دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان‌نامه کارشناسی ارشد در رشته‌ی مهندسی برق - مخابرات (سیستم)

مقایسه‌ی پروتکل‌های AF و DF در سیتم‌های مخابرات مشارکتی

به کوشش:

علی عسگری فروشانی

استادان راهنما:

دکتر مهرزاد بیغش

دکتر سعید گازر

شهریورماه ۱۳۹۱

بسم الله الرحمن الرحيم

به نام خدا

اظهارنامه

اینجانب علی عسگری فروشانی به شماره دانشجویی ۸۸۰۶۵۸ دانشجوی کارشناسی ارشد رشته‌ی برق گرایش مخابرات سیستم دانشکده‌ی برق و کامپیوتر اظهار می‌کنم که این پایان‌نامه حاصل پژوهش خودم بوده و در جاهایی که از منابع دیگران استفاده کرده‌ام، نشانی دقیق و مشخصات کامل آن را نوشته‌ام. هم‌چنین اظهار می‌کنم که تحقیق و موضوع پایان‌نامه‌ام تکراری نیست و تعهد می‌نمایم که بدون مجوز دانشگاه دستاوردهای آن را منتشر ننموده و یا در اختیار دیگران قرار ندهم. کلیه‌ی حقوق این اثر مطابق با آیین‌نامه‌ی مالکیت فکری و معنوی متعلق به دانشگاه شیراز است.

علی عسگری فروشانی
۱۳۹۱/۰۶/۲۶

پیشکش

پدر و مادر دلسوز و فداکارم

و

همدم و یار مهربانم مریم عزیز

سپاسگزاری

سپاس ایزد پاک را که لطف بی‌کرانش در همه حال ما را شامل می‌شود. اکنون که به لطف خدا و کمک و همراهی عزیزان توانسته‌ام این پایان‌نامه را به سرانجام برسانم سزاوار است از کسانی که مرا در این راه همراه بوده‌اند سپاسگزاری نمایم.

از استاد گرامی، جناب آقای دکتر مهرزاد بیغش که دوستانه و در نهایت بردباری راهنما و همراه من در انجام این پایان نامه بودند کمال قدردانی و سپاسگزاری را می‌نمایم. ایشان نه تنها استاد بلکه یک الگو برای زندگی من هستند.

از استاد ارجمند، جناب آقای دکتر سعید گازر که در نهایت متانت و بزرگواری با راهنمایی‌های نغض و خردمندانه‌ی خود مرا راهنمایی و همراهی نمودند صمیمانه قدردانی و سپاسگزاری می‌نمایم. آرزومندم فرصت علم آموزی بیشتری در کنار ایشان را داشته باشم.

همچنین از استادان مشاور گرامی، جناب آقای دکتر جمشیدی و جناب آقای دکتر کشاورز حداد به خاطر لطف و راهنمایی‌های کارآمدشان کمال تشکر را دارم.

از پدر و مادر عزیزم، همسر مهربانم و خواهران دلسوزم که همیشه و در همه حال با کمال خودگذشتگی و صبوری همراه و پشتیبان من هستند نهایت سپاسگزاری و قدردانی را می‌نمایم.

از دوستان عزیزم به ویژه آقای محمد گیوری و آقای بهنام سلیمیان بخاطر کمک‌های بدون چشم‌داشتشان صمیمانه سپاسگزارم.

چکیده

مقایسه‌ی پروتکل‌های AF و DF در سیتم‌های مخابرات مشارکتی

به کوشش

علی عسگری فروشانی

در این پایان‌نامه ابتدا پروتکل‌های مخابرات مشارکتی به صورت مختصر معرفی شده و از لحاظ مرتبه‌ی دایورسیتی و احتمال خاموشی بایگدیگر مقایسه گشته‌اند. سپس نرخ خطای سمبل (SER) دو پروتکل مهم و پرکاربرد AF و DF، ابتدا در سیستم‌های مشارکتی تک‌رله و سپس در سیستم‌های مشارکتی چند رله مورد بررسی قرار گرفته و رابطه‌ی دقیق و تقریبی برای SER به دست آورده شده است. پروتکل معرفی شده‌ی DF در سیتم‌های مشارکتی چندرله دارای این عیب است که ترتیب رله‌ها قبل از ارسال مشخص هستند و در یکی از فازهای ارسال ممکن است کانال ارتباطی با رله‌ی بعدی ضعیف باشد ولی با رله‌ی دیگری مناسب باشد ولی چون ترتیب رله‌ها از قبل مشخص است، سیگنال به رله‌ی تعیین شده ارسال می‌گردد. برای رفع این مشکل یک پروتکل جدید معرفی و با شبیه‌سازی برتری آن نسبت به پروتکل قبلی در سناریوهای مختلف نشان داده شده است. در مقایسه‌های انجام شده بین پروتکل‌های AF و DF فرض شده مقصد و رله (رله‌ها) به طور دقیق از کانال‌ها اطلاع دارند ولی در عمل کانال‌ها تخمین زده می‌شوند و این تخمین‌ها همراه با خطا می‌باشند. در ادامه پروتکل‌های AF و DF با در نظر گرفتن خطای تخمین کانال، با استفاده از شبیه‌سازی با یکدیگر مقایسه شده‌اند. اضافه بر مقایسه‌ی کارآیی از نظر SER پروتکل‌های AF و DF در حضور خطای تخمین کانال، مقدار پایداری پروتکل‌های AF و DF نسبت به تغییرات خطا نیز در سناریوهای مختلف مقایسه شده‌اند. نتایج تئوری و شبیه‌سازی‌ها نشان دادند پروتکل DF در سیستم‌های مشارکتی تک رله و چند رله از نظر SER بهتر عمل می‌کند. بخصوص هنگامی‌که خطای تخمین کانال داشته باشیم این بهبود کارآیی قابل ملاحظه‌تر است .به عنوان مثال هنگامی‌که خطای تخمین کانال‌ها ۱۰٪ باشد، کارآیی پروتکل DF، از نظر SER در سیستم‌های تک‌رله بسته به نوع مدولاسیون و سناریوی به‌کار رفته حدود 0.7 dB تا 3.8 dB و در سیستم های چندرله حدود 1 dB تا 7 dB، بهتر از پروتکل AF می باشد. همچنین شبیه‌سازی‌ها نشان دادند در سیستم‌های تک‌رله وچندرله،هر دو، پایداری پروتکل DF در برابر تغییرات خطای کانال بیشتر از پروتکل AF است.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل ۱- مقدمه.....۲

