دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان‌نامه کارشناسی

گرایش: مخابرات

عنوان:

سیستم‌های مخابراتی چندکاربره

استاد راهنما: جناب آقای دکتر مصطفوی

نگارش: فریبا فتح‌پور

تابستان ۹۴

فهرست مطالب

عنوان صفحه

مقدمه..... ۱

فصل اول:دستیابی چندگانه..... ۳

۱-۱ دستیابی چندگانه‌ی تقسیم فرکانسی..... ۳

۱-۲ دستیابی چندگانه‌ی تقسیم زمانی..... ۵

۱-۳ دستیابی چندگانه‌ی تقسم کدی..... ۷

۱-۴ تقسیم فضا..... ۸

۱-۵ تکنیک‌های هیبرید..... ۹

فصل دوم: دستیابی تصادفی..... ۱۰

۲-۱ ALOHA خالص..... ۱۲

۲-۲ ALOHA شیاردار..... ۱۳

۲-۳ دستیابی چندگانه با کشف تلاقی..... ۱۴

۲-۴ زمانبندی..... ۱۶

فصل سوم: کنترل توان..... ۱۶

فصل چهارم: ظرفیت کانال دان‌لینک..... ۱۹

۴-۱ مدل کانال..... ۱۹

۴-۲ ظرفیت در AWGN..... ۲۰

۴-۳ داده‌های مشترک..... ۲۸

۴-۴ ظرفیت در صورت حذف..... ۲۹

۴-۵ ظرفیت با آنتن‌های چندگانه..... ۳۴

فصل پنجم: ظرفیت کانال آپ‌لینک..... ۳۶

۵-۱ ظرفیت در AWGN ۳۶

۵-۲ ظرفیت در صورت حذف..... ۴۰

۵-۳ ظرفیت با آنتن‌های چندگانه..... ۴۳

فصل ششم: دوگان بودن آپ‌لینک و دان‌لینک..... ۴۴

فصل هفتم: سیستم‌های چندکاربره‌ی MIMO..... ۴۷

۷-۱ تنوع چندکاربره..... ۵۰

۷-۲ گونه‌های MIMO..... ۵۰

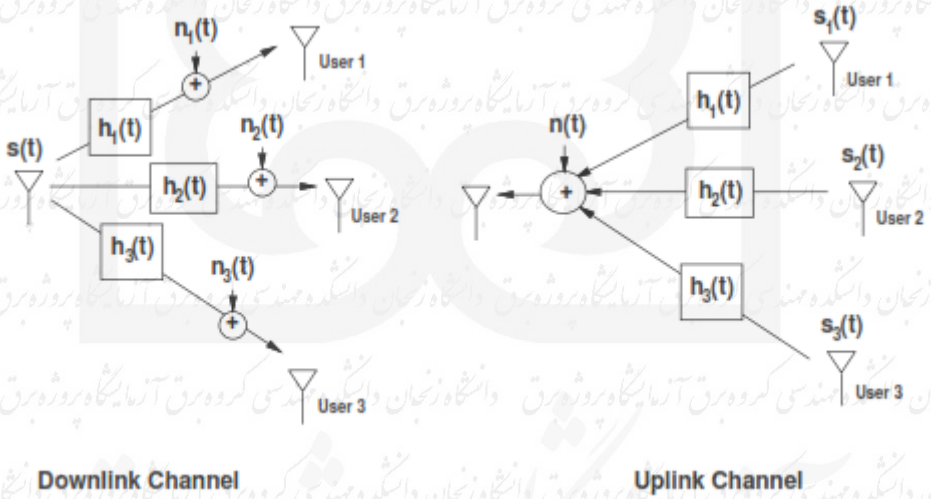
منابع..... ۵۱

مقدمه

در سیستم های چند کاربره، منابع سیستم باید بین چندین کاربر تقسیم شود. برای پشتیبانی از چندین کاربر، ابعاد فضای سیگنال یک سیستم چند کاربره باید به چندین کاربر اختصاص داده شود. اختصاص دادن ابعاد سیگنالی به کاربران خاص «دستیابی چند گانه» نامیده می‌شود. روشهای دستیابی چندگانه در کانالهای چند کاربره‌ی متفاوتی، بصورت متفاوت عمل می‌کند، که ما این روشها را برای دو کانال اساسی یعنی «کانالهای ارتباط مخابره ها از یک ایستگاه زمینی به یک ماهواره‌ی ارتباطی » و «کانالهای ارتباط مخابره ها از یک ماهواره به یک ایستگاه زمینی » بکار می‌بریم. از انجا که ابعاد سیگنالی