بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده برق

پایان نامه کارشناسی ارشد
گرایش مخابرات

عنوان
بررسی عملکرد وفقی سیستم های مخابرات نوری فضای آزاد مبتنی بر تکنیک دسترسی چند گانه کد نوری

نگارش
سپیده طیب نعیمی

استاد راهنما
دکترجواد صالحی

دی ماه ۱۳۸۹

چکیده

در این پروژه، سیستم های مخابرات نوری فضای آزاد مبتنی بر تکنیک CDMA جهت استفاده چند کاربره مورد بررسی قرار می گیرد. مهمترین عامل افت کیفیت و در نتیجه افزایش خطای سیستم در توان ارسالی مشخص و یا نیاز به ارسال توان بالاتر برای رسیدن به یک خطای مشخص در شرایط آب و هوایی عادی پدیده اغتشاش است. راه حل موثر جهت غلبه بر اثر اغتشاش هوایی کنترل وفقی توان یا کنترل وفقی بهره در سیستم های مخابرات نوری فضای آزاد است. که از کدهای OOC جهت استفاده چند گانگی فضایی است. جهت آنکه کنترل نرخ به سادگی قابل پیاده سازی باشد از کدهای RCPC در غالب کد گذاری داخلی در کنار کدهای OOC در حضور نویز حرارتی و یا شات نویز استفاده می شود. به علاوه، روش چند گانگی فضایی در سیستم اعمال گردید و نشان داده می شود که با استفاده از چند گانگی فضایی با بکار گیری توان کمتر و یا نرخ کمتر (نرخ کمتر) عملکرد مطلوب حاصل می شود.

کلید واژه ها: مخابرات نوری فضای آزاد، تکنیک دسترسی چند گانه مبتنی بر کد نوری، کدهای متعامد نوری، نرخ خطای بیت، کدهای تصحیح خطا

قدردانی

از تمام کسانی که در طول مسیر انجام پایان نامه مرا یاری دادند تشکر می کنم.

به طور ویژه از آقای دکتر جواد صالحی که بینش مرا نسبت به تحقیق شکل دادند، پیشرو بودن را به من آموختند و در تمام مسیر انجام پایان نامه راهنمای من بودند.

دکتر هدتنی که با رهنمودهای خود در مقاطع مختلف از من حمایت کردند.

خانواده که در تمام مراحل زندگی یار و یاور من بوده و هستند.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	**۱**
فصل اول- آشنایی با سیستم های مخابرات نوری فضای آزاد مبتنی بر تکنیک دسترسی چند گانه کد نوری	**۳**
۱-۱) آشنایی با کلیات و ویژگی های کانال مخابرات نوری فضای آزاد	۳
۱-۱-۱) مزایای مخابرات نوری فضای آزاد	۴
۱-۱-۲) معایب و چالش های مخابرات نوری فضای آزاد	۵
۱-۱-۳) چندگانگی	۷
۱-۱-۴) کاربرد مخابرات نوری فضای آزاد	۷
۱-۲) آشنایی با تکنیک دسترسی چندگانه کد	۷
۱-۲-۱) کلیات تکنیک دسترسی چند گانه کد	۸
۱-۲-۲) تکنیک دسترسی چند گانه در کانال نوری	۸
۱-۳) شمای کلی اجزای یک سیستم مخابرات نوری فضای آزاد مبتنی بر تکنیک دسترسی چند گانه کد	۹
فصل دوم- کانال مخابرات نوری فضای آزاد	**۱۳**
۲-۱) تضعیف	۱۵
۲-۲) محو شدگی ناشی از تلورانس	۱۸
۲-۳) نویز	۱۸
۲-۳-۱) نویز شات	24
۲-۳-۲) نویز حرارتی	26
۲-۳-۳) نویز شدت	34
فصل سوم- شبیه سازی مخابرات نوری فضای آزاد	**۱۳**
۳-۱) شبیه سازی اثر نویزشدت کانال	40
۳-۲) شبیه سازی اثر فیدینگ و تضعیف کانال	42
۳-۳) شبیه سازی اثر نویز حرارتی و شات نویز	۴۲
۳-۴) شبیه سازی گیرنده	43
۳-۵) نمودارهای حاصل از شبیه سازی	43
فصل چهارم-اعمال روش های وفقی در سیستم های مخابرات نوری فضای آزاد مبتنی برCDMA	**۱۳**

