بررسی روش‌های برقراری ارتباط بدون‌سیم در شبکه‌های نسل آینده

حمیدرضا خدادادی/ دانشگاه جامع امام حسین(ع) دانشجوی دکتری مخابرات/ hrkhodadadi@yahoo.com
محمد حسین قزل ایاغ/استادیار دانشگاه جامع امام حسین(ع) ghezel@gmail.com
ابوالفضل چمن مطلق/ استادیار دانشگاه جامع امام حسین(ع) achamanmotlagh@gmail.com

هدف از شبکه‌های نسل آینده (NGN)، همگرا کردن کلیه بسترهای ارتباطی موجود برروی بستری مبنی بر فناوری IP و دسترسی نامحدود به شبکه و ارایه خدمات یکپارچه به کاربران با کیفیت قابل قبول (QOS) است.
برای انجام این هدف به یک بستر ارتباطی و یا شبکه زیر ساخت نیاز است که بتواند پهنای باند مورد نیاز را با بهترین کیفیت ارائه نماید. این شبکه زیر ساخت با توجه به ماهیت، مشتمل بر دو قسمت باسیم و بی‌سیم است.
در مورد بستر باسیم بهترین گزینه فیبرنوری است اما در مورد بستر بی‌سیم با توجه به محدودیت‌های کاربردی مخاطراتی وجود دارد. در یک نگاه کلان می توان این بستر بی‌سیم را به دو قسمت بکارگیری فناوری رادیوئی و نوری تقسیم بندی کرد. هر کدام از این دو فناوری محدودیت‌ها و امتیازاتی مختص به خود دارد که باید مورد بررسی قرارگیرد.
در این مقاله سیستم های مخابرات نوری فضای آزاد، سیستم‌های رادیوئی Wi-Fi، وایمکس، LTE و شبکه‌های برد بلند پرظرفیت مورد بررسی قرارگرفته و با توجه به نقاط ضعف و قوت هرکدام پیشنهاد برای بکارگیری از آنها در شبکه‌های نسل آینده بیان خواهد شد.

کلید واژه: مخابرات نوری فضای آزاد؛ مخابرات رادیوئی سلولار؛ شبکه‌های نسل جدید؛توربولانس؛ فرستنده/گیرنده‌های چندگانه.

۱- مقدمه

شبکه‌های نسل آینده (NGN)[1] یک راه حل یکپارچه مبتنی بر فن‌آوری بسته‌ای را ارائه می‌دهند. در این شبکه‌ها سرویس‌های صوت، دیتا و تصویر همگرا شده و مشترک می‌تواند هر سرویس را در هر زمان، هر مکان و از طریق هر سیستم دسترسی دریافت کند. این شبکه‌ها باید قابلیت تحرک‌پذیری بالا را داشته باشد.
راه حل دستیابی به پهنای باند بالا همراه با تحرک پذیری، استفاده از تکنیک‌های مختلف ارتباطی بی‌سیم است. در سال‌های اخیربررسی مشکلات شبکه‌های بی‌سیم و ارائه راهکار مقابله با آن مورد توجه محققان قرار گرفته است.شبکه‌های بی‌سیم به دو دسته بکارگیری رادیوئی و نوری تقسیم‌بندی می‌شوند. هرکدام از این دو فناوری مزایا و معایب خاص خود را دارد. سیستم مخابرات نوری فضای آزاد از مزایای توان مصرفی پایین، امنیت بهتردر برابر شنود و تهدیدات جنگ الکترونیک وعدم نیاز به مجوز فرکانس، بهره‌مند است.
در کنار این ویژگی‌ها عاملی که سبب کاهش کارایی آنها می‌گردد، تأثیرپذیری نور از شرایط اتمسفری است. تغییرات دائمی دما و فشار توده‌های جوی منجر به ایجاد پدیده‌هایی همچون توربولانس و محوشدگی شده و سبب بروز نوسانات تصادفی در دامنه و فاز سیگنال دریافتی می‌گردد که نهایتاً تضعیف عملکرد سیستم را بدنبال خواهد داشت[۴-۱].
برای مقابله با این محوشدگی روش‌های مختلفی ارائه شده که در قسمت‌های بعدی مورد بررسی قرار می گیرد.
شبکه رادیوئی نظیر Wi-Fi، بلوتوث، وایمکس و LTE [۷-۵] و شبکه‌های برد بلند پرظرفیت، راه حل انتقال سیگنال بصورت رادیوئی هستند. این شبکه‌ها اولاً نمی‌توانند همانند شبکه‌های نوری پهنای باند خیلی بالا را منتقل نمایند و ثانیاً همانند سیستم‌های نوری متاثر از پدیده‌های جوی هستند و لیکن رفتار شبکه‌های رادیوئی و نوری در مواجهه با پدیده‌های جوی متفاوت است. بنابراین میتوان با بکارگیری سیستم ترکیبی[۸] از امتیازات هر دو سیستم استفاده کرد. در این مقاله با توجه به نقاط قوت و ضعف هرکدام از دو سیستم نوری و رادیوئی، پیشنهادهایی برای بکارگیری از آنها در شبکه‌های نسل آینده ارائه خواهد شد.

