٤٢٥٧٢

۱۳۸۱ /۹/ ۲۰

دانشگاه تهران
دانشکده فنی
گروه مهندسی برق و کامپیوتر

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

روشهای دیکدینگ برای کدهای فضا- زمان (Space-Time) برای کاربرد در آنتنهای چندگانه

نگارش:
لطف الله بیگی هرچگانی

استاد راهنما:
دکترسید حمیدرضا جمالی

۶۴۰۱۵

پایان نامه جهت دریافت در جه کارشناسی ارشد
در رشته مهندسی برق گرایش مخابرات

تابستان ۱۳۸۱

دانشگاه تهران

دانشکده فنی

گروه مهندسی برق و کامپیوتر

پایان نامه برای دریافت درجه کار شناسی ارشد در رشته

مخابرات

عنوان :

روشهای دیکدینگ برای کدهای(Space-Time) فضا- زمان برای کاربرد در آنتنهای چندگانه

نگارش:

لطف الله بیگی هرچگانی

از این پایان نامه در تاریخ ۱۳۸۱/۶/۲۴ در مقابل هیأت داوران دفاع به عمل آمد

و مورد تصویب قرار گرفت

سر پرست تحصیلات تکمیلی دانشکده فنی	**دکتر محمد علی بنی هاشمی**	.....
مدیر گروه آموزشی	**دکتر محمود کمره ای**	.....
سر پرست تحصیلات تکمیلی گروه	**دکتر جواد فیض**	.....
استاد راهنما	**دکتر حمید رضا جمالی**	.....
عضو هیأت داوران	**دکتر سعید نادر اصفهانی**	.....
عضو هیأت داوران	**دکتر معصومه نصیری کناری**	.....
عضو هیأت داوران	**دکتر محسن شیوا**	.....

تقدیم به ....

همه کسانی که دوستشان دارم

چکیده :

ظرفیت زیادی که در سیستمهای مخابراتی با استفاده از آنتنهای چند گانه قابل دستیابی می با شد، جذابیت خاصی را نسبت به این شاخه و طراحی کدهای فضا- زمان که در این محیط ها استفاده می شوند فراهم کرده است. مساله پیچیدگی دیکدینگ ازموانع موجود در این شاخه (در کدهای غیر متعامد) می باشد. در این پایان نامه روشهای آ شکار سازی در کدهای فضا- زمان با تقسیم بندی بر اساس شناخته بودن یا نبودن کانال و همینطور بهینه یا زیر بهینه بودن الگوریتم ها مورد بررسی قرارمی گیرد و با طرز نگاه متفاوت این موضوع به مساله ریاضی تحت عنوان "جستجو برای یافتن نزدیکترین نقطه در فضای یک لتیس به یک نقطه دلخواه" تبدیل می شود. با توجه به این که در ادبیات لتیس جمع بندی خاصی در این باب صورت نگرفته است، ابتدا با بررسی مفصل الگوریتمهای مختلف مطرح شده در این زمینه، الگوریتم تغییر یافته پهست توسط اشنور و اوخنر برای کاربرد مورد نظر انتخاب می شود. این الگوریتم (CPS) دارای پیچیدگی کمتری از الگوریتمهای پیشنهاد شده قبلی نظیر دیکدینگ کروی که بر اساس الگوریتم فینک و پهست استوار است، بوده و همینطور ساختار مناسبتری برای پیاده سازی عملی دارا می باشد زیراکه تعیین محدوده شعاع جستجو در این الگوریتم به صورت دینامیکی در طی اجرای الگوریتم صورت می پذیرد. در حالت کدهای متعامد نیزبا بهره گیری از ساختار لتیسی این کدها، دیکدینگی با پیچیدگی نا چیزارائه شده است که عملکرد آشکار ساز ML را دارد. در مورد کانالهای ناشناخته نیز الگوریتم دیکدینگ لتیسی سریع مورد بررسی قرار گرفته که دارای عملکرد نزدیک ML می باشد و با استفاده از الگوریتم CPS می تواند عملکرد بهینه، با افزایش پیچیدگی دیکدر، داشته باشد.
با توجه به اینکه الگوریتمهای مذکور قابل پیاده سازی به صورت بلادرنگ با استفاده از پروسسورهای DSP یا FPGA می باشند پیاده سازی عملی این الگوریتمها جهت آشکار سازی درآنتنهای چند گانه ممکن خواهد بود.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل ۱ ..... ۱

مقدمه .....