۴-۱) بررسی عملکرد سیستم های مخابرات نوری فضای آزاد 43
۴-۲) بررسی عملکرد سیستم های مخابرات نوری فضای آزاد مبتنی بر تکنیک CDMA 43
۴-۳) روش هایی برای بهبود عملکرد سیستم مخابرات نوری فضای آزاد مبتنی بر تکنیک CDMA 43
۴-۳-۱) اعمال از کدهای RCPC 43
۴-۳-۲) اعمال روش چند گانگی فضایی 43
۴-۴) نتایج عددی 43
۴-۴-۱) تغییر وفقی بهره 43
۴-۴-۲) تغییر وفقی نرخ 43
۴-۴-۳) تغییر وفقی کد 43
فصل پنجم- نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۳
مراجع 49

مقدمه

در این پایان نامه به معرفی و بررسی عملکرد سیستم های مخابرات نوری فضای آزاد وفقی می پردازیم. برای دسترس تمام کاربران شبکه به اطلاعات یکدیگر، تکنیک های مختلف دسترسی چند گانه معرفی شده اند. این تکنیک ها امکان دستیابی کاربران به داده های یکدیگر را به صورت غیر تصادفی فراهم می کنند. در شبکه های دسترسی باند وسیع نوری تکنیک دسترسی چند کاربره مبتنی بر کد، مورد توجه بسیار قرار گرفته است. دلیل اصلی توجه به این تکنیک سهولت پیاده سازی آن نسبت به تکنیک های دیگر و همچنین ارزان بودن قیمت پیاده سازی آن برای سرعت های زیاد و غواصل کوتاه است. دلیل ذکر شده موجب می شود که این تکنیک برای شبکه های دسترسی باند وسیع بسیار مناسب باشد. به این منظور در فصل اول به بررسی عملکرد سیستم های مخابرات نوری فضای آزاد مبتنی بر روش CDMA می پردازیم. بخش دوم به بررسی کمی و کیفی ویژگی ها و

اثرات یک کانال مخابرات نوری فضای آزاد می پردازیم. ما در طراحی سیستم های مخابرات نوری فضای آزاد با چالش هایی موجه هستیم که مهمترین آنها تضعیف، محو شدگی و نویز هستند. در فصل سوم به شبیه سازی سیستم های مخابرات نوری فضای آزاد می پردازیم که به این منظور از نرم افزار MATLAB استفاده می کنیم. در فصل چهارم روش های وفقی در سیستم های مخابرات نوری فضای آزاد مبتنی بر تکنیک CDMA می بریم. به این منظور، ابتدا به بررسی عملکرد سیستم مخابرات نوری فضای آزاد به روش گوسی می پردازیم و همچنین عملکرد سیستم مذکور را با بکار گیری تکنیک CDMA نیزمورد بررسی قرار می دهیم. سپس از روش های وفقی اعم از روش های وفقی توان و بهره به منظور دستیابی به عملکرد مطلوب استفاده می کنیم. همچنین از نوعی کد تحت عنوان کدهای RCPC در غالب کد گذاری داخلی در کنار کدهای OOC جهت دستیابی به عملکرد مطلوب استفاده می شود. در گام بعدی روش چند گانگی فضایی را اعمال می کنیم. در فصل پنجم نتیجه گیری و پیشنهاداتی برای ادامه کار معرفی می گردد.

