بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه تربیت مدرّس

دانشکده برق و کامپیوتر

پایان‌نامه دوره‌ی کارشناسی ارشد

مهندسی برق-مخابرات

گرایش سیستم

عنوان

تخصیص منابع در شبکه‌های بی‌سیم چندپرشی مبتنی بر OFDM

نگارش

الهام پازوکی

استاد راهنما:

دکتر کیوان نوایی

بهمن

۱۳۸۹

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

خانم الهام پازوکی پایان نامه ۹ واحدی خود را با عنوان **تخصیص منابع درشبکه های بی سیم چند پرشی مبتنی برفن آوری OFDM** در تاریخ ۱۳۸۹/۱۱/۲۷ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده، پذیرش آنرا برای اخذ درجه کارشناسی ارشد مخابرات پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر کیوان نوایی	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر حمید سعیدی	استادیار	
استاد ناظر	دکتر پاییز عزمی	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر علی الفت	استادیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر حمید سعیدی	استادیار	

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه،دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد/ رساله دکتری نگارنده در رشته **مخابرات سیستم** است که در سال **۱۳۸۹** در دانشکده **برق و کامپیوتر** دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم/جناب آقای **دکترکیوان نوایی**، مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر و مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب **الهام پازوکی** دانشجوی رشته **مخابرات سیستم** مقطع **کارشناسی ارشد** تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: **الهام پازوکی**

تاریخ و امضا: ۸۹/۱۲/۲۷

آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب، نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین نامه های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

«اینجانب **الهام پازوکی** دانشجوی رشته **مخابرات سیستم** ورودی سال تحصیلی **۸۸-۸۷** مقطع **کارشناسی ارشد** دانشکده **برق و کامپیوتر** متعهد می شوم کلیه نکات مندرج در آئین نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته های علمی مستخرج از پایان نامه / رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین نامه فوق الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هر گونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله بر اساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدینوسیله حق هر گونه اعتراض را از خود سلب نمودم»

امضا: **الهام پازوکی**

تاریخ: ۸۹/۱۱/۲۷

این پایان‌نامه با حمایت و پشتیبانی مرکز تحقیقات مخابرات ایران انجام شده است. بدین وسیله از حمایت‌های آن مرکز تشکر و قدردانی می‌گردد.

این پروژه را مدیون پدر و مادر مهربان و برادر عزیزم می‌باشم که در تمام مراحل زندگی حامی و پشتیبان من بوده‌اند و همواره انگیزه لازم را برای تحقیق و پژوهش در من ایجاد نموده‌اند.

بر خود لازم می‌دانم که از استاد محترم آقای دکتر نوایی به دلیل حمایت‌های همه جانبه ایشان در انجام پروژه مذکور قدردانی نمایم.

چکیده

سیستم‌های رله توجه زیادی را در سال‌های اخیر به خود جلب نموده‌اند زیرا این سیستم‌ها قادرند تقاضای کاربران برای نرخ‌های بالاتر، کیفیت سرویس بهتر و محدوده پوشش‌دهی بالاتر را با هزینه و پیچیدگی کمتر برآورده سازند. سیستم‌های رله معمولا بر اساس مالتی‌پلکس فرکانسی متعامد می‌باشند زیرا در این حالت محوشدگی چندمسیرگی را از بین می‌برند و تقاضای کاربران را با تخصیص مناسب منابع برآورده می‌سازند. اگرچه برای آن‌که بتوان از مزیت‌های رله به بهترین نحو استفاده کرد، بایستی منابعی از جمله توان، زمان و زیرحامل‌ها به صورت بهینه‌ای مدیریت شوند. در این گونه سیستم‌ها پیچیدگی تخصیص منابع به علت غیرمحدب بودن مسئله بهینه‌سازی است که دلیل آن ارتباط متقابل منابع از طریق رله‌ها می‌باشد. این پایان‌نامه تخصیص منابع را به منظور ماکزیمم نمودن کارآیی طیفی بررسی می‌نماید و همچنین فرض می‌شود که سیستم، رله کردن کدبرداری و ارسال را بکار می‌برد. ابتدا مسئله اصلی را به مسئله‌ای محدب در توان و زمان فریم تبدیل می‌کنیم. سپس با استفاده از این خاصیت، حل فرم‌بسته‌ای برای توان برای حالتی که تخصیص زمان فریم یکنواخت است بدست می‌آوریم. در نهایت با استفاده از این حل فرم‌بسته و محدب بودن مسئله در زمان فریم، الگوریتمی برای تخصیص توان و زمان فریم بدست می‌آید. فرمول بندی مسئله امکان استفاده از ضرائب لاگرانژ را برای حل آن ممکن می‌سازد که روش ارائه شده را قابل ارتقاء برای مدل‌های دیگر رله‌کردن چندپرشی ممکن می‌سازد. سپس به شبیه‌سازی‌های مربوطه با الگوریتم معرفی شده برای دو مدل رله‌کردن پرداختیم و تأثیر تخصیص بهینه منابع را بر کارآیی طیفی بررسی نمودیم.