۲- سیستم‌های مخابراتی بی‌سیم

سیستم‌های مخابراتی بی‌سیم به دو دسته بکارگیری فناوری نوری و رادیوئی تقسیم‌بندی می‌شوند. این سیستم‌ها از نقاط قوت و ضعف برخوردارند که در این قسمت مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲-۱- سیستم‌های مخابرات لیزری فضای آزاد

FSO سیستم مخابرات نوری فضای آزاد[۲] است که از منبع دیود لیزر نیمه‌هادی استفاده می‌کند. این سیستم ارتباطی از محاسن و قابلیت‌های ویژه‌ای برخوردار است که برخی از مهمترین آنها عبارتند از:

- مقاوم در برابر تکنیک‌های جنگ الکترونیک
- داشتن بیم بسیار نازک و جهت‌دار
- عدم حضور لوب‌های فرعی
- پهنای باند انتقال بسیار وسیع
- عدم نیاز به مجوز و تخصیص فرکانس
- عدم وجود تداخل فرکانسی

FSO همانند هر سیستم ارتباطی دیگر در کنار مزیت‌ها، معایب و محدودیت‌هایی نیز دارد. البته این محدودیت‌هادر تمامی سیستم‌های ارتباط بی‌سیم وجود دارد ولی میزان تاثیرپذیری ارتباطات از آنها یکسان نیست. شرایط جوی، موانع فیزیکی، لرزش و ایمنی لیزر در مقابل چشم مسائلی هستند که در عملکرد سیستم FSO محدودیت ایجاد می‌کنند.

۲-۲- کانال انتقال سیستم‌های مخابرات لیزری

اتمسفر به‌عنوان یک محیط برای انتشار و انتقال نور خروجی سیستم مخابرات نوری در نظر گرفته می شود. تضعیف اتمسفری غالباً بر اثر مه می‌باشد ولی به ابرهای کم، باران، برف، گرد و غبار و یا ترکیبی از هر کدام هم نیز بستگی دارد. بطور کلی تضعیف در اتمسفر می‌تواند ناشی از عواملی همچون تلفات پراکندگی، تلفات جذب، اثر توربولانس و پاشیدگی باشد.

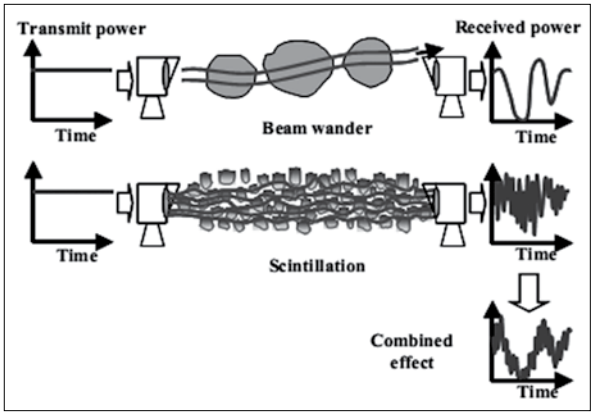
این تلفات تابع شرایط محیطی است و می‌تواند موجب قطع شدن لینک ارتباطی گردد. در سیستم مخابرات لیزری بخاطر اثر چند مسیرگی ناشی از توربولنس، نور بصورت کاملاً مستقیم منتشر نشده و دچار انحراف می‌گردد.

مطابق شکل (۱) ذرات بزرگ مثل قطرات آب موجود در مه، مسیر نور را منحرف نموده و ذرات کوچک مثل گردوغبار بصورت تصادفی مسیر نور را تغییر می‌دهند. جمع این دو پدیده موجب آن خواهد شد که در سمت گیرنده، نور دریافتی دچار لرزش گردد که اصطلاحاً به آن پدیده سوسو زدن گویند. این اثر موجب محوشدگی سیگنال در لحظاتی از زمان در گیرنده شده و در نهایت خطای سیستم را افزایش می‌دهد و رفتاری مشابه با پدیده چند مسیرگی کانال‌های مخابرات رادیوئی بدون سیم (حالت فیدینگ عمیق) دارد.