می‌تواند از روشهای متفاوت نامحدودی به کاربران اختصاص داده شود، پس ظرفیت کانال چند کاربره به جای تعداد سیگنالها با نرخ پهنا تعیین می‌شود. پهنا تمام نرخ‌هایی را که توسط کانال با احتمال خطای کم برای استفاده‌ی همزمان تمام کاربران بکار گرفته می‌شود را تعریف می‌کند.

کانالهای چندکاربره«آپ‌لینک [1] و دان‌لینک [2]»

کانال چند کاربره به کانالی که باید بین چندین کاربر تقسیم شود، اطلاق می‌شود. دو نوع متفاوت از کانالهای چند کاربره وجود دارد، که در شکل **۱** نشان داده شده است.



شکل ۱-کانالهای آپ‌لینک و دان‌لینک

[1] uplink
[2] downlink

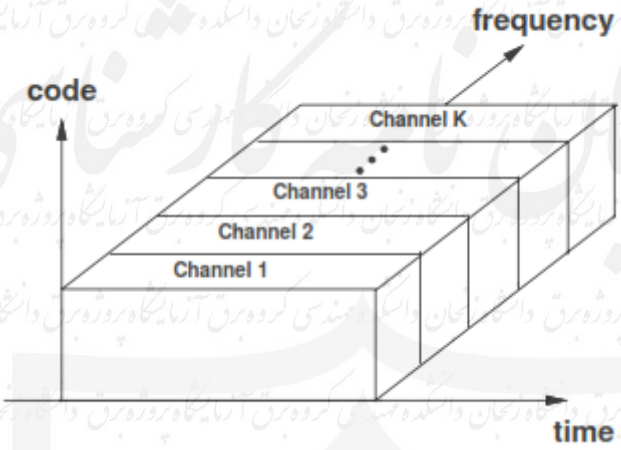
دان‌لینک که کانال پخش یا ارسال نیز نامیده می‌شود، یک فرستنده دارد که به چندین دریافت کننده، ارسال می‌کند. هنگامیکه سیگنالها به تمام کاربران ارسال می‌شوند، سیگنالهای ارسالی بصورت $s(t)=\sum_{k=1}^{K} S_k(t)$ می‌باشند، که کل توان و قدرت آنها P ودارای پهنای باندB می‌باشند، بنابراین، کل ابعاد سیگنالی و قدرت ارسالی باید بین چندین کابر تقسیم شود. سنکرون کردن کاربران متفاوت در دان-لینک کاری آسان است،چراکه تمام سیگنالها از یک فرستنده ارسال می‌شوند، گرچه وجود چندین مسیر در یک کانال می‌تواند باعث بر هم زدن این سنکرون سازی شود. دیگر مشخصه‌ی این کانال اینکه سیگنال وتداخل امواج توسط همان کانال تعریف می‌شود. خصوصا، سیگنال کاربر Kیعنی $s_k(t)$ و تمام سیگنالهای داخلی آن $j \neq k$ و $s_j(t)$ از طریق کانال $h_k(t)$ کاربر K عبور می‌کنند، تا به گیرنده کاربر K برسند. این مورد اساسی ترین تفاوت بین آپ‌لینک و دان‌لینک می‌باشد، چرا که سیگنالهای آپ‌لینک از کاربرهای متفاوت توسط کانالهای متفاوت شکسته می‌شوند. مثالهایی ازدان لینک بی سیم عبارتند از: ایستگاههای رادیویی و تلویزیونی، ارسال از یک ماهواره به چندین ایستگاه زمینی و ارسال از یک ایستگاه پایه به ترمینالهای موبایل در یک شبکه‌ی موبایلی.