

## دایورسیتی

مقدمه:

دیدیم فیدینگ رایلی و سایه log-normal به میزان زیادی عملکرد مدولاسیون راروی کانال های بیسم خراب میکنند. یکی از تکنیک های مفید برای حذف این اثرات به کارگیری ترکیب دایورسیتی مسیره های سیگنال های فیدینگ مستقل است. این روش بر این واقعیت استوار است که سیگنال های مستقل فیدینگ خیلی کم محتمل هستند که همزمان دچار فیدینگ عمیق شوند. در نتیجه، ایده دایورسیتی این است داده روی مسیره های فیدینگ مستقل ارسال شود. سپس، این سیگنالها به نحوی ترکیب میشوند تا فیدینگ حاصل کاهش یابد، مانند یک سیستم دایورسیتی بادو انتن که می توان سیگنال قویتر را میان آنها انتخاب کرد که روش ترکیب انتخابی نامیده میشود.

روشهای دایورسیتی که برای کاهش اثرات فیدینگ چند-مسیری به کار میروند دایورسیتی کوچک و دایورسیتی حذف یا کاهش اثرات سایه از ساختمان ها و موانع دایورسیتی بزرگ نامیده میشود. این دایورسیتی عمدتاً با ترکیب سیگنال های دریافتی از چندین ایستگاه پایه یا نقاط دسترسی انجام میشود که لازمه آن هماهنگی میان آنها بوده و به عنوان بخشی از پروتکل های شبکه در فراساختار شبکه های بیسیم اجرا میشود.

روشهای متعددی برای بدست آوردن مسیره های مستقل فیدینگ در یک سیستم بیسیم وجود دارد.

## مدل دایورسیتی

یک سیستم دایورسیتی فیدینگ مستقل را ترکیب می کند تا سیگنال منتجه حاصل پس از آن از یک مدل اتوراستاندارد گذرانده شود. ترکیب به طرق مختلف قابل انجام است که از نظر پیچیدگی و عملکرد کلی باهم متفاوتند. برای سادگی دایورسیتی فاصله را به عنوان یک مرجع برای شرح سیستم های دایورسیتی و تکنیک های مختلف ترکیب به کار می بریم هر چند قابل اعمال به هر نوع دایورسیتی باشد. در نتیجه تکنیک های ترکیب به صورت عملگرهایی روی یک آرایه انتن تعریف می شود. بیشتر تکنیک های ترکیب خطی هستند، یعنی خروجی ترکیب کننده یک جمع وزنی از فیدینگ های مختلف یا شاخه های دایورسیتی هستند که شکل 1-14 نشان داده شده است.

در ترکیب بیش از یک شاخه با وزنه‌های مختلف، هم-فاز سازی فیدینگ ها ضروری است که فاز  $\theta_i$  شاخه  $i$  با ضرب در  $\alpha_i = \alpha_i e^{-j\theta_i}$  با مقدار حقیقی  $\alpha_i$  حذف می‌باشد. لازمه این حذف فاز اشکار سازی هم‌دوس هر شاخه دایورسیتی است تا فاز  $\theta_i$  تعیین شود. بدون هم-فاز سازی سیگنال های شاخه ها نمی‌توانند به طور هم‌دوس در ترکیب کننده جمع شوند، و بنابراین خروجی حاصل به دلیل جمع سازنده و مخرب سیگنالها هنوز دارای فیدینگ قابل توجه خواهد بود. ضرایب  $\alpha_i$  می‌تواند قبل اشکار سازی (پیش اشکار سازی) یا پس از آن (پس اشکار سازی) انجام شود زیرا توان و یا فاز شاخه برای تعیین مقدار مناسب  $\alpha_i$  لازم است. ترکیب پس اشکار سازی چند شاخه گیرنده اختصاصی را برای هر شاخه برای تعیین فاز آنها نیاز دارد. که پیچیدگی سخت افزاری و توان مصرفی را خصوصا برای تعداد زیاد شاخه ها افزایش میدهد.

