بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه اراک

دانشکده علوم

کارشناسی ارشد فیزیک اتمی - مولکولی

بررسی اتلاف نوری در اثر خمش و پیچش در فیبرهای مخابراتی(نوری)

پژوهشگر

فاطمه شم‌آبادی

استاد راهنما

دکتر اکبر زنده‌نام

استاد مشاور

مهندس سید محمدرضا مدینه

زمستان ۱۳۹۱

بسم ا... الرحمن الرحیم

بررسی اتلاف نوری در اثر خمش و پیچش در فیبرهای مخابراتی(نوری)

توسط:

فاطمه شم آبادی

پایان نامه

ارائه شده به مدیریت تحصیلات تکمیلی به عنوان بخشی از فعالیت های

تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته فیزیک(گرایش اتمی و مولکولی)

از

دانشگاه اراک

اراک-ایران

ارزیابی و تصویب شده توسط کمیته پایان نامه با درجه: عالی

دکتر زنده نام (استاد راهنما و رئیس کمیته)..... دانشیار

مهندس سید محمد رضا مدینه (مرکز مخابرات قم).....

دکترمحمود میرزائی(مدعو)..... دانشیار

اسفند ۱۳۹۱

سپاسگزاری

الهی یاریم کن تا سپاسم را بر تمامی آنانی که دست‌های مهربانشان تکیه‌گاه خستگی‌هایم بودند، تقدیم نمایم.

از استاد راهنمای خوبم جناب آقای دکتر زنده‌نام که در تمامی راه از هیچ مساعدتی دریغ ننمودند صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایم. باشد که قدردان زحمات ایشان باشم.

از جناب آقای مهندس مدینه که با صبر و حوصله هدایت اینجانب را به عهده داشتند تشکر و قدردانی می‌نمایم. همچنین از سایر مدیران و مسئولین محترم مرکز مخابرات استان قم به خاطر همکاری‌هایشان سپاسگزارم. از جناب آقای دکتر شریعتمدار و جناب آقای مهندس چهره‌قانی نیز که بدون همکاریشان انجام این پایان نامه مقدور نمی‌بود، کمال تشکر را دارم.

از جناب آقای دکتر مهاجرانی، ریاست محترم پژوهشکده لیزر و پلاسما دانشگاه شهید بهشتی، جناب آقای محمودی و سرکار خانم صادقی، مهندسان محترم آزمایشگاه ادوات فعال فیبر نوری دانشگاه شهید بهشتی، که صادقانه کمک‌های زیادی در انجام بخش تجربی این پایان‌نامه به این حقیر رساندند تشکر می‌نمایم. از سایر مسئولین محترم دانشگاه شهید بهشتی که با همکاریشان امکان انجام بخش‌های عملی این پایان نامه را در این دانشگاه فراهم نمودند صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایم.

بر خود لازم میدانم که از اساتید عزیزم جناب آقای دکتر محمود میرزایی، جناب آقای دکتر مهران قلی‌پور و جناب آقای دکتر مهدی میرزایی که در طی دوران تحصیل در مقطع کارشناسی ارشد، لطف بی‌دریغشان را شامل حال اینجانب نمودند قدردانی نمایم.

از ریاست محترم شرکت کابل‌های مخابراتی شهید قندی یزد جناب آقای مهندس صادقی و سایر مهندسان و کارکنان این مجموعه به خصوص آقایان رهوارزاده، عزیزی و بلندزاده، مهندسان توانمند این مجموعه، که لطف بی‌دریغشان را صمیمانه شامل حال اینجانب نمودند قدردانی می‌نمایم.

از مسئولین محترم شرکت نوربهین گستر خاورمیانه به خصوص جناب آقای مهندس بلالی، جناب آقای مهندس منافی و سرکار خانم شیخیان به جهت همکاری و راهنمایی‌هایشان صمیمانه سپاسگزارم.

از تمامی دوستان عزیزم که در انجام این پروژه یاریم کردند به خصوص سرکار خانم راضیه سلگی تشکر و قدردانی می‌نمایم. امیدوارم بتوانم قدردان زحماتشان باشم.