کانال آپ لینک کانال دستیابی چندگانه یا کانال معکوس نیز نامیده می‌شود، که دارای چندین فرستنده است که سیگنالها را به یک گیرنده می‌فرستند، که هر سیگنال باید داخل پهنای باند B سیستم باشد. در مقابل دان‌لینک، در آپ‌لینک هر کاربر دارای یک قدرت P_K برای هر سیگنال $s_k(t)$ می‌باشد. علاوه براین، از آنجا که سیگنالها از چندین فرستنده ارسال می‌شوند، این فرستنده ها در صورت نیاز به سنکرون سازی سیگنال ، باید با هم هماهنگ شوند. شکل بالا بیان می‌کند که در آپ‌لینک، سیگنالها از کاربرهای متفاوت از کانالهای متفاوت حرکت می‌کنند، بنابراین اگر هم توان ارسالی p_kها مشابه باشند، توانهای دریافتی با کاربران متفاوت در صورت تفاوت بهره‌ی کانالها، متفاوت می‌باشند. مثالهایی از آپ‌لینک عبارتند از: ارسال از یک ایستگاه زمینی به یک ماهواره و ارسال ترمینالهای موبایل به یک ایستگاه پایه در سیستم موبایل. بسیاری از سیستم های ارتباطی دوطرفه هستند، بنابراین دارای آپ‌لینک و دان‌لینک هستند. فرستنده‌ی رادیویی که از طریق دان‌لینک به کاربران ارسال می‌شود از طریق کانال آپ‌لینک دریافت می‌شود، اغلب بصورت یک ایستگاه مبنا یا نقطه‌ی دستیابی شناخته می‌شود. بخاطر تداخل امواج، معمولا ارسال و دریافت در رادیو، در باند فرکانسی یکسان انجام نمی‌شود. بنابراین ، سیستم های دو طرفه باید در کانالهای آپ‌لینک و دان‌لینک مجزا شوند. این جدا سازی با نام « دو رشته‌ای کردن» شناخته می‌شود. دو رشته‌ای کردن تقسیم زمانی (TDD) درباره‌ی یک کاربر یعنی ارائه زمان برای دریافت از یک نقطه‌ی دستیابی ارسال به نقطه‌ی دستیابی دیگر و دورشته‌ای کردن تقسیم فرکانسی (FDD) یعنی تعیین باند فرکانسی مجزا برای ارسال یا دریافت می‌باشد. مزیت TDD آن است که کانالهای دو طرفه در بهره‌ی کانالی خود متقارن هستند، بنابراین سنجش کانال در یک جهت می‌تواند برای تخمین کانال در جهت دیگر مورد استفاده قرار گیرد. اگر فرکانس های برگزیده برای هر سو، توسط بیش از پهنای باند وابستگی مجزا شده باشند، این کانالها می‌توانند حذف مستقل را از خودشان نشان دهند.