۱-۱- مفهوم اساسی مخابرات مشارکتی.....۲

۱-۲- دایورسیتی در کانالهای بی‌سیم.....۴

۱-۲-۱- مرتبه‌ی دایورسیتی.....۴

۱-۲-۲- انواع دایورسیتی.....۴

۱-۳- روشهای سیگنالدهی در مخابرات مشارکتی.....۵

۱-۴- طرح کلی پایان‌نامه.....۷

فصل ۲- معرفی مختصر انواع پروتکلهای مخابرات مشارکتی.....۱۰

۲-۱- مقدمه.....۱۰

۲-۲- پروتکل‌های مشارکتی.....۱۱

۲-۲-۱- مدل سیستم ۱۱

۲-۲-۲- تعریف احتمال خاموشی.....۱۲

۲-۲-۳- پروتکل AF ثابت.....۱۳

۲-۲-۴- پروتکلDF ثابت.....۱۵

۲-۲-۵- پروتکل DF رله انتخابی.....۱۵

۲-۲-۶- پروتکل رله افزایشی.....۱۶

فصل ۳- بررسی کارآیی و مقایسه‌ی پروتکل‌های AF و DF در مخابرات مشارکتی تک‌رله‌ای.....۱۹

۳-۱- مقدمه.....۱۹

۳-۲- مدل سیستم.....۲۰

۳-۳-آنالیز SER برای پروتکل DF.....۲۲

۳-۳-۱- آنالیز فرم بسته‌ی SER.....۲۳
۳-۳-۲- باند بالایی و فرمول تقریبی برای SER در پروتکل DF.....۲۵
۳-۳-۳- اختصاص توان بهینه در پروتکل DF.....۲۷
۳-۳-۴- بررسی چند حالت خاص.....۳۰
۳-۳-۴-۱. حالت خاص اول:.....۳۰
۳-۳-۴-۲. حالت خاص دوم.....۳۱
۳-۳-۴-۳. حالت خاص سوم.....۳۱
۳-۴-آنالیز SER برای پروتکل AF.....۳۲
۳-۴-۱- آنالیز SER با استفاده از MGF.....۳۲
۳-۴-۲- عبارت سادهی MGF برای متوسط هارمونیکی.....۳۴
۳-۴-۳- به دست آوردن یک فرم بسته و یک فرمول تقریبی برای SER در پروتکل AF...۳۶
۳-۴-۴- اختصاص توان بهینه در پروتکل AF.....۳۹
۳-۵- مقایسه‌ی بهره ی مشارکتی پروتکل‌های AF و DF.....۴۰
۳-۶- نتایج شبیه‌سازی.....۴۴
۳-۶-۱- کارآیی پروتکل DF.....۴۴
۳-۶-۲- کارآیی پروتکل AF.....۴۸
۳-۶-۳- مقایسه‌ی کارآیی پروتکل‌های AF و DF.....۵۱
۳-۷- خلاصه مطالب مهم فصل.....۵۴

فصل ۴- بررسی کارآیی و مقایسه‌ی پروتکلهای AF و DF در مخابرات مشارکتی چند رله‌ای.....۵۷

۴-۱- مقدمه.....۵۷
۴-۲- پروتکل DF دو فازی برای سیستم‌های چند رله‌ای.....۵۷
۴-۲-۱- مدل سیستم.....۵۷
۴-۳- پروتکل DF (N+1) فازی برای سیستم‌های چندرله‌ای (پروتکل(C(m).....۵۸
۴-۳-۱- مدل سیستم.....۵۹
۴-۳-۲- آنالیز کارآیی فرمول دقیق SER.....۶۱
۴-۳-۳- بهدست آوردن یک فرمول تقریبی برای SER.....۶۴
۴-۳-۴- مرتبهی دایورسیتی و بهرهی مشارکتی.....۶۶
۴-۳-۵- اختصاص توان بهینه.....۶۸
۴-۴- پروتکل AF برای سیستم‌های چند رله‌ای.....۷۱
۴-۴-۱- مدل سیستم.....۷۱
۴-۴-۲- آنالیز فرمول دقیق SER و به دست آوردن یک فرمول تقریبی برای آن.....۷۲
۴-۴-۳- اختصاص توان بهینه برای پروتکل AF در سیستم‌های مشارکتی چند رله‌ای...۷۵