چکیده

با توجه به گسترش روزافزون فناوری اطلاعات، نیاز به بستر مخابراتی با پهنای باند وسیع به خوبی احساس می‌شود. در این راستا فناوری فیبر نوری به جهت محاسن و قابلیت‌های منحصر به فردی که دارد به خوبی پاسخگوی نیازهای مخابراتی جهان امروزه می‌باشد.

در نظر گرفتن اهمیت این فناوری ارتباطی، بیانگر ضرورت بررسی عواملی که باعث تضعیف توان در فیبر نوری می‌گردد، می‌باشد. ازجمله عوامل تاثیر گذار بر میزان افت، اعمال درشت‌خمش‌ها بر تار نوری می‌باشد که عملکرد تار نوری را بوسیله‌ی کاهش افت توان تحت تاثیر قرار می‌دهد.

لذا در این پژوهش تاثیر این عامل(درشت خمش) بر مقدار توان دو نوع تار تک‌مد، در طول‌موج‌های ۱۵۲۹ و ۱۶۱۰ نانومتر به طور تجربی بررسی شده است. در این تحقیق فیبر به دور میله‌های آلومینیومی با شعاع‌های ۴ تا ۱۵ میلی‌متر با گام‌های ۱ میلی‌متری، تا حداکثر ۴۰ دور، پیچانده شده و نمودارهای حاصله با استفاده از دو تابع پیشنهادی از طریق شبیه‌سازی تحلیل گردیده است. بررسی رفتار افت بر حسب شعاع خمش به صورت تابعی از $1/R^2$ (که R شعاع انحنای خمش می‌باشد) برای اولین بار در این پژوهش مطرح گردیده است. این تابع پیشنهادی، در حد بسیار خوبی رفتار افت ناشی از خمش را توصیف می‌کند. تاثیر تعداد دور خمش (N) نیز مورد مطالعه قرار گرفته است.

به طور کلی در شعاع‌های بیشتر از ۹mm مقدار افت، به صورت خطی با N تغییر می‌کند و در شعاع‌های کمتر از آن تابع نیمه لگاریتمی منطبق بر نمودارهای حاصل می‌باشد.

فهرست مطالب

مقدمه	۱
فصل اول: مفاهیم علمی	۳
۱-۱: مقدمه	۴
۱-۲: تاریخچه فیبر نوری	۵
۱-۳: فیبرنوری و چگونگی عبور نور از آن	۷
۱-۴: انواع فیبر نوری	۹
۱-۴-۱: مقایسه تارهای نوری تک مدی و چند مدی	۱۳
۱-۵: محاسن و محدودیت‌های فیبر نوری	۱۴
۱-۶: تعاریف مهم	۱۸
۱-۷: عوامل محدود کننده در فیبر نوری	۲۲
۱-۷-۱: تضعیف یا تلفات سیگنال	۲۲
۱-۷-۱-۱: عوامل اصلی پدیده تضعیف	۲۳
۱-۷-۲: پهن شدگی باند	۳۰
۱-۷-۲-۱: پاشندگی	۳۰
۱-۷-۲-۲: انواع پاشیدگی	۳۱
۱-۸: نگاهی به برخی انواع تارهای تک مدی استفاده شده در سیستم‌های مخابراتی	۳۶

