كاهش اثر تداخل در سيستمهاي مخابراتي

مقدمه

كاهش تداخل در سيستمهاي مخابراتي همواره يكي از موضوعهاي مهم و مورد توجه طراحان اين سيستمها بوده است.با استفاده از روشهاي مختلف كاهش اثر تداخل ، راهكارهاي مختلفي ارائه شده كه در اين فصل به برخي از آنها اشاره ميشود.در راستاي كاهش تداخل ، روشهاي مختلفي پيشنهاد شده كه مهمترين آنها عبارتند از : تغيير و تعويض فركانس، كاهش توان و كاهش قدرت سيگنال ناخواسته، استفاده از آنتن جهتدار ، تغيير عرض شعاع اصلي(بيم) آنتن و كاهش ارتفاع آنتن.

لازم به ذكر است كليه روشهاي نام برده شده روشهاي موثري هستند و مهندسين به سختي ميتوانند روش بهتر را در بين روشهاي فوق با توجه به نوع استفاده و موقعيت محل برگزينند.

برخي روشهاي كاهش تداخل :

در بخش زير جزئيات بيشتر در مورد روشهاي گوناگون كاهش تداخل يا بر طرف نمودن آن توضيح داده شده است.معمولا تداخل را نمي توان بطور كلي حذف كرد اما مي توان آن را به سطح قابل قبولي كاهش داد كه سيستمهاي مخابراتي بتوانند در آن سطح عملكرد مناسبي داشته باشند.

براي كاهش تداخل ممكن است چندين روش مختلف همزمان مورد استفاده قرار بگيرد.استفاده از يك روش ممكن است براي كاهش يك نوع مشخص از تداخل جوابگو باشد اما احتمال دارد بعد از آن يك نوع ديگر از تداخل بوجود آيد. به عنوان مثال اگر با استفاده از يك روش ، تداخل مربوط به اينتر مدولاسيون (IM) رفع شود ممكن است تداخل SBN (نويز باند جانبي) در سطحي بوجود آيد كه با يك مكانيزم قويتر بايد آن را از بين برد.تنها با انجام آزمايشها و تستهاي كامل در محل وقوع تداخل ، ميتوان بطور كامل نوع آن را مشخص كرد.

بهترين راه حل براي رفع هر كدام از مكانيزمهاي تداخل به پارامترهاي زيادي بستگي دارد كه اين

پارامترها شامل شرايط محيطي منحصر به فرد مربوط به محل و موقعيت تداخل مي‌باشد.
همچنين اگر يك روش براي يك حالت مشخص جواب دهد ممكن است براي يك حالت ديگر جواب ندهد براي مثال تغيير فركانسها كه در يك حالت انجام مي‌شود ممكن است در يك حالت ديگر امكان پذير نباشد.در ادامه به تشريح تعدادي از راه حلهاي ممكن براي رفع تداخل پرداخته مي‌شود.

تغيير فركانسها :

تغيير فركانسها يك راه حل نسبتاً ساده براي برطرف كردن تداخلهاي ناشي از SBN ،OOBE وIM مي‌باشد البته در صورتي كه اين قابليت به عنوان يك انتخاب وجود داشته باشد.
براي كاهش تداخلهاي SBN و OOBE مي توان از افزايش فاصله فركانسي بين كانالهاي مربوط به منبع و قرباني استفاده كرد.ايجاد فاصله فركانسي بين دو كانالي كه با هم تداخل دارند ، مقدار نويزي را كه توسط كانالهاي مجاور تشكيل مي‌شود را مي‌تواند كاهش دهد.معمولا ايجاد فاصله فركانسي بيشتر منجر به حفاظت بالاتر در برابر تداخل مي‌شود.
تغيير فركانسهاي ارسال سيستمي كه درگير پديده اينترمدولاسيون مي‌باشد يك راه حل ممكن ديگر براي كاهش تداخل است. به اين صورت كه مجموعه تركيب شده به كانالي كه در آن محدوده مورد استفاده قرار نگرفته يا فركانسي كه در مقابل اين پديده مصونيت بيشتري دارد، انتقال يابد.فركانسهاي گيرنده را مي-توان در كانالي كه پديده اينترمدولاسيون اتفاق افتاده ، به كانال ديگر منتقل كرد.
در بعضي موارد تبادل فركانس بين دارندگان مجوز ، در حالتي كه اين تبادل امكان پذير باشد يك راه حل ممكن ديگر است.

