دوفصلنامه محاسبات و سامانه های توزیع شده
سال ششم، شماره۱، شماره پیاپی۱۱، صفحه ۵۷ تا ۶۶، سال ۱۴۰۲

بررسی جامع شبکه‌های هماندهی با نور: چالش‌های فعلی، کاربردها و چشم‌انداز آینده

میثاق خبیری[۱]
[۱]دانشجوی مهندسی کامپیوتر نرم افزار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد آشتیان، مرکزی، ایران

چکیده

این مقاله به بررسی جامع فناوری شبکه هماندهی با نور یا لای‌فای، به عنوان یک نوآوری جدید که از نور برای انتقال داده‌ها استفاده می‌کند، می‌پردازد. لای‌فای به عنوان یک سیستم ارتباطی بی‌سیم با سرعت بالا از طیف گسترده‌ای از امواج نوری بهره می‌برد. در این مقاله، تحلیل عمیق و دسته‌بندی حوزه‌های پژوهشی مرتبط با شبکه‌های هماندهی با نور یا لای‌فای ارائه شده است و شامل مرور بر ادبیات موضوع، دسته‌بندی‌های پیشنهادی و داده‌های آماری است و به تحلیل کاربردها، معماری سیستم، اجزای مختلف، مزایا و معایب آن می‌پردازد. همچنین، شبکه‌های هماندهی با نور با فناوری‌های مشابه مقایسه شده و روش‌های دسترسی چندکاربره در شبکه‌های لای‌فای بررسی می‌شود. در پایان، مقاله با ارائه یک طبقه‌بندی جامع از مقایسه پیشینه تحقیقاتی که بر اساس موضوعات باز و روندهای پژوهشی تنظیم شده‌اند، به اتمام می‌رسد.

کلمات کلیدی: شبکه های بی سیم هیبریدی؛ لای فای؛ دسترسی چندگانه

تاریخچه مقاله:
تاریخ ارسال: ۱۴۰۲/۰۱/۱۱
تاریخ اصلاح: ۱۴۰۲/۰۴/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۲۰
تاریخ چاپ: ۱۴۰۲/۰۶/۳۰
ایمیل نویسنده مسئول:Sepkamis@gmail.com

۱ – مقدمه

با رشد سریع فناوری‌های دیجیتال، به ویژه در حوزه شبکه و ارتباطات، تحقیقات گسترده‌ای برای بررسی امکان استفاده از نور مرئی (Visible Light) به عنوان یک رسانه بی‌سیم برای انتقال داده‌ها انجام شده است[۱].

این تحقیقات به طور خاص بر روی قابلیت‌های نور مرئی در انتقال داده بین دستگاه‌های مختلف مانند گوشی‌های هوشمند، تبلت‌ها، لپ‌تاپ‌ها و سایر دستگاه‌های تلفن همراه متمرکز شده‌اند. با توجه به پیشرفت فناوری نسل پنجم(5G) ، استفاده از نور مرئی به عنوان یک رسانه انتقال داده، به دلیل پهنای باند وسیع و امنیت بالای آن، به عنوان یک گزینه جذاب مطرح شده است [۲].

اصطلاح Light Fidelity (LiFi) به عنوان یک فناوری جدید توسط هارالد هاس، فیزیکدان آلمانی، معرفی شد. هارالد هاس در سال ۲۰۱۱ در یک سخنرانی در کنفرانس TED Global این فناوری را به جهان معرفی کرد. او در این سخنرانی با عنوان "داده‌های بی‌سیم از هر لامپ" به بررسی استفاده از نور مرئی برای انتقال داده‌ها پرداخت و نشان داد که چگونه می‌توان از لامپ‌های LED برای ارائه انتقال داده با سرعت بالا استفاده کرد. [۳]. همچنین LiFi اصطلاحی است که برای توصیف شبکه های پرسرعتی استفاده می شود که داده ها را با استفاده از نور مرئی منتقل می کنند. LiFi یک روش انتقال داده است که از دیودهای ساطع کننده نور (LED) برای ارسال سیگنال های نور استفاده می کند. بنابراین لای فای بهترین جایگزین وای فای در بیمارستانها و مراکز تخصصی پزشکی است که موجب اختلال در دریافت سیگنال نخواهد شد [۴].

همانگونه که عنوان گردید، یکی از مفاهیم بحث برانگیز در مورد لای فای و ارتباط از طریق نور مرئی ویژگی های مشترک آنهاست، در جایی که بسیاری از مطالعات آنها را به عنوان یک موضوع بیان کرده و در نظر گرفته اند، در حالی که برخی دیگر آنها را متفاوت فرض می‌کنند. این روش مبتنی بر رویکرد VLC است که درآن، ال ای دی هایی به کار برده می شوند که به طور گسترده در خانه ها، محل کار و سیستم های جاده ای استفاده شده تا ارتباطات بی سیم با سرعت بالا را فعال کنند. نرخ انتقال بیش از ۳ گیگابیت بر ثانیه ممکن است با استفاده از مولتی پلکسی تقسیم فرکانس متعامد (OFDM)

به دست آید[۵]. لای‌فای یک فناوری ارتباطی بی‌سیم نوری[1] است که به عنوان جایگزینی نوآورانه برای امواج رادیویی در نظر گرفته می‌شود. این فناوری از نور مرئی به عنوان رسانه انتقال داده استفاده می‌کند و به همین دلیل تأثیرات زیان‌آوری بر سلامت انسان ندارد. برخلاف امواج رادیویی که از بخش‌های مختلف طیف الکترومغناطیسی استفاده می‌کنند و ممکن است تأثیرات منفی داشته باشند، لای‌فای از نوری استفاده می‌کند که در زندگی روزمره نیز به صورت طبیعی با آن سر و کار داریم. این ویژگی باعث می‌شود که لای‌فای به عنوان یک فناوری ایمن و کارآمد برای انتقال داده‌ها در محیط‌های مختلف، به ویژه در مکان‌هایی که نگرانی‌های بهداشتی و ایمنی وجود دارد، مطرح شود. علاوه بر این، به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد لای‌فای، این فناوری می‌تواند در آینده نقش مهمی در توسعه ارتباطات بی‌سیم ایفا کند و به عنوان مکمل یا حتی جایگزینی برای فناوری‌های فعلی مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین، استفاده از لای‌فای به دلیل عدم ایجاد عوارض جانبی بر سلامت، می‌تواند به عنوان یکی از انتخاب‌های برتر برای ارتباطات بی‌سیم در محیط‌های حساس مانند بیمارستان‌ها، هواپیماها و سایر فضاهایی که نیاز به ارتباطات پایدار و ایمن دارند، مورد توجه قرار گیرد [۶]. بنابراین، موضوع بسیار مهمی است که در حال حاضر توجه قابل توجهی به آن می شود و همین امر به عنوان یک عامل انگیزشی مهم برای این مقاله عمل کرده است. این مقاله بررسی جامعی از این فناوری از جنبه‌های مختلف ارائه می‌کند و منحصربه‌فرد بودن آن را بیان می کند، ضمنا ویژگی‌ها، گرایش‌های تحقیقاتی و موضوعات باز برای توانمندسازی و به کارگیری این فناوری را که باید برای کمک بیشتر به این موضوع دنبال شوند مرور می کند.

