, salīdzinot tehnikas un ieviešanas izmaksas. Jāņem vērā, ka šī tehnoloģija ir kā alternatīva, esošajām tehnoloģijām. Protams, katrai tehnoloģijai ir savi plusi un mīnusi, un gribās, lai tā būtu pēc iespējas lētāka, ērtāka un lietderīgāka, kā arī, lai tās ieviešanas izmaksas un ar to saistītās darbības būtu saprātīgas. Tādēļ autors aplūko divas savā ziņā līdzīgas tehnoloģijas – elektrolīniju tīklus (PLC) un bezvadu internetu (Wifi). Jāpiebilst, ka abās šajās tehnoloģijās pastāv tikai fiksētās izmaksas, kas nepieciešamas tehnoloģijas sākotnējai ieviešanai, tālākās tikai speciālu velmju apmierināšanai – tīkla paplašināšanai un ātruma uzlabošanai.

Par pamatu aprēķiniem tiks ņemti dati no autora izstrādātā projekta, ieviešot PLC tehnoloģiju reālā dzīvē, un aprēķinātās izmaksas bezvadu alternatīvai nelielā kombinācijā ar Ethernet kabeļiem. Izmaksas tiks uzrādītas tikai nepieciešamās tehnoloģijas un piederumu iepirkumam. Pakalpojuma uzstādīšana netiks ņemta vērā, jo autors šo projektu veica prakses ietvaros un šādas izmaksas var variēt atkarībā no pakalpojuma sniedzēja.

PLC nepieciešamās aparatūras izmaksas:

- D-Link DHP-502AV Powerline AV 500 adapteris – $40 \cdot 3 = 120$ Ls
- kombinētais D-Link DHP-W306AV Powerline AV Wireless adapteris – 30 Ls
- DIR-825 XTREME N DUAL BAND GIGABIT maršrutētājs – 65 Ls

Tātad, ieviešot PLC tehnoloģiju izmaksas sastādīja 195 Ls.

Bezvadu tīkla nepieciešamās aparatūras izmaksas ieviešanas izmaksas:

- Stacionāro datoru Ovisline WN-300 PCI Wifi adapteris 300 Mbs – $15 \cdot 4 = 60$ Ls
- Projektoram Edimax EW-77 USN 300 Mbs Wifi uztvērējs – 11 Ls
- Maršrutētājs TP-Link TL-WR941ND 300 Mbs – $35 \cdot 2 = 70$ Ls
- Kabelis Hama Patch Cable CAT5E UTP 15m – 5 Ls