۴-۵- مقایسه‌ی پروتکل DF و AF در سیستم‌های مشارکتی چند رله.....۷۸
۴-۶- خلاصه مطالب مهم فصل.....۸۱
فصل ۵- معرفی یک پروتکل جدید برای سیستم‌های مخابرات مشارکتی چندرله.۸۴
۵-۱-مقدمه.....۸۴
۵-۲- معرفی پروتکل جدید.....۸۴
۵-۳- مقایسه‌ی پروتکل پیشنهادی با پروتکل C(1) ۸۵
۵-۴-مقایسه‌ی پروتکل پیشنهادی با سایر پروتکل‌ها.....۸۶
۵-۵-خلاصه مطالب مهم فصل.....۸۸
فصل ۶- مقایسه‌ی پروتکل‌های AF و DF با در نظر گرفتن خطای تخمین کانال...۹۰
۶-۱- مقدمه.....۹۰
۶-۲-مقایسه‌ی پروتکل‌های AF و DF بادر نظر گرفتن خطای تخمین کانال در سیستم‌های مشارکتی تک رله.....۹۰
۶-۳-مقایسه‌ی پروتکلهای AF و DF با در نظر گرفتن خطای تخمین کانال در سیستم‌های مشارکتی چند رله.....۹۹
۶-۴- خلاصه مطالب مهم فصل.....۱۰۶
فصل ۷- نتیجه‌گیری و پیشنهادها.....۱۰۸
۷-۱- نتیجه‌گیری.....۱۰۸
۷-۲- پیشنهادها برای ادامه‌ی کار.....۱۰۹
مراجع.....۱۱۰

فهرست شکل‌ها

عنوان صفحه

شکل ۱-۱: یک سیستم مخابرات مشارکتی ساده با 3 گره،S:گره فرستنده،R:گره رله،D:گره مقصد.....۳
شکل ۱-۲: روش های سیگنال دهی مخابرات مشارکتی.....۶
شکل ۲-۱: مدل یک سیستم مخابرات مشارکتی ساده.....۱۱
شکل ۳-۱: مدل سیستم مخابرات مشارکتی تک رله.....۲۱
شکل ۳-۲: مقایسه‌ی فرمول دقیق، باند بالایی و فرمول تقریبی SER ($\boldsymbol{\sigma^2_{s,d}=\sigma^2_{s,r}=\sigma^2_{r,d}=1}$، $N_0=1$ و $\boldsymbol{p_1 = p_2 = p/2}$).....۲۷
شکل ۳-۳: تغییرات SNR بر حسب $\boldsymbol{P_1/P}$ در سیستم مشارکتی با پروتکل DF.....۳۰
شکل ۳-۴: مقایسه‌ی فرمول تقریبی SER و مقدار شبیه‌سازی شده ($\boldsymbol{\sigma^2_{s,d}=\sigma^2_{s,r}=\sigma^2_{r,d}=1}$، $N_0=1$ و $\boldsymbol{p_2/p = 2/3, p_2/p = 1/3}$).....۳۹
شکل ۳-۵: مقایسه‌ی عملکرد سیستم از نظر SER با اختصاص توان مساوی و اختصاص توان بهینه در پروتکل DF با مدولاسیون BPSK ($\boldsymbol{\sigma^2_{s,r}=\sigma^2_{r,d}=1}$).....۴۵
شکل ۳-۶: مقایسه‌ی عملکرد سیستم از نظر SER با اختصاص توان مساوی و اختصاص توان بهینه در پروتکل DF با مدولاسیون BPSK ($\boldsymbol{\sigma^2_{s,r}=\sigma^2_{r,d}=10}$).....۴۶
شکل ۳-۷: مقایسه‌ی عملکرد سیستم از نظر SER با اختصاص توان مساوی و اختصاص توان بهینه در پروتکل DF با مدولاسیون QPSK ($\boldsymbol{\sigma^2_{s,r}=\sigma^2_{r,d}=1}$).....۴۷
شکل ۳-۸: مقایسه‌ی عملکرد سیستم از نظر SER با اختصاص توان مساوی و اختصاص توان بهینه در پروتکل DF با مدولاسیون QPSK ($\boldsymbol{\sigma^2_{s,r}=\sigma^2_{r,d}=10}$).....۴۷
شکل ۳-۹: مقایسه‌ی عملکرد سیستم از نظر SER با اختصاص توان مساوی و اختصاص توان بهینه در پروتکل AF با مدولاسیون BPSK ($\boldsymbol{\sigma^2_{s,r}=\sigma^2_{r,d}=1}$).....۴۸
شکل ۳-۱۰: مقایسه‌ی عملکرد سیستم از نظر SER با اختصاص توان مساوی و اختصاص توان بهینه در پروتکل AF با مدولاسیون BPSK ($\boldsymbol{\sigma^2_{s,r}=\sigma^2_{r,d}=10}$).....۴۹