۲ – مقوله ها و نظریه ها

در سال ۲۰۰۶، محققان مرکزارتباطات و تحقیقات فناوری اطلاعات (CICTR) از دانشگاه ایالتی پنسیلوانیا ترکیبی از انتقال نیرو با فناوری LED برای اطمینان از دسترسی کافی به پهنای باند پیشنهاد کردند. این مطالعه به طور خاص بر روی انتقال داده ازطریق LED با نور مرئی، متمرکز شده است. این کانال روشنایی ارزان و کافی برای شبکه خانگی را فراهم می کرد. دو سال بعد، اتحادیه اروپا پروژه تحقیقاتی ارتباطات با نورمرئی خود را که با نام OMEGA شناخته می‌شود، آغاز کرد [۵]. هدف آنها توسعه یک شبکه خدمات داخلی پرسرعت با نرخ تا ۱ گیگابیت بر ثانیه بود. حداکثر عملکرد برای شبکه ۱,۲۵ گیگابیت بر ثانیه بود. در سال ۲۰۰۸، بنیاد ملی علوم ایالات متحده مجموعه‌ای از آزمایش‌ها را برای افزایش استفاده از روشنایی هوشمند به عنوان بخشی از شبکه‌های ارتباطی بی‌سیم انجام داد. این تلاش‌ها بخشی از تحقیقات گسترده‌تری بود که به بررسی کاربردهای فناوری LiFi و پتانسیل‌های آن در بهبود ارتباطات بی‌سیم می‌پرداخت. این فناوری با استفاده از لامپ‌های LED مخصوص، داده‌ها را به گیرنده‌ها مانند موبایل‌ها و لپ‌تاپ‌ها منتقل می‌کند و به عنوان یک راه‌حل مناسب برای غلبه بر محدودیت‌های پهنای باند در امواج رادیویی شناخته می‌شود [۷]. بودجه برای استفاده از لامپ های LED به عنوان نقاط قابل مقایسه فناوری های ارتباطی آغاز شد. بسیاری از سرمایه گذاری های تحقیقاتی دیگر نیزدر اتحادیه اروپا و ایالات متحده انجام شده است. در حال حاضر ، فناوری مبتنی بر نور مرئی مانند لای فای به طور فزاینده ای در مکان هایی استفاده می شود که تجهیزات پزشکی برپایه الکترومغناطیس وجود دارد که این امر نشان دهنده پهنای باند کلی طیف نوری است این پهنای باند چند صد تراهرتز (THz) است که بسیار گسترده تر از کل طیف فرکانس های رادیویی می باشند. مادون قرمز نیز طیفی از رادیوفرکانس هاست که توسط چشم انسان قابل تشخیص نیست [۸]. یکی از برجسته‌ترین و تأثیرگذارترین دستاوردهای علمی که در دهه ۱۸۸۰ به وقوع پیوست، اختراع دستگاه فتوفون توسط الکساندر گراهام بل و همکارانش بود. این نوآوری که در آن زمان به عنوان یک گام بزرگ در تکنولوژی مخابرات محسوب می‌شد، امکان انتقال صدا از طریق امواج نوری را فراهم کرد. این دستگاه انقلابی در علم مخابرات ایجاد نمود و زمینه‌ساز پیشرفت‌های بعدی در فناوری‌های ارتباطی گردید. بل و تیمش با استفاده از فوتوفون نشان دادند که نور، علاوه بر نقش‌های معمول خود، می‌تواند به عنوان یک وسیله ارتباطی مورد استفاده قرار گیرد. این ایده نه تنها افق‌های جدیدی را برای ارتباطات گشود، بلکه به شکل‌گیری فناوری‌های نوین در عرصه انتقال داده و ارتباطات بی‌سیم کمک کرد. بنابراین، اکتشاف فتوفون به عنوان یکی از

[1] Optical Wireless Communication(OWC)

رویدادهای تاریخی و مهم در توسعه تکنولوژی‌های مخابراتی شناخته می‌شود [۹]. فتوفن ابزاری بود که گفتار را به صورت بی سیم از طریق یک پرتو نور منتقل کرد. اولین تحقیقات مستند مدرن درارتباطات از طریق نورمرئی (VLC) در دانشگاه Keio در ژاپن در آزمایشگاه ناکاگاوا [۶] آغاز شد. به طور خاص، لای فای به عنوان یکی از مهم ترین فناوری ها برای ۵ Gشناخته شده است [۱۰]. بر خلافVLC ، که در آن هدف اصلی ایجاد یک پیوند نقطه به نقطه بین دستگاه های مختلف با استفاده از نور مرئی است، LiFi سیستم انتقال داده مبتنی بر نور است که زیرساخت سلولی متصل به هم، از جمله ارتباطات چند کاربره دو جهته را به طور کامل ممکن می سازد. با توجه به محدود بودن گستره انتقال اطلاعاتVLC ، LiFi می‌تواند اندازه سلول را کاهش دهد که این امر منجر می شود اندازه آتوسل منطقه خدمات، افزایش یابد [۵]. شبکه‌های هماندهی با نور،سیستم اتصال بی سیم با سرعت بالا [۱۱] است که نیاز به نقاط دسترسی چندگانه (APs) دارد تا شبکه‌های اتوسولار نوری متراکم را تشکیل دهند [۱۲]. لای‌فای فقط به نور نیاز دارد، بنابراین می توان آن را به راحتی در هر زمینه ای که در آن تعامل رادیوفرکانس ها مشکل وجود دارد، اعمال کرد [۱۳]. تکنولوژی شبکه‌های هماندهی با نور برای جامعه پژوهشی بسیار جذاب است و تلاش های پژوهشی در مورد این فناوری به‌طور پیوسته در حال افزایش است. این فناوری بیشتر به دلیل قابلیت مشارکت آن نسبت به سایر فناوری های موجود (به عنوان مثال، وای فای، بلوتوث وشناسایی رادیو فرکانس ها) مهمتر شناخته شده است [۱۰]. مزایای آن عبارتند از: نرخ بالای انتقال داده [۱۵]، سرعت سریع، ایمنی، در دسترس بودن [۱۲]، کارایی، امنیت و هزینه کم [۱۶]. ادغام لای فای در هر منبع نوری فرصتی ایجاد می‌کند تا نور همه جا حاضر را به اشیاء متصل منتقل کند. بنابراین به نحو فوق العاده‌ای، باعث افزایش پتانسیل‌ها و گستره آن می‌گردد. این ادغام می‌تواند به کاهش نیاز به زیرساخت‌های پیچیده و پرهزینه کمک کند، زیرا منابع نوری معمولی می‌توانند به راحتی به نقاط دسترسی LiFi تبدیل شوند. همچنین، این فناوری می‌تواند به کاهش تداخل الکترومغناطیسی کمک کند، که در محیط‌های حساس مانند بیمارستان‌ها و هواپیماها اهمیت ویژه‌ای دارد. علاوه بر این، استفاده از LiFi می‌تواند به بهبود امنیت ارتباطات کمک کند، زیرا نور نمی‌تواند از دیوارها عبور کند و این امر دسترسی غیرمجاز به شبکه را دشوارتر می‌کند[۱۴].