فصل اول

آشنایی با سیستم های مخابرات نوری فضای آزاد مبتنی بر تکنیک CDMA

۱-۱- آشنایی با کلیات و ویژگی های یک کانال مخابرات نوری فضای آزاد

تکنولوژی مخابرات نوری فضای آزاد، اصطلاحا یک فنآوری دید مستقیم[۱] است که از اشعه های نوری نامرئی برای ارسال اطلاعات با سرعت نور استفاده می کند. اولین برداشتی که از این تعریف استنباط می شود، این است که در این دسته از کانال ها، گیرنده و فرستنده باید در امتداد یک خط قرار گیرند[۲]. در این صورت هر مانع فیزیکی می تواند باعث قطع ارتباط بین فرستنده و گیرنده شود. شاید این موضوع، یکی از مهمترین چالش های طراحی این دسته از کانال های مخابراتی باشد.

اولین و مهمترین برتری تکنولوژی مخابرات نوری به لینک های رادیویی، طول موج خیلی کوچکتر در حوزه مخابرات نوری است. کار در طول موجهای کوچک، مانند ۱۵۰۰nm، ارتباط مخابراتی با جهت داری[۳] بالا را امکان پذیر می کند. در این صورت تمرکز توان فرستنده در یک جهت خاص، بالا بوده و از پخش شدن و به هدر رفتن توان در فضای آزاد جلوگیری می شود. در نتیجه می توان آنتن هایی با بهره بسیار بالا برای کار در این حوزه ساخت[۹]

1- Line of sight
2-Align
3-Directivity

۱-۱-۱- مزایای مخابرات نوری فضای آزاد

می توان مهمترین مزایای یک ارتباط مخابرات نوری فضای آزاد را در چند مورد زیر خلاصه کرد:

۱- ظرفیت بالای اطلاعات مخابره شده

توانایی ارسال هم زمان اطلاعات، صدا و تصویر تا نرخ ۱/۲۵ Gbps[۱۰]

۲- امنیت در برابر تداخل امواج الکترومغناطیس

با توجه به ماهیت مخابرات نوری، سیگنال های نوری در برابر تداخل امواج الکترومغناطیسی، که از شایع ترین عیوب ارتباطات رادیویی محسوب می شود، مصون هستند.

۳- عدم تداخل با سایر سیستم های مخابراتی از نظر پهنای باند فرکانسی و در نتیجه عدم نیاز به کسب مجوز و تخصیص باند

همان طور که گفته شد، در این مخابرات از طیف نوری فرو سرخ [۴]، طول موج های ۸۵۰nm تا ۱۵۵۰nm بکار می رود که در این بازه نیاز به مجوز از مراکز تخصیص پهنای باند نداریم.

۴- امنیت بسیار بالای اطلاعات

در ارتباط نوری فضای آزاد، از اشعه های بسیار نازک لیزر استفاده می شود. برای دستیابی به اطلاعات از سیگنال که حاوی اطلاعات است نمونه گیری می شود. این عمل در لینک های رادیویی به علت گستردگی زیاد به سهولت و به صورت غیر قابل کنترل امکان پذیر است. اما قطع کردن یک ارتباط لیزری نامرئی و با گستردگی اندک، کار آسانی نیست. علاوه بر این می توان امنیت را با روش های نوین کد گذاری نظیر رمزنویسی کوانتومی[۵] بالاتر برد.

۵- ارزان بودن تجهیزات

4-Infrared

5-quantum cryptography

محاسبات نشان می دهد هزینه ساخت این سیستم ها حدوداً نصف هزینه سیستمهای است که از امواج میکروویو استفاده می کنند و همان ظرفیت را دارند [۴] .

۶- نصب سریع و آسان

راه اندازی این سیستم ها بسیار ساده است به طوریکه در عرض چند ساعت قابل راه اندازی هستند و حتی اگر لازم باشد، می توان این سیستم ها را در پشت پنجره در داخل اتاق نیز نصب کرد.