میزان تغییرات شعاع پرتو لیزر در اثر پدیده توربولنس بر اساس رابطه ریتون به‌صورت ذیل بدست می‌آید[۱].

$$\sigma_R^2 = 1.23\, C_n^2\, \lambda^{\frac{7}{6}}\, L^{\frac{11}{6}} \qquad (۱)$$

در این رابطه σ^2_R واریانس پراکندگی نور در گیرنده، L فاصله بین فرستنده و گیرنده، λ طول موج پرتو و C^2_n پارامتر ساختاری ضریب شکست جو است. C^2_n پارامتر مهمی در رابطه با توربولنس است و تابع عواملی نظیر ارتفاع از سطح زمین و شرایط آب و هوایی است

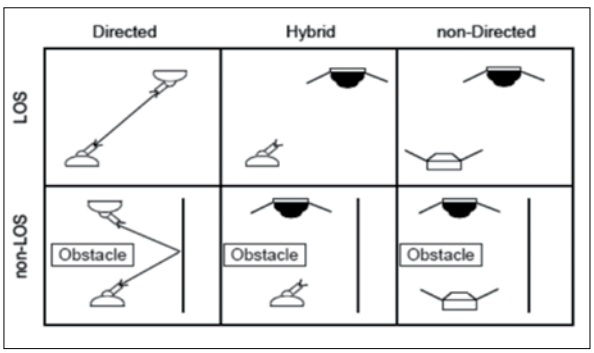


شکل (۱)- توده‌های هوایی در اتمسفر [۲]

و در بهترین شرایط (هوای تمیز) مقدار $۱۰^{-۱۷}$ و بدترین شرایط (مه غلیظ) $۱۰^{-۱۳}$ دارد.

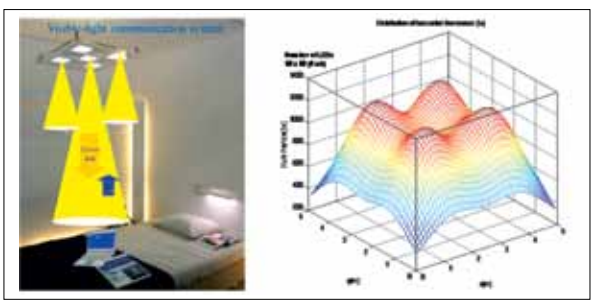
۲-۳- سیستم‌های مخابرات نوری فضای بسته

یکی دیگر از کاربردهای سیستم های مخابرات نوری مربوط به فضاهای بسته نظیر یک اتاق می‌باشد. در این سیستم از دیود نورانی LED استفاده می شود. در این دیود پرتو نور پخش شونده است و از اینرو نیاز نیست که ارتباط بصورت دید مستقیم باشد. شکل(۲)چند روش برای بکارگیری این شبکه‌ها را نشان می‌دهد.



شکل۲- ساختارهای مختلف بکارگیری مخابرات نوری فضای بسته [۹]

شبکه‌های مبتنی بر دیود نوری علاوه بر پهنای باند زیاداز این امتیاز نیزبرخوردارند که در محیط‌های بسته نظیریک اتاق، نور ازدیواره‌های آن خارج نمی‌شود. با توجه به اینکه محیط انتشار محدود است، این شبکه‌ها می‌توانند نسبت به شبکه‌های رادیوئی امنیت بالاتری ایجاد نمایند. البته ضروری است که الگوی انتشار موج همانند شکل (۳) کل محیط مورد نظر را پوشش دهد.



شکل۳- بکارگیری دیود نورانی در شبکه های مخابراتی [۱۰]

۲-۴- روش‌های غلبه بر شرایط محیطی کانال‌های نوری

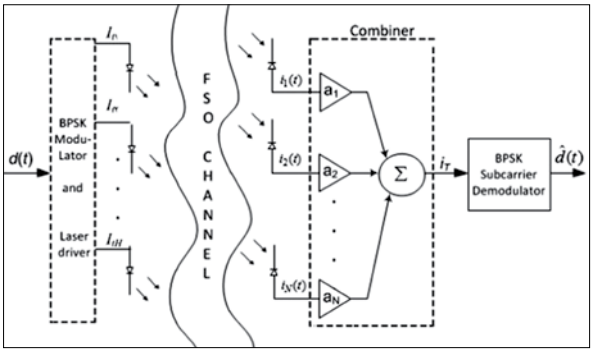
برای غلبه بر شرایط محیطی روش‌های مختلفی ارائه شده است که در ادامه تعدادی از آنها آورده شده است.