در واقع دریک محیط دربسته داخلی، انتقال داده ها از طریق شبکه‌های هماندهی با نور بسیار ایمن تر است. به طور معمول، لامپ با یک منبع جریان ثابت روشن می‌شود و یک جریان الکتریکی سریع و پایدار برای تولید خروجی نوری پایدار مورد نیاز است. لای‌فای فقط به نور نیاز دارد، بنابراین می توان آن را به راحتی در هر زمینه ای که در آن تعامل رادیوفرکانس ها مشکل وجود دارد، اعمال کرد [۱۳]. برای تضمین روشنایی مطلوب و یکنواخت در فضاهای داخلی، نیاز است که حداقل شدت نور به میزان ۵۰۰ لوکس فراهم شود. این مقدار به عنوان یک استاندارد بین‌المللی برای روشنایی در نظر گرفته می‌شود و برای اطمینان از دید مناسب و کاهش خستگی چشم ضروری است. در این راستا، استفاده از فناوری‌های نوین مانند LiFi که بر پایه انتقال داده‌ها از طریق نور عمل می‌کند، می‌تواند به بهبود کیفیت روشنایی کمک کند. در این سیستم‌ها، قدرت نوری در ناحیه دسترسی به میزان ۲,۵ وات بر متر مربع تنظیم می‌شود. این تنظیمات به منظور دستیابی به تعادل بهینه بین مصرف انرژی و کارایی نورپردازی انجام می‌گیرد. با توجه به اهمیت روشنایی در محیط‌های کاری و زندگی، رعایت این استانداردها می‌تواند به افزایش بهره‌وری و راحتی کاربران منجر شود[۱۷]. همچنین، استفاده از منابع نوری با کارایی بالا و تنظیم دقیق شدت نور بر اساس نیازهای محیطی، می‌تواند به کاهش مصرف انرژی و حفظ محیط زیست کمک کند. در نهایت، بهره‌گیری از تکنولوژی‌های پیشرفته در زمینه روشنایی، نه تنها به بهبود کیفیت زندگی کمک می‌کند، بلکه به توسعه پایدار و کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی نیز یاری می‌رساند. توجه داشته باشید که واحد اندازه گیری برای روشنایی لوکس است [۱۸].

۳ - کاربردهای شبکه‌های هماندهی با نور

۳-۱: شاخص های شبکه

شبکه‌های هماندهی با نور یا شبکه LiFi را می توان در بسیاری از زمینه ها ادغام کرد. یکی از مواردی که شتاب بیشتری گرفته است حمل و نقل است. موضوعات کاربردی تحقیق در این زمینه عبارتند از ارتباط وسیله نقلیه با خودرو (V2V) [۲۳]، ارتباط خودرو به فرد (V2P) [۱۲]، خودرو به زیرساخت (V2I)، و ارتباط وسیله نقلیه به شبکه (V2N)

[۲۴]. LiFi به عنوان یک فناوری نوین ارتباطات بی‌سیم که از نور برای انتقال داده استفاده می‌کند، به عنوان یک راهکار مکمل برای سیستم‌های رادیویی مطرح شده است. این فناوری به ویژه در شرایطی که امواج رادیویی (RF) و مادون قرمز (IR) قادر به تامین امنیت، حفظ حریم خصوصی و جلوگیری از تداخل الکترومغناطیسی نیستند، جذابیت ویژه‌ای دارد. LiFi با استفاده از نور مرئی، فرابنفش و مادون قرمز، داده‌ها را با سرعت بالا منتقل می‌کند و به دلیل عدم نفوذ نور از دیوارها، امنیت بیشتری را فراهم می‌آورد. این ویژگی‌ها LiFi را به گزینه‌ای مناسب برای محیط‌هایی تبدیل کرده است که نیاز به امنیت بالای داده‌ها و کاهش خطر تداخل دارند. در نهایت، LiFiبا ارائه امنیت و حریم خصوصی بیشتر، کاهش تداخل و افزایش قابلیت اطمینان، به عنوان یک فناوری مکمل و جایگزین برای سیستم‌های رادیویی در محیط‌هایی که نیاز به امنیت و کارایی بالا دارند، شناخته می‌شود [۲۵]. انواع دیگر برنامه های LiFi شامل ارتباطات سیستم صوتی است. مطالعات در برنامه های کاربردی سیستم صوتی در مقایسه با سایر برنامه ها کمتر است. فناوری LiFi اطلاعات ناوبری و راهنمایی در فضای داخلی (در ارتفاع ۱۰ سانتی متری) ارائه می دهد که برای تشخیص چهره کاربران مفید است [۲۶]. یکی دیگر از کاربردهای مهم این فناوری، استفاده از آن برای تعیین موقعیت مکانی کاربران است. با بهره‌گیری از نور برای انتقال داده‌ها، LiFi می‌تواند با دقت بالایی مکان کاربران را در فضاهای داخلی شناسایی کند. این ویژگی به ویژه در محیط‌های پیچیده مانند مراکز خرید، فرودگاه‌ها و موزه‌ها که نیاز به راهنمایی دقیق کاربران دارند، بسیار مفید است. علاوه بر این، LiFi به دلیل توانایی‌های منحصر به فرد خود، در طیف گسترده‌ای از برنامه‌ها و صنایع کاربرد دارد. در حوزه آموزش، این فناوری می‌تواند به بهبود فرآیند یادگیری کمک کند. با ارائه اتصالات اینترنتی پرسرعت و پایدار، LiFi امکان دسترسی سریع به منابع آموزشی آنلاین و برگزاری کلاس‌های مجازی با کیفیت بالا را فراهم می‌آورد. این امر به ویژه در شرایطی که نیاز به آموزش از راه دور و یادگیری آنلاین افزایش یافته است، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند[۲۷]. علاوه بر این، از همان فناوری های شبکه و حسگر ممکن است برای روشنایی و مدیریت داده ها استفاده شود[۲۸]. علاوه بر این، شبکه‌های همانده‌ی با نور، می‌تواند در محیط‌های صنعتی که تداخل الکترومغناطیسی به عنوان یک چالش مهم محسوب می‌گردد، به کار گرفته شود. با استفاده از نور برای انتقال داده، این فناوری می‌تواند ارتباطات بی‌سیم را بدون ایجاد تداخل با تجهیزات الکترونیکی حساس فراهم کند. این ویژگی به خصوص در صنایعی مانند تولید تجهیزات پزشکی یا الکترونیک که حساسیت بالایی به تداخل دارند، بسیار مفید است. [۲۹].