شکل ۳-۱۱: مقایسه‌ی عملکرد سیستم از نظر SER با اختصاص توان مساوی و اختصاص توان بهینه در پروتکل AF با مدولاسیون QPSK ($\sigma_{s,r}^2=\sigma_{r,d}^2=1$)..... ۵۰
شکل ۳-۱۲: مقایسه‌ی عملکرد سیستم از نظر SER با اختصاص توان مساوی و اختصاص توان بهینه در پروتکل AF با مدولاسیون QPSK ($\sigma_{s,r}^2=\sigma_{r,d}^2=10$)..... ۵۰
شکل ۳-۱۳: مقایسه‌ی پروتکل DF و AF از نظر SER هنگام تخصیص بهینه‌ی توان در سیستم‌های مشارکتی با مدولاسیون BPSK ($\sigma_{s,r}^2=\sigma_{r,d}^2=1$)..... ۵۲
شکل ۳-۱۴: مقایسه‌ی پروتکل DF و AF از نظر SER هنگام تخصیص بهینه‌ی توان در سیستم‌های مشارکتی با مدولاسیون BPSK ($\sigma_{s,r}^2=\sigma_{r,d}^2=10$)..... ۵۳
شکل ۳-۱۵: مقایسه‌ی پروتکل DF و AF از نظر SER هنگام تخصیص بهینه‌ی توان در سیستم‌های مشارکتی با مدولاسیون QPSK ($\sigma_{s,r}^2=\sigma_{r,d}^2=1$)..... ۵۳
شکل ۳-۱۶: مقایسه‌ی پروتکل DF و AF از نظر SER هنگام تخصیص بهینه‌ی توان در سیستم‌های مشارکتی با مدولاسیون QPSK ($\sigma_{s,r}^2=\sigma_{r,d}^2=10$)..... ۵۴
شکل ۴-۱: مدل سیستم پروتکل DF دو فازی..... ۵۸
شکل ۴-۲: مدل سیستم مربوط به پروتکل C(1) ۶۰
شکل ۴-۳: مدل سیستم مربوط به پروتکل C(m) ۶۱
شکل ۴-۴: مقایسه‌ی مقدار تقریبی SER و مقدار شبیه‌سازی شده در پروتکل C(m) برای تعداد رله‌های مختلف ۶۷
شکل ۴-۵: مقایسه‌ی کارآیی پروتکل‌های C(1) و C(N-1) برای مدولاسیون‌های QPSK و 16-QAM..... ۶۸
شکل ۴-۶: مدل سیستم پروتکل AF براس سیستم‌های مشارکتی چند رله‌ای..... ۷۱
شکل ۴-۷: مقایسه‌ی مقدار تقریبی SER و مقدار شبیه‌سازی شده در مدولاسیون QPSK.... ۷۷
شکل ۴-۸: مقایسه‌ی مقدار تقریبی SER و مقدار شبیه‌سازی شده برای در مدولاسیون 16-QAM ۷۷
شکل ۴-۹: مقایسه‌ی اختصاص توان بهینه واختصاص توان مساوی در پروتکل AF ۷۸
شکل ۴-۱۰: مقایسی پروتکل DF دو فازی و AF در سیستم با مدولاسیون BPSK ($\sigma_{s,d}^2=\sigma_{s,r}^2=\sigma_{r,d}^2$=1, N=3)..... ۷۹
شکل ۴-۱۱: مقایسه‌ی پروتکل DF دو فازی و AF در سیستم با مدولاسیون BPSK ($\sigma_{s,d}^2=\sigma_{r,d}^2$=1, $\sigma_{s,r}^2$=10, N=3)..... ۸۰
شکل ۴-۱۲: مقایسه‌ی پروتکل DF دو فازی و AF در سیستم با مدولاسیون QPSK ($\sigma_{s,d}^2=\sigma_{s,r}^2=\sigma_{r,d}^2=1$, N=3)..... ۸۰
شکل ۴-۱۳: مقایسه‌ی پروتکل DF دو فازی و AF در سیستم با مدولاسیون QPSK ($\sigma_{s,d}^2=\sigma_{r,d}^2=1,\sigma_{s,r}^2=10$, N=3)..... ۸۱

