بیست و هفتمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و سیزدهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه سیستان و بلوچستان،
زاهدان، ایران.
۱۴-۱۶ بهمن ۱۳۹۹

کد مقاله : ۳-۱۹۲۴-۱۰-A

بهبود نرخ انتقال در سیستم‌های ارتباطی دوربین نوری با استفاده از دیود نورانی RGB و مالتی‌پلکس تقسیم طول‌موجی

فرزانه نوروزی، سعید علیائی*، مهران مهربان‌راد

آزمایشگاه تحقیقاتی اپتوالکترونیک و نانوفوتونیک، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی *s_olyaee@sru.ac.ir

چکیده – بازدهی توان و قابلیت مدوله شدن با سرعت بالای دیودهای نورانی آن‌ها را گزینه مناسبی به‌عنوان فرستنده در مخابرات بی‌سیم نوری قرارداده‌است. سیستم‌های OCCیک نوع خاص از سیستم VLCهستند که گیرنده آن‌ها حسگر تصویربرداری است. از چالش‌های چنین سیستم‌هایی پایین بودن نرخ انتقال اطلاعات و سوسوزدن نور است. وجود فیلتر رنگی در این حسگرها موجب می‌شود که بتوان در سیستم‌های OCC با استفاده از دیود نورانی RGB و WDM به نرخ انتقال داده بیشتر رسید. در این مقاله با استفاده از یکی از روش‌های مدولاسیون زیرنمونه به‌نام UPSOOKدیود نورانی RGBبا فرکانس چند برابر بالاتر از نرخ قاب دوربین مدوله شده و از مشاهده سوسوزدن نور توسط چشم انسان جلوگیری شده است. از طرف دیگر با استفاده از RGB LED سه رشته داده به صورت موازی ارسال می‌شود تا نرخ انتقال داده افزایش یابد.

کلید واژه- ارتباط دوربین نوری، حسگر تصویربرداری، دیود نورانی، مالتی‌پلکس تقسیم طول موجی.

Data transmission rate improvement in optical camera communication using RGB LED and WDM

FarzanehNorouzi, Saeed Olyaee*, Mehran MehrabanRad

ShahidRajaee Teacher Training University, Tehran, Iran. *s_olyaee@srttu.edu

Abstract- Power efficiency and the ability to high-speed modulation LEDs make them a suitable option as a transmitter in optical wireless communications. A special type of VLC system is OCC systems whose receiver is an imaging sensor. Some challenges of such systems are the low data transmission rate and the light flickering. Due to the presence of color filters in these sensors,the data transmission rate in OCC systems can be increasedby using RGB LED and WDM. In this article, we were able to modulate the RGB LED with a frequency many times higher than the frame rate of the camera and prevent light flickering prospect from human eye using one of the under-sampled modulation methods called UPSOOK. On the other hand, using RGB LED, we send three strings of data in parallel to increase the data transmission rate.

Keywords: optical camera communication(OCC), image sensor, light emitting diode (LED), wavelength division multiplexing (WDM).

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.

۱. مقدمه

کمبود طیف فرکانس رادیویی حال حاضر باعث کاهش ظرفیت عملکردی در نسل بعدی شبکه‌های ارتباطی (5G)خواهد شد[۱]. به‌دلیل داشتن مزایایی همچون مستقل بودن از تداخل الکترومغناطیسی (EMI) با امنیت بالا، ارتباط نور مرئی (VLC) به‌عنوان یکی از فن‌آوری‌های مهم برای ارتباطات بی‌سیم آینده ظهور خواهد کرد [۴-۲].

ارتباط نور مرئی یک زیرمجموعه از ارتباط بی‌سیم نوری[1] (OWC) است.VLC از LEDبا نور قابل مشاهده بین ۴۰۰ تاTHz ۸۰۰(۷۸۰ تا ۳۷۵ نانومتر) و مدولاسیون شدت (IM) برای ارسال داده به‌صورت بی‌سیم استفاده می‌کند و سیگنال در سمت گیرنده توسط دیود نوری یا دوربین آشکارسازی می‌شود[۵]. OCC یک ویژگی منحصربه‌فرد از VLC استکه از یک دوربین معمولی به‌عنوان گیرنده استفاده می‌کند. از آنجایی‌که تلفن همراه تعبیه شده در حسگر تصویربرداری بسیار رایج است، استفاده از حسگر تصویربرداری برای VLC می‌تواند هزینه پیاده‌سازی را در مقایسه با VLC با استفاده از گیرنده دیود نوری پین یا دیود نوری بهمنی (APD) به‌طور قابل‌توجهی کاهش دهد[۶].