در عصر انقلاب صنعتی چهارم[2]، تمرکز بر روی اتوماسیون، تبادل داده‌ها و استفاده از فناوری‌های هوشمند است. LiFi، با استفاده از نور مرئی برای انتقال داده‌ها، می‌تواند به عنوان یک جایگزین کارآمد برای Wi-Fi و سایر فناوری‌های بی‌سیم عمل کند. این فناوری به ویژه در محیط‌هایی که نیاز به کاهش تداخل الکترومغناطیسی دارند، مانند کارخانه‌ها و مراکز صنعتی، بسیار مفید است [۳۰].

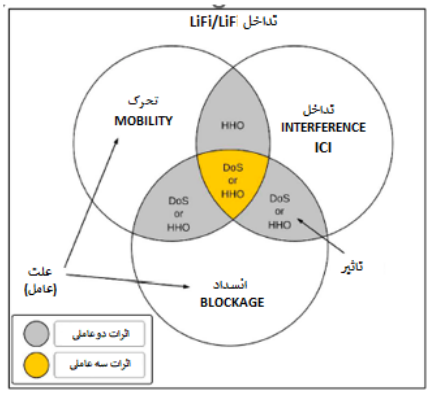
۳-۲: مزایا و معایب

۳-۲-۱: مزایا: شبکه LiFi کم مصرف در انرژی است زیرا ULT طوری ساخته شده است که فرستنده اوج پایین تا متوسط داشته باشد، و همچنین پیچیدگی محاسباتی کمتر [۳۱]. علاوه بر این، لینک سرعت بالایی در مقایسه با سایر فناوری ها و نرخ داده بالا دارد. بنابراین، LiFi می‌تواند به درجه بسیار بالایی از بازده طیفی به دلیل تداخل بسیار کاهش یافته توسط کانال مشترک در اجرای شبکه متراکم برسد[۳۲]. LiFi یک سیستم قابل دسترسی است. همچنین به عنوان یک فناوری سبز در نظر گرفته می شود زیرا نور هیچ اثر مضری بر محیط زیست ندارد[۳۳]. اندازه VL طیف الکترومغناطیسی بیشتر از ۳۰۰ THz است. این پهنای باند ۶۰۰۰۰۰ برابر سریع‌تر از یک کانال WiGig با فرکانس ۵۰۰ مگاهرتز است که تا ۷ گیگابیت در ثانیه (اتحاد گیگابیتی بی‌سیم) می‌رسد[۳۴]. مزیت دیگر سیستم LiFi این است که می تواند در زیر آب کار کند زیرا نور می تواند از سیالات عبور کند. در محیط‌های زیر آب، ارتباطات بی‌سیم با چالش‌های متعددی مواجه است. امواج رادیویی که به طور گسترده در ارتباطات بی‌سیم استفاده می‌شوند، به سرعت توسط آب جذب می‌شوند و این امر باعث کاهش برد و کیفیت سیگنال می‌شود. در مقابل، نور مرئی که در فناوری LiFi به کار می‌رود، می‌تواند

[2] Industry 4.0

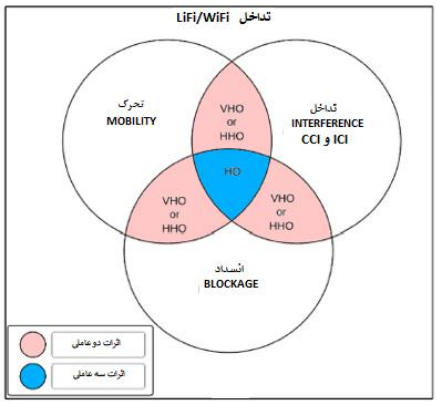
به خوبی از آب عبور کند و امکان انتقال داده‌ها را فراهم آورد. این ویژگی می‌تواند در کاربردهایی مانند ارتباطات بین تجهیزات غواصی، زیر دریایی‌ها، و حسگرهای زیرآبی بسیار مفید باشد. [۳۵].

۳-۲-۲: معایب: شبکه LiFi همچنین در صورت مسدود شدن کامل (زمانی که مسیرهای LOS یا NLOS وجود ندارد) کار نمی کند. این محدودیت یکی از چالش‌های اصلی LiFiاست، زیرا برخلاف امواج رادیویی که می‌توانند از دیوارها و موانع عبور کنند، نور مرئی نیاز به خط دید مستقیم دارد. این ویژگی باعث می‌شود که LiFi بیشتر در محیط‌های بسته و کنترل‌شده که می‌توان نور را به درستی هدایت کرد، مورد استفاده قرار گیرد. برای غلبه بر این محدودیت، می‌توان از تکنیک‌های مختلفی مانند استفاده از بازتاب‌دهنده‌ها یا تقویت‌کننده‌های نوری بهره برد تا نور را به مسیرهای غیر مستقیم هدایت کرد، اما این روش‌ها نیز با چالش‌هایی همراه هستند و ممکن است همیشه کارآمد نباشند [۳۶].



شکل(۱) اثر تداخلی دوعاملی و سه عاملی LIFI/LIFi

از آنجا که نور توانایی عبور از اجسام جامد را ندارد، در صورت وجود مانعی در مسیر انتقال، سیگنال نوری به سرعت متوقف می‌شود. این وضعیت که به عنوان یک چالش در سیستم‌های ارتباطی مبتنی بر نور شناخته می‌شود، به پدیده «مسئله مسدود کننده» معروف است و زمانی رخ می‌دهد که یک مانع فیزیکی مانند دیوار، مبلمان یا حتی افراد در مسیر انتقال نور قرار می‌گیرد و باعث قطع شدن ارتباط می‌شود. این مسئله می‌تواند به عنوان یک محدودیت در نظر گرفته شود. به دلیل عدم توانایی نور در نفوذ از میان موانع، ارتباطات نوری نیازمند خط دید مستقیم بین فرستنده و گیرنده هستند. این ویژگی می‌تواند در محیط‌های بسته و پیچیده، مانند دفاتر کاری با دیوارهای متعدد یا کارخانه‌هایی با تجهیزات بزرگ، چالش‌برانگیز باشد [۳۷]. قابلیت اطمینان و پوشش شبکه از چالش های اصلی به دلیل انعکاس نور است [۳۸]. شکل (۱) و شکل (۲)، علل و اثرات عواملی را نشان می دهد که در سیستم LiFi به عنوان مشکل محسوب می شوند:



شکل(۲) اثر تداخلی دوعاملی و سه عاملی LIFI/WiFi

۳-۲-۳: مقایسه بین LiFi و سایر فناوری‌های OWC/RF:

این بخش بر دو نوع مقایسه تأکید دارد: LiFi (i) و RF، و LiFi (ii) و سایر فناوری های OWC. فناوری‌های OWC چهار نوع دارند: (۱) VLC، FSO(2) OCC (3) و (۴) LiFi. کاربردهای معمولی برای هر یک از این فناوری ها را می توان طبقه بندی کرد با توجه به چهار پارامتر اساسی: (۱) نرخ داده پیوند، (۲) محدوده، (۳) حالت دوطرفه، و (۴) حالت ارتباطی. مطالعه [۳۹] یک طبقه بندی را معرفی کرد که به وضوح چهار نوع OWC را نشان داد. هر چهار نوع OWC با RF تداخلی ندارند و ایمن هستند. طیف OWC بدون مجوز است و امنیت بهتری را در مقایسه با سیستم های بی سیم مبتنی بر RF ارائه می دهد. مطالعات [۴۰]، ادعا می کنند که LiFi و VLC هر دو از یک فناوری مبتنی بر نور برای انتقال داده استفاده می کنند. VLC با LiFi متفاوت است زیرا یک سیستم ارتباطی نوری یک طرفه و نقطه به نقطه با سرعت داده کمتر است. در حالی که LiFi یک سیستم ارتباطی بی سیم شبکه ای، دو طرفه و پرسرعت است. برخلاف کاربردهای VLC، نور مادون قرمز برای ارتباط در LiFi و فواصل ارتباطی در LiFi بررسی می شود. علاوه بر این، LiFi از PD به عنوان گیرنده استفاده می کند، در حالی که VLC از PD و Camera استفاده می کند. علاوه بر این، LiFi و VLC

استانداردهای متفاوتی دارند. لای فای استانداردسازی IEEE 802.11 bb است، در حالی که استانداردسازی VLC IEEE 802.15.7 است [۴۰-۴۱]. LiFi و VLC هر دو سرعت داده بالایی را ارائه می دهند، اما وای فای و سلول های کوچک نسبتاً گسترده تر هستند. . VLC و LiFi VLC در حال از بین بردن ترافیک بزرگ در شبکه ماکروسلولار هستند. ترافیک در دو شبکه در سیستم‌های هیبریدی RF/VLC و RF/LiFi هدایت می‌شود که از سطح خدمات بهبود یافته و حداکثر استفاده از منابع اطمینان حاصل می‌کند. یک شبکه سیستم هیبریدی را می توان بر اساس پارامترهایی مانند نوع ترافیک، سطوح ایمنی مورد نیاز، نرخ داده مورد نیاز، نیازهای روشنایی، کمک حرکت و نوع سرویس uplink/downlink انتخاب کرد [۴۲].

۳-۲-۴: دسترسی چند کاربره در LiFi:

فناوری شبکه‌های هماندهی با نور، با قابلیت پشتیبانی از اتصال چند نقطه‌ای، امکان دسترسی همزمان را برای کاربران و دستگاه‌های مختلف فراهم می‌کند. این ویژگی به معنای آن است که چندین کاربر می‌توانند به طور همزمان به یک نقطه دسترسی (AP) متصل شوند و از خدمات ارتباطی بهره‌مند گردند. این قابلیت به ویژه در محیط‌های پویا و پیچیده مانند شبکه‌های هیبریدی که ترکیبی از فناوری‌های مختلف ارتباطی را به کار می‌گیرند، اهمیت زیادی دارد. در چنین محیط‌هایی، نیاز به ارتباطات بی‌سیم پایدار و کارآمد بسیار حیاتی است. LiFi با ارائه امکان اتصال چندگانه، می‌تواند به بهبود کارایی و انعطاف‌پذیری شبکه‌ها کمک کند. این ویژگی به کاربران اجازه می‌دهد تا بدون نگرانی از کاهش کیفیت ارتباط، به منابع شبکه دسترسی داشته باشند و از خدمات متنوعی مانند انتقال داده‌های حجیم یا پخش ویدئو با کیفیت بالا استفاده کنند [۴۳]. در ارتباطات LiFi چندین تکنیک دسترسی چندگانه پیاده سازی شد که می توان آنها را به دو دسته تقسیم کرد :

(ii) OMA و NOMA (ii). در طرح‌های OMA، کاربران منابع زمان یا فرکانس متعامد متفاوتی را تخصیص می‌دهند [۴۴]. در مقابل، NOMA به چندین کاربر اجازه می دهد تا به طور همزمان از منابع زمان و فرکانس از طریق SPC مدولاسیون کدگذاری شده برهم نهفته حوزه قدرت و SIC لغو تداخل متوالی استفاده کنند [۴۵]. افزایش عملکرد NOMA نسبت به OMA عمدتاً توسط استراتژی تخصیص توان خاص اتخاذ شده توسط اولی تعیین می شود. NOMA مبتنی بر مالتی پلکس کردن کاربران در حوزه قدرت است تا هر کاربر بتواند از طیف کامل و منابع زمانی استفاده کند. افزایش بازده طیفی برتر ارائه شده توسط NOMA با کاهش اجتناب ناپذیر عملکرد خطای مربوطه به دلیل کاهش SINR دریافتی در پایانه های کاربران همراه است [۴۶]. افزایش تعداد کاربرانی که به طور همزمان متصل می شوند، مزایای NOMA را کاهش می دهد. در مطالعه [۴۷]، سیستم های مبتنی بر CDMA با دسترسی چندگانه تقسیم کد و کدهای متعامد نوری OOC برای اجازه دسترسی همزمان به شبکه برای کاربران متعدد مورد سوء استفاده قرار می گیرند. مطالعه [۴۸] نشان داد که OFDMA با تقسیم فرکانس متعامد دسترسی چندگانه می‌تواند دسترسی چندگانه کارآمد طیف را با به اشتراک گذاشتن منابع طیف موجود بر اساس OFDM چندگانه تقسیم فرکانس متعامد فراهم کند. در مطالعه [۴۷]، NOMA در ابتدا به عنوان یک تکنیک دسترسی چند کاربره برای شبکه های سلولی RF پیشنهاد شد. علاوه بر این، آنها در مورد استفاده از DCO-OFDM در ترکیب با NOMA برای چندین کاربر بحث می کنند. مطالعه [۴۰] ایده I-TDMA دسترسی چندگانه تقسیم زمان فهرست را ارائه کرد، یک طرح دسترسی چندگانه جدید که در مقایسه با TDMA، که کاربران در حوزه زمانی مانند TDMA را چندگانه می‌کرد، افزایش بهره‌وری طیفی قابل‌توجهی را ارائه می‌کرد. I-TDMA پیشنهادی از تصادفی بودن توالی داده ها برای ایجاد درجه جدیدی از آزادی استفاده می کند. این نمونه در مقایسه با TDMA، با حداقل مدارهای اضافه شده که پیچیدگی پایین خود را در مقایسه با سایر مدارها حفظ می‌کند، افزایش بازده طیفی قابل‌توجهی را ممکن می‌سازد. OFDM یک روش ساده برای دسترسی چند کاربره (به عنوان مثال OFDMA) ارائه می‌کند، که در آن کاربران توسط تعدادی زیرمجموعه متعامد سرویس داده می‌شوند و از هم جدا می‌شوند. با این حال، هیچ محو شدن سریع در سیستم های مبتنی بر IM/DD مانند سیستم های LiFi وجود ندارد. این نشان می‌دهد که حامل‌های فرکانس پایین آمار سیگنال به نویز (SNR) بالایی دارند [۴۰].