فصل دوم: مروری بر کارهای گذشته ۴۲

۲-۱: مقدمه ۴۳

۲-۲: مروری بر کارهای گذشته ۴۳

فصل سوم: لوازم و تجهیزات پژوهشی ۶۳

۳-۱: مقدمه ۶۴

۳-۲: فیبرهای مورد پژوهش ۶۴

۳-۳: اتصال‌گرها ۶۸

۳-۴: چشمه و توان سنج نوری ۶۹

۳-۵: تجهیزات آزمون خمش ۷۲

۳-۶: روش اندازه‌گیری ۷۲

فصل چهارم: نتایج و تحلیل ۷۶

۴-۱: مقدمه ۷۷

۴-۲: تاثیر شعاع خمش بر میزان افت ۷۷

۴-۳: بررسی اثر طول موج ۸۴

۴-۴: بررسی تاثیر نوع فیبر ۸۷

۴-۵: تاثیر تعداد دور ۹۲

۴-۶: نتیجه‌گیری ۹۵

۴-۷: چشم اندازی به آینده ۹۶

فهرست اشکال

شکل ۱-۱: عبور نور از درون باریکه‌ی آب ۵

شکل ۱-۲: نمایی از درون یک فیبر ساده نوری ۸

شکل ۱-۳: وضعیت‌های متفاوت پرتو در گذار از محیط غلیظ به محیط رقیق ۹

شکل ۱-۴: نمایی از سطح مقطع انواع مختلف فیبر نوری ۱۱

شکل ۱-۵: نمایی از زاویه و مخروط پذیرش ۱۸

شکل ۱-۶: ورود پرتو به درون فیبر نوری تحت زاویه Θ ۱۹

شکل ۱-۷: نمایی از مفهوم قطر میدان مد ۲۰

شکل ۱-۸: میزان تضعیف در طول‌موج‌های ۶۰۰ تا ۱۶۰۰ نانومتر ۲۴

شکل ۱-۹: تلفات جذبی در طول‌موج‌های متفاوت برای فیبر تک مد ۲۵

شکل ۱-۱۰: نمایی از تبدیل مد اتفاق افتاده در حین انتشار ۲۶

شکل ۱-۱۱: تبدیل مد و تشعشع به وجود آمده در محل خمش ۲۸

شکل ۱-۱۲: تلفات ناشی از خمش‌های ریز و درشت و پدیده‌ی جذب ۲۹

شکل ۱-۱۳: حالات به وجود آمده در فیبر در اثر جابه‌جایی طولی، جابه‌جایی عرضی و جابه‌جایی زاویه‌ای ۲۹

شکل ۱-۱۴: نمایی از خطای به وجود آمده در اثر پهن‌شدگی پالس ۳۰

شکل ۱-۱۵: نمودار پاشندگی بر حسب طول‌موج ۳۲

شکل ۱-۱۶: تاخیر به وجود آمده در دو مد یک پالس اپتیکی ۳۳

شکل ۱-۱۷: اعوجاج‌های بوجود آمده در مغزی تار نوری ۳۴

شکل ۱-۱۸: پاشیدگی اضافی ناشی از هم‌زمان نبودن دو میدان عمود بر هم یک مد ۳۴

شکل ۱-۱۹: نمایی از طرز کار سیستم WDM ۳۷

شکل ۲-۱: منحنی افت ناشی از خمش بر حسب شعاع خمش در پژوهش موراکامی و سوچیا ۴۵

شکل ۲-۲: منحنی وابستگی طول‌موجی افت ناشی از خمش در پژوهش موراکامی و سوچیا ۴۶

شکل ۲-۳: نتایج آزمایشگاهی به دست آمده برای افت ناشی از خمش نسبت به طول‌موج در پژوهش رنر ۴۸

شکل ۲-۴: نتایج حاصل از فرمول به دست آمده برای افت ناشی از خمش نسبت به طول‌موج در پژوهش رنر ۴۸

شکل ۲-۵: افت ناشی از خمش تار را در حالت معمولی در پژوهش فاستینی و مارتینی ۴۹

شکل ۲-۶: افت ناشی از خمش در طول‌موج ۹۵۰ نانومتر برای تار YORK LB800 ۵۰

شکل ۲-۷: نمودار میزان افت بر حسب طول‌موج در دو حالت بدون لایه جاذب و با لایه جاذب ۵۲

شکل ۲-۸: افت ناشی از خمش برای دو طول‌موج ۱۵۰۰ و ۱۶۰۰ نانومتر ۵۳

شکل ۲-۹: مقدار افت بر حسب طول‌موج برای شعاع‌های ۹ و ۱۰ میلی‌متر، با یک و دو لایه‌ی پوشـــشی ۵۴

شکل ۲-۱۰: نمودار افت بر حسب طول‌موج برای شعاع‌های ۹ و۱۰ میلی‌متر ۵۵

شکل ۲-۱۱: نمودار مقدار افت بر حسب شعاع خمش برای طول‌موج ۱۵۰۰ و ۱۶۰۰ نانومتر ۵۶

شکل ۲-۱۲: نمودار میزان افت تار فاقد لایه پوششی بر حسب طول‌موج برای شعاع‌های ۵/۵ ،۶ و ۶/۵ میلی‌متر ۵۷