۲-۴-۱- تکنیک متوسط‌گیری سطح لنز

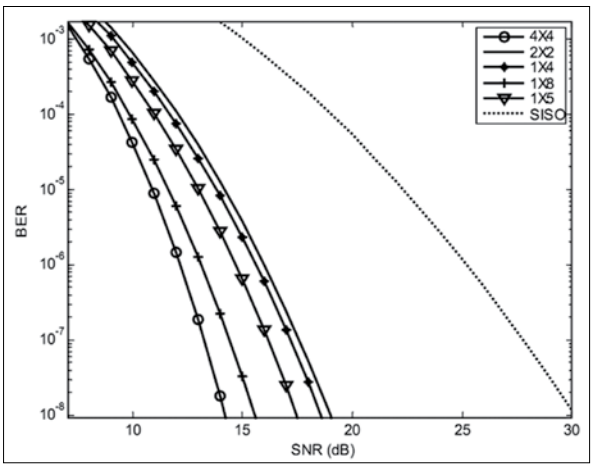
هنگامیکه پرتو نور مسیری نسبتاً طولانی را پیموده و یا بعبارتی از درون یک توربولانس قوی رد شود ، پرتو نور در گیرنده تمایل به شکستن به دو قسمت را دارد: ۱) قسمت هایی با شدت درخشش کم و ۲) قسمت هایی که شدت زیاد داردکه این امر منجر به محو شدن سیگنال در برخی نقاط می گردد. این پدیده خصوصاً برای گیرنده‌های نقطه‌ای بیشتر اتفاق می افتد. حال اگر سایز لنز گیرنده را متناسب با این بخش‌های نوری (قسمت های ضعیف و قوی) زیاد کنیم، در حقیقت از این نوسانات و زیاد وکم شدن‌ها میانگین گرفته‌ایم[۱۰]. بدلیل محدودیت‌های کاربردی اندازه دهنه گیرنده از حدود ۳۰ سانتیمتر بیشتر نمی‌تواند باشد.

۲-۴-۲- تکنیک چند فرستنده و چند گیرنده (MIMO)[۳]

طبق قضیه شانون ظرفیت کانال مخابراتی به دلیل محدود بودن میزان سیگنال به نویز، از یک حدی بیشتر نمی‌تواند باشد. از طرف دیگر بدلیل رشد روز افزون ارتباطات چند رسانه‌ای شامل صوت، تصویر، دیتا و اینترنت، تقاضا برای استفاده از سرویس های بانرخ ارسال و دریافت بالا افزایش یافته است. لذا سیستم‌های مخابرات نوری باید بتواند با وجود محدودیت‌های انتشار محیطی، نرخ دیتای بالائی را ارسال نمایید.



شکل۴- روش فرستنده و گیرنده‌های چندگانه [۱۱]



شکل۵- بهبود ظرفیت در روش فرستنده و گیرنده‌های چندگانه [۱۱]

یکی از راه حل‌های غلبه بر این مشکل استفاده از ترکیب MIMO می‌باشد. در این روش با بکارگیری چندین فرستنده و گیرنده همانند شکل (۴) می‌توان ظرفیت کانال مخابراتی را افزایش داد. مقایسه میزان بهبود ظرفیت کانال مخابراتی شبکه MIMO در مقایسه با روش فرستنده و گیرنده‌های معمولی در نمودار شکل (۵) آورده شده است.

