

DOI 10.53364/24138614_2022_26_3_85

МРНТИ 50.05, 50.41

УДК: 519.6

¹Алибекқызы К., ²Қуанышбекқызы К., ³Ерсаинова Ж.Е., ⁴Баталова М.Е.^{1,2,3,4} Д.Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен қ., ҚР.¹E-mail: Karlygash.eleusizova@mail.ru²E-mail: kuanyshbekkyzy.kerbez@gmail.com³E-mail: Zhansaya.ersaynova@mail.ru⁴E-mail: esimkhan_kizi.m@mail.ru

БІР УАҚЫТТА ДЕРЕКТЕРДІ БЕРУ ҮШІН ПИМ ЖӘНЕ ИЕМ ФОРМАТТАРЫН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, КӨРІНЕТІН ЖАРЫҚТАҒЫ БАЙЛАНЫС ЗЕРТТЕУ

ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗИ ВИДИМОМ СВЕТЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФОРМАТОВ ПИМ И ППМ ДЛЯ ОДНОВРЕМЕННОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

STUDY OF COMMUNICATION IN VISIBLE LIGHT USING PIM AND PPM FORMATS FOR SIMULTANEOUS DATA TRANSMISSION

Аңдатпа. Бұл жұмыста жарықтылықты және деректерді беруді бір уақытта реттей отырып, көрінетін жарықтағы байланыс жүйесі эксперименталды түрде көрсетілген. Импульстік ендік модуляция схемасы (ИЕМ) жарық диодының жарықтығын басқару үшін қолданылады, ал ИЕМ-ға салынған позициялық импульсті модуляция (ПИМ) деректерді беру үшін қолданылады. Біз ИЕМ-нің күңгірт кезеңі ПИМ аралығының ұзақтығына көбейтілген бүтін сан болған жағдайда, бөлменің әдеттегі жағдайында деректерді беру кезінде жарықтың күңгірттенуін тәуелсіз басқаруға болатындығын көрсетеміз. Мұны растау үшін қараңғылану деңгейінің ауқымы үшін өлшенген көз диаграммаларын көрсетеміз. Сонымен қатар, біз ПИМ деректер ағынын сақтай отырып, күңгірттеу деңгейін өзгерту арқылы әр түрлі күңгірт деңгейлердің мысалдарын сапалы түрде суреттейміз.

Түйін сөздер: оптикалық байланыс, оптикалық сымсыз байланыс, көрінетін жарықта байланыс, жарықтандыру, жарық диодтары, күңгірт басқару.

Аннотация. В статье экспериментально демонстрируется система связи видимым светом с одновременным управлением яркостью и передачей данных. Для управления яркостью светодиода используется схема широтно-импульсной модуляции (ШИМ), а для передачи данных используется позиционно-импульсная модуляция (ППМ), наложенная поверх ШИМ. Мы показываем, что возможно независимое управление яркостью света при передаче данных в типичной комнате, при условии, что период ШИМ-диммирования является целым числом, кратным длительности слота ППМ. Чтобы подтвердить это, мы показываем измеренные глазковые диаграммы для диапазона уровней затемнения. Кроме того, мы качественно иллюстрируем примеры различных уровней затемнения, изменяя уровень затемнения при сохранении потока данных ППМ.

Ключевые слова: Оптическая связь, оптическая беспроводная связь, связь в видимом свете, освещение, светодиоды, управление затемнением.

Abstract. A visible light communication system with simultaneous brightness control and data transmission is experimentally demonstrated in this paper. A pulse-width modulation (PWM)

scheme is adopted for brightness control of the light-emitting diode and pulse- position modulation (PPM) superimposed on top of PWM is used for data communications. We show that independent control of light dimming is possible while transmitting data within a typical room environment, provided the PWM dimming period is an integer multiple of the PPM slot duration. To validate this, we show the measured eye diagrams for a range of dimming levels. In addition, we qualitatively illustrate examples of different dimming levels by changing the dimming level while maintaining the PPM data stream.

Keywords: Optical communications, optical wireless communications, visible light communications, illumination, light-emitting diodes, imming control.

Кіріспе. Жарықтандыру жарық диодтары (немесе көрінетін жарық диодтары (VLC) дәстүрлі жарық көздерімен салыстырғанда ұзақ қызмет ету мерзіміне және жоғары энергия тиімділігіне байланысты көптеген қосымшаларда қолданылады. Радио және инфрақызыл байланыс технологиясымен салыстырғанда, VLC жоғары қауіпсіздікті, электромагниттік кедергілерге иммунитетті қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, VLC кең таралған сипаттамаларға ие, бұл үй ішінде деректерді берудің жоғары жылдамдығын қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, VLC түстерді араластыру және түпкілікті пайдаланушылардың қажеттіліктеріне негізделген illumination үшін әртүрлі формаларды жасаудың қарапайымдылығы арқылы көркемдік құндылықтарды қамтамасыз ете алады. Осылайша, VLC жүйелері жарық пен сымсыз деректерді қос рөл атқарады. Үйлердегі, кеңселердегі көптеген жарықтандыру құрылғылары, электронды құрылғылар, жол белгілері, коммерциялық нысандар, пойыздар, ұшақтар, кемелер, көлік фаралары ақ жарық диодтарын көбірек қолданады және бұл үрдіс алдағы жылдары да жалғасады деп күтілуде.