۱-۱-۲- معایب و چالش های مخابرات نوری فضای آزاد

در کنار مزایای متعددی که در بخش پیش به اختصار به آنها اشاره شد، در راه اندازی یک ارتباط نوری فضای آزاد چالش های زیادی بر سر راه طراحان و مهندسان قرار دارد. این چالش ها و راه های مرتفع کردن آنها عبارتند از:

۱- جذب انرژی فوتون ها توسط ذرات معلق در هوا نظیر مولکول های آب، غبار یا آلودگی

برای مقابله با این مسئله می توان با توجه به شرایط جوی، توان مناسبی برای لیزر فرستنده انتخاب کرد. همچنین استفاده از روش های چندگانگی [۶]، ارسال چندین اشعه حاوی اطلاعات یکسان، به کاهش این اثر مخرب کانال کمک می کند.

۲- پراکندگی اشعه[۷]

اثر دیگر ناشی از برخورد اشعه نوری با مولکول های هوا، پراکندگی اشعه است که به معنای تلفات نیست، بلکه تنها از شدت و تمرکز اشعه می کاهد و به این ترتیب تضعیف کانال را افزایش می دهد.

برای مقابله با این اثر، می توان میدان دید [۸] گیرنده را در ازای مقداری کاهش در سیگنال به نویز [۹] افزایش داد. میدان دید، تعبیری از زاویه ای است که پرتو نور با آن از عدسی خارج یا به آن وارد می شود.

۳- تلورانس[۱۰]

6-diversity
7-scattering
8-FOV, Field Of View
9 -SNR, Signal to Noise Ratio

لایه های مختلف هوا با دماهای متفاوت و با ضرایب شکست غیر یکسان، سبب ایجاد شکست های متوالی در اشعه نور عبوری از خود می شوند. این پدیده که اصطلاحا تلورانس نامیده می شود، دارای اثرات مختلفی نظیر گسترش چند مسیره [11] ، از دست رفتن خط مسیر و محو شدگی [12] روی عملکرد سیستم است که مهمترین. تاثیر محو شدگی، تغییر تصادفی سطح توان فرستاده شده در طول زمان است.

در اینجا نیز، افزایش میدان دید گیرنده و استفاده از تکنیک چندگانگی فضایی، می تواند به کمک ما بیاید [۴] .

۴- موانع فیزیکی در برابر انتشار اشعه در مسیر کانال

ساختمان ها، درختان و اشیای پرنده می توانند موانعی بر سر راه انتشار امواج باشند که با طراحی مناسب و به کارگیری از روش های چندگانگی فضایی می توان بر آنها فائق آمد. در بخش بعدی (بخش ۱-۱-۳) با مفهوم چندگانگی آشنا می شویم.

۵- فعالیت های زمین لرزه ای و نوسانات ساختمانی

یکی دیگر از عواملی که به ندرت می تواند نقش مخرب بر کارکرد کانال داشته باشد، نوسانات و تکان هایی است که می تواند به علت های مختلف در سیستم گیرنده یا فرستنده، رخ دهد.

۶- نویز کانال

نویز یکی از مهمترین و تاثیر گذار ترین فاکتورها در عملکرد هر کانال می باشد.

در یک کانال مخابرات فضای آزاد، عوامل مختلفی می توانند باعث تولید نویز شود. مهمترین این عوامل را می توان در سه دسته، نویز حرارتی، شات نویز و نویز شدت معرفی کرد که در فصل ۲ به طور کامل مورد بررسی قرار می گیرند.

۱-۱-۳-چند گانگی

10-turbulence
11-multipath spread
12-Fading

همان طور که در بخش قبلی دیدید، از جمله چالش های مهم در طراحی و پیاده سازی کانال نوری فضای آزاد، موانع فیزیکی و محو شدگی کانال هستند. در بخش ۱-۱-۲ ، به روش های چندگانگی به عنوان راه حلی برای مقابله با این چالش ها اشاره شد.

در این بخش سعی می کنیم، با مفهوم چندگانگی دقیق تر آشنا شده و تاثیر آن را روی عملکرد سیستم مطالعه کنیم.