### روش ترکیب استانه

در ترکیب SC برای سیستم های که به طور پیوسته ارسال میکنند برای هر شاخه گیرنده ای لازم است تا SNR آن را پیوسته نظاره کند. در نوع ساده ای از ترکیب، به نام استانه، از گیرنده اختصاصی برای هر شاخه به توالی و خارج کردن اولین سیگنال با SNR بیش از استانه معین  $\gamma_T$  جلوگیری می‌شود. مانند ترکیب SC چون در هر لحظه فقط خروجی یک شاخه به کار میرود، هم فاز سازی ضروری نیست. بنابراین برای مدولاسیون هم‌دوس و تفاضلی قابل استفاده است. با انتخاب یک شاخه مادام که SNR آن بالای استانه است خروجی روی آن باقی میماند، در غیر این صورت ترکیب کننده به شاخه دیگر کلید میشود.

ساده ترین حالت این است که کلید شدن به صورت تصادفی انجام شود. تنها با دو شاخه دایورسیتی این معادل این است که کلید کردن زمانی رخ دهد که SNR به زیر استانه  $\gamma_T$  قرار گیرد. این روش ترکیب را کلید و ماندن (SSC) نامند. فرایند سوئیچینگ و SNR مربوطه در شکل 4-4 نشان داده شده است. چون در این شاخه با بیشترین SNR انتخاب نمیشود، عملکرد آن چیزی بین عدم دایورسیتی و دایورسیتی ایده ال SC است.

## تحقق مسیرهای مستقل فیدینگ

کتاب حرم

### طرح های چند گانگی

طرحهای چند گانگی دویا چند سیگنال ورودی در محل واحد سیار فراهم می آورند، به طوری که پدیده های محوشدگی در میان آن ورودیها نا همبسته اند. منظور از همبستگی فقط در مورد دوکانال با محوشدگی سیگنال است. پیام حمل شده توسط این دوکانال سیگنال باید همیشه عین هم باشند. در این بخش روش های رابرسی می کنیم که بوسیله آنها کمترین همبستگی بین دوسیگنال محوشدگی به وجود می آید. پس از دریافت، دوسیگنال را می توان ترکیب کرد و محوشدگیها را قبل اشکار سازی پیام صاف کرد. یک نمایش از این عمل در شکل 3-9 آمده است. دو نوع محوشدگی وجود دارد: اولی محوشدگی دراز مدت که به چند گانگی کلی و دومی محوشدگی کوتاه مدت که به چندگانگی جزئی نیاز دارد.

### چند گانگی کلی (کاربرد در جایگاههای انتهای مجزا)

تغییرات میانگینهای محلی به علت وجود تغییرپذیری مسیرهای زمینی بوجود می آید. اگر فقط از یک آنتن استفاده شود، واحد سیاری که در حال حرکت است ممکن است، به علت وجود تغییرات زمین مانند تپه و کوهها، نتواند در بعضی نقاط محدوده حرکت سیگنال دریافت کند. بنابراین، باید از دو آنتن مجزا برای ارسال یا دریافت دوسیگنال و ترکیب آنها برای کاهش محوشدگی دراز مدت استفاده میشود. محوشدگی دراز مدت تابعی از توزیع لگاریتمی - نرمال و با انحراف معیاری که مقدار آن به تغییرات زمین بستگی دارد، است. شکل 3-10 ترکیب دو الی چهار سیگنال محوشدگی دراز مدت با معیار انحراف یکسان و برابر 8db را نشان

میدهد. روش ترکیب گذینشی یک روش پیشنهادی در طرح چندگانگی کلی است. این روش همیشه به معنی انتخاب قویترین سیگنال بین دوسیگنال محو شدگی در زمان است.

### دایورسیتی جزئی

در محیط محو شدگی دراز متوسط محلی سیگنال دریافتی توسط واحد سیار، با افزایش فاصله کاهش، و بر حسب نوع تضاریس مسیر رادیویی نیز تغییر می یابد. این متوسط محلی را، میانگین محلی یا سیگنال محو شدگی دراز مدت گویند. پدیده چند مسیره به محو شدگی ریلی منجر میشود که در آن تغییرات دینامیکی دامنه نسبت به میانگین محلی حدود 40db است. کاهش محو شدگی دراز مدت و محو شدگی ریلی امری مطلوب است. در این بخش شش روش چندگانگی جزئی برای محو شدگی ریلی مطرح میشود. شرط وجود دو یا چند آنتن یا دو فرکانس یکسان برای یک ایستگاه مشخص باید برآورده شود. پس از ایجاد شاخه های چندگانگی در تجهیزات فرستنده و گیرنده، راههایی برای ترکیب همه آنها وجود دارد. شش طرح:

### دایورسیتی فضایی

یکی از این روشها استفاده از چند آنتن است که به فاصله مناسبی از هم قرار میگیرند. توان رادیورسیتی فضایی گویند. در این روش بدون افزایش توان ارسال یا افزایش پهنای باند فیدینگهای مستقل حاصل میشود. فاصله مناسب برای ناهمبسته بودن سیگنالهای دریافتی به فرکانس کاری (طول موج) بستگی دارد. برای مثال برای یک محیط با پخش یکنواخت و آنتن های ارسال و دریافت ایزوتروپیک، حداقل فاصله مورد نیاز حدود نصف طول موج (یا دقیقاً  $\frac{\lambda}{38}$ ) می باشد. اگر آنتن های فرستنده و گیرنده در جهت هم باشند (که اگر سیستم سلولی قطعه بندی شده باشد در ایستگاه پایه معلوم است)، آنگاه چند مسیری به یک زاویه کوچک نسبت به اشعه دید-مستقیم قرار می گیرد که بدین معناست که فاصله بزرگتری مورد نیاز است.

دو آنتن با فاصله فیزیکی  $d$  می تواند دوسیگنال فراهم کنند. که حالت های محو شدگی آنها همبستگی کم داشته باشند. فاصله  $d$  به طور کلی تابعی از ارتفاع آنتن است.

### دایورسیتی فرکانسی

دایورسیتی فرکانسی با ارسال یک سیگنال باند باریک روی چند حامل انجام می شود که حامل ها باید حداقل به اندازه پهنای باند هموسی کانال از هم فاصله داشته باشند. تکنیک های طیف گسترده گاهی به عنوان فراهم کننده دایورسیتی فرکانس توصیف میشوند، زیرا بهره کانال در پهنای باند سیگنال اریالی تغییر میکند. ولی این معادل ارسال یک سیگنال اطلاعات روی مسیرهای مستقل نمی باشد. همان گونه که بحث شد طیف گسترده با دریافت RAKE مسیرهای مستقل فیدینگ را به وجود می آورد و در نتیجه نوعی دایورسیتی فرکانس است.

دایورسیتی فرکانسی حالتی است که در آن دوسیگنال محوشدگی با دوفرکانس متفاوت با فاصله فرکانسی  $B_c$  غیر همبسته اند. برای نواحی شهری  $B_c > 50 \text{ kHz}$ ، برای نواحی حومه  $B_c > 300 \text{ kHz}$ ، و در نواحی باز بیشتر  $0.8 \text{ MHz}$  استفاده می شود. اما در نواحی باز محوشدگی شدید صورت نمی گیرد، بنابراین به چندگانگی نیاز نیست. اگر از چندگانگی برای هم نواحی شهری و هم حومه ای استفاده شود، پس باید از  $B_c \geq 300 \text{ kHz}$  استفاده شود. فاصله بین فرکانسهای مورد نیاز برای کاهش محوشدگی در نواحی حومه ای، محوشدگی در نواحی شهری را کاهش می دهد. ضمناً، اگر فرکانس حامل بیشتر از  $30 \text{ kHz}$  در نظر گرفته شود. مقدار  $B_c$  مستقل از فرکانس موج حامل است؛ در نتیجه این فاصله فرکانسی ثابت می ماند. از چندگانگی چه در محل ایستگاه پایه و چه در محل واحد سیار استفاده شده باشد،  $B_c$  ثابت می ماند.

### دایورسیتی قطبشی

روش دوم دایورسیتی استفاده از دو انتن فرستنده یا دو انتن گیرنده با دو قطبش مختلف (عمودی و افقی) است. دو موج ارسالی در یک مسیر قرار دارند و به دلیل آنکه انعکاسهای تصادفی توان را برای هر دو قطبش یکسان توزیع میکند، متوسط توان دریافتی در هر دو قطبش یکسان است. چون زاویه پخشی نسبت به هر قطبش تصادفی است به میزان زیادی غیر محتمل است که سیگنال های دریافتی همزمان در فیدینگ عمیق باشند. دایورسیتی قطبش دارای دو عیب است. اول این که حداکثر می توان دوشاخه دایورسیتی داشت. دوم اینکه در این دایورسیتی نصف توان ( $3 \text{ db}$ ) از بین می رود، زیرا توان ارسال یا دریافتی میان دو انتن با قطبش مختلف تقسیم می شود.