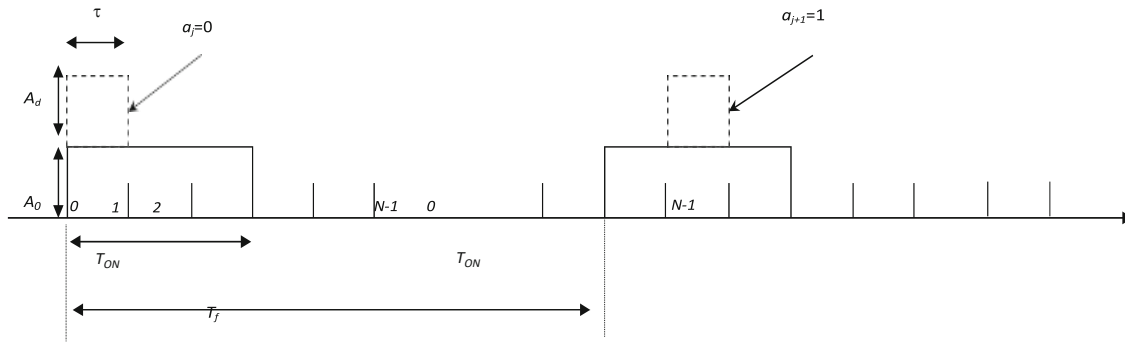
Инфрақызыл сымсыз байланыс бойынша алғашқы зерттеу жұмыстарынан кейін (Kahn and Barry 1997; Barry 1994) біз VLC-де көрінетін жарық спектрінің диапазонында (толқын ұзындығы 375-тен 780 нм-ге дейін) ақ жарық диодтарын қолданатын зерттеу жұмыстарының көбеюіне куә болдық [1-3]

Модуляция форматының 2 қағидасы: күңгірт және байланыс.

Қараңғылау мүмкіндігі бар жарықтандыру жүйелері болған жөн, ал жарықдиодты жарық көздері осындай көздердің керемет мысалы болып табылады. Амплитудалық модуляциясы (АМ) және ШИМ бар күңгірттеу схемаларының сызықтығын арттыратын жарық диодтары немесе жарықдиодты шамдар үшін жарықтылық деңгейін реттеудің бірқатар схемалары туралы хабарланды. Бұл тізбектер сызықтық күңгірт басқарудың артықшылығын беретін кеңінен қолданылатын ИЕМ күңгірт басқару әдісіне негізделген. Сонымен қатар, ИЕМ негізіндегі күңгірт схема ам негізіндегі күңгірт әдістердегі токтың өзгеруіне байланысты толқын ұзындығының ығысуынан зардап шекпейді). ИЕМ-де импульстің ұзақтығы жарық диодты қоздыру тогын басқару үшін қолданылады, осылайша жарықтылықты реттейді.

ИЕМ күңгірт сигнал жиілігі әдетте 100 Гц-тен асады, сондықтан адамның көзі токтың ауысуын көре алмайды. Жарықтандыру үшін де, жарықтандыру үшін де қолданылатын жарықдиодты шамдар үшін ПИМ

ИЕМ үстіне қойылғандықтан, импульстің ең жоғары амплитудасы $S = A_p A_0 A_d$, мұндағы A_0 және A_d сәйкесінше ИЕМ және ПИМ импульстарының амплитудасы болып табылады. ИЕМ күңгірт сигнал деңгейіне ПИМ минималды әсерін қамтамасыз ету үшін біз $A_d < A_0$ орнаттық. Алайда, A_d деректердің сәтті берілуін қамтамасыз ету үшін жеткілікті үлкен болуы керек. Экспериментте 3-бөлімді қараңыз, A_d (1/4) A_0 -ге тең болды. $M_{PWM} = T_{ON}/T_f$ ИЕМ модуляция индексі, мұндағы T_{ON} -ИЕМ импульсінің ұзақтығы, ал T_f - ИЕМ кезеңі, жарықтық деңгейі.



Сурет 1 – Ұсынылған модуляция форматының сигнал формасы.

M_{PWM} -де ИЕМ (немесе кадр) әр кезеңі үшін тек бір ПИМ импульсі (ұяшық) беріледі. Деректердің берілуіне қарамастан жарық диодының жарықтылық деңгейін басқара алу үшін импульстің ұзақтығы $\tau < T_{ON}$, суретті қараңыз. 1. T_f (1/10) орнату кезінде кадраралық күңгірттеу сыни әсер етпейді. МПИМ немесе ВПИМ-ден айырмашылығы, ПИМ-ИЕМ сигнал пішімі белгілі бір күңгірт деңгейде тұрақты орташа қуат береді. ИЕМ күңгірт сигналының жұмыс циклі күңгірт деңгейге байланысты өзгереді [4] /ИЕМ сигналы жарық диодының жарықтығына ешқандай жыпылықтау мен жыпылықтамайды, өйткені ИЕМ (1 кГц) жиілігі 300 Гц-тен асады, бұл әдетте адамның көздері жыпылықтайтын және жыпылықтайтын жиілікті анықтай алмайды. Бұл биттердің PP/min-ге берілу жылдамдығы адамның көзіне түсу үшін тым жоғары болғандықтан болады.

ПИМ-де $M = \log_2 L$ деректер биттерінің әр блогы L мүмкін болатын слоттардың бірінде көрсетіледі, ал қысқа импульстің позициясы жалған кездейсоқ екілік тізбектің (PRBS) деректер үлгісінің мәнімен анықталады. ПИМ жақтауы, ПИМ интервалының ұзақтығы және кадр ұзындығы сәйкесінше $T_{PPM} = T_f t f / N$ және $L = 2^M$ ретінде анықталады, мұндағы $1/N$ - енгізу биттерінің ажыратымдылығы, ал m - хабарлама биттерінің саны. TG (N2)t қорғанис уақыты - бұл ПИМ импульстары жоқ кезең. ПИМ-ИЕМ сигнал формасы:

$$s(t) = s_{dim}(t) + s_{data}(t) \tag{1}$$

Күңгірт Сигнал келесі түрде көрсетіледі:

$$s_{dim}(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} A_0 * p_1 t - nT_f \tag{2}$$

мұндағы бірлік амплитудасы бар тікбұрышты импульс формуламен берілген:

$$p(t) = \frac{t - M_{PWM}T_f/2}{M_{PWM}T_f} \tag{3}$$

мұнда $M_{PWM}T_f$ T_{ON} ға сәйкес келеді (яғни, жарық диодты қосу уақыты), ол күңгірттеу деңгейіне пропорционалды.