ایده اصلی در تکنیک های چندگانگی، فراهم کردن نسخه های متعدد از یک سمبل برای گیرنده است. این نسخه ها باید تحت تاثیر کانال های مستقل قرار گیرند. به این ترتیب احتمال اینکه تمامی نسخه ها با هم محو شوند، با تعداد نسخه ها به صورت نمایی کاهش می یابد [۴]

روش های چندگانگی را می توان به ۳ دسته تقسیم کرد:

الف) چند گانگی زمانی[۱۳]

در این روش، نسخه های تکراری از بیت های مربوط به یک جمله کد، در فواصل زمانی به اندازه کافی زیاد وارد کانال می شوند. این فواصل زمانی از زمان همبستگی کانال بزرگتر هستند، به این ترتیب عملا کانال های مستقلی به حساب می آیند.

استفاده از این روش، به علت کند بودن محو شدگی کانال بی سیم نوری نیاز به حجم حافظه زیادی دارد و چندان عملی نیست.

ب) چند گانگی فرکانسی[۱۴]

در این روش نیز، نسخه های مکرر مربوط به یک جمله کد، در فرکانس هایی با فواصل کافی از هم ارسال می شوند. حداقل این فواصل فرکانسی باید با پهنای باند همبستگی[۱۵] کانال برابر باشد.

13-Temporal diversity
14-Frequency diversity
15-Coherent bandwidth

از آنجایی که امکان ساخت لیزر با طول موج هایی با فواصل کافی وجود ندارد، استفاده از این روش نیز در مخابرات نوری فضای آزاد عملی نیست.

ج) چند گانگی فضایی[16]

کارا ترین روش چند گانگی در مخابرات نوری، روش چندگانگی فضایی است.

در این تکنیک، به جای یکی فرستنده از چند فرستنده برای ارسال اطلاعات در سیستم مخابرات نوری فضای آزاد استفاده می کنیم. اینکار چند مزیت دارد. اولین مزیت آن اینست که با اینکار تاثیر موانع فیزیکی نظیر پرنده‌ها بر عملکرد سیستم پایین می آید. زیرا معمولا پرنده‌ها آن قدر بزرگ نبستند که مسیر همه فرستنده‌ها را با هم سد کنند. مزیت دیگر آن اینست که سیگنالهای که از فرستنده‌های مختلف به گیرنده می‌رسند، محو شدگی مختلفی را تجربه می کنند و هر چه فاصله آنها بیشتر باشد، محو شدگی آنها به حالت مستقل نزدیکتر می‌شود. به این ترتیب با استفاده از این چندگانگی[17] می‌توان احتمال خطا را کاهش داد.

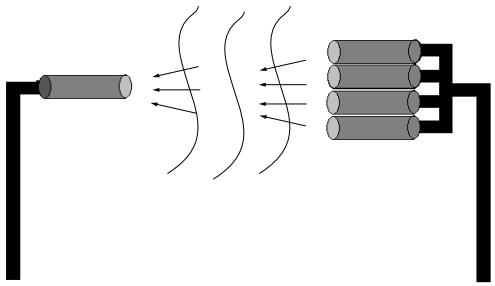
در شکل زیر، شکل(۱-۱)، شمای یک سیستم مخابراتی با تکنیک چند گانگی فضایی نشان داده شده است. همان طور که می بینید، این سیستم مخابراتی دارای ۴ فرستنده است، که همه آنها سیگنال های یکسانی را همزمان از طریق کانال نوری فضای آزاد برای گیرنده می فرستند.