کلمات کلیدی: سیستم‌های چندپرشی، مالتی پلکس فرکانسی متعامد، تخصیص منابع، رله کردن کدبرداری و ارسال.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست علایم و نشانه‌ها ..... د
فهرست جدول‌ها ..... ه
فهرست شکل‌ها ..... و

فصل ۱- مقدمه ۱
۱-۱- پیشگفتار ۱
۱-۲- مروری بر مفهوم رله کردن ۲
۱-۳- مروری بر مفهوم OFDM ۴

فصل ۲- مروری بر منابع مطالعاتی ۹
۲-۱- مقدمه ۹
۲-۲- مروری بر منابع مطالعاتی ۱۰
۲-۳- خلاصه ای از پایان نامه ۱۳

فصل ۳- سیستم رله: مفاهیم اصلی و مدل کلی ۱۷
۳-۱- مقدمه ۱۷
۳-۲- مقدمه کانال رله در مفهوم ابتدایی: کانال رله بدون حافظه گسسته ۱۷
۳-۳- کانال دوپرشی ساده ۲۱
۳-۴- سیستم های رله دو پرشی در حالت کلی ۲۴

فصل ۴- الگوریتم تخصیص منابع برای ساختارفریم۱ ..... ۲۶
۴-۱- مقدمه ۲۶
۴-۲- فرمول بندی مسئله در حالت تک کاربره ۲۷
۴-۲-۱- بررسی مسئله در حالت محدودیت توان جداگانه ۲۸
۴-۲-۱-۱- الگوریتم تخصیص توان بهینه ۲۹
۴-۲-۱-۲- الگوریتم تخصیص زمان فریم بهینه ۳۵
۴-۲-۲- بررسی مسئله در حالت محدودیت توان کل ۳۷
۴-۲-۲-۱- الگوریتم تخصیص توان بهینه ۳۷
۴-۲-۲-۲- الگوریتم تخصیص زمان فریم بهینه ۴۰
۴-۳- فرمول بندی مسئله در حالت چند کاربره ۴۰
۴-۴- جاگذاری رله ها ۴۳
۴-۵- نتایج شبیه سازی ۴۵

۴-۶- نتیجه گیری ۵۱

فصل ۵- الگوریتم تخصیص منابع برای ساختارفریم۲ ۵۳

۵-۱- مقدمه ۵۳

۵-۲- مدل سیستم و فرمولبندی مسئله ۵۴

۵-۳- تخصیص زیرحامل ها ۵۶

۵-۳-۱- الگوریتم MISSNR ۵۷

۵-۳-۲- الگوریتم MISSNR وزوج نمودن زیرحامل ها ۵۷

۵-۴- الگوریتم ۱: تخصیص توام توان و زمان فریم ۵۸

۵-۴-۱- محاسبه ضرائب لاگرانژ ۶۰

۵-۴-۲- تخصیص توان و زمان فریم ۶۲

۵-۵- الگوریتم ۲: حل مسئله تخصیص توان و زمان فریم در دو مسئله جداگانه ۶۲

۵-۶- نتایج شبیه سازی ۶۶

۵-۷- نتیجه گیری ۷۲

فصل ۶- نتیجه گیری ۷۴

فهرست مراجع ۷۷

واژه نامه‌ی فارسی به انگلیسی ۸۲

واژه نامه‌ی انگلیسی به فارسی ۸۴

فهرست علایم و نشانه‌ها

عنوان	علامت اختصاری
نمای افت مسیر	α
طول موج	λ
فاصله مرجع	d_0
فاصله مبدأ تا مقصد	d
کل پهنای باند	ω
تعداد کل زیرحامل‌ها	N
کل توان ارسالی	P_{Total}
کل توان ایستگاه مرکزی	P_{Base}
کل توان رله	P_R
زمان ارسال پرش k	m_k
زمان ارسال رله i در پرش k	$m_{i,k}$
زمان ارسال رله i	m_i
مجموعه زیرحامل‌ها	Ω
نرخ	r
توان نویز	N_0