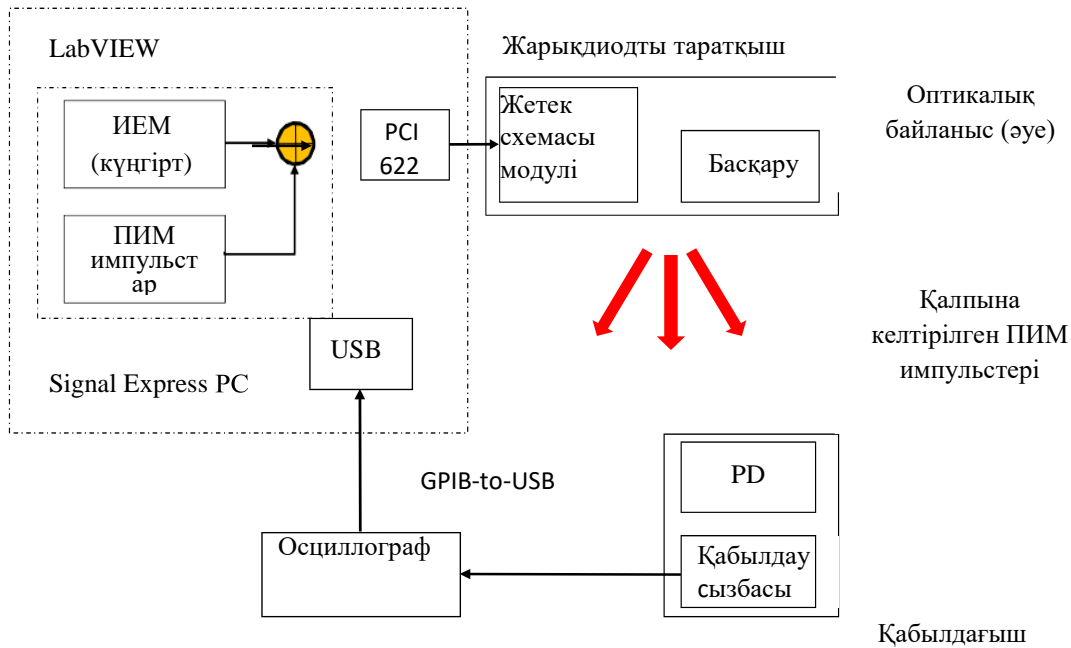
Деректер сигналы келесі түрде көрсетіледі:

$$s_{data}(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} A_d * p_2 t - nT_f$$

мұндағы бірлік амплитудасының импульсі:

$$p_2(t) = \frac{t - T/2}{\tau}$$

τ



Сурет 2 – Ұсынылған модуляция форматымен VLC жүйесінің схемасы.

Белгілі бір күңгірт деңгейде T_f кезеңімен күңгірт сигнал келесі түрде көрсетілуі мүмкін:

$$s_{dim}(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} S_n \exp(j2\pi n f_0 t), \quad (6)$$

мұндағы $f_0 = 1 / T_f$ және

$$S_n = \frac{AT_{ON}}{T} \text{sinc}(nf_0 T_{ON}) \exp(-j\pi n f_0 T_{ON}). \quad (7)$$

ПИМ сигналының қуат спектрі В (Вильнроттер және басқалар, 1998). Ол анықталғандай үздіксіз және дискретті компоненттерден тұрады:

$$s_{data}(f) = S_{conti}(f) + S_{discrete}(f), \quad (8)$$

$$S_{conti}(f) = \frac{T}{2} \text{sinc}^2(f\tau) A_d^2 - \frac{1}{4} \text{sinc}^2(f\tau) \exp(-j\pi f\tau), \quad (9)$$

$$S_{discrete}(f) = \frac{\pi}{4} \sum_{k=1}^{\infty} \text{sinc}^2(f\tau) \text{sinc}^2(2k\tau) \sigma 2\pi f - \frac{k}{N_T} \exp(-j\pi f\tau), \quad (10)$$

Үздіксіз спектрде *sinc* бүйірлік жапырақшалар бар, олар нөлдік жиілікте $1/\tau$ бүтін жиілікке ие, бұл 10 кГц-ке сәйкес келеді. Дискретті спектрде ИЕМ 1 кГц кадр жиілігіне сәйкес келетін $1/(N_T)$ бүтін жиіліктер бар [5].

Эксперименттік жұмыс. 2-суретте эксперименттік VLC жүйесінің схемалық диаграммасы көрсетілген. ПИМ екілік деректер ағыны және ИЕМ басқару күңгірт сигналы компьютерде орнатылған LabVIEW (VIs) виртуалды құрылғыларында бөлек жасалады, содан кейін біріктіріледі. Сонымен қатар, жарықдиодты жетек тізбегінің жылжу деңгейі LabVIEW-де орнатылады және бақыланады. ПИМ–ИЕМ сигналы PCI 6229 DAQ (National Instruments, PCI 6229 2013) тақтасында қызыл жарық диодтарының қарқындылығын модуляциялау үшін жарықдиодты жетек модуліне беріледі. Мұнда біз 620–660 нм спектрлік диапазонда жарық шығаратын қызыл жарық диодтарын қолдандық. Әрбір қызыл жарық диоды үшін жартылай көмірмен ($\theta/2$) 50° қуат кезінде 20 мА ток тікелей кернеумен 2,0 В қуат тогы бойынша сызықтық жауап аймағында беріледі. Бірқатар бар жол көрсеткіштері шамдары және қызыл

сигнал шамдары сияқты қызыл жарық диодтарын қолданатын қосымшалар. Сондықтан бұл жұмыста біз қызыл жарық диодтарын таңдадық.