كاهش توان :

كاهش توان سيگنال ناخواسته يك روش براي كاهش تداخل مي‌باشد.اين كار مشكل است زيرا ميزان كاهش توان ممكن است اثر منفي در عملكرد سيستم و كانال و پوشش راديويي ($|m|+|n|$) بوجود آورد.در صورت امكان ، اين راه

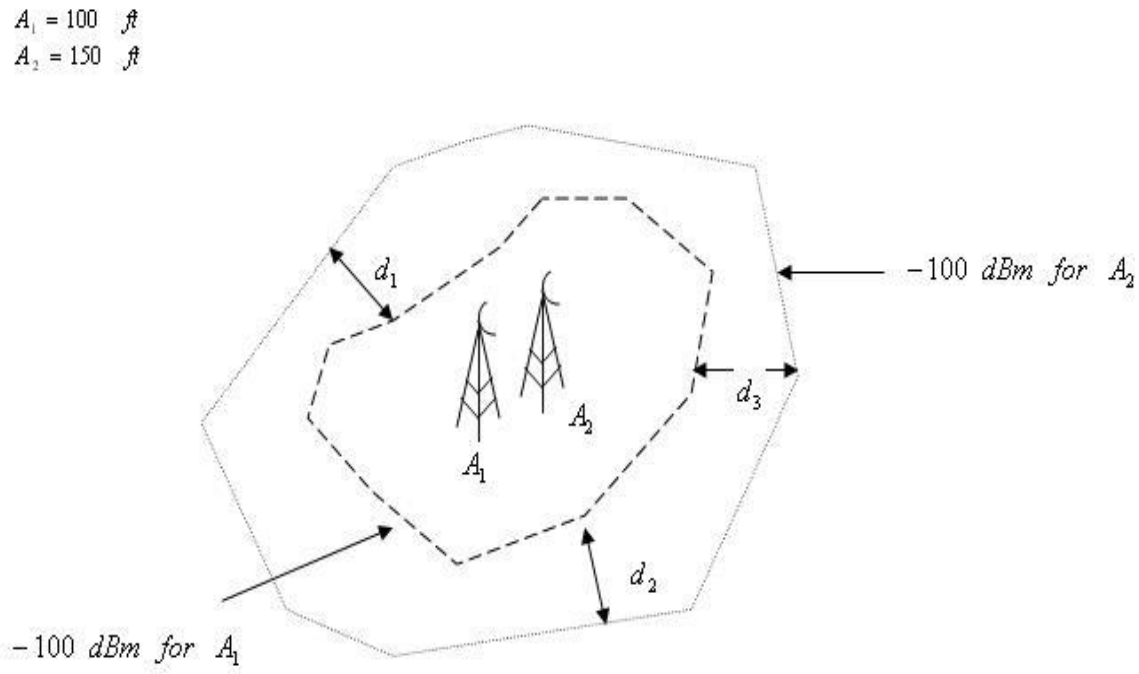
حل بسيار موثر است.وقتي كه مكانيزم تداخل ، پديده اينترمدولاسيون باشد مرتبه آن در قدرت كاهش تداخل بسيار موثر است.
در بعضي موارد ممكن است عمل كاهش توان ، صرفاً در مورد كاهش انرژي سيگنال تداخلي SBN/OOBE بر روي يك كانال خاص يا مجموعه اي از كانالها انجام شود و در بقيه موارد نيازمند كاهش توان كارير اصلي هستيم.
اضافه كردن فيلترهايي با كيفيت بالا بين فرستنده و آنتن مي‌تواند از قدرت سيگنالهاي ناخواسته كم كند.