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱: پارامتر ها و توصیف آن ها ۲۴
جدول ۴-۱: پارامتر ها و توصیف آن ها ۲۸
جدول ۴-۲: بدست آوردن ضرائب لاگرانژ ۳۳
جدول ۴-۳: روشی ساده برای بدست آوردن m_i ۳۶
جدول ۴-۴: پارامتر ها و توصیف آن ها ۳۷
جدول ۴-۵: بدست آوردن ضرائب لاگرانژ ۳۹
جدول ۴-۶: پارامترهای شبیه سازی ۴۴
جدول ۵-۱: پارامترها و توصیف آن ها ۵۶
جدول ۵-۲: بدست آوردن ضرائب لاگرانژ ۶۴
جدول ۵-۳: روشی ساده برای بدست آوردن m_k ۶۵
جدول ۵-۴: پارامترهای شبیه سازی ۶۶

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱: محدوده پوشش دهی کاربر با استفاده از رله ۳
شکل ۱-۲: کانال بدون تداخل بین سمبلی ۵
شکل ۱-۳: کانال دارای تداخل بین سمبلی ۵
شکل ۱-۴: کانال فرکانس گزین تحت سیستم چندحاملی ۸
شکل ۳-۱: مدل کانال رله ۱۸
شکل ۳-۲: سیستم رله دو پرشی در حالت کلی ۲۱
شکل ۳-۳: سیستم رله دو پرشی مورد بررسی ۲۳
شکل ۴-۱: ساختار فریم ۲۷
شکل ۴-۳: تابع خطا در t_1، convex می باشد. ۳۴
شکل ۴-۳: تابع خطا در t_0، convex می باشد. ۳۴
شکل ۴-۴: ساختار فریم ۴۱
شکل ۴-۵: مدل های مختلف کانال دو پرشی ۴۴
شکل ۴-۶: مقایسه کارآیی طیفی (محدودیت توان جداگانه) ۴۶
شکل ۴-۷: کارآیی طیفی برای نسبت های مختلف تخصیص زمانی ۴۷
شکل ۴-۸: مقایسه کارآیی طیفی (محدودیت توان کل) ۴۸
شکل ۴-۹: مقایسه کارآیی طیفی (محدودیت توان کل) ۴۹
شکل ۴-۱۰: مقایسه کارآیی طیفی در جاگذاری های مختلف رله ۵۰
شکل ۵-۱: ساختار فریم ۵۴
شکل ۵-۲: مقایسه کارآیی طیفی برای الگوریتم های مختلف تخصیص ۶۸
شکل ۵-۳: مقایسه کارآیی طیفی برای الگوریتم های مختلف تخصیص ۶۸
شکل ۵-۴: کارآیی طیفی برای تعداد مختلف کاربران ۶۹
شکل ۵-۵: کارآیی طیفی بر ای نسبت های زمانی مختلف ۷۰
شکل ۵-۶: کارآیی طیفی بر ای نسبت های زمانی مختلف ۷۰
شکل ۵-۷: مقایسه کارآیی طیفی در جاگذاری های مختلف رله ۷۱

فصل ۱- مقدمه

۱-۱- پیشگفتار

درآغازدوره ارتباطات بی‌سیم، وسیله‌ای به نام پیجر در سال۱۹۵۶ ساخته شد. این وسیله به منظور اطلاع موقعیت‌های اضطراری به پزشکان مورد استفاده قرار می‌گرفت. تا مدت‌ها پیجر مهمترین وسیله‌ای بود که در ارتباطات بی‌سیم به کار برده می‌شد تا زمانی که سیستم‌های تلفن در اواخر سال ۱۹۹۰ مورد توجه قرار گرفتند [۱]. سیستم‌های پیجینگ یک پیغام کوتاه به عنوان مثال یک پیغام متنی یا شماره تلفن را از کاربری که درخواست ایجاد ارتباط داشت ارسال می‌کردند. این سیستم‌ها محدوده وسیعی را با هزینه پایین مورد پوشش قرار می‌دادند. دریافت‌کننده‌ها نیز در این سیستم‌ها طول عمر باتری بالایی داشته و بسیار سبک می‌بودند. اما به هرحال در این سرویس پس از دریافت یک پیغام متنی، دریافت-کننده می‌بایست از شبکه سیمی با ارسال‌کننده ارتباط برقرار کند و بنابراین این سرویس همچنان نیاز به شبکه سیمی داشت. در این زمان بود که مشترکان به یک سرویس ارتباطی موبایل زمان حقیقی[1] دوطرفه نیاز پیدا کردند.