Біз тікелей VLC байланысын жүзеге асырғандықтан, трансмиссия жолы қабырғалардан шағылыспай бағыттық көру (LOS) талдауы негізінде талданады. Алынған оптикалық қуат келесідей анықталады:

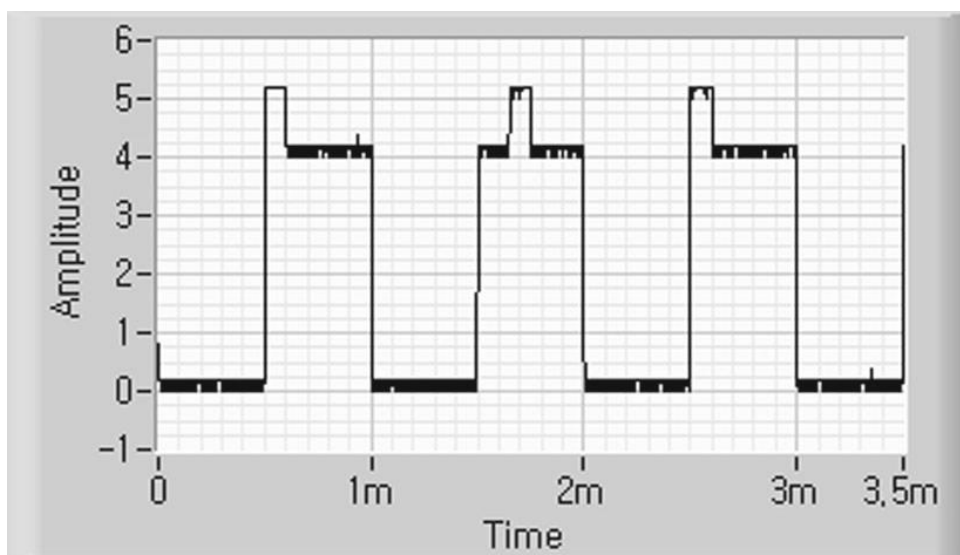
$$P_r = {}^{LEDS}P_t * H_d(0) \quad (11)$$

мұндағы P_t –әр жарық диодынан берілетін оптикалық қуат, ал $H_d(0)$ - Тұрақты ток каналының пайдасы.

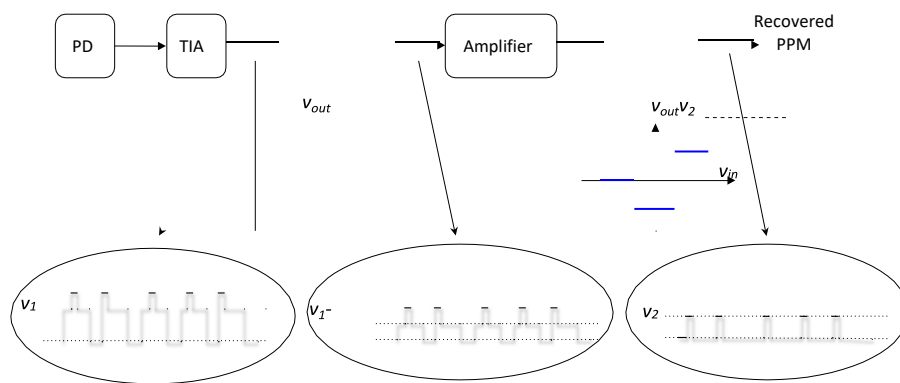
Бұл мақаланың негізгі мақсаты ұсынылған ПИМ–ИЕМ VLC арнасын ұсыну, енгізу және тәжірибелік тексеру болғандықтан, тарату ауқымын ұлғайту және жарық Жинау мүмкіндіктерін жақсарту үшін қосымша оптикалық компоненттер пайдаланылмайды. Эксперимент нәтижелері келесі бөлімде сипатталған [6-10].

Ғылыми нәтиже. *Сигнал формалары.* 3-суретте N 10 және МИЕМ 50% үшін таратқышта ПИМ–ИЕМ (ИЕМ үстіне ПИМ қабаттасуымен) сигналының құрама формасы көрсетілген (яғни, 5-ші деңгей). ИЕМ және ПИМ импульстарының амплитудасының деңгейлері сәйкесінше 4 және 1 В құрайды. Бір уақытта күңгірттеу және деректерді беру үшін ИЕМ импульстары минималды қараңғылықты қамтамасыз етуі керек ($T_{ON}/T_f \geq 2\tau/T_f$). Сонымен, ПИМ деректер ағыны күңгірт деңгейге байланысты емес.

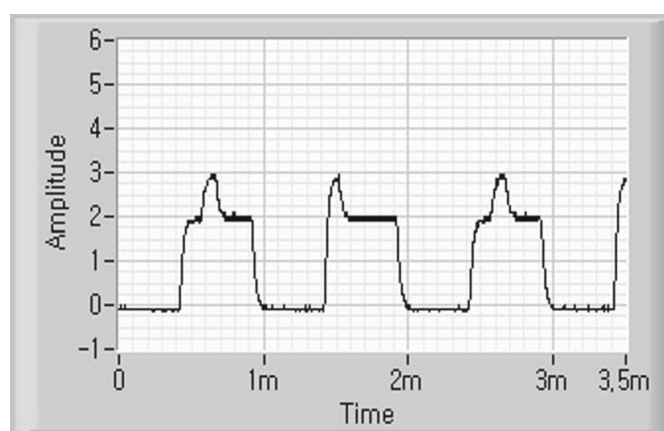
ПИМ импульстарының ағынын қабылданған сигналдан қалпына келтіру процесінің схемалық диаграммасы 4-суретте көрсетілген. Фотодетекциядан кейін ТІА шығысы сызықтық беріліс сипаттамасымен, оң көлбеуімен және v_{offset} ығысу кернеуімен дәл түзеткішке беріледі. Егер ИЕМ күңгірт сигнал амплитудасы v_1 -ге орнатылса және v_{offset} деңгейін басқара отырып, біз ИЕМ-ді оңай басып, ПИМ деректерінің импульстік ағынын жасай аламыз. $V_{offset} < v_1$ болған жағдайда амплитудасы шыннан шыңға дейіню