شکل ۵-۱: مقایسه‌ی پروتکل پیشنهادی با پروتکل C(1) در مدولاسیون BPSK.....۸۵
شکل ۵-۲: مقایسه‌ی پروتکل پیشنهادی با پروتکل C(1) در مدولاسیون QPSK.....۸۶
شکل ۵-۳: مقایسه‌ی پروتکل پیشنهادی باسایر پروتکلها در مدولاسیون BPSK.....۸۷
شکل ۵-۴: مقایسهی پروتکل پیشنهادی باسایر پروتکلها در مدولاسیون BPSK.....۸۷
شکل ۶-۱: مقایسه‌ی پروتکل AF و DF در سیستم با مدولاسیون BPSK
($\sigma_{s,d}^2=\sigma_{s,r}^2=\sigma_{r,d}^2=1$).....۹۲
شکل ۶-۲: مقایسه‌ی پروتکل AF و DF در سیستم با مدولاسیون BPSK
($\sigma_{s,d}^2=\sigma_{r,d}^2=1,\sigma_{s,r}^2=10$).....۹۲
شکل ۶-۳: مقایسه‌ی پروتکل AF و DF در سیستم با مدولاسیون BPSK
($\sigma_{s,d}^2=\sigma_{s,r}^2=1,\sigma_{r,d}^2=10$).....۹۳
شکل ۶-۴: مقایسه‌ی پروتکل AF و DF در سیستم با مدولاسیون QPSK
($\sigma_{s,d}^2=\sigma_{s,r}^2=\sigma_{r,d}^2=1$).....۹۳
شکل ۶-۵: مقایسه‌ی پروتکل AF و DF در سیستم با مدولاسیون QPSK
($\sigma_{s,d}^2=\sigma_{r,d}^2=1,\sigma_{s,r}^2=10$).....۹۴
شکل ۶-۶: مقایسه‌ی پروتکل AF و DF در سیستم با مدولاسیون QPSK
($\sigma_{s,d}^2=\sigma_{s,r}^2=1,\sigma_{r,d}^2=10$).....۹۴
شکل ۶-۷: مقایسه‌ی پروتکل AF و DF در سیستم با مدولاسیون BPSK
($\sigma_{s,d}^2=\sigma_{s,r}^2=\sigma_{r,d}^2=1$).....۹۶
شکل ۶-۸: مقایسه‌ی پروتکل AF و DF در سیستم با مدولاسیون BPSK
($\sigma_{s,d}^2=\sigma_{r,d}^2=1,\sigma_{s,r}^2=10$).....۹۶
شکل ۶-۹: مقایسه‌ی پروتکل AF و DF در سیستم با مدولاسیون BPSK
($\sigma_{s,d}^2=\sigma_{s,r}^2=1,\sigma_{r,d}^2=10$).....۹۷
شکل ۶-۱۰: مقایسه‌ی پروتکل AF و DF در سیستم با مدولاسیون QPSK
($\sigma_{s,d}^2=\sigma_{s,r}^2=\sigma_{r,d}^2=1$).....۹۷
شکل ۶-۱۱: مقایسه‌ی پروتکل AF و DF در سیستم با مدولاسیون QPSK
($\sigma_{s,d}^2=\sigma_{r,d}^2=1,\sigma_{s,r}^2=10$).....۹۸
شکل ۶-۱۲: مقایسه‌ی پروتکل AF و DF در سیستم با مدولاسیون QPSK
($\sigma_{s,d}^2=\sigma_{s,r}^2=1,\sigma_{r,d}^2=10$).....۹۸
شکل ۶-۱۳: مقایسه‌ی پروتکل AF و DF در سیستم با مدولاسیون BPSK
($\sigma_{s,d}^2=\sigma_{s,r}^2=\sigma_{r,d}^2=1$).....۱۰۰
شکل ۶-۱۴: مقایسه‌ی پروتکل AF و DF در سیستم با مدولاسیون BPSK
($\sigma_{s,d}^2=\sigma_{r,d}^2=1,\sigma_{s,r}^2=10$).....۱۰۱

شکل ۶-۱۵: مقایسه‌ی پروتکل AF و DF در سیستم با مدولاسیون BPSK
($\sigma_{s,d}^2=\sigma_{s,r}^2=1,\sigma_{r,d}^2=10$)..... ۱۰۱
شکل ۶-۱۶: مقایسه‌ی پروتکل AF و DF در سیستم با مدولاسیون QPSK
($\sigma_{s,d}^2=\sigma_{s,r}^2=\sigma_{r,d}^2=1$)..... ۱۰۲
شکل ۶-۱۷: مقایسه‌ی پروتکل AF و DF در سیستم با مدولاسیون QPSK
($\sigma_{s,d}^2=\sigma_{r,d}^2=1,\sigma_{s,r}^2=10$)..... ۱۰۲
شکل ۶-۱۸: مقایسه‌ی پروتکل AF و DF در سیستم با مدولاسیون QPSK
($\sigma_{s,d}^2=\sigma_{s,r}^2=1,\sigma_{r,d}^2=10$)..... ۱۰۳
شکل ۶-۱۹: مقایسه‌ی پروتکل AF و DF در سیستم با مدولاسیون BPSK
($\sigma_{s,d}^2=\sigma_{s,r}^2=\sigma_{r,d}^2=1$)..... ۱۰۳
شکل ۶-۲۰: مقایسه‌ی پروتکل AF و DF در سیستم با مدولاسیون BPSK
($\sigma_{s,d}^2=\sigma_{r,d}^2=1,\sigma_{s,r}^2=10$)..... ۱۰۴
شکل ۶-۲۱: مقایسه‌ی پروتکل AF و DF در سیستم با مدولاسیون BPSK
($\sigma_{s,d}^2=\sigma_{s,r}^2=1,\sigma_{r,d}^2=10$)..... ۱۰۴
شکل ۶-۲۲: مقایسه‌ی پروتکل AF و DF در سیستم با مدولاسیون QPSK
($\sigma_{s,d}^2=\sigma_{s,r}^2=\sigma_{r,d}^2=1$)..... ۱۰۵
شکل ۶-۲۳: مقایسه‌ی پروتکل AF و DF در سیستم با مدولاسیون QPSK
($\sigma_{s,d}^2=\sigma_{r,d}^2=1,\sigma_{s,r}^2=10$)..... ۱۰۵
شکل ۶-۲۴: مقایسه‌ی پروتکل AF و DF در سیستم با مدولاسیون QPSK
($\sigma_{s,d}^2=\sigma_{s,r}^2=1,\sigma_{r,d}^2=10$)..... ۱۰۶

فهرست نشانه‌های اختصاری

AF	Amplify and Forward
AWGN	Additive White Guassian Noise
CC	Coded Cooperation
CDF	Cumulative Distribution Function
CDMA	Code Division Multiple Access
CF	Compress and Forward
CSI	Channel State Information
DF	Decode and Forward
FDMA	Frequency Division Multiple Access
MAC	Medium Access Control
MGF	Moment Genaration Function
MIMO	Multiple Input Multiple Output
MRC	Maximum Ratio Combiner
PDF	Probability Density Function
QoS	Quality of Sevice
SER	Symbol Error Rate
SNR	Signal to Noise Ratio
TDMA	Time Division Multiple Access