این سیستم ارتباطی موبایل تنها می توانست ۵۴۵ کاربر را در نیویورک تحت پشتیبانی داشته باشد. این بدان معنی است که بیشتر مردم قادر به استفاده از این سرویس نبودند و این سرویس تقاضای کاربران را برای دسترسی مستقیم به اطلاعات برآورده نمی‌نمود. برای حل این موضوع آزمایشگاه های AT & T bell روی مفهوم سلولی کار کردند. بر اساس این مفهوم توان سیگنال ارسالی متناسب با فاصله کاهش یافته و بنابراین کاربرانی که به حدکافی از هم دور هستند می‌توانند از باند فرکانسی یکسانی

[1] Real time

استفاده کنند[۲]. این مفهوم سلولی به طرز چشمگیری باعث افزایش ظرفیت سیستم‌های بی‌سیم شد و بنابراین این سیستم‌ها توانستند تعداد بالایی از کاربران را تحت پوشش قرار دهند. اما همچنان با گذشت زمان، خواسته‌های کاربران نیز در حال افزایش است. آن‌ها می‌خواهند به رسانه‌های مختلف از جمله پخش زنده سینما و موسیقی و به سرویس‌هایی از جمله اینترنت و ایمیل، در هر زمان، هر مکان و با هزینه پایین دسترسی داشته باشند. سیستم‌های کنونی به سختی می‌توانند تقاضاهای کاربران را به طور همزمان برآورده سازند زیرا سیستم‌های کنونی تنها برای سرویس‌های صدا که احتیاج به نرخ داده پایین دارند مناسب می‌باشند اما سرویس‌های جدید احتیاج به چند صد یا هزار برابر نرخ بالای بیشتری دارند.

در نتیجه سیستم‌هایی نیاز است که بتواند نرخ داده بالاتر را با کیفیت سرویس (QOS)[1] بهتر در محدوده پوشش دهی بالاتر با هزینه و پیچیدگی کمتری پشتیبانی نمایند. به علاوه هدف اصلی آن است که این سیستم‌ها با کمترین استفاده از منابع از جمله توان، پهنای باند و زمان به موارد ذکر شده دست یابند.

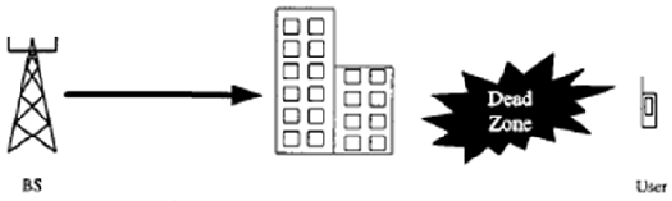
برای رسیدن به این هدف راه حل‌های زیادی مورد بررسی قرار گرفته است و از این میان سیستم‌های رله مبتنی برمالتی‌پلکس فرکانسی متعامد (OFDM)[2]، به علت کارایی بالا و سادگی گزینه مناسبی می‌باشند.

۱-۲- مروری بر مفهوم رله کردن

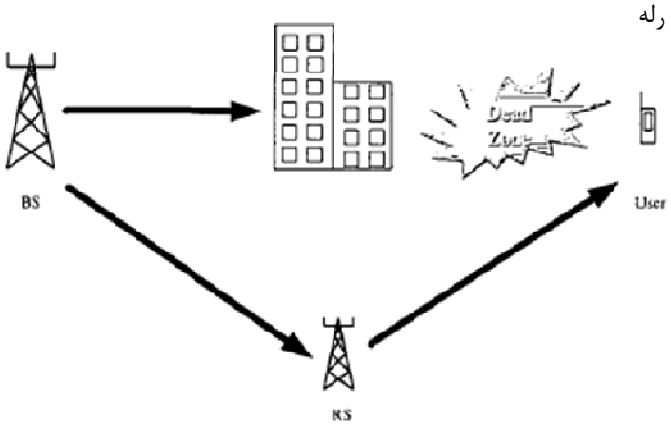
در این قسمت مفهوم رله‌کردن را به ساده‌ترین حالت توضیح می‌دهیم. در شکل ۱-۱ سیستم رله را با سیستم‌های معمول مقایسه کرده است. همان‌طورکه در شکل دیده می‌شود یک کاربر در ناحیه بدون پوشش[3]، که توسط موانع از جمله ساختمان ها و کوه‌هاو... ایجاد می گردد، قرار گرفته است.