با كاهش توان فرستنده مي توان سطوح هر دو نويز SBN/OOBE را به خوبي مثل كنترل توان تركيب اينترمدولاسيون كنترل كرد.به علت طبيعت تداخل اينترمدولاسيون ، كاهش 1dB توان مربوط به فركانسهاي درگير در تركيب اينترمدولاسيون با مرتبه سوم موجب كاهش سيگنال به اندازه 3dB موقع دريافت توسط گيرنده سيستم تحت تاثير مي‌شود.همچنين براي مرتبه پنجم ، كاهش توان به اندازه 1dB در فرستنده منجر به كاهش توان سيگنال ناخواسته ناشي از پديده اينتر مدولاسيون به اندازه 5dB در موقع دريافت مي‌شود.كاهش توان فرستنده باعث كاهش ناحيه تحت پوشش و ميزان ترافيك در آن محدوده نيز مي‌شود.
اگر وضعيت ايستگاه مشخص باشد و اگر توان ارسالي توسط اين ايستگاه حدود 3dB كم شود ، توان دريافتي توسط ايستگاههاي متحرك نيز 3dB كم خواهد شد. اين رابطه خطي و يك به يك بوده و به راحتي قابل كنترل است.با اين روش مي‌توان توان داخل ناحيه تحت پوشش را كنترل كرد.
كاهش قدرت سيگنال را به سادگي مي‌توان با كاهش توان خروجي هر كدام از فرستنده ها انجام داد.اين تغيير در سرتاسر ناحيه تحت پوشش تاثير مي‌گذارد . يك راه حل قابل انتخاب ديگر براي تغيير قدرت سيگنال تغيير در بهره آنتن و پترن آن مي‌باشد چون ممكن است ناحيه اي كه در آن كاهش بايد صورت گيرد يك منطقه خاص باشد يا يك ناحيه در فاصله اي مشخص از سايت باشد.يعني اينكه لزومي ندارد در كل ناحيه تحت پوشش توان را كاهش دهيم.

يك راه حل ديگر براي كاهش اثر سيگنال ناخواسته افزايش فاصله بين منبع و قرباني است. افت در مسير به صورت لگاريتمي با افزايش فاصله افزايش مي‌يابد.
افزايش ارتفاع آنتن همراه با كاهش توان سيگنال ، ايزولاسيون بين سايت و سيستمهاي تحت تاثير را افزايش مي‌دهد و تقريبا اندازه ناحيه تحت پوشش را ثابت نگه مي دارد. همچنين بالا بردن مركز تشعشع در مورد آنتنهاي مربوط به فرستنده مي‌تواند تداخل را كاهش دهد. اين كار باعث مي‌شود تا توزيع توان در ناحيه تحت پوشش به صورت يكنواخت درآيد.

كاهش همپوشاني بين الگوهاي مربوط به آنتنها :

با فرض آنكه توان ارسالي و ارتفاع آنتن ايستگاه ثابت و مشخص باشند ، با اندازه‌گيري مي‌توان سطح توان دريافتي را در تمام نقاط مختلف ناحيه پوشش داده شده بدست آورد. چنين وضعيتي در شكل(۸) نشان داده شده است. البته از آنجا كه ناحيه تحت پوشش در حالت واقعي با توجه به موقعيت جغرافيايي منطقه شكل معيني ندارد ، مرز اين ناحيه به ازاي توان دريافتي قابل قبول تعيين مي‌شود. چنانچه ارتفاع آنتن تغيير كند مرز اين ناحيه (كه به شكل يك منحني بسته مي-باشد) نيز تغيير مي‌كند. در صورت وجود موانع طبيعي و وجود ساختمانهاي بلند و در نتيجه ايجاد انعكاسهاي زياد ، سطح تداخل در ناحيه افزايش مي‌يابد.



شكل (۸)

الگوهاي آنتن :

با ايجاد الگوي مناسب ، جهت آنتن مربوط به ايستگاه ثابت مي‌توان چگالي توان ارسالي را در نواحي مختلف منطقه تحت پوشش كنترل كرد. البته چنين كاري اغلب مشكل است. مثلا ايجاد الگوهاي چتري يا لايه‌اي سهم بسزايي در كاهش تداخل دارد. كنترل شعاع اصلي انتشار آنتن خيلي مهم است. اين كار معمولا در آنتن‌هاي جهتدار استفاده مي‌شود.