فصل اول

مقدمه

فصل ۱– مقدمه

۱–۱– مفهوم اساسی مخابرات مشارکتی

در "مخابرات مشارکتی"[۱] کاربران با به اشتراک گذاشتن منابع و هماهنگی برای ارتقاء کیفیت ارسال اطلاعات تلاش می‌کنند. ایده‌ی مخابرات مشارکتی به ویژه در محیط بی‌سیم که کانال‌های با کیفیت متفاوت و متغیر داشته، و با محدودیت انرژی و پهنای باند مواجه است، کاربرد فراوان دارد.کاربرانی که محوشوندگی عمیقی[۲]را در پیوند[۳] ارتباطی خود با مقصد تجربه می‌کنند با به کارگیری این نوع مخابرات می‌توانند از کیفیت بالای پیوند دیگر کاربران برای رسیدن به کیفیت خدمات (QoS)[۴] بهره ببرند. در حقیقت در این نوع مخابرات از دایورسیتی فضایی[۵] به منظور بهبود کیفیت ارسال و کاهش توان‌های ارسالی استفاده می‌شود [۱].

مخابرات مشارکتی روش نوینی است که از ایده‌ی به کارگیری طبیعت همه پخشی[۶] کانال-های بی‌سیم استفاده کرده و باعث می‌شود گره‌ها در یک مُد توزیعی[۷] با یکدیگر مشارکت نمایند و مخابره‌ی داده را انجام دهند و از همان منابعی بهره ببرد که در سیستم‌های چند ورودی چند خروجی[۸] (MIMO) برده می‌شود. با استفاده از این شیوه می‌توان ظرفیت سیستم مخابراتی[۹]، سرعت و کارآیی[۱۰] سیستم را افزایش داد. همچنین کاهش مصرف باتری و افزایش طول عمر شبکه[۱۱]، افزایش توان عملیاتی[۱۲] و گسترش ناحیه‌ی تحت پوشش انتقال[۱۳] از مزایای استفاده از روش مخابرات مشارکتی می باشد.

در ارسال مشارکتی از دو خصوصیت زیر استفاده می‌شود:

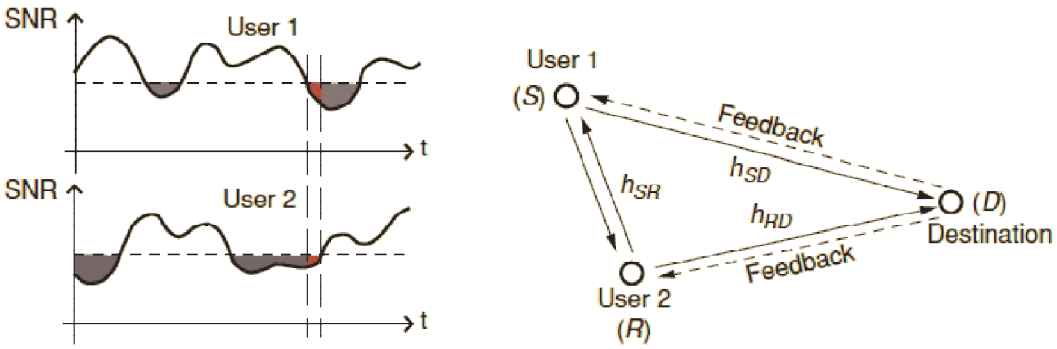
۱) استفاده از منابع چندین کاربر برای ارسال پیام یک منبع اطلاعات.

۲) ترکیب مناسب سیگنال‌های دریافتی از کاربران متفاوت در مقصد.

یک نمونه ساده از این نوع سامانه در شکل زیر نمایش داده شده است.

---

[1] Cooperative communication
[2] Deep fading
[3] Link
[4] Quality of Service
[5] Spatial diversity
[6] Broadcasting
[7] Distribution fashion
[8] Multiple Input-Multiple Output
[9] Communication capacity
[10] Performance
[11] Network lifetime
[12] Throughput
[13] Transmission coverage



شکل ۱-۱: یک سیستم مخابرات مشارکتی ساده با 3 گره،S:گره فرستنده،R:گره رله،D:گره مقصد[۱]

در شکل ۱-۱ کاربر ۱ پیام خود را برای مقصد و رله‌ی R می‌فرستد، رله‌ی R نیز سیگنال دریافتی از طریق کانال $h_{S,R}$ را دوباره برای مقصد D می‌فرستد. در اینجا فرض بر این است که کانال‌های $h_{S,D}$، $h_{S,R}$ و $h_{R,D}$ کانال‌هایی مستقل از یکدیگرند. وقتی که کانال یک فیدینگ[۱] عمیق را تجربه می‌کند، یعنی نسبت سیگنال به نویز[۲] (SNR) دریافتی کمتر از یک حد آستانه است؛ (در شکل این مناطق به صورت پررنگ نمایش داده شده است) اگر کاربران با رله کردن پیام هم‌دیگر، یک ارسال مشارکتی را انجام دهند، درصورتیکه کانال بین دو کاربر قابل اعتماد باشد؛ شکست ارسال فقط وقتی اتفاق می‌افتد که هر دو با کانال ضعیفی مواجه شوند و احتمال چنین رویدادی بسیار کمتر از زمانی است که کاربر ۱ به تنهایی سیگنال مورد نظر را برای مقصد D ارسال می‌کند.