[1] Quality-Of-Service
[2] Orthogonal Frequency Division Multiplexing
[3] Dead zone

الف. سیستم بدون رله



ب. سیستم رله



شکل ۱-۱: محدوده پوشش دهی کاربر با استفاده از رله

برای این مورد در سیستم‌های معمول، امکان ایجاد هیچ‌گونه مسیر مستقیم بین ایستگاه مرکزی (BS)[1] و کاربر نمی‌باشد اما در سیستم‌های رله، BS با کاربر از طریق ایستگاه رله (RS)[2] ارتباط برقرار می-نماید. معمولا کانال بین BS و RS کانال مسیر مستقیم (LOS)[3] است که گین آن بسیار بیشتر از کانال با محوشدگی عمیق[4] می‌باشد. بنابراین سیستم‌های رله می‌توانند نرخ دادهٔ بالا را با QOS بهتر پشتیبانی

[1] Base Station
[2] Relay Station
[3] Line-Of-Sight
[4] Deep fading

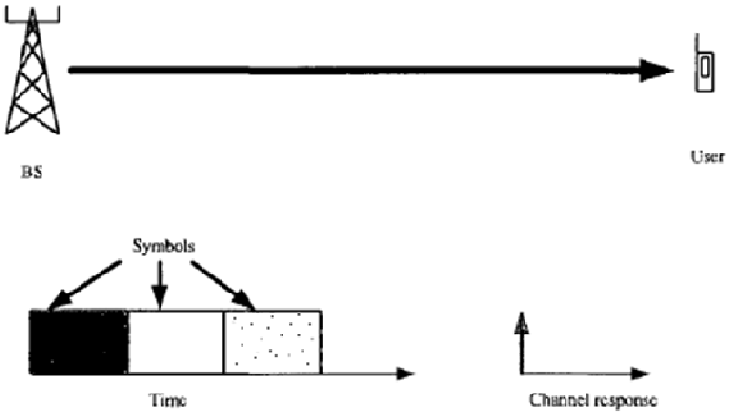
نمایند. در بیشتر سیستم‌های رله کانال رله LOS می‌باشد که برای ارسال مقدار دادهٔ یکسان، نیاز به توان ارسالی کمتری نسبت به کانال محوشدگی بدون رله دارا می‌باشد. بنابراین سیستم‌های رله محدوده پوشش‌دهی وسیعتری دارند. از آن جاییکه تنها تفاوت سیستم‌های رله با سیستم‌های معمول وجود RSها می‌باشد، این سیستم‌ها می‌توانند بدون تغییر زیاد از سیستم‌های موجود ساخته شوند و بنابراین بسیار مقرون به صرفه و کارا می‌باشند.

در شبکه‌های رله چند پرشی، داده بین BS و کاربر از طریق چندین RS تحویل داده می‌شود. در این جا ما فرض می‌کنیم ارسال از طریق دو پرش می‌باشد و کاربران در محدوده پوشش دهی BS نمی‌باشند. در واقع یک RS برای BS همانند یک کاربر و برای کاربران همانند یک BS عمل می‌کند.