بكار بردن چند آنتن :

در الگوي حاصله از يك آنتن جهت دار چندتايي ، آنتن-ها مي‌توانند توان خروجي متفاوتي داشته باشند و الگوي هر كدام از اين آنتن‌ها مي‌تواند داراي شكل خاصي باشد. نحوه قرار گرفتن آنتن‌ها نسبت به هم از اهميت فراواني برخوردار مي‌باشد. اين نحوه چيدن آنتن-ها بايد طوري باشد كه الگوي منتجه داراي هموار ي بيشتري بوده و بهتر كنترل شود.

استفاده از سنتز الگوي آنتن :

در اين روش با استفاده از الگوريتم تكرار و جستجو ، پارامترهاي آنتن تغيير داده مي‌شود تا به فرم الگوي مورد نظر دست يافت. به عبارتي ديگر بايد ابتدا الگوي آنتن متناظر با مرزهاي ناحيه تحت پوشش را بدست آورد سپس با بهره گيري از تكنيك تكرار و جستجو ، پارامترهاي مربوط به آنتن به گونه‌اي پيدا شوند كه به الگوي آنتن دلخواه برسيم. اين مبحث داراي روابط رياضي پيچيده مي باشد كه ذكر آن در اينجا مقدور نمي باشد.

كاربرد آنتن جهت دار براي كاهش تداخل :

يكي از روشهايي كه براي كاهش تداخل از آن استفاده مي‌شود جهت دادن به پرتوهاي منتشر شده از آنتن مي-باشد بطوري كه جهت انتشار موج به سمت خاصي باشد كه مطلوب ما مي باشد. استفاده از آنتن هاي جهتدار يكي از راهكارهاي اين مورد مي‌باشد.

تاثير آنتن‌هاي روي يك دكل بر همديگر و رفع تداخل

آنتن هايي كه بر روي يك دكل نصب شده‌اند در عملكرد همديگر تاثير مي‌گذارند. چنانچه طراحي و نحوه چيدن اين آنتنها طوري باشد كه اثر نامطلوب را به حداقل ممكن كاهش دهد، گفته مي شود بين آنتن ها (مثلا آنتن هاي فرستنده و گيرنده مربوط به تكرار كننده ها) ايزولاسيون ايجاد كرده ايم و هر چه قدر ميزان اين ايزولاسيون بيشتر باشد شرايط مطلوب تر خواهد بود. راه‌هاي افزايش ميزان ايزولاسيون بين آنتنهاي فرستنده و گيرنده بصورت زير مي‌باشد:

۱. ايجاد فاصله فركانسي بين فركانس فرستنده و گيرنده :

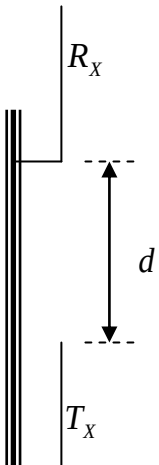
براي آنكه تاثير نا مطلوب سيگنالهاي مربوط به دو آنتن مجاور هم را كاهش دهيم مي‌توان فاصله بين فركانسهاي دو سيستم را افزايش دهيم. البته تغيير فركانسها بايد طوري باشد كه در رنج فركانس كاري آنتن ها باشد.
هنگام طراحي شبكه و تعيين فركانس كار تكراركننده بايد سعي شود حتي المقدور فركانس Rx با فركانس Tx حداكثر فاصله فركانسي را داشته باشد. البته به شرطي كه هر دو فركانس در پهناي باند موثر آنتن هايي كه در شبكه از آن استفاده مي شود ، قرار داشته باشد. براي شبكه پليس راه اين فاصله فركانسي مي‌تواند از 800KHz تا 1MHz (پهناي باند موثر انواع آنتن‌هاي موجود) انتخاب شود. با اين انتخاب ، فيلتر ورودي بيسيم گيرنده ، فركانسهايي كه با فركانس گيرنده فاصله بيشتري دارند، در عبور از اين فيلتر بيشتر تضعيف مي‌كند. بنابراين فركانسTX (با فاصله بيشتر) كه وارد گيرنده مي‌شود بيشتر تضعيف شده و به اين نحو ميزان ايزولاسيون بين دو آنتن با اين تدبير بيشتر خواهد شد.