دو مولفه قطبشی  $E_x$  و  $E_y$  که توسط دو انتن در محل ایستگاه پایه ارسال و توسط دو انتن قطبیده در محل واحد سیار دریافت شده اند، یابریکس، دوسیگنال محوشدگی غیر همبسته را فراهم می آورند. این امر در محیط رادیوی سیار به طور نظری و عملی ثابت شده است. البته

چندگانگی قطبشی این عیب را دارد که به علت تقسیم توان بین دو انتن قطبیده متفاوت، توان ارسالی توسط هر انتن به میزات 3db نسبت به توان فرستنده پایینتر است.

### دایورسیتی مولفه های میدانی

امواج الکترومغناطیسی در فضای ازاد با دو مولفه E و H به طور همبسته منتشر می شوند.

هر دو میدان حاوی اطلاعات یکسانند. اگر پراکنده گر وجود نداشته باشد دو مولفه از یکدیگر

تمیز داده نمی شوند. فرض کنید که این دو مولفه در محیط چند مسیره رفت و برگشت کرده باشند. نگاه شیوه انعکاس برای E و H متفاوت است. یک مثال ساده نمایش 90 درجه اختلاف فاز در نماد موج ساکن E و H از یکدیگر پراکنده گر است. هنگامیکه E ماکزیمم است، H مینیمم است. در محیط رادیوی سیار می توانیم تعداد زیادی از زوجهای موج ساکن میدان E و میدان H را جمع کنیم، نتیج قابل پیش بینی اند. مولفه های  $H_z$  و  $E_y$  در محیط رادیو سیار نا همبسته اند. چنین طرحی نیاز به ایجاد فاصله فیزیکی بین دو انتن ندارد. مزیت آن برای سیستمهایی که در فرکانسهای پایین، مثلاً پایین تر از 100 MHz کار می کنند، است. در فرکانسهای کار بالاتر از 1 GHz چندگانگی فضایی عملیتر است و نیاز به چند گانگی قطبشی ارجحیت دارند زیرا در آن دو طرح تقسیم توان بین دو انتن صورت نمی گیرد، در نتیجه توان ارسالی کاهش نمی یابد.

### دایورسیتی زاویه ای

انتن های جهتی دایورسیتی زاویه یا جهت را با محدود کردن پهنای بیم انتن به یک زاویه داده شده فراهم می کنند. اگر زاویه خیلی کوچک باشد، حداکثریکی از اشعه های چند- مسیری درون بیم دریافتی قرار می گیرد، بنابراین فیدینگ چند مسیری وجود نخواهد داشت. به هر حال این روش دایورسیتی به تعداد کافی انتن های جهتی نیاز دارد تا همه جهات ممکن ورود را پوشاند، یا یک انتن با جهتی خوب که بتواند به زاویه به یکی از مولفه های چند مسیری (احتمالاً قویترین آنها) هدایت شود. انتنهای هوشمند انتن های ارایه ای با فاز قابل تنظیم روی هر یک از اجزا انتن هستند. چنین انتن هایی انتن های جهتی را تشکیل می دهند که به زاویه ورود قویترین مولفه چند- مسیری قابل تنظیم هستند.

برای فرکانس های 10 GHz یا بیشتر، دویاچند انتن جهتدار رامی توان در واحد سیاردر نظر گرفت که در جهت های مختلف اند. این طرح در محل واحد سیار عملکرد بهتری دارد تا در محل ایستگاه پایه.

### دایورسیتی زمانی

دایورسیتی زمانی با ارسال سیگنال در زمان های مختلف انجام می شود که فاصله زمانی آنها باید بزرگتر از زمان همدوسی کانال (عکس گسترش داپلر کانال) باشد. این دایورسیتی میتواند از طریق انجام کدینگ و درهم نهی نیز به دست می آید. به خوبی روشن است که دایورسیتی زمانی برای کاربردهای ایستا به کار می رود، زیرا همدوسی کانال بینهایت است و در نتیجه فیدینگ به میزان زیادی در زمان همبسته میباشد.