۱. دستیابی چندگانه

تخصیص مؤثر ابعاد سیگنالی بین کاربران یکی از کلیدی‌ترین جنبه‌های طراحی در آپ‌لینک و دان‌لینک می‌باشد، چرا که معمولا پهنای باند نادر یا گران قیمت می‌باشد. اگر کانالهای اختصاصی به کاربران اختصاص داده شود، این کار اغلب «دستیابی چندگانه» نامیده می‌شود. عملکردهایی همراه با انتقال پیوسته و محدودیت تاخیر، مثل صدا یا فیلم، معمولا برای عملکرد بهتر و اطمینان از عدم توقف ارسال، نیاز به کانالهای اختصاصی دارند. کانالهای مجزا از طریق تکنیکهای مجزاسازی مثل تقسیم زمانی، تقسیم فرکانسی، تقسیم کد و ترکیب هیبرید (پیوندی) بدست می‌آیند. تخصیص ابعاد سیگنالی به کاربران از برخی تخصیص-های تصادفی استفاده می‌کند که دستیابی کانال را تعیین نمی‌کند. تقسیم پهنای باند با استفاده از تخصیص کانال تصادفی با نام «دستیابی چندگانه‌ی تصادفی» یا بعبارت ساده‌تر «دستیابی تصادفی» خوانده می‌شود. عموما تقسیم بر استفاده از دستیابی چندگانه یا دستیابی تصادفی، به کاربرهای سیستم، ترافیک کاربران در سیستم، عملکردهای مورد نیاز و مشخصات کانال و مشخصات سایر سیستم‌ها که در همان پهنای باند کار می‌کنند، بستگی دارد. تکنیک‌های دستیابی چندگانه کل ابعاد سیگنالی را بین کانالها تقسیم می‌کند و سپس این کانالها را به کاربران متعدد اختصاص می‌دهد. عمومی‌ترین روشها برای تقسیم فضای سیگنالی با با محورهای زمان، فرکانس و کد می‌باشد. کانالهای کاربری متفاوت توسط تقسیم متعامد و غیر متعامد در راستای این محورها ایجاد می‌شوند: دستیابی چندگانه‌ی تقسیم زمانی(*TDMA*) و دستیابی چندگانه‌ی تقسیم فرکانسی(*FDMA*) جزو روشهای جداسازی متعامد هستند در حالی که دستیابی چندگانه تقسیم کد، بسته به طراحی کد، می‌تواند متعامد یا غیر متعامد باشد. آنتن‌های جهت‌دار، اغلب از طریق فرآیند آرایه‌ای آنتن بدست می‌آیند، که یک بعد زاویه‌ای مجزایی را ایجاد می‌کند که می‌تواند برای مجزاسازی فضای سیگنالی مورد استفاده قرار گیرد، این فرایند «دستیابی چندگانه‌ی تقسیم فضا» *SDMA* نامیده می‌شود. کارایی هر یک از روشهای دستیابی چندگانه به اینکه آیا برای آپ‌لینک استفاده می‌شود یا برای دان‌لینک و همچنین مشخصات خاص آن بستگی دارد. *TDMA*، *FDMA* و *CDMA* متعامد برای تقسیم متعامد ابعاد سیگنالی مناسب‌اند،بنابراین به همان تعداد کانالهای متعامد ایجاد می‌کنند. با ابعاد فضایی $2BT$، N کانال متعامد با ابعاد $2BT/N$ می‌تواند تولید شود، در نتیجه تمام تکنیک‌های دستیابی چندگانه که بصورت متعامد فضای سیگنالی را تقسیم می‌کنند، همان ظرفیت در سیگنال *AWGN* را دارا می‌باشند. گرچه اختلال مثل حذف فرکانس انتقالی می‌تواند این تکنیک‌ها را تحت تأثیر قرار دهد، که منجر به ظرفیت‌های متفاوت و عملکردهای متفاوت در عمل شود.

۱-۱ دستیابی چندگانه‌ی تقسیم فرکانسی

در دستیابی چندگانه تقسیم فرکانسی، ابعاد سیگنالی سیستم در راستایی محورهای فرکانسی به کانالهای غیر هم‌پوشان تقسیم می‌شود که هر کاربر کانال فرکانسی خاصی را اخذ می‌کند که در شکل۲ نشان داده شده است.



شکل ۲- دستیابی چندگانه‌ی تقسیم فرکانسی

کانالها دارای باند نگهبان در بینشان هستند تا فیلترهای ناقص، پراکندگی طیفی ناشی از دوپلر و تداخل امواج کانالهای مجاور را جبران کنند. اگر کانالها دارای پهنای باند باریک باشند حتی اگر پهنای باند سیستم پهن باشد، کانالهای اختصاصی حذف فرکانس انتخابی را تجربه نخواهند کرد. انتقال در طول زمان بصورت پیوسته است که می‌تواند توابعی چون تخمین کانال را پیچیده کند بنابراین این توابع باید بصورت همزمان و در همان پهنای باند مربوط به انتقال داده‌ها، عمل کنند. دستیابی چندگانه‌ی تقسیم فرکانسی به رادیوهای سریع‌الانتقال فرکانسی نیاز دارد تا بتواند تغییر فرکانس را برای حاملهای متفاوت انجام دهد. تخصیص کانالهای چندگانه به یک کاربر تحت دستیابی چندگانه‌ی تقسیم فرکانسی، دشوار است چون این کار به رادیوهایی نیاز دارد که بتواند بطور همزمان سیگنالهای دریافتی کانالهای فرکانسی متعدد را رمزگشایی کند. *FDMA* یکی از عمومی‌ترین دستیابی چندگانه برای سیستم‌های آنالوگ است که انتقال بصورت پیوسته می‌باشد و برای *AMPS* و استانداردهای تلفن همراه آنالوگ *ETACS* نیز بکار گرفته می‌شود. دستیابی چندگانه در سیستم‌های *OFDM* که *OFDM* نامیده می‌شوند، *FDMA* را با استفاده از زیرحامل-های متفاوت در کاربران متفاوت، بکار می‌گیرند.