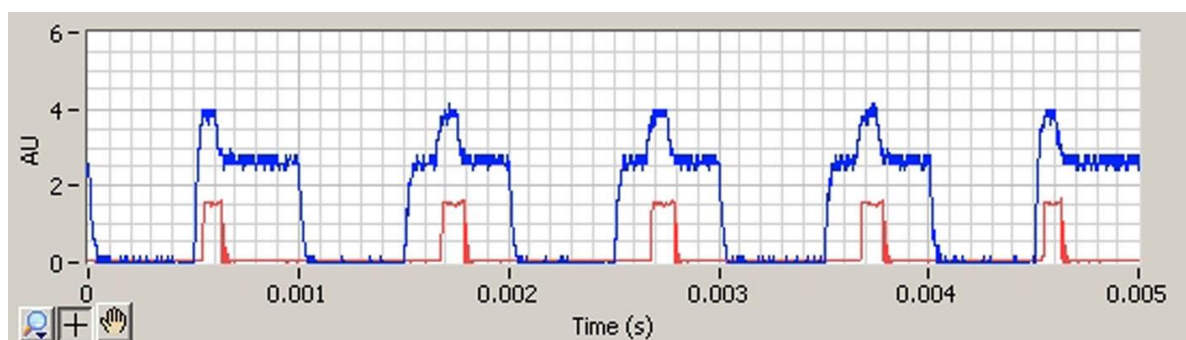
Сурет 3 – Берілген ПИМ–ИЕМ сигналының өлшенген толқын пішіні.
Ү осі бойынша өлшем бірлігі – вольтпен.



Сурет 4 – ПИМ импульстар ағынын қалпына келтіру процесі. PD фотодиоды, ТІА трансимпеданс күшейткіші.



Сурет 5 – Voffset v1 сәйкес келмеген кезде 5 өлшенген сигнал нысаны.

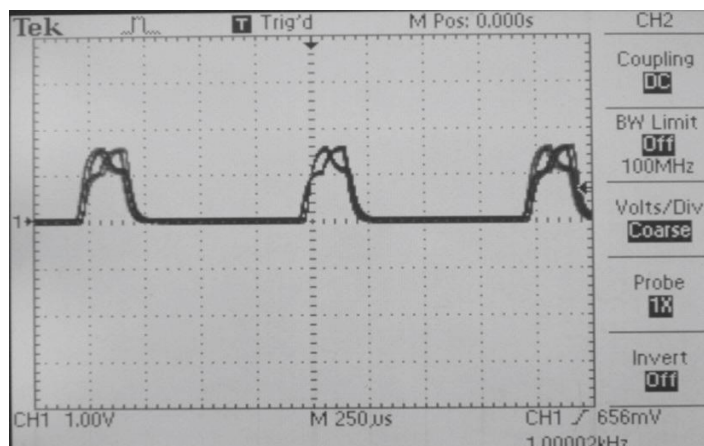


Сурет 6 – Қалпына келтіруден бұрын ПИМ-ИЕМ сигналына салынған ПИМ (қызыл түспен көрсетілген) қалпына келтірілген импульс ағынының өлшенген толқын пішіні (көк түспен көрсетілген).

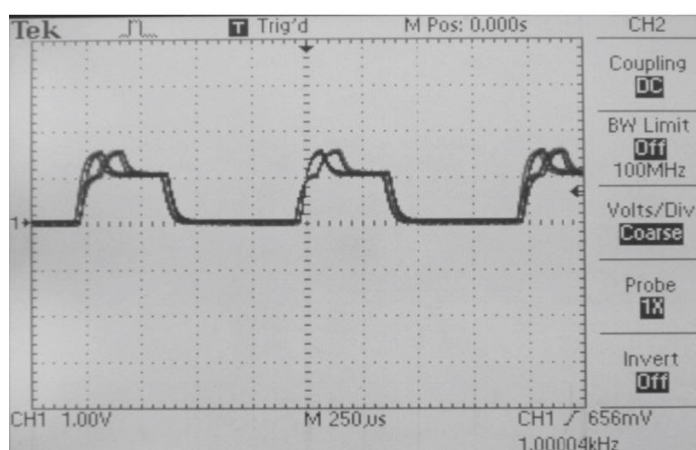
ИЕМ күңгірт сигналын алып тастағаннан кейін, ПИМ таңбасының ұзындығы ИЕМ өшіру ұзақтығын да қамтиды, яғни қалпына келтірілген ПИМ ұзындығы 2-ПИМ-ден үлкен. Қосымша синхрондауды басқару схемасы бар стандартты ПИМ демодуляторын пайдаланып, қалған ИЕМ (немесе слоттар) уақытын алып тастап, 1-ПИМ-ді 2-ПИМ-ге оңай түрлендіруге болады. Сандық аймақта бұл түрлендіру өте оңай. Сондай-ақ күріш. 6 ТІА шығысындағы қабылданған сигналдың толқын пішінін көрсетеді.

20 және 40% жұмыс циклдары үшін ТІА шығысындағы ПИМ–ИЕМ сигналының өлшенген диаграммалары суретте көрсетілген. Тиісінше 7А, В. Көз диаграммасы негізінен

ПИМ импульстік ағынын өткізетін деректер сигналының сапасын көрсетуге арналған. Назар аударыңыз, біз 28-1 PRBS деректерін қолдандық.