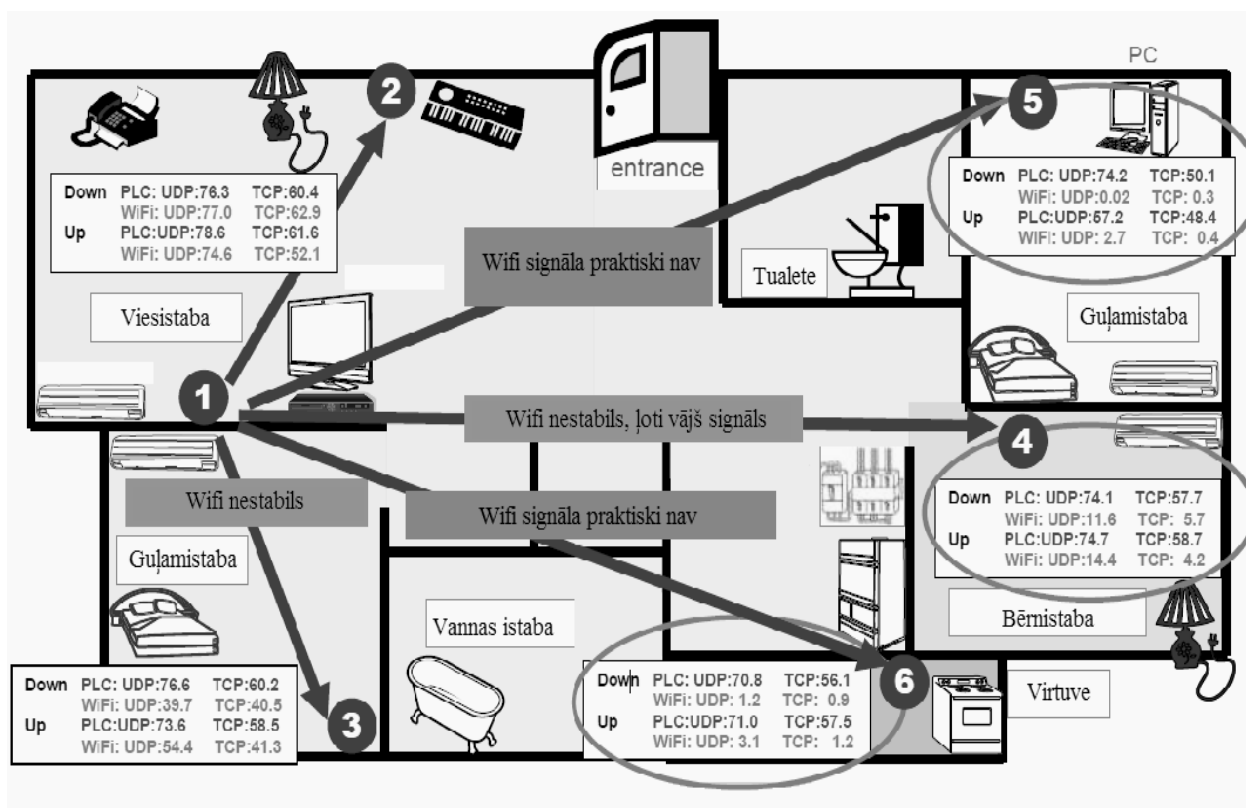
Kopējās izmaksas sastāda 146 Ls

Salīdzinot izmaksas, ieviešot bezvadu tīklu sanāktu aptuveni 50 Ls ietaupījums, protams cenas var mainīties izvēloties attiecīgi citu tehniku, kas ir atkarīgs no nepieciešamās komplektācijas un jaudas. Teorētiski skatoties, izmaksas ir aptuveni līdzīgas, jo lielam uzņēmumam 50 Ls starpība neko nemaina. Attiecīgi velkot mājā Wifi un PLC cenas būtu

vienādas, jo šinī piemērā tika izmantoti daudz PLC adapteri, lai attiecīgi nodrošinātu maksimālu jaudu un pieejamību. Balstoties uz pētījumu, kas aplūkots 8.2. nodaļā, mājas apstākļos vidēji tiek izmantoti 3 adapteri, autora skatījumā 4 būtu ļoti ērts variants nepieciešamo tehnoloģiju apkalpošanai. Tātad izmaksas būtu ļoti līdzīgas.

Jāpiebilst, ka PLC ir tīkla veidošanas alternatīvais risinājums, kas paredz tīkla izveidi tur, kur citas tehnoloģijas to nespēj vai nespēj pietiekami labi nodrošināt. Šajā situācijā Wifi variants nederētu specifiskās signālu pārklāšanās dēļ.

Šajā sadaļā jāpiebilst, ka ļoti bieži izvēloties pareizo tehnoloģiju, nauda nav noteicošais faktors, bet gan jauda un signāla stabilitāte, kas arī veido efektivitāti. Att.11.1. var aplūkot aptuvenu abu tīklu salīdzinājumu tieši skatoties no to efektivitātes un stabilituma viedokļa. (13)



Att.11.1. PLC un Wifi veikspējas attēlojums

Kā redzams PLC veikspēja ir ļoti laba, praktiski nemainīgi stabila visās telpās, ko nevarētu teikt par Wifi tehnoloģiju, kas ir ļoti vājš saskaroties ar šīs tehnoloģijas lielāko vājību – sienām.

Secinājums: Tā kā PLC tehnoloģijas izmaksas ļoti daudz neatšķiras no Wifi izmaksām, tādēļ autors to pieņem par līdzvērtīgu alternatīvu citiem populārākajiem tīkliem skatoties gan no ekonomiskā, gan praktiskā viedokļa.

SECINĀJUMI

Rakstot šo darbu autors atklāja ļoti daudz jaunas informācijas par elektrotīklu iespējām gan tagad, gan nākotnē. Ļoti interesanti bija pētīt tādu lietu, kas ir jauna un daudzi par to neko nezina vai ir tikai dzirdējuši. Šī tehnoloģija šobrīd atrodas savas attīstības virsotnē un kļūst arvien stabilāka, tādejādi sastādot arvien lielāku konkurenci Wifi un Ethernet

Veicot darbu, autors risināja sākumā uzdotos uzdevumus, kas nebija no vieglākajiem.