شکل ۲-۱۳: نمودار میزان افت بر حسب طول‌موج برای شعاع خمش۶ و ۶/۵ میلی‌متر ۵۸

شکل ۲-۱۴: مقدار افت بر حسب تعداد دور به ازای شعاع‌های خمش ۴ تا ۱۵ میلی‌متر ۵۹

شکل ۲-۱۵: نمودار تغییرات ضرایب A و B در رابطه‌ی۲-۱۱ ۶۰

شکل ۲-۱۶: نمودار دگرگونی ضرایب A' و B' در معادله‌ی شماره ۲-۱۲ ۶۱

شکل ۲-۱۷: نمودار مقدار افت بر حسب شعاع خمش برای یک دور خمش ۶۱

شکل ۳-۱: اتصال‌گر FC /PC استفاده شده در این پژوهش ۶۸

شکل ۳-۲: دستگاه JDSU MAP استفاده شده در این پژوهش ۶۹

شکل ۳-۳: نمایی از میله‌های استوانه‌ای شکل استفاده شده برای انجام خمش در این پژوهش ۷۲

شکل ۳-۴: تار پیچیده شده حول استوانه در این پژوهش ۷۳

شکل ۳-۵: کیت تمیز کننده استفاده شده در این پژوهش ۷۳

شکل ۳-۶: نحوه اتصال تار به Fiber Scope ۷۴

شکل ۳-۷: نمایش سطح مقطع تار SM استفاده شده در پژوهش به وسیله Fiber Scope ۷۴

شکل ۳-۸: شمای کلی آزمایش بررسی تاثیر خمش در عملکرد فیبر نوری ۷۵

شکل ۴-۱: مقدار افت بر حسب شعاع خمش به ازای طول‌موج ۱۵۲۹ نانومتر برای تار SM ۷۸

شکل ۴-۲: نمودار لگاریتم افت بر حسب شعاع خمش به ازای طول‌موج ۱۵۲۹ نانومتر برای تار SM ۷۸

شکل ۴-۳: نمودار افت بر حسب شعاع خمش به ازای طول‌موج ۱۶۱۰ نانومتر برای تار SM ۷۹

شکل ۴-۴: لگاریتم افت بر حسب شعاع خمش برای طول‌موج ۱۶۱۰ نانومتر در تار SM ۷۹

شکل ۴-۵: بررسی افت بر حسب شعاع خمش به ازای طول‌موج ۱۵۲۹ نانومتر برای تار NZ ۸۰

شکل ۴-۶: نمودار لگاریتم افت بر حسب شعاع خمش به ازای طول‌موج ۱۵۲۹ نانومتر برای تار NZ ۸۰

شکل ۴-۷: مقدار افت بر حسب شعاع خمش به ازای طول‌موج ۱۶۱۰ نانومتر برای تار NZ ۸۱

شکل ۴-۸: نمودار لگاریتم افت بر حسب شعاع خمش به ازای طول‌موج ۱۶۱۰ نانومتر برای تار NZ ۸۲

شکل ۴-۹: نمودار افت بر حسب عکس مجذور شعاع خمش به ازای طول‌موج ۱۵۲۹ نانومتر برای تار SM ۸۲

شکل ۴-۱۰: بررسی افت بر حسب عکس مجذور شعاع خمش برای طول‌موج ۱۶۱۰ نانومتر برای تار SM ۸۳

شکل ۴-۱۱: نمودار افت بر حسب عکس مجذور شعاع خمش به ازای طول‌موج ۱۵۲۹ نانومتر برای تار NZ ۸۳

شکل ۴-۱۲: میزان افت بر حسب عکس مجذور شعاع خمش به ازای طول‌موج ۱۶۱۰ نانومتر برای تار NZ ۸۴

شکل ۴-۱۳: بررسی میزان افت بر حسب شعاع خمش در تار SM برای دو طول‌موج ۱۵۲۹ و ۱۶۱۰ نانومتر ۸۴