(a)



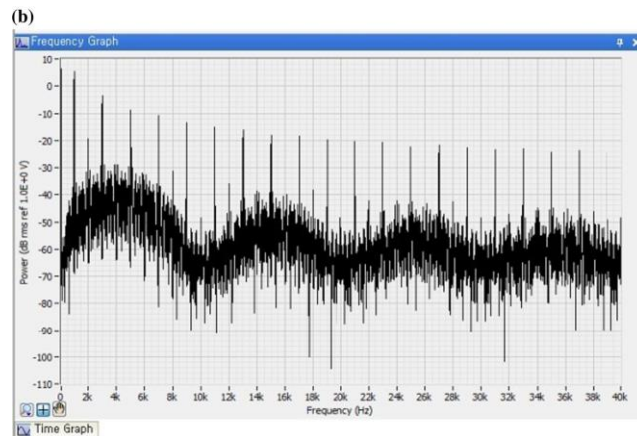
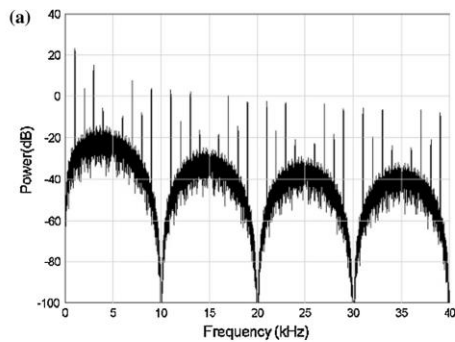
(b)

Сурет 7 – ИЕМ жұмыс циклдері бар ПИМ–ИЕМ сигналының көз диаграммалары: а 20 % және б 40 %.

Жиілік спектрі. 7 суретте. 8А, б сәйкесінше ПИМ-ИЕМ біріктірілген сигналының теориялық болжамды және өлшенген спектрлерін көрсетеді. Өлшенген спектр суретте көрсетілген ПИМ–ИЕМ сигналының формасына жатады. 4, МИЕМ үшін 50% және τ 0,1 tf. Спектр $1/T_f$ 1 кГц-Тегі негізгі жиілік компоненттерін көрсетеді, бұл ИЕМ күңгірт сигналына сәйкес келеді, сонымен қатар (3) болжанғандай тақ гармоникалық компоненттер. 10 кГц жиіліктегі нөлдік қиылысу нүктелері (9) болжағандай $1/\tau$ -ге тең ПИМ интервалының жиілігіне сәйкес келеді. ПИМ сигналының дискретті жиілік компоненттері (10) болжанғандай ПИМ 1 кГц кадр жиілігінің бүтін еселіктерінде пайда болады (Ghassemloo et al. 2012).

Қабылданған сигналдың өлшенген спектрі (сурет. 6) суретте көрсетілген. 9, ол суретпен бірдей профильге ие. 8. Қарқындылық деңгейінің төмендеуі төмен жылдамдықты компоненттердің шектеулі өткізу қабілеттілігіне байланысты екенін ескеріңіз.

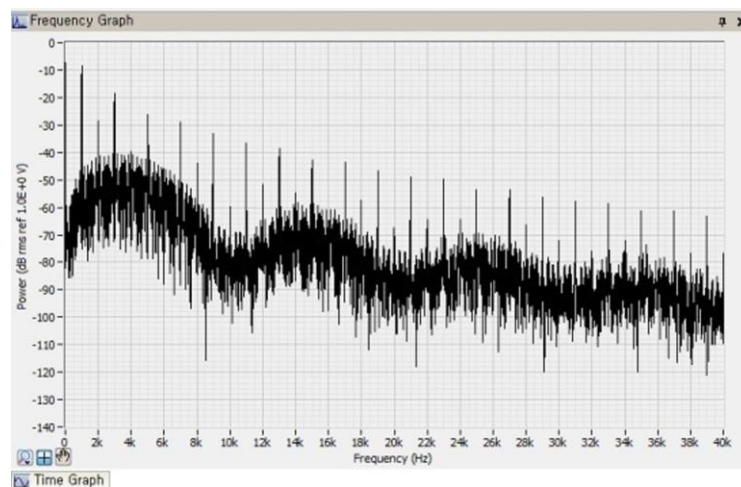
Тәуелсіз қараңғылықты басқару. VLC жүйелері деректерді беруді де, жарықтандыруды да қамтамасыз ететіндіктен, деректерді модуляциялаудың күңгірт деңгейге әсерін зерттеген жөн.



Сурет 8 – Таратқыштағы ПИМ–ИЕМ сигналының жиілік спектрі: және МИЕМ үшін болжамды спектр және B өлшенген спектр 50% және $\tau = 0,1$ tf.

Бұл деректерді тұрақты беру кезінде күңгірттеу деңгейін тәуелсіз басқару мүмкіндігін қамтамасыз ету үшін қажет. Мұнда біз ПИМ деректерін беру кезінде күңгірт әсерді бағалау үшін жарық диодтарының жарықтылық деңгейлерін сапалы салыстыруды жүргіздік. ИЕМ диапазонының жұмыс циклі үшін ұсынылған схеманың функционалдығын көрсету үшін біз ПИМ деректерін 1 кб/с жылдамдықпен беру кезінде ИЕМ 30 және 90% жұмыс циклдерінде қараңғылықтың екі өкілді деңгейін өлшедік, бұл ИЕМ 100 Гц сигналынан жоғары.