۳-۲-۵: محدودیت ها و مسیرهای آینده:

علیرغم نقاط قوت و مهم دراین بررسی، همچنان محدودیت‌های متعددی وجود دارد. ابتدا، مقالاتی که برای این تحقیق دانلود و مورد استناد قرار گرفته‌اند، از چهار پایگاه داده اصلی جمع‌آوری شده‌اند. این امر ممکن است به محدودیت در تنوع و گستردگی منابع منجر شود. بنابراین، در مطالعات آینده می‌توان این چهار پایگاه داده را به عنوان مبنای کار قرار داد و در عین حال، ادبیات بیشتری را که ممکن است برای مطالعه فناوری شبکه‌های هماندهی با نور و ارتباطات مناسب باشد، اضافه کرد. این اقدام می‌تواند به افزایش جامعیت و دقت نتایج کمک کند.علاوه بر این، سایر زمینه‌های تمرکز در حوزهLiFi ، از جمله تکنیک‌های مدولاسیون و کاربردهای متنوع آن در ادبیات علمی، می‌توانند در تحقیقات آتی مورد توجه قرار گیرند. بررسی این جنبه‌ها می‌تواند به درک بهتر از قابلیت‌ها و محدودیت‌های LiFi کمک کند و راهکارهای جدیدی برای بهبود عملکرد این فناوری ارائه دهد. همچنین، مطالعه و بازبینی سایر تحقیقات مرتبط که خارج از معیارهای واجد شرایط بودن این بررسی قرار دارند، مانند آزمایش‌های عملی بر روی تجهیزات سخت‌افزاریLiFi ، می‌تواند به توسعه و بهبود فناوری کمک کند.در نهایت، با توجه به پتانسیل بالای LiFi در ارائه ارتباطات بی‌سیم سریع و ایمن، بررسی و تحلیل دقیق‌تر این فناوری در مطالعات آینده می‌تواند به شناسایی چالش‌ها و فرصت‌های جدید منجر شود. این امر می‌تواند به توسعه راهکارهای نوین و بهبود کاربردهای LiFi در زمینه‌های مختلف از جمله صنعت، آموزش و بهداشت کمک کند. با توجه به این نکات، انتظار می‌رود که LiFi به عنوان یکی از فناوری‌های کلیدی در تحول دیجیتال آینده نقش مهمی ایفا کند.

۵- نتیجه‌گیری

این مقاله به بررسی جامع فناوری شبکه‌های ارتباطی مبتنی بر نور، یا همان LiFi، از جنبه‌های مختلف پیشینه تحقیقاتی پرداخته و تمامی معیارهای لازم برای دستیابی به نتایج مطلوب از این بررسی را اعمال کرده است. بر اساس این مطالعه، مشخص شده است که LiFi به عنوان یک زمینه نوظهور در حوزه ارتباطات بی‌سیم نیازمند تحقیقات بیشتری است. این مقاله اطلاعات جامعی را در قالب یک مطالعه مروری ارائه می‌دهد که می‌تواند به عنوان منبعی برای محققان در تحقیقات آتی مورد استفاده قرار گیرد.

در این مقاله، نکات کلیدی با تجزیه و تحلیل و طبقه‌بندی ادبیات و پیشینه تحقیقات به عنوان بررسی فناوری شبکه‌های هماندهی با نور بر اساس جنبه‌های اساسی آن خلاصه شده‌اند. این نکات شامل پیشینه، استخراج مقالات، داده‌ها و شبیه‌سازی، کاربردهای شبکه LiFi، مزایا و معایب، محدودیت‌ها و مسیرهای آینده است. این مقاله به بررسی این جنبه‌ها پرداخته و نشان می‌دهد که بیشتر این نکات و مشارکت‌ها نیازمند بررسی‌های بیشتری هستند تا فرصت‌های کاری آتی به موقع برای محققان علاقه‌مند به این حوزه بین‌رشته‌ای فراهم شود.

علاوه بر این، مقاله به اهمیت بررسی و تحلیل دقیق‌تر شبکه‌های هماندهی با نور در مطالعات آینده اشاره دارد، چرا که این فناوری می‌تواند به شناسایی چالش‌ها و فرصت‌های جدید در زمینه ارتباطات بی‌سیم منجر شود. این امر می‌تواند به توسعه راهکارهای نوآورانه و بهبود کاربردهای LiFi در زمینه‌های مختلف از جمله صنعت، آموزش و بهداشت کمک کند. با توجه به این نکات، انتظار می‌رود که شبکه‌های هماندهی با نور، به عنوان یکی از فناوری‌های کلیدی در تحول دیجیتال آینده نقش مهمی ایفا کند و به عنوان بخشی از زیرساخت‌های ارتباطی مدرن شناخته شود.