بااین‌حال، یک چالش بزرگ در سیستم‌های OCC، نرخ قاب محدود دوربین است که نرخ انتقال داده را بسیار محدود می‌کند. از طرف دیگر از آنجایی‌که اولین وظیفه LED تامین روشنایی است باید روشی اتخاذ شود که سوسوزدن نور را کاهش دهد[۷].به دلیل وجود فیلترهای رنگی در حسگر تصویربرداری این حسگر می‌تواند نورهای دریافتی را از دیود نورانی RGB دریافت و جداسازی کند. بنابراین انتظار می‌رود در یک سیستم OCC مبتنی بر RGBبا استفاده ازWDM و مدولاسیون‌های مختلف مثل مدولاسیون‌های زیرنمونه نرخ انتقال اطلاعات تا سه برابر افزایش پیدا کند و مشکل سوسوزدن نور برطرف شود.

ازاین‌رو در این مقاله با بهره‌گیری از روش مدولاسیون زیر نمونه و WDM در یک سیستم OCC مبتنی بر دیود نورانی RGB با استفاده از دوربین تلفن همراه HUAWI P10 Light، انتقال داده بدون سوسوزدن و با سرعت سه برابر نرخ قاب دوربین طراحی شده است.

۲. اصول عملکرد و طراحی سیستم

از آنجایی که نرخ قاب دوربین پایین است، باید داده با نرخی ارسال شود که برای دوربین قابل دریافت باشد. و از طرفی با چشم انسان قابل مشاهده نباشد. با استفاده از مدولاسیون UPSOOK می‌توانیم سیگنال $\{a_n\}$باند پایه را با فرکانس f_s و $f_{eye}<f_s<f_{shutter\ speed}$ که در آن f_{eye} فرکانس بحرانی چشم انسان که در آن سوسوزدن نور قابل‌تشخیص نیست و $f_{shutter\ speed}$ معکوس سرعت شاتر دوربین است، مدوله کنیم [۸]. سیگنال UPSOOKs(t) می‌تواند به‌شکل زیر بیان شود:

(۱)

که در آن [.] نشانگر موج مربعی، T_c طول $\{a_n\}$ و θ_n فاز موج حامل است که به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

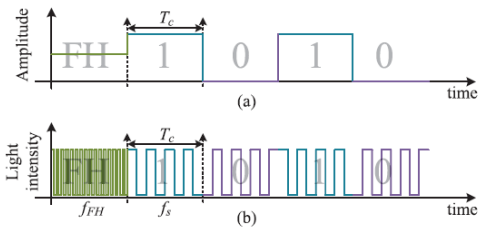
(۲)

شکل ۱یک نمونه از $\{a_n\}$ و سیگنال مدوله شده UPSOOK را نشان می‌دهد.

به منظور آشکارسازی و تصحیح خطا در آشکارسازی داده، ساختار قاب‌بندی باید براساس روش مدولاسیون اتخاذ شود. همانگونه که در شکل ۲ نشان داده شده‌است ساختار بسته پیشنهادی شامل ۱۶بیت شروع و ۱۶ بیت داده برای هرکدام از رنگ‌ها است. شروع قاب می‌تواند بین هرسه دیود نورانی قرمز، آبی و سبز برای همزمانی بیشتر مشترک باشد و دارای ۸ بیت یک و ۸ بیت صفر باشد که این

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.

ساختار هم در آشکارسازی به‌راحتی قابل تشخیص است و هم به تشخیص خطا در فاز کمک خواهد کرد.