وقتی که دوسیگنال مشابه در مقاطع زمانی ارسال میشوند، این طرح را چندگانگی زمانی مینامند. در نتیجه، سیگنالهای محوشدگی دریافتی همبستگی ندارد. چندگانگی زمانی در ارتباط چندکاناله مدوله سازی میانی راکاهش میدهد. اما در محیط رادیوی سیار، واحد سیار ممکن است در هر مکانی که میانگین محلی ضعیف یا محوشدگی شدید است، متوقف باشد.

### روشهای ترکیب (در طرحهای دایورسیتی)

چهار روش ترکیب وجود دارد: گزینشی، سوئیچی، بالاترین نسبت و بهره برابر. از هر کدام از این روشها با هر کدام از روشهای چندگانگی می توان استفاده کرد. این روشها همراه با یک گیرنده چندگانگی دو شاخه در شکل 3\_11 نشان داده شده است.

### ترکیب گزینشی

در ترکیب انتخابی SC، خروجی ترکیب کننده سیگنال شاخه ای است که بیشترین مقدار سیگنال به نویز  $r_i^2/N_i$  را دارد. این معادل انتخاب شاخه با بیشترین مقدار  $N_i + r_i^2$

است، اگر نویز  $N_i = N$  برای همه شاخه ها یکسان باشد. چون در هر زمان فقط یک شاخه استفاده می شود، در SC فقط یک گیرنده نیاز است تا به آن سوئیچ شود. در این صورت SNR خروجی برابر با حداکثر SNR همه شاخه هاست. علاوه بر این، چون فقط یک شاخه بکار میرود، هم فاز سازی شاخه ها نیاز نمی باشد و در نتیجه این روش برای مدولاسیون همدوس یا تفاضلی (ناهمدوس) قابل استفاده می باشد.

مطابق شکل 3-10 باگزینش قویتر سیگنال دریافتی از میان  $M$  شاخه چندگانگی، میتوان محو شدگی لگاریتمی - نرمال ناشی از چندگانگی کلی  $M$  انتن جداگانه را کاهش داد. کاهش محو شدگی ریلی به وسیله چندگانگی جزئی در مجموعه  $M$  انتن مستقر شده در شکل 3-12 نشان داده شده است. هر دوشکل نشان می دهند که محو شدگی با افزایش تعداد انتن کاهش می یابد. البته، گیرنده ترکیب کننده گزینشی دو شاخه همیشه به دو تقویت کننده سیگنال در یافتی نیاز دارد: یکی برای دریافت قویترین سیگنال و دیگری برای نظارت.

### ترکیب سوئیچی

ترکیب سوئیچی با ترکیب گزینشی تفاوت دارد. در ترکیب سوئیچی، دوسیگنال دریافتی از مسیرهای چندگانگی بر اساس یک سطح استانه معین در یک گیرنده باهم مقایسه می شوند. در صورتیکه سیگنال  $A$  در بالاتر از استانه  $L$  برای دریافت انتخاب شده است، دریافت میشود تا آنکه به پایین تر از  $L$  بیافتد. آنگاه سیگنال  $B$  صرف نظر از اینکه سطح آن بالاتر یا پایینتر از  $L$  باشد، به گیرنده وصل می شود. قاعدتاً سیگنال  $B$  باید بالاتر از  $L$  باشد، اما اگر پایینتر باشد دو حالت پیش می آید که به الگوریتم سوئیچ کردن بستگی دارد: حالت اول این است که گیرنده به سیگنال  $A$  برگردد و حالت دوم این است که سیگنال  $B$  باقی می ماند تا اینکه سطح آن به بالاتر از  $L$  برود. بدین ترتیب، عملکرد ترکیب سوئیچی (شکل 3-13) همیشه نسبت به ترکیب گزینشی برتری ندارد. اما چون ترکیب سوئیچی فقط به یک گیرنده نیاز دارد، هزینه مربوطه کمتر است، و میتوان آن را در واحدهای سیار به کار برد. با وجود این، عملکرد کیفی ترکیب سوئیچی به شدت به دو عامل سطح استانه  $L$  و نویز سوئیچینگ بستگی دارد. برای بهبود کیفی عملکرد، ممکن است لازم باشد سطح استانه به طور دینامیک و در زمان واقعی بر اساس سطح سیگنال دریافتی، تغییر یابد. همچنین، برای حذف نویز سوئیچینگ می توان از ابزار حذف کننده و نگهدارنده استفاده کرد. به هر حال تحقیقات بیشتری لازم است تا معلوم شود آیا هزینه این روش در مقایسه با روشهای دیگر ترکیب قابل توجیه است یا خیر.