۶- منابع

[۱] *Elfikky, A., Boghdady, A. I., AbdElkader, A. G., Elsayed, E. E., Palitharathna, K. W., Ali, Z., ... & Aly, M. H. (2024). Performance analysis of convolutional codes in dynamic underwater visible light communication systems. Optical and Quantum Electronics, 56(1), 55.*

[۲] *Wu, X., & Haas, H. (2019). Load balancing for hybrid LiFi and WiFi networks: To tackle user mobility and light-path blockage. IEEE Transactions on Communications, 68(3), 1675-1683.*

[۳] *Salahdine, F., Han, T., & Zhang, N. (2023). Security in 5G and beyond recent advances and future challenges. Security and Privacy, 6(1), e271.*

[۴] *Senthil, G. A., Suganthi, P., Prabha, R., Madhumathi, M., Prabhu, S., & Sridevi, S. (2023, January). An Enhanced Smart Intelligent Detecting and Alerting System for Industrial Gas Leakage using IoT in Sensor Network. In 2023 5th International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT) (pp. 397-401). IEEE.*

[۵] *Kumari, D., & Singh, S. (2020, February). Performance analysis of DC-OFDM modulation scheme in Li-Fi communication system. In 2020 IEEE International Students' Conference on Electrical, Electronics and Computer Science (SCEECS) (pp. 1-4). IEEE.*

[۶] *Nakagawa Laboratories Creates the Next Generation Ubiquitous Society Using Visible Light Communication.*

[۲۲] Alharbi, M., Neelakandan, S., Gupta, S., Saravanakumar, R., Kiran, S., & Mohan, A. (2023). Mobility aware load balancing using Kho–Kho optimization algorithm for hybrid Li-Fi and Wi-Fi network. Wireless Networks, 1-15.

[۲۳] Marin-Garcia, I., Miramirkhani, F., Uysal, M., & Perez-Jimenez, R. (2019, June). Performance evaluation of vehicle-to-vehicle visible light communications in the presence of denial-of-service attacks. In 2019 Global LIFI Congress (GLC) (pp. 1-6). IEEE.

[۲۴] Habib, B. (2017, June). MIMO hardware simulator design for time-varying 802.15. 7 VLC outdoor automotive crossroad V2V and V2I channels. In 2017 13th International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC) (pp. 599-603). IEEE.

[۲۵] Ahmed, I., Karvonen, H., Kumpuniemi, T., & Katz, M. (2020). Wireless communications for the hospital of the future: requirements, challenges and solutions. International Journal of Wireless Information Networks, 27(1), 4-17.

[۲۶] Ma, W.; Zhang, L.; Jiang, Y. Optimized joint LiFi coordinated multipoint joint transmission clustering and load balancing for hybrid LiFi and WiFi networks. J. Opt. Commun. Netw. (2020), 12, 227–238.

[۲۷] Correa, A.; Hamid, A.; Sparks, E. Li-Fi Based Smart Traffic Network. In Proceedings of the 2018 IEEE Transportation Electrification Conference and Expo (ITEC), Long Beach, CA, USA, 13–15 June (2018), pp. 217–219 .

[۲۸] Bialic, E., Maret, L., & Kténas, D. (2015). Specific innovative semi-transparent solar cell for indoor and outdoor LiFi applications. Applied Optics, 54(27), 8062-8069.

[۲۹] Siddique, I., Awan, M. Z., Khan, M. Y., & Mazhar, A. (2019). Li-Fi the next generation of wireless communication through visible light communication (VLC) technology. International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology, 5(1), 30-37.

[۳۰] Shin, W., Vaezi, M., Lee, B., Love, D. J., Lee, J., & Poor, H. V. (2017). Non-orthogonal multiple access in multi-cell networks: Theory, performance, and practical challenges. IEEE Communications Magazine, 55(10), 176-183.

[۳۱] Wang, Y., Basnayaka, D. A., Wu, X., & Haas, H. (2017). Optimization of load balancing in hybrid LiFi/RF networks. IEEE Transactions on Communications, 65(4), 1708-1720.

[۳۲] Yesilkaya, A., Bian, R., Tavakkolnia, I., & Haas, H. (2019). OFDM-based optical spatial modulation. IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, 13(6), 1433-1444. .

[۳۳] Irshad, M., Liu, W., Wang, L., Shah, S. B. H., Sohail, M. N., & Uba, M. M. (2018, June). Li-local: Green communication modulations for indoor localization. In Proceedings of the 2nd International Conference on Future Networks and Distributed Systems (pp. 1-6).

[۳۴] Wang, Y., Wu, X., & Haas, H. (2016, May). Analysis of area data rate with shadowing effects in Li-Fi and RF hybrid network. In 2016 IEEE international conference on communications (ICC) (pp. 1-5). IEEE.

[۳۵] Nor, A. M., & Mohamed, E. M. (2019). Li-Fi positioning for efficient millimeter wave beamforming training in indoor environment. Mobile Networks and Applications, 24, 517-531.

Available online: http://www.naka-lab.jp/ (accessed on 4 November 2021).

[۷] OMEGA Project 2009–2012. Available online: https://www.nasa.gov/centers/ames/research/OMEGA/index.html.# (accessed on 4 November 2021).

[۸] Electromagnetic Spectrum—What Is It? Available online: https://cushmanchronicle.com/3428/arts/electromagnetic-spectrumwhat-is-it/(accessed on 6 November 2021).

[۹] The History of LiFi. Available online: https://lifi.co/the-history-of-lifi/ (accessed on 4 November 2021).

[۱۰] Fazea, Y., Mohammed, F., & Al-Nahari, A. (2021, December). A review on 5G technology in IoT-application based on light fidelity (Li-Fi) indoor communication. In International Conference of Reliable Information and Communication Technology (pp. 371-384). Cham: Springer International Publishing.

[۱۱] Salunkhe, B., Sable, U., More, M., & Kale, A. The Possibilities for Deployment Eco-Friendly Indoor Wireless Networks based on Li-Fi Technology.

[۱۲] Kao, H. W., & Wu, E. H. K. (2023). QoE sustainability on 5G and beyond 5G networks. IEEE Wireless Communications, 30(1), 118-125.

[۱۳] Hammouda, M.; Akin, S.; Vegni, A.M.; Haas, H.; Peissig, J. Link Selection in Hybrid RF/VLC Systems under Statistical Queueing Constraints. IEEE Trans. Wirel. Commun. (2018), 17, 2738–2754 .

[۱۴] Albraheem, L.I.; Alhudaithy, L.H.; Aljaser, A.A.; Aldhafian, M.R.; Bahliwah, G.M. Toward Designing a Li-Fi-Based Hierarchical IoT Architecture. IEEE Access (2018), 6, 40811–40825 .

[۱۵] Badeel, R., Subramaniam, S. K., Muhammed, A., & Hanapi, Z. M. (2023). A multicriteria decision-making framework for access point selection in hybrid LiFi/WiFi networks using integrated AHP–VIKOR technique. Sensors, 23(3), 1312.

[۱۶] Ronen, E., & Shamir, A. (2016, March). Extended functionality attacks on IoT devices: The case of smart lights. In 2016 IEEE European Symposium on Security and Privacy (EuroS&P) (pp. 3-12). IEEE.

[۱۷] Chen, C., Basnayaka, D. A., & Haas, H. (2015). Downlink performance of optical attocell networks. Journal of Lightwave Technology, 34(1), 137-156.