مثال۱: سیستم‌های آنالوگ اولیه کل پهنای باند را بدین صورت که *B=25 MHz* برای کانالهای آپ‌لینک و *B=25 MHz* برای کانالهای دان‌لینک، تخصیص می‌دادند. این تخصیص پهنای باند بین دو اپراتور تقسیم می‌شود. بدین گونه که هر اپراتور *12/5 MHz*برای هر یک از کانالهای آپ‌لینک و دان‌لینک اختصاص

می‌دهد. هر کاربر دارای B_c=30 KHz از طیف برای سیگنال صدای آنالوگ و 24 KHz برای سیگنال مدوله شده‌ی FM و 3 KHz باند نگهبان برای هر بخش است. پهناهای باند آپ‌لینک و دان‌لینک، باندهای نگهبان با B_g=10 KHz را برای کاستن تداخل امواج دارند. تعداد کل کاربران صوتی آنالوگ را که می‌توانند در پهنای باند 25 MHz کار کنند را بیابید. همچنین یک سیستم دیجیتال مؤثر با مدولاسیون سطح بالا که فقط سیگنالهای 10 KHz مورد نیازند را تصور کنید. چه تعداد کاربر در همان فرکانس 25 MHz از طیف برای این سیگنال لازم است؟

راه حل: برای هر یک از آپ‌لینک و دان‌لینک، با باندهای نگهبان در هر بخش از سیگنال صدا، هر کاربر به پهنای بان کلی B_c+2B_g نیاز دارد. بنابراین، تعداد کل کاربران که می‌توانند در پهنای باند B=25 KHz وجود داشته باشند، برابر است با:

$$N=\frac{B-2B}{B}=\frac{25*10^6-2*10*10\text{^}4}{30*10\text{^}3}=832$$

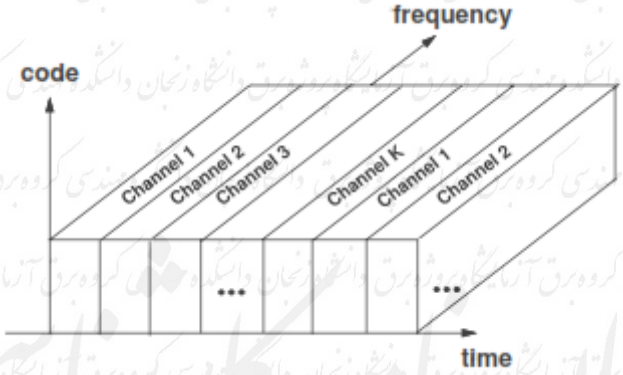
یا 432 کاربر برای هر اپراتور. علاوه براین، سیستم‌های آنالوگ اولیه می‌توانند 832 کاربر را در هر سلول پشتیبانی کنند. سیستم دیجیتال دارای

$$N=\frac{25*10^6-2*5*10\text{^}3}{10*10\text{^}3}=2599$$

کاربر، که تقریبا سه برابر بیشتر از سیستم آنالوگ است. این افزایش بخاطر حفظ پهنای باند مدولاسیون دیجیتال سطح بالاست، که می‌تواند سیگنال صدا را در یک سوم پهنای باند سیگنال صدای آنالوگ، مدوله کند.