۱-۱-۴- کاربردهای مخابرات نوری فضای آزاد

یکی از کاربردهای مهم این سیرتم ها کاربردهای ماهواره ا ی است. در این کاربردها می توان ارتباط بین دو ماهواره را در فضا ی آزاد به کمک نور لیزر برقرار کرد. سیستم های FSO علاوه بر کاربرد در سیستمهای ماهواره‌ای، کاربردهای مهم دیگری نیز دارند. به کمک این سیستم ها می توان با هزینه کم ی پهنای باند قابل توجه‌ی را در اختیار کاربرهای شخصی قرار داد. همچنین میتوان از ارتباط فضای آزاد به صورت یک پشتیبان در

16-Spatial diversity
17-Diversity

کنار فیبر استفاده کرد، که در صورت ایجاد مشکل در شبکه فیبر یا نیاز به پهنا ی باند بالاتری از آنچه که فیبر در اختیار ما می گذارد، میتوان از آن نیز درکنار فیبر استفاده کرد. به این ترتیب به جای استفاده از دو خط فیبر از یک خط فیبر و یک خط فضای آزاد استفاده می شود [۳] .



شکل(۱-۱): شمای یک سیستم مخابراتی با تکنیک چند گانگی فضایی شامل ۴ فرستنده

۱-۲- آشنایی با سیستم های CDMA نوری

برای آنکه بتوان از کانال FSO به عنوان یک سیستم چند کاربره استفاده کرد، از روش CDMA استفاده می شود.

در ابتدا اندکی با مفهوم CDMA، آشنا می شویم، سپس CDMA را برای یک کانال نوری مورد بررسی و مطالعه قرار می دهیم.

۱-۲-۱- کلیات تکنیک CDMA

روشهای دستیابی چند گانه، امکان استفاده از یک کانال مخابراتی واحد را برای چندین کاربر فراهم می کنند.

انواع این روش ها عبارتند از :

الف) روش دستیابی چند گانه با تقسیم زمان[۱۸]

ب) روش دستیابی چند گانه با تقسیم فرکانس[۱۹]

ج) روش دستیابی چند گانه با تقسیم کد[۲۰]

روش دستیابی چند گانه با تقسیم کد، این امکان را برای کاربرهای مختلف، فراهم می کند، تا بتوانند از یک کانال به طور همزمان و در گستره کامل فرکانسی کانال، استفاده کنند. در روش CDMA، به هر کاربر کد ویژه ای اختصاص داده می شود. کاربرهای مختلف اطلاعات خود را با کدهای مخصوص به خود مد وله و دمد وله می کنند. چگونگی انتخاب این کدها، تاثیر بسزایی در عملکرد سیستم دارد، بنابراین سعی می شود این کدها به گونه ای انتخاب شوند تا حداقل تداخل بین اطلاعات کاربرهای مختلف وجود داشته باشد [۱]

در شکل (۱-۲) ، سیگنال اطلاعات، کد مربوطه و سیگنال مد وله شد (کد شده) را برای یک کاربر در تکنولوژی CDMA مشاهده می کنید [۱۱]

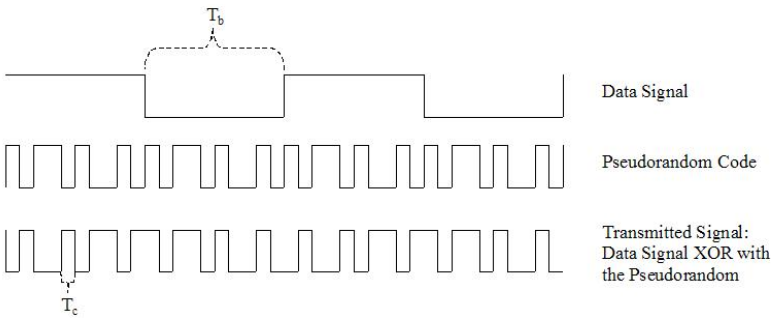
۱-۲-۲- CDMA در کانال نوری

در سیستم های نوری غیر هم فاز سیگنال دریافتی فاقد سطح منفی است. بنابراین نمی‌توان از کدهای معمول CDMA که در سیستم های رادیویی به کار می‌روند، در سیستم های نوری هم استفاده کرد. به همین دلیل کدهای OOC[۲۱] مطرح شده است [۳] .