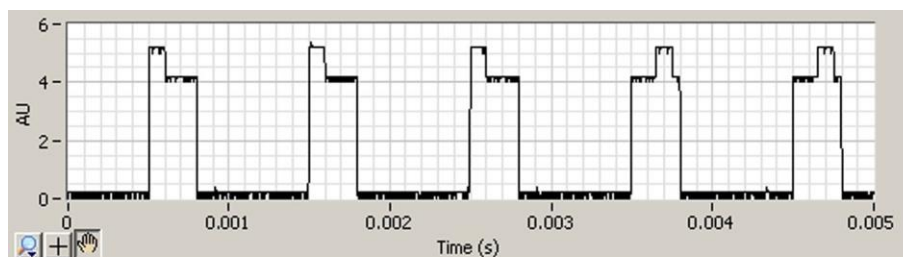
9-суретте ПИМ 1 кб/с деректер сигналы болған кезде ИЕМ 30 және 90% жұмыс циклдеріне арналған жарықтық деңгейлерінің лездік суреттері, сондай-ақ сигнал формалары көрсетілген.



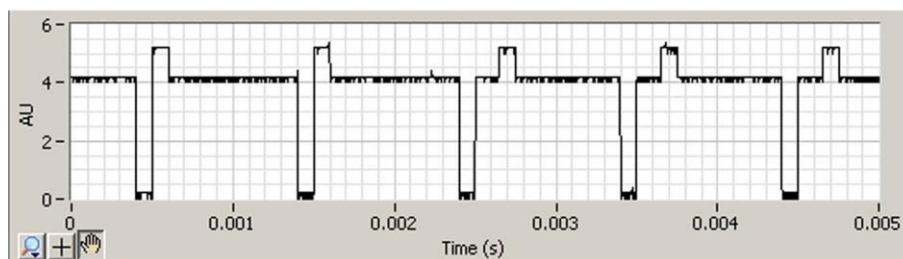
Сурет 9 – Қабылданған сигналдың өлшенген спектрі.

ПИМ деректерін беру кезінде ИЕМ жұмыс циклын тек берілетін деректердің сапасына әсер етпестен өзгерту арқылы тәуелсіз қараңғылықты басқаруға болады. Сигналдың ең жоғары кернеуіне келетін болсақ, күңгірт болған кезде ол ешқандай кернеудің жоғарылауын сезбейді, осылайша күңгірт болу берілетін деректердің сапасына әсер етпейтінін көрсетеді. Тұрақты токтың күңгірттенуін білдіретін ПИМ енгізген жарық деңгейін $ad/A0$ қатынасын төмендету арқылы азайтуға болады. Тұрақты токтың күңгірт жылжуы барлық күңгірт деңгейлерде болғандықтан, пайдаланушы деректерді беруді қоспай/ өшірмей күңгірт деңгейдің өзгеруін байқай алмайды.

Ғылыми талқылау. ПИМ-ИЕМ модуляция форматында ИЕМ-нің әр күңгірт кезеңінде тек ПИМ импульсі бар жалғыз деректер жіберіледі. 1 кб / с шектеулі жылдамдыққа қарамастан, біз ұсынылған ПИМ-ИЕМ схемасы VLC жүйелері үшін тартымды кандидат бола алатындығын көрсеттік.



(a)



(b)



(c)



(d)

Сурет 10 – ИЕМ а 30% және б 90% жұмыс циклдеріндегі сигнал формалары және ИЕМ.

С 30% және d 90 жұмыс циклдеріндегі жарық диодының жарықтығының сәйкес суреттері %.

Алайда, практикалық тұрғыдан алғанда, күңгірт деңгейлердің кең ауқымы үшін, әсіресе төменгі деңгейлерде, ПИМ деректер жылдамдығын арттыру жолдарын зерттеу қажет. Бір тәсіл-ПИМ импульсінің енін (немесе аралық уақытты) азайту, сондықтан бірнеше ПИМ импульстарын ТОН кезінде ИЕМ сигналының үстіне қоюға болады. Егер жарықтық деңгейі толық деңгейге жақын болса, ИЕМ импульсі ПИМ импульстарының көбірек санына төтеп

бере алады (ПИМ импульстарының санын ТОН анықтайды). Бұл үшін тоннаны өлшейтін алгоритм қажет, содан кейін тоннада беру үшін бірнеше ПИМ шығарады. Әрине, бұл қараңғылықтың орташа деңгейіне әсер етеді. Сонымен қатар, пайдаланылмаған ПИМ слоттарын ИЕМ сигналының жұмыс цикліне пропорционалды түрде қолдануға болады, ол үшін қараңғылық деңгейін адаптивті басқару алгоритмін жасау қажет болады. Мысалы, жұмыс циклі 30-дан 60% - ға дейін өзгерген кезде, ПИМ ИЕМ-ді бірдей мөлшерде қоюлау кезеңін алады.

Бұл жұмыста ПИМ t_f -тің тек 10% - ын алады және оның орналасуы кіріс үлгісінің ондық мәнімен анықталады. Күңгірттеу деңгейін ПИМ-ге тәуелсіз реттеуге болады, егер минималды күңгірттеу деңгейі M -ары ПИМ үшін $\tau \log_2 m$ шартын қанағаттандырса. ИЕМ жұмыс циклін өзгерту арқылы жарықтылық деңгейінің өзгеруі байқалады.

ПИМ деректерінің сенімді берілуін қамтамасыз ету үшін ПИМ импульсінің амплитудасы бит қателерінің төмен жиілігін (BER) қамтамасыз ету үшін жеткілікті жоғары болуы маңызды. Алайда, ПИМ амплитудасының жоғарғы шегі жарықдиодты токтың сызықтық сипаттамасымен анықталады. Жалпы шыңның амплитудасын ескере отырып, ПИМ-нің жоғары амплитудасы сызықтық емес гармоникалық бұрмаланудың жоғарылауына әкеледі. Жарық диодының сызықтық аймағында жұмыс істеу және минималды күңгірттеу деңгейін ұстап тұру үшін ПИМ жоғары амплитудасына рұқсат етілуі мүмкін, бірақ ИЕМ деңгейін төмендету арқылы. Сондықтан ПИМ амплитудасы мен ПИМ амплитудасының ИЕМ-ге қатысты қатынасы арасында сауда болады.