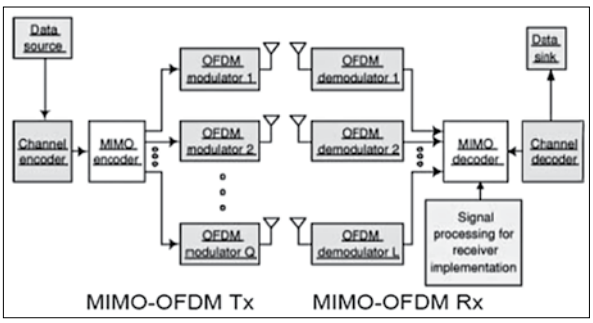
۲-۴-۳- روش استفاده از سیگنال‌های متعامد[۴] (OFDM)

به‌دلیل وجود پدیده های جوی پرتو نور ارسالی دچار انحراف تصادفی شده و نور از مسیرهای مختلف وارد گیرنده می‌شود به این پدیده انتشار چند مسیره گویند که در سیستم‌های رادیوئی بسیار متداول است. در شبکه‌های نوری مبتنی بر LED نیز با توجه به اینکه نور به دیواره‌های محیط برخورد کرده و آنگاه به گیرنده می‌رسد، دچار پدیده چند مسیرگی می‌شود. با توجه به اینکه سیگنال از مسیرهای مختلف وارد گیرنده می‌شود فاز سیگنال دریافتی متفاوت است. این اختلاف فازها می‌تواند موجب جمع شدن انرژی و یا محو شدن آن گردد. هرچه پهنای باند سیگنال بالاتر باشد این پدیده اثرات مخرب‌تری خواهد داشت.

یکی از راه‌های غلبه بر این اثر، کاهش پهنای باند سیگنال ارسالی است. از آنجا که کاهش پهنای باند، مغایر با اهداف شبکه‌های NGN است، با استفاده از تکنیک OFDM که حالت خاصی از سیستم‌های چند حاملی است، پهنای باند بزرگ به پهنای باندهای کوچکتر ولیکن با حامل‌های متعامد تبدیل شده و یا بعبارت دیگر اطلاعات با نرخ بیت بالا به چند دسته موازی با نرخ بیت‌های پایین‌تر تفکیک می‌شوند و هر کدام به وسیله زیر حامل‌های مختلف مدوله شده و ارسال می‌شوند. در واقع تکنیک OFDM با تقسیم سمبل‌های ارسالی بین چندین زیر حامل و ارسال همزمان آنها، در مقابله با اثرات نا مطلوب انتشار چند مسیره بسیار مقاوم وکارا می باشد.

۲-۴-۴- روش فرستنده‌ها و گیرنده‌های چندگانه و OFDM

یکی از راه حل‌های غلبه برمشکلات محیطی لینک مخابرات نوری استفاده از ترکیب MIMO-OFDM است. در این روش با بکار گیری چندین فرستنده و گیرنده همانند شکل (۶) می‌توان ظرفیت کانال مخابراتی و همچنین مقاومت در مقابل پدیده چند مسیرگی را افزایش داد.



شکل۶- بلوک دیاگرام فرستده و گیرنده[۱۲]

۲-۵- فناوری رادیوئی وایمکس

وایمکس (WiMAX) در سال ۲۰۰۰ با هدف دستیابی گسترده و جهانی به امواج مایکروویو ارائه شد وهدف آن راه‌اندازی شبکه‌های بی‌سیم شهری، بر مبنای استاندارد IEEE802.16 است. این فناوری در شرایط ایده آل با بردی برابر ۵۰ کیلومتر در ساعت، دسترسی معادل ۷۰ مگا بیت بر ثانیه، ایجاد می‌نماید.

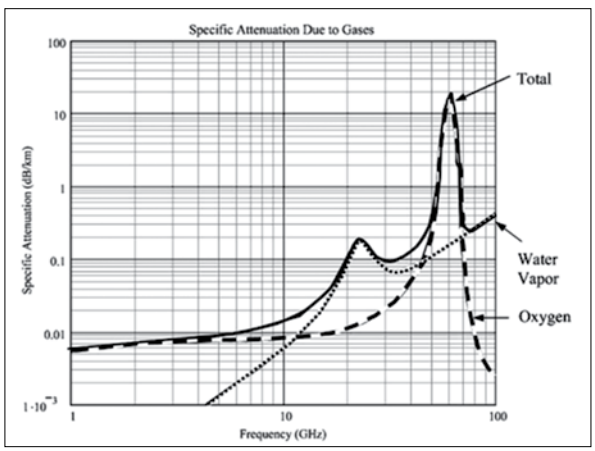
وایمکس تا سال ۲۰۰۵ از تکنولوژی CDMA[۵] استفاده می‌کرد ولی از سال ۲۰۰۵ به بعد به علت کیفیت برتر تکنیک OFDM از آن تکنیک برای مواجه با پدیده‌های ناشی از انتشار چند مسیره استفاده نمود.