Izpētot PLC signāla uzbūvi un tā traucējumus, atklājās, ka tā arī ir lielākā problēma, kas tehnoloģijai ir jārisina. Izpētot ierīču iedarbību uz signālu, autors secina, ka tas ir liels šķērslis stabilai tehnoloģijas ienākšanai līderu tirgū, taču labi ir tas, ka paši ražotāji to apzinās un aktīvi mēģina risināt šo problēmu. Jaunākajos tehnoloģijas modeļos ir jau manāmi krietni uzlabojumi un tie solās būt vēl labāki, taču jāatceras tas, ka ideālu rezultātu panākt nevar, jo elektrolīnijas sākotnēji nebija paredzētas šādai datu apraidei, kāda tiek piedāvāta, tās vienkārši tam nav domātas. Jāpiebilst arī tas, ka neviena tehnoloģija nav ideāla, arī Wifi ir pamatīgs signāla necaurlaidības trūkums.

Autors sīki izpētīja, šīs tehnoloģijas tehnisko pusi un to kā tiek panāks esošais rezultāts, kā arī sadarbība ar citām tehnoloģijām. Jāatzīst, ka šī tehnoloģija ir ļoti smalka, sarežģīta, droša un interesanta kā arī ar plašām izaugsmes iespējām.

Jāuzsver PLC plašās un ērtās pielietošanas iespējas. Autors, PLC iespējas uztver, kā nopietnu izaicinājumu nākotnei, jo ir iespējams sasaistīt un kombinēt ar gandrīz jebkuru jaunāko tehniku, kurai ir USB vai Ethernet pieslēgvietas. Kā arī tas ir ļoti ērti izdarāms un ir tieši tas, kas mūsdienu cilvēkiem ir nepieciešams. Visa multimediju pasaule apvienota vienotā kontroles mehānismā.

Runājot par PLC lietderību, autors uzskata, ka tā ir ļoti noderīga jau tagad un vēl vairāk nākotnē, jo ir iespējams rast interneta risinājumus vietās, kur agrāk tas nebija iespējams vai bija nesamērīgi dārgi vai neļāva infrastruktūra, kā arī stabila iekšējā tīkla izveidei ļoti ērts risinājums. Veicot izpēti autors secina, ka šāda tipa tīkla izveide ir ļoti lietderīga arī parastās mājās, kur parasti ir tikai viens bezvadu raidītājs, bet tas nespēj nodrošināt tīklu visās telpās, tādēļ ļoti noderīgs būtu šāds elektrolīniju tīkla paplašinājums. Ieviešana ir maksimāli viegla, un izmaksas ir ļoti līdzīgas tādiem tīkla risinājumiem kā Wifi, atkarīgs no specifikācijas. Katrā ziņā izmaksas nav nekādas lielās un PLC tīkla izvēle, vadoties pēc darbā veiktā pētījuma, ir daudz saprātīgāka, stabilāka un ērtāka par jau pieminēto bezvadu tehnoloģiju. Jāpiebilst, ka PLC un Wifi tehnoloģijas var kombinēt, un, ja jau pastāv tāda iespēja, tad izmantot tikai Wifi vairs īsti nav aktuāli.

Pievēršoties galvenajam uzdevumam, noskaidrot vai PLC piedāvā dzīvotspējīgu alternatīvu Wifi un Ethernet mājas savienojumiem, autors uzskata, ka PLC pavisam noteikti būs spējīga jau tuvākajā nākotnē to darīt un darīt to ļoti labi. Patiesībā, jau tagad tā ir spējīga būt līdzvērtīga ar Wifi. Šāds spriedums tiek izteikts, balstoties uz darbā veiktajiem pētījumiem un metodes pielietojuma izstrādi reālajā dzīvē, kas sākumā bija kā eksperimentāls modelis, bet nu jau strādā stabilā režīmā 7 mēnešus stabili un bez lielām problēmām.

Galvenie secinājumi un konstatētie fakti ir tādi, ka, PLC sniegums mājas tīklu piederības vidē ir labs, bet tas ir daudz sliktāks kā skaisti krāsotie scenāriji, ko pasniedz ražotāji.

Autors kopumā uzskata, ka ir veicis darbu ļoti labi un ir ieguvis apjomīgas zināšanas savai izaugsmei, kā arī saņēmis uzslavas par praktisko izpildījumu.