فصل ۲ ..... ۹

معرفی کدهای فضا- زمان .....

۲-۱ : مقدمه .....

۲-۲ : کدهای فضا زمان .....

۲-۲-۱ : کد متعامد الموتی .....

۲-۲-۲ : طرح BLAST .....

۲-۲-۳ :کدهای متعامد بلوکی .....

۲-۳ : مدل LD کدهای فضا زمان .....

فصل ۳ ..... ۱۷

مروری بر لتیس .....

۳-۱ : تعاریف .....

تعریف۳-۱.....

تعریف۳-۲.....

تعریف۳-۳.....

تعریف۳-٤.....

تعریف۳-٥.....

تعریف۳-٦.....

تعریف۳-۷.....
۳-۲ : الگوریتمهای کاهش پایه .....
۳-۲-۱) الگوریتم کاهش پایه KZ.....
۳-۲-۲)الگوریتم کاهش پایه LLL .....
۳-۳: یافتن کوتاهترین بردار غیر صفر در یک لتیس .....
۳-٤ : مرور مفهومی الگوریتمها ی مربوط به یافتن نزدیکترین نقطه در یک لتیس نسبت به یک نقطه دلخواه.....

فصل ۴ ..... ۲۸

دیکدینگ کدهای فضا- زمان برای کانال شناخته شده .....

٤-۱ : دیکدینگ‌های با عملکرد بهینه .....
٤-۲ : دیکدینگ کروی .....
٤-۲-۱ : انجام دیکدینگ کدهای فضا- زمان بلوکی توسط دیکدینگ کروی .....
٤-۲-۲ : ملاحظات عملی .....
٤-۲-۳: انتخاب اولیه شعاع جستجو.....
٤-۳ : الگوریتم تعمیم یافته دیکدینگ کروی.....
٤-۳-۱ : الگوریتم دیکدینگ کروی تعمیم یافته نوع اول.....
٤-۳-۲ : الگوریتم دیکدینگ تعمیم یافته نوع دوم .....
٤-۳-۳ : بررسی پیچیدگی الگوریتم دیکدینگ کروی تعمیم یافته نوع دوم.....
٤-٤ : نتایج شبیه سازی دیکدینگ کروی .....
٤-٥ : طرح ساده برای دیکدینگ کروی .....
٤-٥ -۱ : الگوریتم ساده برای دیکدینگ کروی .....
٤-٥ -۲ : آنالیزدیکدینگ .....
٤-٥ -۳: بررسی پیچیدگی.....
٤-٦ : الگوریتم دیکدینگ بر اساس یافتن نزدیکترین نقطه در لتیس.....
٤-۷: ملاحظات عملی الگوریتم CPS.....
٤-۷: بهینه سازی الگوریتم CPS (برای حالت خاص).....
٤-۸ دیکدینگ های با عملکرد زیر بهینه .....
٤-۸-۱ : طرح دیکدینگ کدهای V-BLAST .....
٤-۸-۲ : الگوریتم آشکارسازی .....
٤-۸-۳ : تعیین ماتریس a بهینه ($\underline{a}_{opt}$) .....
٤-۸-٤ : نتایج آزمایشگاهی .....

فصل ۵ ..... ۵۴

بررسی پیچیدگی الگوریتم های دیکدینگ بهینه .....

۵-۱ :مقدمه .....

۵-۲ : بررسی پیچیدگی الگوریتم دیکدینگ کروی .....