شکل ۴-۱۴: مقدار افت بر حسب شعاع خمش در تار NZ برای دو طول‌موج ۱۵۲۹ و ۱۶۱۰ نانومتر ۸۵

شکل ۴-۱۵: مقایسه مقدار افت بر حسب عکس مجذور شعاع خمش به ازای طول‌موج‌های ۱۵۲۹ و ۱۶۱۰ نانومتر برای تار SM ۸۵

شکل ۴-۱۶: مقایسه مقدار افت بر حسب عکس مجذور شعاع خمش به ازای طول‌موج‌های ۱۵۲۹ و ۱۶۱۰ نانومتر برای تار NZ ۸۶

شکل ۴-۱۷: بررسی مقدار افت بر حسب شعاع خمش در طول‌موج ۱۵۲۹ نانومتر در دو نوع تار SM و NZ ۸۷

شکل ۴-۱۸: نمودار میزان افت بر حسب شعاع خمش در طول‌موج ۱۶۱۰ نانومتر در دو نوع تار SM و NZ ۸۷

شکل ۴-۱۹: میزان افت بر حسب تعداد دور خمش در طول‌موج ۱۵۲۹ نانومتر به ازای شعاع خمش ۵ میلی‌متر ۸۸

شکل ۴-۲۰: مقدار افت بر حسب تعداد دور خمش در طول‌موج ۱۵۲۹ نانومتر به ازای شعاع خمش ۹ میلی‌متر ۸۸

شکل ۴-۲۱: نمودار میزان افت بر حسب تعداد دور خمش در طول‌موج ۱۵۲۹ نانومتر به ازای شعاع خمش ۱۳ میلی‌متر ۸۹

شکل ۴-۲۲: نمودار افت بر حسب تعداد دور خمش در طول‌موج ۱۶۱۰ نانومتر به ازای شعاع خمش ۵ میلی‌متر ۸۹

شکل ۴-۲۳: مقادیر مربوط به افت بر حسب تعداد دور خمش در طول‌موج ۱۶۱۰ نانومتر به ازای شعاع خمش ۹ میلی‌متر ۸۹

شکل ۴-۲۴: نمودار افت بر حسب تعداد دور خمش در طول‌موج ۱۶۱۰ نانومتر به ازای شعاع خمش۱۳میلی‌متر ۹۰

شکل ۴-۲۵: بررسی میزان افت بر حسب عکس مجذور شعاع خمش به ازای طول‌موج ۱۵۲۹ نانومتر برای تار SM و NZ ۹۰

شکل ۴-۲۶: مقدار افت بر حسب عکس مجذور شعاع خمش به ازای طول‌موج ۱۶۱۰ نانومتر برای تارهای SM و NZ ۹۱

شکل ۴-۲۷:میزان افت بر حسب تعداد دور برای شعاع‌های ۴ تا ۱۵ میلی‌متر به ازای طول‌موج ۱۵۲۹نانومتر برای تار SM ۹۲

شکل ۴-۲۸: میزان افت بر حسب تعداد دور برای شعاع‌های ۴ تا ۱۵ میلی‌متر به ازای طول‌موج ۱۶۱۰ نانومتر برای تار SM ۹۳

شکل ۴-۲۹:میزان افت بر حسب تعداد دور برای شعاع‌های ۴ تا ۱۵ میلی‌متر به ازای طول‌موج ۱۵۲۹ نانومتر برای تار NZ ۹۳

شکل ۴-۳۰:رفتار افت بر حسب تعداد دور برای شعاع‌های ۴ تا ۱۵ میلی‌متر به ازای طول‌موج ۱۶۱۰

فهرست جداول

جدول ۱-۱: تفاوت مشخصه‌های فیبر نوری در تارهای تک مد پله‌ای، چند مد پله‌ای، چند مد تدریجی و تارهای پلاستیکی ۱۴