شکل۱. داده سیگنال باند پایه و سیگنال مدوله شده UPSOOK[۸]

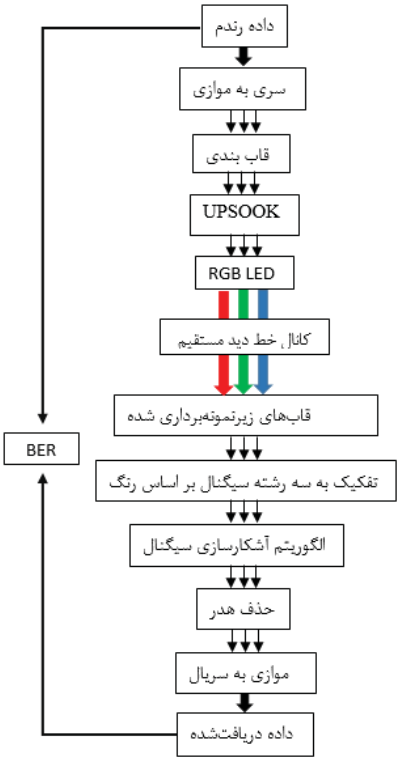
شروع(۱۶بیت)، تشخیص خطا	داده(۱۶بیت)
1111111100000000	00101011.00101101
1111111100000000	01110101000011111
1111111100000000	10100011010011100

شکل۲. داده‌های ارسالی از طریق دیود نورانیRGB

بلوک‌دیاگرام سیستم عملی OCC در شکل ۳ نشان داده شده‌است. در سمت فرستنده ابتدا یک رشته داده تصادفی توسط MATLAB تولید می‌شود و سپس به سه رشته داده موازی تبدیل می‌شود. در نهایت این رشته داده‌ها به ژنراتور بسته ارسال می‌شوند و پس از اعمال مدولاسیون شیفت فاز زیر نمونه توسط میکروکنترلر ARM به پایه-های دیود نورانی RGB اعمال می‌شود. بنابراین سه رشته داده به صورت موازی از طریق دیود نورانی RGB و یک کانال با خط دید مستقیم ارسال می‌شود. سیگنال نوری مدوله‌شده پس‌از گذر از کانال خط دید مستقیم توسط یک دوربین نوری به‌صورت یک ویدیو چند دقیقه‌ای زیرنمونه‌برداری می‌شود. پس از آن سه طول موج مختلف دریافتی به‌دلیل وجود فیلتر رنگی جداسازی می‌شوند تا الگوریتم آشکارسازی سیگنال روی آن پیاده‌سازی شود و هدر سیگنال‌ها حذف و دوباره به رشته داده سریال تبدیل شوند.

۳. ارزیابی عملکرد سیستم OCC پیشنهادی

برای پیاده‌سازی یک سیستم OCC از برد ARM(STM32F030F4) و یک دیود نورانی RGB استفاده شده است. گیرنده دریافت داده‌ها یک دوربین تلفن هوشمند Huawei P10 Lite با نرخ قاب ۲۸fps و قابلیت تفکیک‌پذیری ۲۴۰×۳۲۰ (QVGA) است. براساس این نرخ قاب، داده‌ها با فرکانس ۴ برابر یعنی ۱۱۲Hz مدوله و ارسال می‌شود تا سوسوزدن نور کاهش داده شود. سپس دوربین در فاصله ۲۰ cm ثابت شده و به مدت سه دقیقه از فرستنده فیلم‌برداری می‌شود.

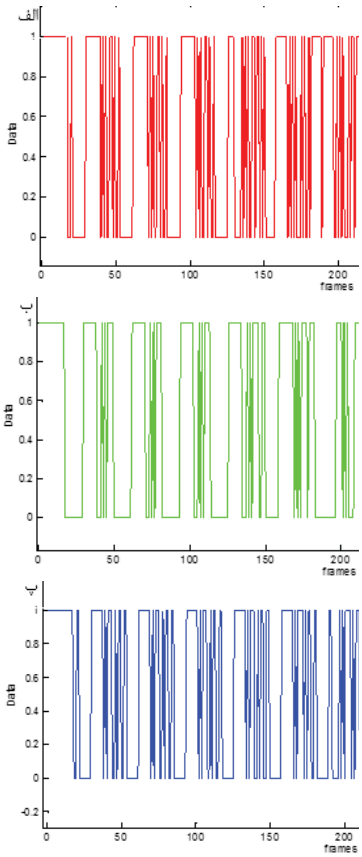


شکل ۳. بلوک دیاگرام سیستم OCCپیشنهادی

پس از ضبط چند ویدیو دریافتیم زمانی که دیود نورانی درحال تغییر سطح نور است خود دوربین به‌طور خودکار تنظیم روشنایی خود را تغییر می‌دهد که این به خودی خود آثار مخربی روی نتایج داده می‌گذارد. پس می‌بایست با روشی این میزان نوردهی دوربین ثابت شود. بنابراین با استفاده از یک منبع نور دیگر با شدت بالا و ثابت این تغییر نوردهی دوربین به کمترین مقدار رسیده است. همچنین برای حذف آثار مخرب حاشیه تصویر و نورهای اطراف، قسمتی از هر قاب در نزدیکی LED که در آن پیکسل‌ها اشباع نشدند را برش داده و کل ویدیو را در همان محدوده پردازش می‌کنیم. داده‌های خروجی پس از

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.