اکثر راهبردهای مخابرات مشارکتی شامل دو مرحله کاری می‌شوند : مرحله هماهنگی[۳] و مرحلهٔ ارسال مشارکتی. علت نیاز به هماهنگی در این سامانه‌ها این است که بر خلاف سامانه-های چند ورودی چند خروجی[۴](MIMO)، آنتن‌های مشارکت کننده در یک پایانه قرار ندارند. گرچه مرحله هماهنگی شاید کمی بازده سیستم را پایین بیاورد، اما این هزینه با بهره‌ی بالای دایورسیتی خصوصاً در SNRهای بالا به خوبی جبران می‌شود. هماهنگی می‌تواند با ارتباط مستقیم کاربرهای مشارکت کننده و یا با گرفتن بازخورد از مقصد حاصل شود. بر مبنای اطلاعات بدست آمده درمرحله هماهنگی، کاربرهای مشارکت کننده، مرحله دوم ارسال مشارکتی برای پایین آمدن هزینه‌های ارسال را تعیین می‌کنند.

---

[1] Fading
[2] Signal to Noise Ratio
[3] Coordination
[4] Multiple Input-Multiple Output

۱-۲- دایورسیتی در کانال‌های بی‌سیم

یکی از روش‌های بهبود کیفیت ارسال در کانال‌های مخابراتی استفاده از تکنیک‌های مختلف دایورسیتی می‌باشد. دراین تکنیک‌ها، نسخه‌های مختلفی از سیگنال ارسالی به گیرنده می‌رسد و در گیرنده بسته به معیارهای مختلف از ترکیب کننده‌های گوناگونی برای ترکیب این سیگنال‌ها استفاده می‌گردد[۲].

یکی از انواع ترکیب کننده‌ها، MRC[1] است که معیار آن حداکثر شدن سیگنال به نویز در خروجی ترکیب کننده می‌باشد. MRC یک ترکیب کننده خطی است که به هر یک از سیگنال های دریافتی یک وزن اختصاص داده و آن‌ها را با یکدیگر جمع می‌کند، وزن هر یک از این سیگنال‌ها باید به گونه‌ای باشد که در پایان سیگنال به نویز خروجی حداکثر گردد. در ترکیب کننده MRC ، SNR خروجی برابر جمع SNR ورودی‌ها می‌باشد.

همان‌گونه که گفتیم انواع مختلفی از ترکیب کننده‌ها وجود دارد. نمونه‌ی دیگری از آن‌ها ترکیب کننده‌ی انتخابی است که از سیگنال‌های ورودی سیگنالی را انتخاب می‌کند که بهترین SNR را داشته باشد و یا ترکیب کننده‌ی آستانه‌ای که در آن اولین سیگنال ورودی که SNR آن از حد آستانه‌ی مشخصی بالاتر شد به عنوان خروجی انتخاب می‌گردد.

۱-۲-۱- مرتبه‌ی دایورسیتی

در هر روش دایورسیتی کارآیی سیستم بر اساس نرخ کاهش احتمال خطا با افزایش SNR در SNRهای بالا سنجیده می‌شود. اگر از مقیاس لگاریتمی هم برای احتمال خطا و هم برای SNR استفاده کنیم شیب نمودار احتمال خطا نسبت به SNR را مرتبه‌ی دایورسیتی می‌گویند.

۱-۲-۲- انواع دایورسیتی

۱- دایورسیتی زمانی: در این نوع دایورسیتی یک پیام در زمان‌های مختلف ارسال می‌گردد .

۲- دایورسیتی فرکانسی: در این نوع دایورسیتی یک پیام توسط حامل‌های مختلف و یا به عبارتی در فرکانس‌های مختلف ارسال می‌گردد.

۳- دایورسیتی فضایی: در این نوع دایورسیتی یک پیام از مسیرهای مختلف به گیرنده فرستاده می‌شود. یکی از روش‌هایی که از دایورسیتی فضایی بهره می‌برد، روش MIMO می‌باشد که در این روش در فرستنده و گیرنده، چندین آنتن نصب می‌گردد. بنابراین بین فرستنده و گیرنده مسیرهای مختلف ایجاد می گردد . نصب این آنتن‌ها باید به گونه‌ای باشد که از نظر فیدینگ کمترین همبستگی بین آن‌ها باشد .

[1] Maximal Ratio Combiner

۴- دایورسیتی مشارکتی: در روش MIMO مشکلی که وجود دارد این است که همیشه امکان نصب چندین آنتن روی فرستنده و گیرنده وجود ندارد. به خصوص هنگامی که کاربرها[1] کوچک و متحرک باشند،از طرفی مسیرهایی که توسط آنتن‌های مختلف ایجاد می‌گردد، به یکدیگر وابسته می‌باشند. در روش مخابرات مشارکتی به هر گره[2] به عنوان یک آنتن نگاه می‌شود و مانند این است که کاربرها یک سیستم MIMO توزیع یافته تشکیل داده‌اند. در این روش گره‌ها همانند رله عمل کرده و در ارسال پیام از فرستنده به گیرنده با یکدیگر مشارکت می‌نمایند. چون گره‌ها از منبع دور هستند، وابستگی بین مسیرها کاهش یافته و بنابراین، این روش از یک دایورسیتی فضایی با مرتبه‌ی کامل بهره می‌برد.