جدول ۳-۱: مشخصه‌های تار تک مد استاندارد استفاده شده در این پژوهش ۶۶

جدول ۳-۲: مشخصه‌های تار استاندارد NZDSF استفاده شده در این پژوهش ۶۷

جدول ۳-۳: مشخصات DFB لیزر استفاده شده در این پژوهش ۷۰

جدول ۳-۴: مشخصات دتکتورهای دستگاه JDSU MAP ۷۱

مقدمه

سرعت تحولات و پیدایش فناوری‌های نوین، تنوع خدمات پیشرفته و تقاضای فزاینده برای این خدمات، لزوم استفاده بهینه از منابع مالی و انسانی و گسترش روز افزون بازار رقابت، موجب گردیده تا نگرش به صنعت مخابرات در مقایسه با سایر صنایع متفاوت باشد. این نگرش هوشمندانه مبین این واقعیت است که فناوری اطلاعات و ارتباطات، نیرو محرکه‌ی توسعه در همه ابعاد است و این مهم، ضرورت‌های توسعه را متجلی می‌گرداند. لذا شبکه‌های مخابراتی مبتنی بر فناوری‌های جدید در راستای پاسخ دهی به نیازهای ارتباطی برنامه‌های توسعه‌ی کشور و ایجاد شبکه یکپارچه مخابراتی توسعه پذیر و قابل انعطاف، سرعت بخشیدن به توسعه اقتصادی و اجتماعی و ارائه خدمات مورد نیاز جامعه در حد مطلوب، نقش مهمی را در توسعه‌ی کشور رقم می‌زند. در راستای نیل به اهداف ذکر شده نیاز به بستر مخابراتی با پهنای باند وسیع و مطمئن به خوبی احساس می‌شود.

دیر زمانی است که این مطلب که نور می‌تواند برای انتقال اطلاعات مورد استفاده قرار گیرد به اثبات رسیده است. در این راستا استفاده از فناوری فیبر نوری (مخابرات نوری) به جهت مزایای زیادی که نسبت به مخابرات الکترونیکی دارد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؛ به طوری که امروزه تقریبا بسیاری از ارتباطات راه دور از طریق سیستم‌های فیبر نوری انجام می‌گیرد. شبکه‌های فیبر نوری با پهنای باند زیاد، متشکل از بزرگراه‌هایی برای ارسال و دریافت بهنگام اطلاعات است؛ به گونه‌ای که بدون وجود این فناوری دقیق و حساس، امکان ارائه خدمات چند رسانه‌ای، میسر نیست. سرعت، دقت و تسهیل از مهم‌ترین ویژگی‌های مخابرات فیبر نوری می‌باشد. هم چنین آسانی انتقال سیگنال‌های حامل اطلاعات دیجیتالی، که قابلیت تقسیم بندی در حوزه زمانی را دارا است، از دیگر ویژگی‌های مخابرات فیبر نوری می‌باشد؛ بدین معنی که مخابرات دیجیتال تامین کننده پتانسیل کافی برای

استفاده از امکانات مخابره اطلاعات در پکیج های کوچک انتقال در حوزه زمانی است. همچنین پیشرفت لیزر به عنوان منبع نور بسیار قدرتمند، باعث فراگیر شدن این فناوری در عرصه‌ی مخابرات گردید، به طوری که طبق تخمین برخی از منابع، امروزه حدود ۶۰ تا ۸۰ درصد ارتباطات راه دور دنیا از طریق میلیون‌ها کیلومتر کابل فیبر نوری انجام می‌گیرد که در سراسر جهان کشیده شده است.

ویژگی‌های منحصر به فرد این فناوری، وسیع بودن پهنای باند و افت کمتر فیبرهای نوری در مقایسه با کابل‌های مسی باعث گردید که این فناوری برای اولین بار در سال ۱۳۶۰ در ایران مورد استفاده قرار گیرد. در این پروژه که با همکاری شرکت زیمنس آلمان انجام شد فاصله ۴۵ کیلومتری تهران-کرج به وسیله فیبری با افت ۰/۳۶ دسی بل بر کیلومتر در طول موج ۱۳۱۰ نانومتر به صورت کانالی کابل کشی شد. در ادامه‌ی فعالیت‌های پژوهشی که در این زمینه آغاز گردید مجتمع تولید فیبر نوری در پونک تهران تاسیس گردید و عملا در سال ۱۳۷۳ تولید فیبر نوری با ظرفیت ۵۰۰۰۰ کیلومتر در سال، در ایران آغاز شد[۱]. هم زمان، استفاده از کابل نوری در دیگر شهرهای بزرگ ایران نیز آغاز گردید تا در آینده نزدیک این شهرها از طریق یک شبکه ملی مخابرات نوری به یکدگر بپیوندند.