۵-۲ -۱ : پیچیدگی الگوریتم فینک و پهست: .....

۵-۲ -۲ : پیچیدگی الگوریتم دیکدینگ کروی .....

۵-۳ : بررسی پیچیدگی الگوریتم CPS .....

۵-۳ -۱ : مقایسه با روش کانان : .....

۵-۳ -۲ : مقایسه الگوریتم CPS با دیکدینگ کروی (روش بهینه یافته پهست توسط ویتر بو- بو تروس) .....

فصل ۶ ..... ۶۴

دیکدینگ کدهای فضا- زمان برای کانال ناشناخته .....

۶-۱ : مقدمه .....

۶-۲: مدولاسیون فضا - زمان یکتا .....

۶-۳ : دیکدینگ سریع لتیسی .....

۶-۳-۱: مدولاسیون تفاضلی در حالت استفاده از یک آنتن .....

۶- ۳- ۲ : مدولاسیون تفاضلی برای آنتن های چند گانه .....

۶- ۳- ۳ : یافتن نزدیکترین نقطه در لتیس .....

۶-۴ : نتایج شبیه سازی .....

فصل۷ ..... ۷۸

دیکدینگ کدهای فضا زمان متعامد .....

۷-۱ : مقدمه .....

۷-۲ : دیکدینگ کدهای فضا - زمان متعامد .....

۷-۳ : آنالیز دیکدینگ و بررسی عملکرد آن .....

۷-۳ : نتایج شبیه سازی .....

فصل ۸ ..... ۸۶

کدهای فضا- زمان طراحی شده با ساختار ترلیسی و بررسی دیکدینگ آنها .....

۸-۱ : مقدمه .....

۸-۲ : دیکدینگ کدهای فضا-زمان طراحی شده با ساختار ترلیسی .....

۸-۳ : کدهای آزمند - باهوش و دیکدینگ آنها .....

۸-٤ : کدهای ترکیبی طرح ساده دایورسیتی و ترلیسی .....

۸-٤-۱ : پردازش خطی در طرح ساده دایورسیتی .....

۸-٤-۲ : طرح تصمیم گیری آشکارساز با حداکثر تشابه .....

۸-٤-۳ : مدل سیستم برای ترکیب طرح ساده دایورسیتی با مدولاسیون کد شده ترلیسی .....

۸-٤-٤ : بررسی عملکرد درکانال با فیدینگ آهسته .....

فصل ۹ ..... ۹۵

نتیجه گیری و پیشنهادات .....

۹-۱ : نتیجه گیری .....

۱) الگوریتمهای بهینه .....

۲) الگوریتمهای دیکدینگ کدهای متعامد .....

۳) الگوریتمهای زیر بهینه .....

۹-۲ : پیشنهادات .....

پیوست ۹۹

مراجع ۱۰۲

فصل ۱

مقد مه

امکان ارسال داده با نرخ بیت بسیار بالا در مخابرات بی سیم جهت تحقق ارسال سیگنالهای ویدئو و غیره از اهداف اصلی مخابرات آینده می‌باشد. بدین منظور افزایش عرض باند کانال راه حل ساده، ولی با هزینه بالایی است. راه حل اقتصادی دیگر، بهره بردن از دایورسیتی انتشار می‌باشد که از طریق استفاده از آنتن‌های چندگانه در فرستنده و گیرنده بدست می‌آید.