### ترکیب بالاترین نسبت

اصطلاح بالاترین نسبت به بیشترین سیگنال به نویز (SNR) اطلاق می شود. این ترکیب بهترین روش و به بیان ریاضی قابل اثبات است. سیگنال هر شاخه، مطابق شکل 3-11 ج، به وزن مناسب نیاز دارد. در باند پایه گیرنده، سیگنال ترکیب شده در واقع مجموع SNR های  $\gamma_i$  در تک تک شاخه هاست.



$$\gamma = \sum_{i=1}^{M\gamma} \gamma_i$$

عملکرد این ترکیب در شکل 3-14 نشان داده شده است، که در آن  $\Gamma$  متوسط مقدار SNR (که گاه نسبت حامل به نویز، CNR نامیده میشود) یک کانال  $\Gamma = \langle \gamma_i \rangle$  است. این ترکیب برای چند گانگی دوشاخه به دوگیرنده نیاز دارد و مدار مربوطه بسیار پیچیده است.

ترکیب بهره- برابر

ترکیب بهره- برابر ترکیبی هم فاز است که همه فازها را به یک نقطه مشترک می آورد و آنها را ترکیب می کند. سیگنال ترکیب شده عبارت است از مجموع پوشهای محوشدگی لحظه ای تک تک شاخه ها.  $\gamma = \sum_{i=1}^{M\delta} \gamma_i$

عملکرد ترکیب بهره- برابر در شکل 3-15 نشان داده شده است. که در آن  $\frac{\gamma}{\Gamma} = \frac{\langle \gamma^2 \rangle}{\langle \gamma^2 \rangle}$  و

$\langle \gamma^2 \rangle$  متوسط توان دریافتی توسط یک شاخه، و  $\Gamma$  متوسط SNR یک شاخه است. سیگنال دریافتی از ترکیب بهره- برابر 1dB نسبت به ترکیب بالا ترین نسبت پایینتر است. به این دلیل، و همچنین به دلیل سادگی نسبی مدار مربوطه، ترکیب بهره برابر معمولاً در ایستگاههای پایه استفاده می شود.

روشهای ترکیب برای کاهش فاز تصادفی

روشهای ترکیب زیر در مورد هر شاخه به کار میروند و هدف آنها کاهش فاز تصادفی سیگنالها هنگام دریافت است.

ترکیب پیش خوردی

در یک روش جهت کاهش فاز تصادفی سیگنالها (شکل 3-16 الف) از 2 مخلوط کننده  $M1$  و  $M2$  استفاده می شود. خروجی گیرنده S8 مولفه فاز تصادفی را کاهش می دهد، اما به سبب این ترکیب پیش سونویز انتهای جلویی گیرنده باز هم باقی می ماند.

ترکیب پس خوردی

تفاوت این ترکیب با ترکیب پیش خوردی در این است که این ترکیب (شکل 3-16 ب) دارای مسیر پس خوردی است. کاهش فاز تصادفی با استفاده از ترکیب پس خوردی همیشه از ترکیب

پیش خوردی موثرتر است. اما، برای به دست آوردن مزیت این ترکیب باید پالایه های مناسب را طراحی کرد. البته، هر دوروش رامی توان برای ترکیب سیگنالهای همفاز M شاخه به کاربرد. با حذف فاز تصادفی در هر شاخه و ترکیب سیگنالهای خروجی آنها، ترکیب بهره- برابر به دست می آید. بنابراین، ترکیب پس خوردی کاهش دهنده فاز تصادفی به همراه ترکیب بهره- برابر محو شدگی چند مسیره درگیرنده های ایستگاههای اصلی کاربرد پیدا کرده است.

منبع : alooiran.ir