ضرورت استفاده از این فناوری و ویژگی منحصر به فرد کمتر بودن افت فیبر نوری در مقایسه با کابل مسی، بررسی عوامل تاثیر گذار بر افت فیبر نوری را اهمیت ویژه‌ای می‌بخشد، به طوری که با بررسی این عوامل و انجام تحقیقات می‌توان افت ناشی از این عوامل را تا حد زیادی بهبود بخشید. از جمله عوامل تاثیرگذار بر میزان افت، خمش‌های بزرگ می‌باشد که برای کاربردهای حساس به خصوص زمانی که خمش فیبر به عنوان کاوشگر اپتیکی کوچک عمل می‌کند، مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ لذا در این پژوهش سعی شده که با بررسی اثرات افت ناشی از خمش با شعاع‌های متفاوت و مقایسه این اثرات برای طول موج‌ها و انواع مختلف فیبر، رفتارهای تار، مورد بررسی قرار گیرد تا بدین وسیله گام کوچکی در روند بهینه سازی استفاده از فیبر نوری و توسعه‌ی مخابرات فیبر نوری برداشته شود.

۱- در حال حاضر تولید فیبر، به جهت انجام تحقیقات بیشتر در زمینه کیفیت فیبر، متوقف می باشد.

فصل اول:

مفاهیم علمی

۱-۱- مقدمه

برای برقراری ارتباط و انتقال پیام، وجود فرستنده و گیرنده و محیط انتشار ضروری است. در سیستمهای مخابراتی کابل بعنوان یکی از محیط‌های انتشار و انتقال اطلاعات، از فرستنده به گیرنده به شمار می‌رود. بشر از مدتها پیش ایده استفاده از کابل‌های دیگر بجای کابل فلزی را در سر می‌پروراند و برای جایگزینی سیستم کم هزینه، اما دارای کیفیت بهتر و کاربرد بیشتر، بستر شیشه و نور را برای ارسال اطلاعات ، راه حل منطقی و مناسبی یافت و در نهایت الیاف نوری را مناسب تر از کابل‌های فلزی تشخیص داد.

ایده استفاده از شیشه برای انتقال سیگنال مخابراتی برای اولین بار، توسط الکساندر گراهام بل پیشنهاد گردید. با این حال ۸۰ سال طول کشید تا این ایده با ایجاد شیشه های مناسب، به مرحله ساخت برسد. توسعه شبکه فیبرهای نوری و ادوات مرتبط با آن، در اوایل سال ۱۹۶۰ شروع شد و هم اکنون نیز با قوت ادامه دارد. لازم به ذکر است که تغییرات اساسی در دهه ۱۹۸۰ به وقوع پیوست. طی این دهه فناوری فیبر نوری به فناوری غالب در عرصه مخابرات تبدیل شد؛ چرا که با گسترش فناوری‌های اطلاعات، نیاز به محیط‌های انتقال هدایت شده که بتواند پهنای باند[1] بیشتری را هدایت کند به خوبی احساس می‌شد[۱]. پهنای باند بیشتر به معنای ارسال اطلاعات بیشتر یا سرعت بالاتر انتقال داده است. در حقیقت می‌توان گفت ظرفیت و سرعت دو دلیل اصلی استفاده از شبکه فیبرنوری می‌باشد. امروزه یک کابل مسی، انتقال داده را تنها با سرعت یک گیگابایت در ثانیه ممکن می‌سازد، در حالی که یک فیبرنوری به ضخامت تار مو، امکان انتقال‌های چندگانه را به طور همزمان، با سرعتی حتی بیشتر از ۱۰ گیگابایت در ثانیه به ما می‌دهد که این سرعت روز به روز افزایش می‌یابد.