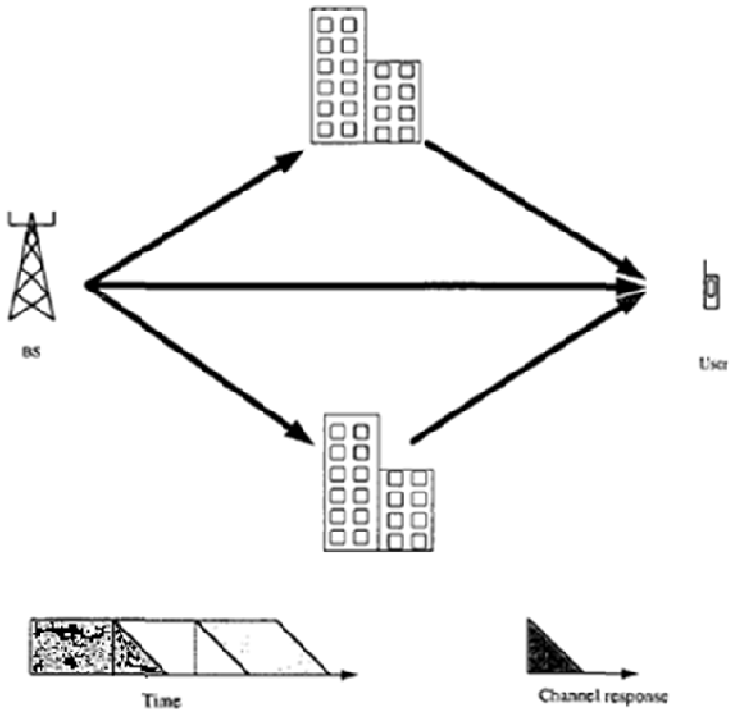
۱-۳- مروری بر مفهوم OFDM

شکل۱-۲ ارتباط بی‌سیم را در ساده‌ترین حالت نشان می‌دهد. از آن جائیکه تنها یک مسیر بین BS و کاربر وجود دارد پاسخ ضربه کانال به صورت تک پالسی است. در این حالت کاربر نسخهٔ بدون اعواجی از سمبل اصلی دریافت کرده و می‌تواند به درستی پیغام را دیکد نماید. اما در عمل به علت وجود موانع از جمله ساختمان‌ها وکوه‌ها و... مسیرهای زیادی بین BS و کاربر وجود دارد. هنگامی که پهنای‌باند سیگنال بیشتر از پهنای‌باند همدوسی کانال می‌باشد یا هنگامی که تاخیر انتشار نسبتا بزرگتر از طول دوره سمبل(معکوس پهنای‌باند سیگنال) می‌باشد، این چندمسیرگی موجب تخریب و اعوجاج زیادی در سمبل‌های ارسالی می‌گردد که تداخل بین سمبلی (ISI)[1] نامیده می‌شود.

[1] Inter Symbol Interference



شکل ۱-۲: کانال بدون تداخل بین سمبلی



شکل ۱-۳: کانال دارای تداخل بین سمبلی

شکل۱-۳، کانال دارای ISI را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل نیز دیده می‌شود پاسخ ضربه کانال تک‌پالس نیست و سمبل دریافتی با سمبل‌های مجاور اعوجاج یافته است. بنابراین چنانچه کدبردار[1] هیچ روشی را برای از بین بردن ISI بکار نبرد بازیابی سمبل‌های اصلی بسیار پیچیده خواهد بود. چند مسیرگی به علت تغییر فاصله نسبی بین کاربر و پراکنده‌کننده‌ها خصوصیت تغییرپذیری با زمان را برای کانال ایجاد می‌نماید. بنابراین چنانچه سمبل یکسانی دوبار ارسال گردد، ممکن است سمبل‌های دریافتی متفاوت باشند. برای دریافت‌کننده نیز از بین بردن خصوصیت تغییرپذیری با زمان مشکل می باشد. سه روش برای از بین بردن ISI وجود دارد: طیف باند پهن[2]، متعادل سازی[3] و مدولاسیون چند حاملی[4]. طیف باند پهن، پهنای باند سیگنال را حدوداً ۱۰۰۰-۱۰ برابر افزایش می‌دهد. متعادل سازی، نیز باعث افزایش نویز می‌گردد بنابرین طراحان سیستم باید بین افزایش نویز و از بین بردن ISI تعادل ایجاد نمایند. اگرچه این دو روش می‌توانند راه حل‌هایی برای ازبین بردن ISI باشند، اما مدولاسیون چند حاملی مناسب‌ترین گزینه در ارتباطات نسل بعد می‌باشد که علت آن در ادامه توضیح داده خواهد شد.

در سیستم‌های چند حاملی هنگامی که تعداد زیرحامل‌ها به اندازه کافی زیاد باشد ISI حذف می-گردد که دلیل آن واضح است. هنگامی که کانال به تعداد زیادی زیرحامل تقسیم می‌گردند، بیت‌ها با نرخ دادهٔ بسیار پایین‌تر از طریق این زیرحامل‌ها ارسال می‌شوند. تعداد این زیرحامل‌ها نیز به صورتی انتخاب می‌گردد که پاسخ فرکانسی هر زیرکانال هموار[5] می‌باشد. در گذشته سیستم‌های چندحاملی سیستم‌های پیچیده‌ای برای پیاده‌سازی بودند اما امروزه به علت پیشرفت روش‌های پردازش سیگنال دیجیتال،

[1] Decoder
[2] Spread spectrum
[3] Equalization
[4] Multi-carrier modulation
[5] Flat