پردازش برای هر سه رنگ در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴. داده خروجی برای هر رنگ قرمز، آبی و سبز

به منظور صحت سنجی، ۱۲۰۶ قاب شامل ۳۷ بسته کامل به صورت جزئی بررسی شده است که در این محدوده به دلیل پایدار نبودن نرخ قاب چهار تغییر فاز رخ داده و باعث از دست رفتن تعدادی از بیت‌ها، اضافه نمونه‌برداری از چند بیت و خطا در بیت‌های دریافتی شد. اما با این وجود نرخ انتقال داده با استفاده از دیود RGB افزایش داده شده است. جدول ۱ خلاصه نتایج را نشان می‌دهد.

جدول ۱. خلاصه نتایج اندازه‌گیری سامانه.

پارامتر	مقدار
نرخ خطای بیت	۳۹×۱۰^{-۳}
نرخ انتقال داده با وجود هدر	۸۴Hz
نرخ اتلاف بیت	۳×۱۰^{-۳}
نرخ اضافه نمونه‌برداری	۳×۱۰^{-۳}

۴. نتیجه‌گیری

در این مقاله یک مدل عملی سیستم OCC پیاده‌سازی شده است. با استفاده از ریزپردازنده ARMیک دیود نورانی RGB به‌منظور افزایش نرخ انتقال داده مدوله شده و پس از چندین آزمایش با استفاده از دوربین تلفن همراه داده‌ها دریافت و آشکارسازی می‌شود. داده‌های دریافتی اولیه دارای خطای زیادی است بنابراین با استفاده از چند روش سعی در بهبود داده‌های دریافتی و کاهش نرخ خطای بیت شد. درنهایت با تحلیل داده‌های دریافتی، نرخ خطای بیت و نرخ انتقال داده به ترتیب ۳۹×۱۰^{-۳} و ۸۴Hz به‌دست آمد.

۵. مرجع‌ها

[1] S. Zvanovec, P. Chvojka, P. A. Haigh, Z. Ghassemlooy "VLC toward 5G" RadioEngeneering, Vol.24, No.1, 2015.

[2] F. Ebrahimi, Z. Ghassemlooy, and S. Olyaee, “Investigation of a hybrid OFDM-PWM/PPM visible light communication system”, Optics Communications, Vol. 429, pp. 65-71, 2018

[3] Z. Ghassemlooy, F. Ebrahimi, and S. Olyaee, “Comparison of Hybrid DCO-OFDM-PWM and DCO-OFDM-PPM in Cellular Channel”, 1st West Asian Colloquium on Optical Wireless Communications (WACOWC2018), Isfahan, Iran, 25 April 2018

[4] Z. Ghassemlooy, F. Ebrahimi, S. Rajbhandari, S. Olyaee, X. Tang, and S. Zvanovec, “Visible Light Communications with Hybrid OFDM-PTM-Invited Paper”, The 13th International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC 2017), Valencia, Spain; 26-30 June, 2017

[5] T. Nguyen, A. Islam, T. Hossan, Y. M. Jang “Current Status and Performance Analysis of Optical Camera Communication Technologies for 5G Networks” IEEE Access, Vol. 5, 2017.

[6] Wang, Wei-Chung, Chi-Wai Chow, Chia-Wei Chen, Hsiang-Chain Hsieh, and Yen-Ting Chen. "Beacon jointed packet reconstruction scheme for mobile-phone based visible light communications using rolling shutter." IEEE Photonics Journal 9, no. 6, pp. 1-6, 2017.

[7] P. Luo, et al. "Undersampled-Based Modulation Schemes for Optical Camera Communications." IEEE Communications Magazine, Vol.56, No.2, pp. 204-212, 2018.

[8] P. Luo, et al. "Experimental demonstration of RGB LED-based optical camera communications." IEEE Photonics Journal, Vol. 7, No. 5, pp. 1-12, 2015.

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.