۲-۶- شبکه مخابرات سیار LTE[۶]

LTE یکی از شبکه‌های پیشنهادی نسل چهارم مخابرات سیار است. نسل چهارم، از یک راه حل جامع بر مبنای IP برای انتقال صدا، تصویر و داده استفاده می‌کند و بر پایه اصل «هرجا و هر زمان» داده‌ها را با سرعتی بسیار بالاتر از نسل‌های قبل در اختیار کاربر قرار می‌دهد. مهمترین ویژگی برجسته LTE آن است که تمامی زیرساخت‌ها مبتنی بر IP است و به عبارت بهتر بخش هسته شبکه کاملاً همگام با پروتکل‌های TCP/IP است.

۲-۷- شبکه مایکروویو پرظرفیت

یکی دیگر از راه‌کارهای انتقال اطلاعات مابین گره‌های شبکه های نسل جدید تکنولوژی مایکروویو است. باندهای فرکانسی که در این سیستم استفاده می شوند ملزم به اخذ مجوز بوده و دارای تداخل‌هایی با یکدیگر هستند. این بدان معنی است که یک مجوز و یک برنامه ریزی فرکانسی لازم است تا بتوان تداخل را کاهش داد. در این سیستم رادیوئی انتشار موج به شدت تابع شرایط محیطی است. در شکل(۷) میزان تضعیف ناشی از ذرات ریز بخار آب و اکسیژن موجود در هوا در فرکانس‌های مختلف نشان داده شده است.



شکل ۷- تضعیف ناشی از ذرات ریز بخار آب و اکسیژن موجود در هوا [۱۴]

همانطور که دیده می‌شود تا فرکانس های حدود ۵۰ گیگاهرتز تضعیف مقدار کمی دارد (1dB/km) و میزان آن قابل اغماض است. در محدوده فرکانسی بین ۶۰ تا ۸۰ گیگاهرتز یا طول موج‌های میلیمتری تضعیف به شدت افزایش می‌یابد.

۲-۸- شبکه ترکیبی رادیوئی و نوری

باران یکی از عواملی است که میزان تضعیف شبکه‌های رادیوئی را به شدت افزایش می‌دهد. از این رو برای داشتن یک ارتباط پایدار ترکیب لینک رادیوئی و نوری پیشنهاد می‌شود.

لینک نوری به شدت به ذرات بخار آب و مه حساس است. از طرف دیگر لینک رادیوئی به بخار آب حساسیت کمتری دارد ولیکن باران به شدت تضعیف آن را زیاد می‌کند در شکل (۸) یک نمونه از سیستم Hybrid RF/FSO نشان داده شده است.

شکل ۸- سیستم Hybrid RF/FSO [۸]

۳- مقایسه بین شبکه‌های بی‌سیم در شبکه NGN

در NGN تجهیزات بی‌سیم در لایه دسترسی با عنوان شبکه دسترسی رادیوئی (RAN) و ارتباط بین هسته‌ها استفاده می‌شود. در ادامه شبکه های بی‌سیم رادیوئی و نوری که در شبکه‌های نسل آینده کاربرد دارد با هم مقایسه می‌شوند.

۳-۱- شبکه رادیوئی و نوری برد کوتاه

در شبکه NGN دو حالت دسترسی فضای محدود و فضای باز مطرح است. در حالت دسترسی فضای محدود برد کوتاه مدنظر است. برای این منظور می‌توان از شبکه رادیوئی Wi-Fi و یا شبکه‌های نوری مبتنی بر دیود LED استفاده کرد.

در جدول (۱) مقایسه‌ای بین این دو فناوری صورت گرفته است. در شبکه نوری سیگنال پس از برخورد به دیواره‌های اتاق منعکس نمی‌گردد لذا با مشکل چند مسیرگی مواجه نیستیم از اینرو پهنای باند ارسالی بمراتب بالاتر از شبکه‌های رادیوئی است. از طرف دیگر نور محیط بعنوان نویزسیستم‌های نوری تلقی می‌گردد و باید با استفاده از تمهیدات لازم نظیر فیلتر کردن این نویز حذف گردد. به دلیل پخش شدگی سیگنال در هر دو حالت تلفات انتشار هر دو محیط بالا است. برد انتشار در محیط نوری در حد چند متر و در شبکه رادیوئی در رنج چند صد متر است. با توجه به اینکه ابعاد اکثر محیط‌های بسته نیز از چند ده متر بیشتر نمی‌شود، سیستم‌های نوری مبتنی بر دیود LED برای فضاهای بسته نظیر یک اتاق و یا سالن اجتماعات در مقایسه با سیستم رادیوئی امنیت بالاتری ایجاد می‌نمایند.