همان طور که بیان شد، نکته اساسی در تکنیک CDMA، انتخاب هوشمندانه کدهایی است که دارای دو ویژگی اساسی زیر باشند [۵]

الف) نسخه های شیفت یافته یک دنباله کد از خود کد قابل تمیز و تشخیص باشد

18- TDMA: Time Division Multiple Access
19-FDMA: Frequency Division Multiple Access
20CDMA: Code Division Multiple Access
21-Optical Orthogonal Codes



شکل (۱-۲) : کدبندی سیگنال در تکنیک CDMA

ب) هر کد و نسخه های شیفت یافته اش از کد دیگر (و احتمالا نسخه های شیفت یافته آن) قابل تفکیک باشد.

دو سیگنال پریودیک زیر را در نظر بگیرید:

$$x(t) = \frac{1}{T_c} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} x_n P_{T_c}(t - nT_c) \qquad (۱-۲-۲-۱)$$

$$y(t) = \frac{1}{T_c} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} y_n P_{T_c}(t - nT_c) \qquad (۲-۲-۲-۱)$$

که در آن $P_{T_c}(t)$، یک پالس مربعی واحد با دوره T_c می باشد. چناچه سیگنال های x(t) و y(t) با دوره T پریودیک باشند. دنباله های y_n و x_n با دوره $F = T / T_c$ متناوب خواهند بود.

دو شرط فوق الذکر را می توان به صورت دو رابطه زیر ترجمه کرد:

الف) برای هر دنباله x_n داشته باشیم:

$$\left|Z_{x,x}(l)\right| = \left|\sum_{n=0}^{F-1} x_n x_{n+1}\right| = \begin{cases} K & for \quad l = 0 \\ \leq \lambda_a & for \quad 1 \leq l \leq F-1 \end{cases} \qquad (۳-۲-۲-۱)$$

ب) برای هر زوج دنباله x_n و y_n داشته باشیم:

$$\left|Z_{x,y}(l)\right| = \left|\sum_{n=0}^{F-1} x_n y_{n+1}\right| \leq \lambda_c \qquad for \quad 0 \leq l \leq F-1 \qquad (۴-۲-۲-۱)$$

λ_c، λ_a و K اعداد ثابتی هستند. برای تعامد مطلق بایستی $\lambda_a = \lambda_c = 0$. در صورتی که λ_a مینیمم مقدار خود را اختیار کند، می گوئیم دنباله x_n و نسخه های شیفت یافته اش بر هم عمودند. به همین ترتیب اگر λ_c مینیمم شود، دنباله های x_n و y_n عمود خواهند بود.

با توجه به شرایط فوق و این نکته که سیگنال نوری (که در حقیقت سیگنال توان است) نمی تواند منفی باشد، دسته جدیدی از کدها با نام کدهای متعامد نوری ،OOC ، برای کار در حوزه مخابرات نوری معرفی شد[۵]

به طور عمومی یک کد OOC، به صورت $C(F,K,\lambda_a,\lambda_c)$ مشخص می شود که F طول کد، K وزن کد یا به عبارتی تعداد یک های موجود در دنباله کد و λ_c و λ_a حدود توابع همبستگی و خود همبستگی می باشند.

در [5] تعداد دنباله های قابل ساخت OOC، به طول F و وزن K به صورت زیر به دست آورده شده است:

$$N \le \left\lfloor \frac{F-1}{K(K-1)} \right\rfloor \qquad (۵\text{-}۲\text{-}۲\text{-}۱)$$

علامت [ ] به معنای جزء صحیح است.

به این ترتیب، استفاده از تکنیک OCDMA[۲۲] و کدهای OOC، امکان دستیابی چندگانه را برای کانال نوری فراهم می کنند. مزیت عمده استفاده از این روش، سرعت بسیار بالا و پهنای باند بیشتری است