IZMANTOTĀS LITERATŪRAS AVOTU SARAKSTS

Grāmatas

1. **Xavier Carcelle** Power line communications in practise: Groupe Eyrolles, 2006. 330 lpp.
2. **Abdelfatteh Haidine, Halid Hrasnica, Ralf Lehnert** Broadband Powerline Communications Networks Network Design: John Wiley & Sons, 2004. 275 lpp.
3. **Yu-Ju Lin** High-performance periodic contention-free multiple-access protocol for broadband multimedia powerline communications: Yu-Ju Lin, 2004. 125 lpp
4. **Pouyan Amirshahi-Shirazi** Broadband Access and home networking through powerline networks: Pouyan Amirshahi-Shirazi, 2006. 195 lpp.
5. **Umberto Eko** Kā uzrakstīt diplomdarbu. Rīga: Jāņa Rozes apgāds, 2006. 319 lpp.

Konferenču tēzes, statistiskie apsekojumi, raksti un apskati

6. **Rahul Tongia** Can broadband over powerline carrier (PLC) compete? A techno-economic analysis: 4 May 2004, 20 lpp.
7. **Phil Sutterlin, Walter Downey** A Power Line Communication Tutorial - Challenges and Technologies: Echelon Corporation, 17 lpp.
8. **Ersin Yavuz, Mehmet Safak** Realization of Simulation Software for Power Line Communications: Hacettepe University, 6 lpp.
9. **Martin Hoch** Comparison of PLC G3 and PRIME, 5 lpp.
10. **Powerline Alliance** HomePlug AV White Paper: HomePlug, 2005, 11 lpp.
11. **R. Murty, J. Padhye, R. Chandra, A. R. Chowdhury, M. Welsh** Characterizing the End-to-End Performance of Indoor Powerline Networks: Harvard.edu, 2009. 6 lpp.
12. **Stavros I. Tsakiris, Anastasios D. Salis, Nikolaos K. Uzunoglu** Performance of OFDM Systems for Broadband Power Line Communications: December, 2009. 6 lpp.
13. **Jianming Liu** Current Situations of PLC in China: IEEE ISPLC 2012, March 28, 2012, 55 lpp.
14. **Michael Himmels** Real World Field Test Results: HomePlug Technology Conference, Nov 8-10, 2011, 25 lpp.
15. **HomePlug** Powerline Adapter user manual, HomePlug, 2007, 15 lpp.

Elektroniskās informācijas avoti

16. **IEEE Starptautiskā konference par PLC** [tiešsaiste]. 2010 IEEE Communications Society, 2010 – [atsauce 27.06.2012]. Pieejams: <http://www.ieee-isplc.org/program.html>
17. **Wikipedia, the free encyclopedia** [tiešsaiste]. San Francisco (California, USA): Wikimedia Foundation Inc, 2001 – [atsauce 21.05.2012]. Pieejams: <http://en.wikipedia.org/wiki/HomePlug>
18. **HomePlug Alliance** [tiešsaiste]. HomePlug Powerline Alliance, 2012 – [atsauce – 20.04.2012]. Pieejams: <http://www.homeplug.org/tech/>
19. **IEEE Standarts association** [tiešsaiste]. IEEE-SA, 2012 – [atsauce 19.05.2012]. Pieejams: <http://standards.ieee.org/news/2011/bpl.html>
20. **Terminoloģijas portāls** [tiešsaiste]. Latvija, Tilde, 2002-2009 – [atsauce 20.05.2012.]. Pieejams: <http://www.termnet.lv/Term.aspx?tabindex=1&search=ACS&indefinition=False&subject=44&allak=False&language=1062>
21. **Introduction to Powerline Communications** [tiešsaiste]. Kasri, 2011 – [atsauce 16.05.2012.]. Pieejams: <http://plc.qcslink.com/IntroPLC/PLCmain.htm>
22. **New Electronics** [tiešsaiste]. Findlay Media 2012 – [atsauce 15.05.2012]. Pieejams: <http://www.newelectronics.co.uk/embedded-electronics-technology/ofdm-plc-for-smart-metering/17212/>

Diplomdarbs „Interneta tīkla veidošana izmantojot mājas elektrotīklu” izstrādāts LU Ekonomikas un vadības fakultātē.

Ar savu parakstu apliecinu, ka pētījums veikts patstāvīgi, izmantoti tikai tajā norādītie informācijas avoti un iesniegtā darba elektroniskā kopija atbilst izdrukai.

Autors: Raivis Ulmanis _____

Rekomendēju darbu aizstāvēšanai

Vadītājs: lektora p.i Jānis Krūmiņš _____

Recenzents: Rita Žuka _____

Darbs iesniegts Ekonomikas informātikas katedrā 06.06.2010.

Metodiķe: Inta Vībure _____

Darbs aizstāvēts diplomdarbu gala pārbaudījuma komisijas sēdē

_____ prot. Nr. ____, vērtējums _____

Komisijas sekretārs(e): _____