جدول (۱)- مقایسه شبکه نوری فضای بسته و شبکه رادیوئی Wi-Fi

پارامتر	شبکه نوری	Wi-Fi شبکه رادیوئی
ماکزیمم پهنای باند در سیستم‌های موجود	155Mbit/s	11Mbit/s
امکان عبور از دیواره‌ها	ندارد	دارد
چندمسیرگی	ندارد	دارد
تلفات چندمسیرگی	ندارد	دارد
تلفات انتشار	بالا	بالا
عامل نویز محیطی	نور محیط	دیگر کاربران
محدوده پوشش	در حد یک اطاق	در حد چند ده متر
امنیت	بالا	ضعیف

۳-۲- شبکه رادیوئی LTE و WiMAX

در کاربردهایی که در شبکه NGN نیازمند تحرک در لایه دسترسی است، از شبکه‌های نوری نمی‌توان استفاده کرد. در این حالت بهترین گزینه استفاده از شبکه های رادیوئی LTE و یا WiMAX است. بمنظور بررسی عملکرد دو شبکه در جدول (۲) مقایسه‌ای بین دو شبکه LTE و شبکه WiMAX آورده شده است. همانطور که از این جدول دیده می‌شود هر دو شبکه با ایجاد پهنای باند گسترده و عملکرد نسبتاً مشابه مناسب برای شبکه‌های نسل آینده مخابرات سیار می‌باشند ولیکن جهت انتخاب بین این دو شبکه، پارامترهای دیگری نظیر ملاحظات سیاسی و اقتصادی نیز باید در نظر گرفته شود.

جدول (۲)- مقایسه شبکه LTE و WiMAX

پارامتر	WiMAX	LTE
روش داپلکسینگ	TDD	FDD and TDD
پهنای باند	5 and 10 MHz	1.25, 3, 5, 10, 15 & 20 MHz
روش مالتی پلکس لینک رو به پائین	OFDMA	OFDMA
روش مالتی پلکس لینک رو به بالا	OFDMA	SC-FDMA
مدولاسیون	QPSK, 16QAM, 64 QAM	QPSK, 16QAM, 64 QAM
روش کدینگ	Convolution or Turbo	Turbo
روش دایورسیتی	MIMO up to 2x2	MIMO up to 4x4

۳-۳- شبکه رادیوئی پرظرفیت و نوری فضای آزاد

نقاط دسترسی در شبکه NGN در لایه مرکزی و بعنوان ارتباط دهنده هسته شبکه[7](CN) معمولا با تکنولوژی فیبر نوری و یا خطوط مسی پرسرعت بهم وصل می‌شوند. فیبر نوری دارای ظرفیت و قابلیت اطمینان بالا نسبت به دیگر تکنولوژی‌ها می‌باشد. همچنین دارای سرعت داده بالا، یعنی بیش از صدها گیگابیت در ثانیه است و برای ارتباط قاره‌ها، کشورها و شهرها استفاده می‌شود. بکارگیری این تکنولوژی در محدوده‌های جغرافیایی کوچک که امکان حفر کانال برای تعبیه فیبر وجودندارد امکان پذیر نیست. از این رو بکارگیری سیستم‌های پرظرفیت نوری و رادیوئی ثابت، راه حل بسیار مناسبی برای این مشکل می‌باشد. در جدول (۳) این دو فناوری از دیدگاه چند پارامتر مختلف با یکدیگر مقایسه می‌شوند.

جدول (۳)- مقایسه شبکه نوری فضای آزاد و شبکه رادیوئی پرظرفیت

شبکه رادیوئی پرظرفیت	FSOشبکه نوری	پارامتر
< 100Mbit/s	1Gbit/s	ماکزیمم پهنای باند در سیستم‌های موجود
اختلال دیگر کاربران	نور محیط	عامل نویز محیطی
ضعیف (نیاز به رمز کننده)	بالا	امنیت
باران	مه	ایجاد کننده ماکزیمم تضعیف
در حد درجه	در حد میلی رادیان	میزان واگرائی پرتو
ساده	نسبتاًمشکل	نصب و راه اندازی
سیستم LOS محدود به حداکثر ۲۰کیلومتر	تابع شرایط جوی و حداکثر ۱۰ کیلومتر	ماکزیمم برد در سیستم‌های عملیاتی (بدون تکرار کننده)
باران و اختلال رادیوئی	مه، دود، گرد و غبار غلیظ	مهمترین عوامل اختلال در عملکرد لینک

نتیجه

در این مقاله، روش‌های مختلف انتقال اطلاعات بصورت بدون‌سیم شامل سیستم‌های مخابرات نوری فضای آزاد، سیستم‌های رادیوئی Wi-Fi، وایمکس، LTE، شبکه‌های برد بلند پرظرفیت، شبکه‌های نوری و رادیوئی داخل فضای بسته بیان شد و نقاط ضعف و قوت هر کدام از آنها مورد بررسی قرارگرفت.