در فیبرنوری از امواج نوری یا لیزری استفاده می‌شود که دارای فرکانس بسیار بالاتری نسبت به امواج ماکروویو می‌باشد؛ بنابراین می‌توان پهنای باند بیشتری را در اختیار داشت. در مخابرات هرچه فرکانس امواجی که می‌خواهیم اطلاعات را روی آن ارسال کنیم بیشتر باشد حجم بیشتری از اطلاعات را

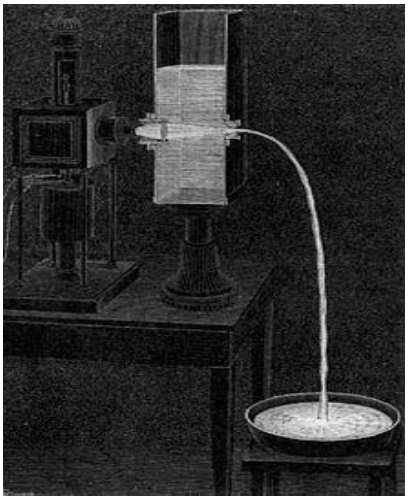
1-Broad band

می‌توانیم انتقال دهیم از این رو ارتباطات ماهواره‌ای، تنها فناوری است که می‌تواند با فیبرنوری، در زمینه انتقال داده‌ها، رقابت کند؛ اما از آنجایی که فرکانس لیزری که استفاده می‌شود از فرکانسی که در امواج ماهواره‌ای استفاده می‌شود بیشتر است، بنابراین داده‌های بیشتری از طریق فیبرنوری انتقال می‌یابد. هم‌اکنون با توجه به سرعت تولید علم و دانش، نیاز به افزایش سرعت تبادل اطلاعات بیشتر شده است، لذا دنیا به سمتی پیش می‌رود که از ابزاری استفاده کند که با ارائه پهنای باند بیشتر،کاربران بیشتری بتوانند به طور همزمان، به راحتی و با سرعت زیاد، اطلاعات در اختیار داشته باشند، از اینترنت استفاده نمایند؛ یا همزمان بتوانند به راحتی با موبایل یا تلفن صحبت کنند. فیبرنوری از فناوری‌هایی است که می‌تواند این امکان را فراهم کند.

در حال حاضر پروژه اتصال فیبر نوری منازل FTTH[1] در کشور در حال اجرا می باشد که طی آن با واگذاری فیبر نوری به درب منازل، توان انتقال انبوهی از اطلاعات به شکل بسیار کارآمدتری در اختیار کاربر قرار می گیرد. این پروژه، قابلیت استفاده همزمان از شبکه‌های صوت و تصویر و داده را برای کاربر فراهم می آورد، لذا کلیه خدمات از قبیل ارتباطات تلفنی، اینترنت پرسرعت، استفاده از کانال‌های تلویزیونی، ویدئو کنفرانس، تلفن تصویری و... تنها با واگذاری یک رشته تار به درب منازل امکان پذیر می‌باشد.

۱-۲- تاریخچه فیبر نوری

اگر چه امروزه فناوری فیبر نوری به صورت گسترده در این دنیای مدرن، به کار گرفته می‌شود، اما ساختاری به نسبت ساده دارد. هدایت نور به وسیله بازتاب کلی که در واقع اساس کار فیبر نوری می‌باشد، برای اولین بار در اوایل دهه ۱۸۴۰ توسط کلیدون و بابینت[2] در پاریس مطرح شد. دوازده سال بعد تیندال[3] در سخنرانی خود در لندن تفسیر کاملی از آن را ارائه داد[۲]. وی همچنین در سال ۱۸۷۰ در مقدمه کتاب خود در مورد ماهیت بازتابش کلی نور می‌نویسد: زمانی که نور از هوا به درون آب وارد می‌شود پرتو شکسته شده به خط عمود بر سطح نزدیک می‌شود... زمانی که این پرتو از درون آب وارد هوا می‌شود، از خط



شکل ۱-۱: عبور نور از درون باریکه‌ی آب اولین بار توسط دنیل کلیدون مطرح شد. توضیح کامل این پدیده بعدها در مقاله‌ای در سال ۱۸۸۴ توسط خود ایشان ارائه گردید.

1-Fiber To The Home
2-Daniel Colladon and Jacques Babinet
3-John Tyndall