۱-۲ دستیابی چندگانه‌ی تقسیم زمانی

در دستیابی چندگانه‌ی تقسیم زمانی، ابعاد سیستم در راستای محور زمان به کانالهای غیرهمپوشان تقسیم می‌شوند و به هر کاربر یک برنامه‌ی زمانی پریودیک واگذار می‌شود، همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳-دستیابی چندگانه‌ی تقسیم زمانی

این کانالهای دستیابی چندگانه‌ی تقسیم زمانی کل پهنای باند سیستم را اشغال می‌کنند که معمولا پهن باند هستند. بنابراین برخی از فرم‌های کاهش ISI نیاز است. برنامه‌ی زمانی دوره‌ای ایجاب می‌کند که انتقال برای هر کاربر بصورت پیوسته نباشد که این عامل باعث سادگی برخی کارها مانند تخمین کانال می‌شود چون این کارها می‌توانند در طول زمانبندی توسط سایر کاربرها انجام شوند. مزیت دستیابی چندگانه‌ی تقسیم فرکانسی این است که به سادگی می‌تواند کانالهای چندگانه را به یک کاربر اختصاص دهد. مشکل بزرگ دستیابی چندگانه‌ی تقسیم زمانی، دست‌کم برای کانالهای آپ‌لینک، نیاز به همسان‌سازی کاربران متفاوت می‌باشد. علی‌الخصوص، در یک کانال دان‌لینک، تمام سیگنالهای فرستاده شده از یک فرستنده هستند و از یک کانال برای رسیدن به گیرنده‌های متفاوت عبور می‌کنند. بنابراین، برای کانالهای حذف مسطح، اگر کاربران در برنامه‌ی زمانی متعامد ارسال را انجام دهند، سیگنال دریافتی، این حالت متعامد را حذف خواهد کرد. گرچه در کانال آپ‌لینک، کاربران در کانالهای متفاوت ارسال می‌کنند و این ارسال با تأخیرهای خاص خود است. گرچه، برای حفظ برنامه‌ی زمانی متعامد در سیگنالهای دریافتی، فرستنده‌های متفاوت آپ‌لینک باید سنکرون شوند، این سنکرون سازی توسط یک ایستگاه مبنا یا نقطه‌ی دستیابی هماهنگ می‌شود. مسیرهای چندگانه می‌تواند باعث تخریب تقسیم زمانی در کانالهای آپ‌لینک و دان‌لینک شود و این در حالتی است که تأخیرهای مسیرهای چندگانه قابل توجه باشند. بنابراین کانالهای دستیابی چندگانه‌ی تقسیم زمانی اغلب دارای باندهای نگهبان در بینشان هستند تا خطاهای سنکرون‌سازی و مسیرهای چندگانه را جبران کنند. مشکل دیگر دستیابی چندگانه‌ی تقسیم زمانی، با وجود برنامه‌ی زمانی پریودیک امکان تغییر مشخصات کانال در هر پریود وجود دارد. بنابراین توابع گیرنده که به تخمین کانال نیاز دارند، مانند برابر سازی، باید کانال را در هر پریود دوباره تخمین بزنند. زمانی که انتقال پیوسته است،

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

گونه های چند کاربره

به تازگی، پژوهش‌ها پیرامون فناوری مایموی چند کاربره، در حال ظهور بوده است. در حالیکه مایموی تمام کاربره، (یا مایموی شبکه)، می‌تواند پتانسیل بیشتری داشته باشد، اما پژوهش‌ها بر روی فناوری مایموی نیمه کاربره (یا مایموی چند کاربره و چند آنتنه)، به سبب کاربرد آن، بیشتر بوده است.

مایموی چند کاربره یکی از فناوری‌هایی است که نامزد به کارگیری در استانداردهای اخیر ۳*GPP* و *WiMAX* بوده است و به سبب ویژگی‌هایش، از سوی شرکت‌های بسیاری، پذیرفته شده است، چرا که پیاده‌سازی مایموی چند کاربره، برای تلفن‌های همراهی که دارای پیچیدگی و شمار آنتن‌های دریافتی‌کم هستند، امکان پذیرتر از مایموی تک کاربره، با قابلیت گذردهی سیستمی بالا است.

منابع

1. Goldsmith, Andrea. Wireless communications. Cambridge university press, 2005

2. J.Salz,"Digital transmission over cross- coupled linear, T Technical Sournal, Vol 64,no 6 , pp. 1147-1159&channals," AT July- August 1985