به‌منظور بکارگیری این سیستم‌ها در شبکه‌های NGN و با توجه به شرایط محیطی جداول مقایسه‌ای ۱ تا ۳ ارائه شد. در سیستم‌های رادیوئی برد بلند، عامل محدود کننده باران و در سیستم‌های نوری مه می‌باشد، لذا ترکیب سیستم‌های نوری و رادیوئی با عنوان RF/FSO می‌تواند راه حل مناسب برای شبکه‌های NGN در قسمت اتصال شبکه‌های هسته به یکدیگر باشد. در لایه دسترسی و برای فضاهای بسته، بکارگیری سیستم‌های مبتنی بر دیود نوریپیشنهاد می‌شود. این سیستم‌ها علاوه برداشتن پهنای باند بیشتر نسبت به سیستم‌های رادیوئی از این امتیاز برخوردارند که امنیت بالاتری نیز ایجاد می‌نمایند.

***

پی‌نوشت‌ها

1. Next Generation Network
2. Free Space Optical Communication
3. Multiple Input Multiple Output
4. Orthogonal Frequency Division Multiplex
5. Code Division Multiple Access
6. Long Term Evaluation
7. Core Network

مراجع

1. Demers, F.Yanikomeroglu, H.; St-Hilaire, M. “A Survey of Opportunities for Free Space Optics in Next Generation Cellular Networks” ,IEEE. May 2011.
2. M. Matsumoto, K. Kazaura, P. Dat, A. Shah, K. Omae, T. Suzuki, K. Wakamori, T. Higashino, K. Tsukamoto and S. Komaki, “ An alternative access technology for next generation networks based on full-optical wireless communication links, in Innovations in NGN: Future Network and Services”, First ITU-T Kaleidoscope Academic Conference on, 2008, pp. 221-228.
3. Heinz Willebrand and Baksheesh S. Ghuman, “Free Space Optics: Enabling Optical Connectivity in Today’s Networks”, Sams Publishing, December 2001.
4. A. K. Majumder and J. C. Ricklin, “Free space laser communications”, New York, NY: Springer, 2008.
5. M I Barkway, “LTE: What, Where, and When”, 29 Jan 2009.
6. MOTOROLA,“Long Term Evolution Technical Overview”.
7. Karim Seddik, “LTE and LTE-Advanced”, 2011.
8. I. E. Lee, Z. Ghassemlooy, W. P. Ng, and S. Rajbh , “Fundamental Analysis of Hybrid Free Space Optical and Radio Frequency Communication systems”, 2010.
9. R.Ramirez-Iniguez and R. J. Green, “Indoor optical wirelesscommunications in Optical Wireless Communications”, IEEColloquium on, 1999, pp. 14/1-14/7.
10. WasiuO.Popoola, ZabihGhassemlooy, “BPSK Subcarrier Intensity Modulated Free-Space Optical Communication in Atmospheric Turbulence”, IEEE Journal of Lightwave Technology, Vol. 27, No. 8,April 2009.
11. W. O. Popoola, Z. Ghassemlooy, V. Ahmadi and E. Leitgeb, “MIMO Free-Space Optical Communication Employing Subcarrier Intensity Modulation in Atmospheric Turbulence Channels,” Communications Infrastructure Systems and Applications in Europe, Vol.16,pp 63-71,2009.
12. Yuichi Tanaka Toshihiko Komine Shinichiro Haryana Masao Nakagawa, “ A Basic study of optical OFDM system for Indoor Visible Communication utilizing Plural White LEDs as Lighting”.
13. Mohamed K. Watfa, Khaled Abdel Naby, Chetan Govind Bhatia, “NGN and WiMAX: Putting the Pieces Together”, Engineering and Technology, 2011.
14. J.S. Seybold and I. Net Library, “Introduction to RF Propagation”, Wiley Online Library, 2005.