Қорытынды. VLC жүйесі үшін деректерді берумен бір уақытта жарықтылықты реттеу эксперименталды түрде көрсетілді. Негізінен, 1 кГц жиілігі бар ИЕМ сигналы жарық диодтарының жарықтығын басқару үшін қолданылады. Деректерді беруді жеңілдету үшін 1 кбит/с жылдамдықтағы ПИМ деректер ағыны ИЕМ сигналының үстіне қойылады. Деректерді беру кезінде ИЕМ қараңғылау кезеңі ПИМ аралығының ұзақтығына көбейтілген бүтін сан болған жағдайда қараңғылықты тәуелсіз басқаруға болады. Қызыл жарық диодтары ПИМ–ИЕМ сигналымен модуляцияланған және ПИМ деректер ағыны қабылданған оптикалық сигналдан 20 см қашықтықта сәтті қалпына келтірілген деректерді беру кезінде тәуелсіз қараңғылықты басқару жүзеге асырылатындығын растау үшін әртүрлі күңгірт деңгейлерге арналған қалпына келтірілген көз диаграммалары көрсетілген. Сонымен қатар, біз ПИМ деректер ағынын сақтай отырып, күңгірт деңгейлердің диапазоны үшін жарықдиодты жарықтандыру деңгейінің мысалын сапалы көрсеттік. Ұсынылған схема VLCS-ке балама болады деп болжанады.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1. Bai, B., Xu, Z., Fan, Y.: Joint LED dimming and high capacity visible light communication by overlapping PPM. In: 19th Wireless and Optical Communications Conference (WOCC 2010), pp. 71–75 (2010).
2. Barry, J.R.: Wireless Infrared Communications. Kluwer, Boston (1994).
3. Choi, J.-H., Cho, E.-B., Kang, T.-G., Lee, C.G.: Pulse width modulation based signal format for visible light communications. In: 15th Optoelectronics and Communication Conference (OECC 2010), pp. 276–277 (2010).
4. Dyble, M., Narendran, N., Bierman, A., Klein, T.: Impact of dimming white LEDs: chromaticity shifts due to different dimming methods. Proc. SPIE 5941, 59411H (2005)
5. Garcia, J., Dalla-Costa, M.A., Cardesin, J., Alonso, J.M., Rico-Secades, M.: Dimming of high-brightness LEDs by means of luminous flux thermal estimation. IEEE Trans. Power Electron. 24, 1107–1114 (2009).
6. Ghassemlooy, Z., Popoola, W.O., Rajbhandari, S.: Optical Wireless Communications: System and Channel Modelling with MATLAB. CRC, Boca Raton (2012)
7. Kahn, J.M., Barry, J.R.: Wireless infrared communications. Proc. IEEE 85, 265–298 (1997)

8. Komine, T., Nakagawa, M.: Fundamental analysis for visible-light communication system using LED lights. IEEE Trans. Consum. Electron. 50, 100–107 (2004).

9. Lee, C.G., Park, C.S., Kim, J.-H., Kim, D.-H.: Experimental verification of optical wireless communication link using high-brightness illumination LEDs. Opt. Eng. 46, 125005 (2007)

10. Lee, K., Park, H.: Modulations for visible light communications with dimming control. IEEE Photonics Technol. Lett. 23, 1136–1138 (2011).

Linnartz, J.-P.M.G., Feri, L., Yang, H., Colak, S.B., Schenk, T.: Code division-based sensing of illumination contributions in solid-state lighting systems. IEEE Trans. Signal Process. 57, 3984–3998 (2009).

DOI 10.53364/24138614_2022_26_3_95

УДК 372.881.111.1

Kashkinbayeva Kulmarash, senior teacher
Civil Aviation Academy

E-mail: kulmar.ermek@mail.ru

LANGUAGE PROBLEMS IN TEACHING BASIC TECHNICAL ENGLISH AND WAYS TO SOLVE THEM

ЯЗЫКОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ В ПРЕПОДАВАНИИ БАЗОВОГО ТЕХНИЧЕСКОГО АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

НЕГІЗГІ ТЕХНИКАЛЫҚ АҒЫЛШЫН ТІЛІН ОҚЫТУДАҒЫ ТІЛДІК МӘСЕЛЕЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ШЕШУ ЖОЛДАРЫ

Abstract. People understand, talk, exchange ideas with each other in their native language. Language learning means learning about culture, using language as a means of communication, or learning another language in depth. Among foreign languages, English is the language of international communication. Society and time need to deepen and comprehensively teach English. Becoming an independent country and embarking on the path of development of world civilization requires a good command of the English language. The purpose of teaching basic technical English at universities is to master the basics of communication in English. And mastering English, which is informally established as a world language, strengthens the nation's competitiveness. Learning the native language and foreign languages, being part of the learning process, is one of the key components of education. Our country's relations with other countries are growing day by day, so our current task is to train future generation who are fluent in English and who will be able to use their knowledge in various fields of profession. In order to know any foreign language in professional level, it is necessary to learn vocabulary and terminology. In this article is considered some methods of working with new lexics and terminology.

Key words: lexics, terminology, teaching foreign language.

Аннотация. Люди понимают, разговаривают, обмениваются идеями друг с другом на своем родном языке. Изучение языка означает знакомство с культурой, использование языка как средства общения или углубленное изучение другого языка. Среди иностранных языков английский является языком международного общения. Общество и время нуждаются в углублении и всестороннем обучении английскому языку. Становление независимой страной и вступление на путь развития мировой цивилизации требует хорошего владения английским