۲.ايجاد فاصله فيزيكي بين آنتن فرستنده (TX) و آنتن گيرنده (RX) :

هنگام نصب آنتن‌هاي فرستنده و گيرنده بايد به اين موضوع اهميت فوق‌العاده اي بدهيم و با ايجاد فاصله عمودي يا افقي ميزان اثر گذاري انتشار آنتن فرستنده روي گيرنده را به حداقل ممكن كاهش دهيم تا ميزان ايزولاسيون به حداكثر ممكن برسد.
فرمول محاسبه‌ي ايزولاسيون‌در حالتي‌كه فاصله‌ي عمودي بين آنتن‌ها وجود دارد، بدين صورت است:

$$\begin{cases} D_V\ (dB) = -71 + 40\log f + 40\log d \\ d > 1\lambda \end{cases}$$

$$f \to MHz$$
$$d \to metre$$

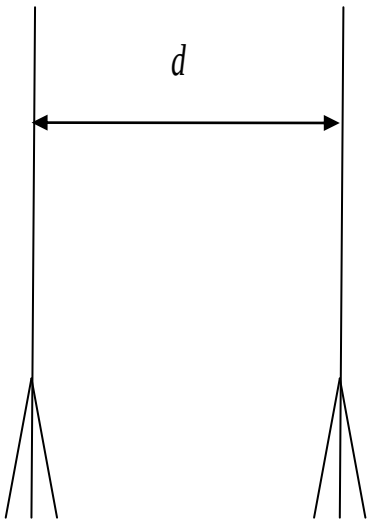


فرمول محاسبه‌ي ايزولاسيون‌در حالتي‌كه فاصله‌ي افقي بين آنتن‌ها وجود دارد، بدين صورت است:

$$\begin{cases} D_H \quad (dB) = -27.5 + 20\log f + 20\log d - (G_T + G_R) \\ \dfrac{d}{\lambda} > 10 \quad and \quad G_T \,\&\, G_R < 10\,dB \end{cases}$$

$f \rightarrow MHz$

$d \rightarrow metre$

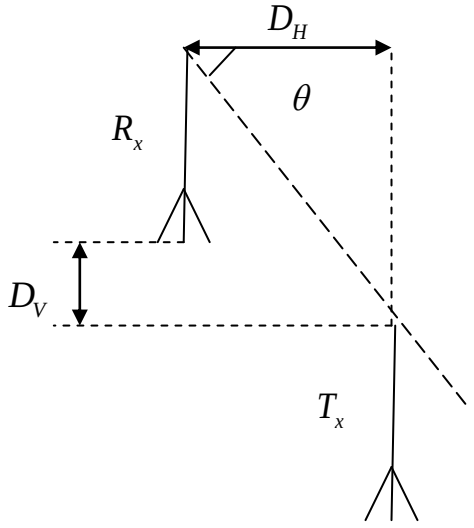


فرمول محاسبه‌ي ايزولاسيون در حالتي‌كه آرايش بين T_x و R_x آنتن‌ها بصورت شكل زير باشد، بدين صورت است:

$$D_{total} = (D_V - D_H) \times \frac{\theta}{90} + D_H$$

$f \rightarrow MHz$

$d \rightarrow metre$



۳. ايجاد اختلاف در جهت پلاريزاسيون بين دو آنتن فرستنده و گيرنده :

استفاده از پلاريزاسيونهاي متفاوت براي آنتن هاي مجاور هم باعث مي شود كه امواج منتشر شده از يك آنتن توسط آنتن ديگر دريافت نشود و اين موجب كاهش تاثير اين دو آنتن بر همديگر مي‌شود.

٤. استفاده از دوپلكسور :

با استفاده از دوپلکسور ، بجاي دو آنتن، از يك آنتن استفاده شود. در اين روش دوپلکسور جلوي کوپلاژ سيگنال را از فرکانس ارسال روي فرکانس دريافت مي-گيرد.