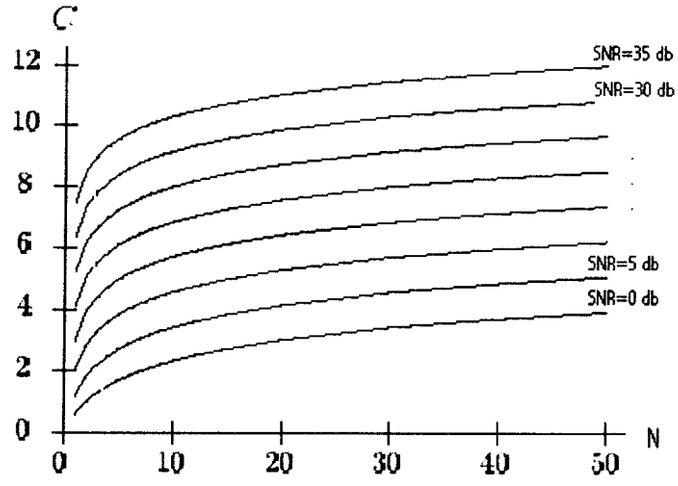
نشان داده شده است[۱] [۲] که درمحیطهای فیدینگ تخت با توزیع رایلی، کانالی متشکل از آنتن‌های چند گانه ازلحاظ تئوری دارای ظرفیتی می‌باشد که به صورت خطی با تعداد آنتن موجود درفرستنده یا گیرنده، هر کدام که کمتر باشد، افزایش می‌یابد. البته این افزایش ظرفیت با این فرض است که ضرایب انتشار کانال برای تمام جفت آنتهای فرستنده و گیرنده، مستقل بوده و برای گیرنده (نه فرستنده) شناخته شده باشند. این استقلال ضرایب، دایورسیتی بوجود می‌آورد. برای رسیدن به این استقلال جدا کردن آنتنهای فرستنده و گیرنده از همدیگر به اندازهٔ فاصله فیزیکی تا چند برابر طول موج کاریر لازم است. با اعمال این فاصله در بین آنتنها، روشهای آرایه های وفقی[۱] وشکل دهی پترن آنتن[۲] و جهت دهی آنتنی قابل استفاده نخواهند بود.

اگر زمان بین تغییر ضرایب کانال به اندازه کافی بزرگ باشد، فرستنده می‌تواند با ارسال رشته آموزشی، امکان تخمین ضرایب کانال را برای گیرنده فراهم کند و با فراهم شدن شرایط ذکر شده نتایج ارائه شده در [۱] و [۲] قابل قبول خواهند بود. اما در یک گیرنده سیار، به هر حال زمان بین تغییر ضرایب کانال ممکن است به حدی کوچک باشد که اجازه تخمین ضرایب کانال را به گیرنده ندهد. به عنوان مثال گیرنده‌ای با سرعت ۶۰ مایل درساعت و در فرکانس کار ۱/۹ گیگا نماد بر ثانیه بازه زمانی تغییرات ضرایب کانال در حدود سه میلی ثانیه را احساس می‌کند که برای نرخ نماد ۳۰ کیلونماد بر ثانیه، توانایی ارسال ۱۰۰ نماد در هر پریود تغییرات ضرایب کانال را خواهد داشت و بدین ترتیب امکان ارسال رشته آموزشی وجود ندارد. در این حالت اثبات می‌شود که افزایش تعداد آنتنهای فرستنده از بازه همدوسی ضرایب کانال، هیچ بهبودی در ظرفیت کانال ایجاد نمی کند[۳]. به عبارت دیگر اگر فرض کنیم تعداد آنتنهای فرستنده M و تعداد آنتنهای گیرنده N و بازه همدوسی کانال T برابرزمان یک نماد باشد، ظرفیت برای M>T معادل ظرفیت در حالت M=T خواهد بود. همینطور نشان داده می‌شود که درحالت کانال ناشناخته، ظرفیت کانال برای تعداد ثابت آنتنهای فرستنده و گیرنده با افزایش T به ظرفیت کانال شناخته شده نزدیک می‌شود [۳]. به طور خلاصه تأثیر تعداد آنتنهای گیرنده N و فرستنده M در ظرفیت یک کانال مخابراتی (درحالت داشتن اطلاعات کامل کانال) به صورت زیر قابل بیان است :