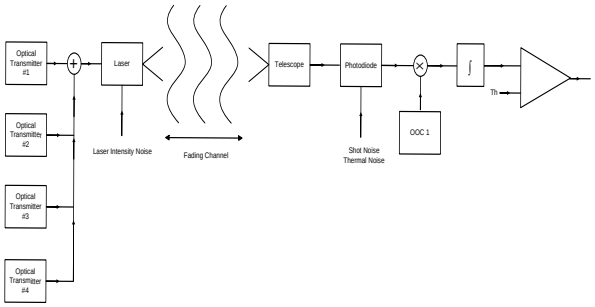
۱-۳- شمای کلی و اجزای یک سیستم مخابرات نوری فضای آزاد مبتنی بر روش CDMA

قبل از پرداختن به بررسی دقیق تر کانال و جزء گیرنده، در فصل های آتی، ساختار کلی یک ارتباط مخابرات نوری فضای آزاد بر اساس تکنیک CDMA را در شکل (۱-۵) که شامل فرستنده، کانال و گیرنده است را مورد بررسی قرار می دهیم.

. این ساختار در این پروژه مورد بررسی و شبیه سازی قرار می گیرد و روش های وفقی جهت بهبود عملکرد را مورد بررسی قرار می دهیم. این ساختار بر اساس مدولاسیون OOK[۲۳] می باشد. در این مدولاسیون برای ارسال

22-Optical Code Division Multiple Access
23-On Off Keying

بیت یک، یک پالس مربعی ارسال می گردد و برای ارسال بیت صفر چیزی ارسال نمی گردد. به این ترتیب با مقایسه سطح سیگنال دریافتی با یک سطح آستانه در گیرنده در مورد بیت دریافتی تصمیم گیری می شود. همانطور که در شکل دیده می شود، این ساختار از ۳ بخش فرستنده، کانال و گیرنده تشکیل شده است، که به شرح زیر هستند.



شکل (۱-۵) : بلوک دیاگرام یک سیستم مخابراتی FSO با تکنیک CDMA

بخش فرستنده:

همان طور که در شکل (۱-۵) می بینید، ۴ کاربر همزمان سیگنال های خود را، که با کدهای OOC مخصوص خود مدوله کرده اند، روی کانال قرار می دهند

لیزر، وظیفه تبدیل سیگنال های الکتریکی به نوری را بر عهده دارد. خروجی لیزر که سیگنال های توان نوری است و البته با نویز شدت مخلوط شده است، وارد کانال نوری فضای آزاد می شود.

بخش کانال مخابرات نوری فضای آزاد:

سیگنال فرستنده با عبور از جو به گیرنده می رسد. اثراتی که جو[۲۴] روی پرتو لیزر می گذارد، تحت عنوان کانال مخابرات نوری فضای آزاد مدل شده و مورد مطالعه قرار می گیرد.

بخش گیرنده:

24- Atmosphere

تلسکوپ پرتو لیزر را دریافت کرده و به آشکارساز نوری می رساند. آشکار ساز نوری که یک دیود نوری است، سیگنال نوری را به سیگنال الکتریکی تبدیل می کند. در این حین ، نویز های حرارتی و شات نویز روی سیگنال الکتریکی تاثیر می گذارند.

برای استخراج اطلاعات فرستاده شده توسط هر کاربر، خروجی آشکارساز نوری باید توسط یک مدار تصمیم گیری، کد گشایی و دمد وله شود. ساختاری که برای مدار گیرنده در اینجا استفاده شده است، ساختار همبستگی سنج است که در فصل های آتی شرح داده خواهد شد.

فصل دوم

کانال مخابرات نوری فضای آزاد

در این بخش به بررسی کمی و کیفی ویژگی ها و اثرات یک کانال مخابرات نوری فضای آزاد می پردازیم. همان طور که در مقدمه این گزارش آمده است، ما در طراحی یک کانال مخابرات نوری بیسیم با چالش هایی روبرو می شویم که عموما ناشی از اثرات نامطلوب کانال هستند. این اثرات را می توان در چند دسته زیر طبقه بندی کرد.

الف) تضعیف

ب) محو شدگی

ج) نویز

۲-۱- تضعیف

توان سیگنال نوری ضمن عبور از کانال دچار تضعیف خواهد شد. که دو عامل برای این تضعیف متصور است.