[۱۸] Hasan, M. K., Chowdhury, M. Z., Shahjalal, M., & Jang, Y. M. (2018). Fuzzy Based Network Assignment and Link-Switching Analysis in Hybrid OCC/LiFi System. Wireless Communications and Mobile Computing, 2018(1), 2870518.

[۱۹] Khallaf, H. S., El-Fikky, A. E. R. A., Elwekeil, M., Elfiqi, A. E., Mohamed, E. M., & Shalaby, H. M. (2021). Efficiency analysis of cellular/LiFi traffic offloading. Applied Optics, 60(15), 4291-4298.

[۲۰] Linnartz, G. Smart Handover for Hybrid LiFi and WiFi Networks. IEEE Trans. Wirel. Commun. (2020), 1–9 .

[۲۱] Sharma, P.K.; Jeong, Y.; Park, J.H. EH-HL: Effective Communication Model by Integrated EH-WSN and Hybrid LiFi/WiFi for IoT. IEEE Internet Things J. (2018), 5, 1719–1726 .

[۳۶] Rajbhandari, S., Chun, H., Faulkner, G., Cameron, K., Jalajakumari, A. V., Henderson, R., ... & O'Brien, D. (2015). High-speed integrated visible light communication system: Device constraints and design considerations. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 33(9), 1750-1757.

[۳۷] Abid, S. T., Khabir, S., Hasan, M. A., Saha, A., & Masuduzzaman, M. (2019). Li-Fi technology: increasing the range of Li-Fi by using mirror. International Journal of Information Technology and Computer Science, 11(1), 50-57.

[۳۸] Wang, J., Jiang, C., Zhang, H., Zhang, X., Leung, V. C., & Hanzo, L. (2017). Learning-aided network association for hybrid indoor LiFi-WiFi systems. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 67(4), 3561-3574.

[۳۹] Haas, H., & Cogalan, T. (2019, August). LiFi opportunities and challenges. In 2019 16th International Symposium on Wireless Communication Systems (ISWCS) (pp. 361-366). IEEE.

[۴۰] Ramadhani, E., & Mahardika, G. P. (2018, March). The technology of lifi: A brief introduction. In IOP conference series: materials science and engineering (Vol. 325, No. 1, p. 012013). IOP Publishing.

[۴۱] Chowdhury, M. Z., Hossan, M. T., Islam, A., & Jang, Y. M. (2018). A comparative survey of optical wireless technologies: Architectures and applications. ieee Access, 6, 9819-9840.

[۴۲] Chowdhury, M. Z., Hossan, M. T., Islam, A., & Jang, Y. M. (2018). A comparative survey of optical wireless technologies: Architectures and applications. ieee Access, 6, 9819-9840.

[۴۳] Abdelhady, A. M., Amin, O., Chaaban, A., Shihada, B., & Alouini, M. S. (2018). Downlink resource allocation for dynamic TDMA-based VLC systems. IEEE Transactions on Wireless Communications, 18(1), 108-120.

[۴۴] Sung, J. Y., Yeh, C. H., Chow, C. W., Lin, W. F., & Liu, Y. (2015). Orthogonal frequency-division multiplexing access (OFDMA) based wireless visible light communication (VLC) system. Optics Communications, 355, 261-268.

[۴۵] Marshoud, H., Kapinas, V. M., Karagiannidis, G. K., & Muhaidat, S. (2015). Non-orthogonal multiple access for visible light communications. IEEE photonics technology letters, 28(1), 51-54.

[۴۶] Marshoud, H., Sofotasios, P. C., Muhaidat, S., Karagiannidis, G. K., & Sharif, B. S. (2017). On the performance of visible light communication systems with non-orthogonal multiple access. IEEE Transactions on Wireless Communications, 16(10), 6350-6364.

[۴۷] Shoreh, M. H., Fallahpour, A., & Salehi, J. A. (2015). Design concepts and performance analysis of multicarrier CDMA for indoor visible light communications. Journal of Optical Communications and Networking, 7(6), 554-562.

[۴۸] Lin, B., Tang, X., Ghassemlooy, Z., Lin, C., & Li, Y. (2017). Experimental demonstration of an indoor VLC positioning system based on OFDMA. IEEE Photonics Journal, 9(2), 1-9.

میثـاق خبیری، کـارشـــنـاس علوم کـامپیوتر، گرایش مهندســـی نرم افزار، تســـلط بر زبـان‌هـای برنـامه‌نویســـی HTML، CSS، جاوااســـکریپت و به ویژه زبان برنامه نویســـی پایتون، دارد. ایشان، به عنوان یک پژوهشگر فعال در حوزه‌هـای مرتبط بـا گیمینـگ در زمینـه‌های واقعیت مجازی (VR)، واقعیـت افزوده (AR)، هوش مصـــنوعی در بـازی‌ها، بـازی‌هـای ابری، طراحی بـازی‌هـای چنـدنفره آنلـاین، تحلیل داده‌هـای بـازی، تجربـه کـاربری (UX) در بازی‌ها، بازی‌های موبایل، بازی‌های مبتنی بر بلاکچین، و بازی‌های آموزشـــی نیز فعـالیت می‌کند. علاوه بر تمرکز بر گیمینگ، میثاق خبیری به فنـاوری‌هـای نوظهور مانند اینترنت اشـــیا (IoT) و ارتباطات نوری بی‌سیم (LiFi) نیز علاقه‌مند است.
نشانه رایانامه ایشان عبارتند از:
Sepkamis@gmail.com

روش ارجاع: م.خبیری، بررسـی جامع شبکه‌های هماندهی با نور: چالش‌های فعلی، کاربردها و چشـم‌انداز آینده، دوفصـلنامه محاسـبات و سـامانه‌های توزیع شـده، سـال شـشـم، شماره۱، شماره پیاپی۱۱، صفحه ۵۷ تا ۶۶، سال۱۴۰۲

How to cite: M.Khabiri ,light-responsive networks: current challenges, applications and future prospects", Bi-quarterly, Journal of Distributed Computing and Systems (JDCS), Vol 6, Issue 1, Page 57-66, 2024.

Light Responsive Networks: Current Challenges Applications & Future Prospects

Misagh Khabiri[1]
Computer software engineering student, Islamic Azad University, Ashtian Branch, Markazi, Iran.[1]

Abstract

This paper reviews and analyses Light Fidelity (LiFi), a new technology that uses light to transmit data as a high-speed wireless connection system using a wide range of domains. As a high-speed wireless communication system, Li-Fi uses a wide range of light. In this article, an in-depth analysis and classification of research areas related to Li-Fi networks is presented. This article includes a review of the subject literature, proposed categories and statistical data, and analyzes applications, system architecture, its various components, advantages and disadvantages. Also, Li-Fi is compared with similar technologies and multi-user access methods in Li-Fi networks are investigated. Finally, the paper concludes by providing a comprehensive classification of comparative research backgrounds organized by open topics and research trends.