۱- Adaptive Array Concepts

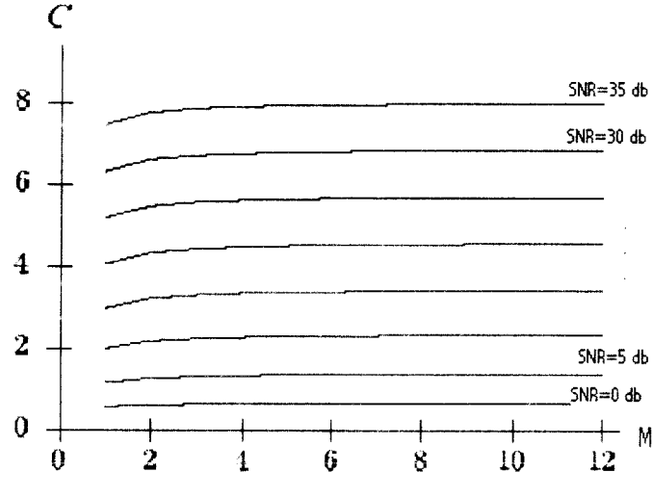
۲- Beamforming Pattern

الف) درصورت ثابت بودن آنتنهای فرستنده به عنوان مثال۱ =M و مقادیر مختلف سیگنال به نویز SNR ظرفیت C طبق شکل (۱-۱) با تعداد آنتنهای گیرنده N رابطه دارد[۳].



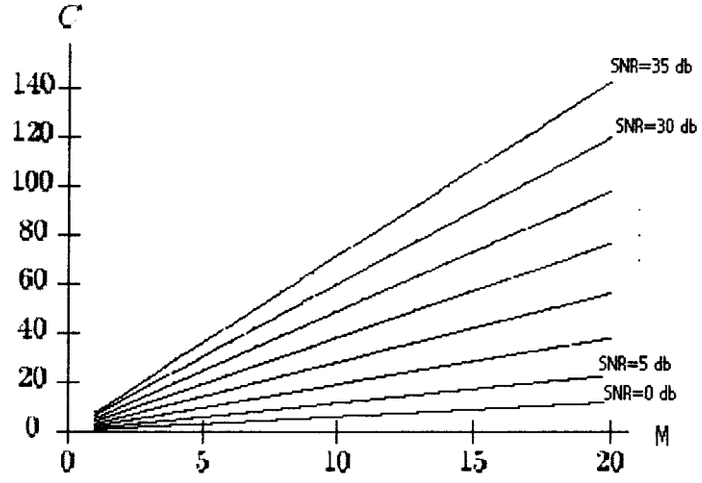
شکل۱-۱) ظرفیت برحسب تعداد آنتن های گیرنده با فرض۱ =M برای سیگنال به نویزهای مختلف[۳]

ب) اگر تعداد آنتنهای گیرنده ثابت باشند به عنوان مثال۱ =N ، ظرفیت C به صورت نمودار شکل(۱-۲) با تعداد آنتنهای فرستنده M برای SNR های مختلف رابطه دارد.



شکل۱-۲) ظرفیت بر حسب تعدادآنتنهای فرستنده با فرض۱ = N برای سیگنال به نویزها ی مختلف[۳]

ج) اگر تعداد آنتنهای گیرنده و فرستنده را یکسان فرض کنیم یعنی M=N ، در این صورت به ازای SNR های مختلف ظرفیت C با تعداد آنتنها یعنی M طبق نمودار شکل (۱-۳) رابطه دارد. بعد از تبیین اهمیت استفاده از آنتنهای چندگانه در دستیابی به ارسال داده با نرخ بالا و به عبارتی دستیابی به ظرفیت



شکل۱-۳) ظرفیت برحسب تعداد آنتن های گیرنده با فرض N=M برای سیگنال به نویزها ی مختلف[۳]

بیشتر در یک کانال مخابراتی، به بحث اصلی یعنی انجام دیکدینگ و یا به عبارتی انجام آشکارسازی در این سیستم‌ها می‌پردازیم. به این منظور الگوریتم های موجود را با توجه طرحهای مختلف بیان می کنیم.