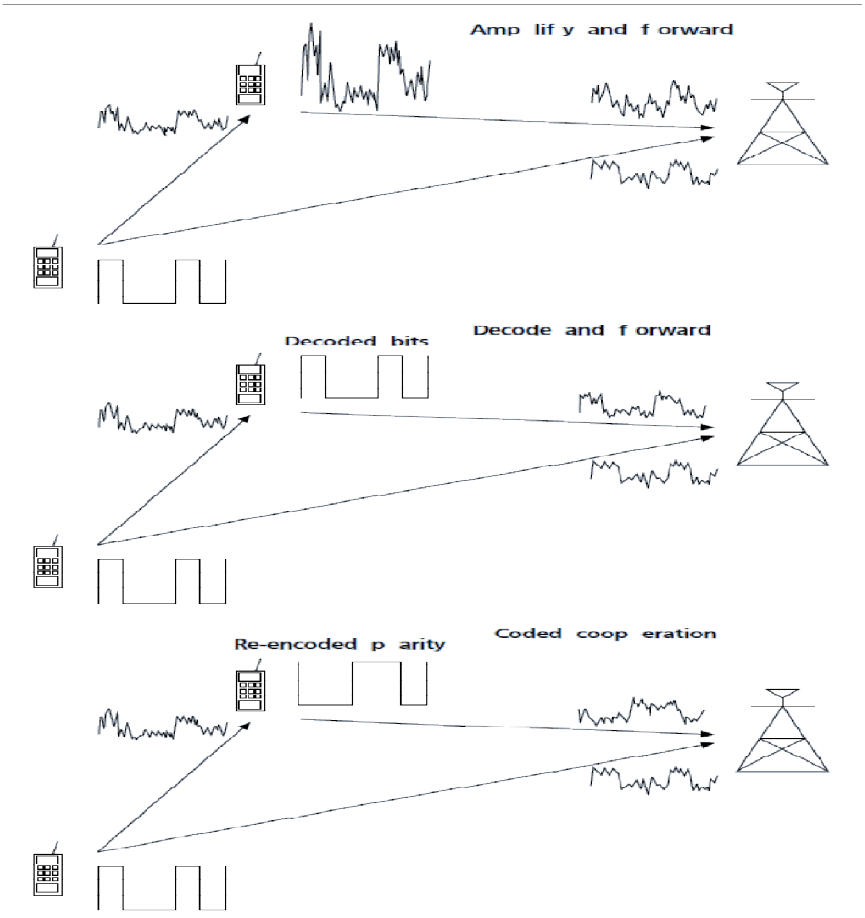
۱-۳- روش‌های سیگنال‌دهی در مخابرات مشارکتی

روش‌های زیادی برای ارسال مشارکتی بر مبنای مفهوم رله طراحی شده اند. از جمله رله کردن به روش کدگشایی و ارسال مجدد[3](DF)، تقویت کردن و ارسال مجدد[4](AF)[۳]، مشارکت کد شده[5](CC) و فشرده سازی و ارسال مجدد[6] (CF)[۴]. در این پروتکل‌ها ازMRC به عنوان روشی برای ترکیب سیگنال‌های دریافتی از مسیرهای مختلف استفاده می‌گردد. در هر لحظه یک کاربر به عنوان گره منبع و سایر کاربران به عنوان گره رله عمل می کنند. ابتدا گره منبع پیام خود را به صورت همه پخشی برای سایر گره‌ها ارسال می‌کند. به دنبال آن در صورتی که گره‌های رله کننده از روشDF استفاده کنند، پیام دریافت شده را کدگشایی کرده، آن را بازتولید[7] نموده و برای مقصد ارسال می‌دارند. وقتی که پیام دریافت شده برای محافظت بیشتر پیام اصلی در برابر خطا کد می‌شود، روش به کاربرده شده را مشارکت کد شده گویند. در روشAF، گره رله کننده به سادگی فقط پیام دریافتی را تقویت کرده و دوباره ارسال می‌کند، بدون آن که تلاشی برای کدگشایی پیام کرده باشد. در روشCF، گره رله کننده یک نسخه فشرده شده از پیام دریافتی را مجددا ارسال می‌کند. فشرده سازی در اینجا بر اساس وابستگی های آماری بین پیام دریافت شده در رله و پیام دریافت شده در مقصد انجام می‌شود و بین روش های ذکر شده روشAF وDF به دلیل سادگی در طراحی و اجرا پر کاربردتر هستند . در شکل۱-۲ اصول کلی روش‌های ذکرشده بیان شده است.

---

[1] Users
[2] Node
[3] Decode-and-Forward
[4] Amplify –and-Forward
[5] Coded Cooperation
[6] Compress and Forward
[7] Regenerate

بازدهی روش‌های مخابرات مشارکتی معمولاً به قابلیت اعتماد کانال ارتباطی بین گره‌های مشارکت کننده وابسته است.برای مثال در روش کدگشایی و ارسال مجدد،گره رله کننده در صورتی که پیام دریافتی از منبع را به درستی کدگشایی کند،آن را برای مقصد رله می‌کند.به طور مشابه در روش تقویت و ارسال مجدد،کیفیت سیگنال رله شده،توسط کیفیت کانال ارتباطی منبع-رله محدود می‌شود زیرا هنگام تقویت،سیگنال و نویز دریافتی در رله هر دو تقویت می-شوند.بنابراین هنگامی باید از رله استفاده کرد که کانال ارتباطی منبع-رله به اندازه کافی مطمئن باشد.این ایده منجر به طراحی روش‌های رله انتخابی[1](SR) شده است[۳] .در این روش ها گره رله کننده فقط در صورتی‌که کیفیت کانال ارتباطی منبع - رله یک معیار مشخص را بر آورده کند، برای ارسال مجدد پیام انتخاب می‌شود.



شکل۱-۲: روش های سیگنال دهی مخابرات مشارکتی[۵]

[1]Selective Relaying