BLAST[۱] یک طرح عملی برای ارسال اطلاعات کد نشده در یک کانال فیدینگ با استفاده از آنتن های چندگانه در فرستنده و گیرنده می‌باشد که در سال ۱۹۹۷ توسط فوشینی و دیگران [۴] [۵] مطرح شد. در این شیوه به جای انجام عمل دیکدینگ برای تمام آنتن های فرستنده به طور همزمان، ابتدا قویترین سیگنال آشکار می‌شود و پس از خنثی کردن اثر این سیگنال از تمام سیگنالهای دریافتی درگیرنده‌های مختلف، رویهٔ ذکر شده برای باقی ماندهٔ سیگنالها تکرار می‌شود. این شیوه، آشکارسازی با روش صفرسازی و خنثی کردن[۲] نامیده می شود. با این شیوه بازدهی طیفی(۴۰- ۲۰) بیت در هر نماد در هر هرتز قابل دستیابی می‌باشد. یکی از مسائل بغرنج در این الگوریتم مرحله صفرسازی و خنثی کردن می‌باشد که از پیچیدگی محاسباتی بالائی برخوردار می‌باشد. برای حل این مشکل، الگوریتمهائی[۶] [۷] که پیچیدگی محاسباتی BLAST را با ضریب ۰/۷ M کاهش می‌دهند پیشنهاد شده است که علاوه بر آن

۱- Bell Lab Layered Space Time

۲- Nulling And Cancelling

پایداری عددی این الگوریتم ها نیز به علت استفاده نکردن از عمل تقسیم و استفاده از تبدیلات متعامد بهبود یافته است.

استفاده از آنتن های چندگانه، ابداع کدهای فضا- زمان را توسط دکتر تارخ [۸] در برداشت. این کدها برای اولین بار براساس ساختار ترلیسی چندبعدی طراحی شدند و الگوریتم ویتربی برای دیکدینگ این کدها استفاده شد. بعد از ارائه کدهای فضا-زمان ترلیسی، دستهٔ دیگری از این کدها طراحی شده به صورت بلوکی متعامد معرفی شدند[۹][۱۰][۱۱] ، که دارای گیرنده بسیار ساده می‌باشند. در این کدها با بهره بردن از ساختار تعامدی، آشکارسازی با عملکرد حداکثر تشابه[۱] با استفاده از پردازشهای خطی در گیرنده صورت می‌گیرد و به طور خلاصه استحصال حداکثر دایورسیتی با مد نظر داشتن سادگی گیرنده معیار طراحی در این کدها می‌باشد.

الگوریتم BLAST[۴][۵] در قیاس با روش آشکارسازی با حداکثر تشابه ازپیچیدگی محاسباتی بسیار کمتری برخوردار است که این مزیت امکان پیاده‌سازی عملی آنرا فراهم می‌کند. اما این مزیت درازای از دست دادن عملکرد آشکارساز بدست می‌آید. به این ترتیب الگوریتم BLAST جزء دسته الگوریتم های زیر بهینه از لحاظ عملکرد محسوب می‌شود. برای جبران این مشکل، با بهره جستن از ساختار لتیسی کدهای BLAST و به طور کلی کدهای فضا- زمان بلوکی، دیکدینگ کروی [۱۲][۱۳] برای دیکدینگ با عملکردآشکارسازحداکثر تشابه ارائه شد. در این روش بدون از دست دادن عملکرد آشکار ساز با حداکثر تشابه، الگوریتمی با پیچیدگی به مراتب کمترازآن برای دیکدینگ کدهای فضا- زمان بدست آمد. این الگوریتم با محدود کردن دامنه جستجو آشکارساز حداکثر تشابه به یک کره که بردار سیگنال دریافتی در مرکز آن واقع است از پیچیدگی زیاد آشکارساز حداکثر تشابه می کاهد.

آخرین طرح ارائه شده برای کدهای فضا-زمان بلوکی، کدهایی با پراکندگی خطی[۲] [۱۴] می‌باشند. معیار طراحی در این کدها حداکثر کردن ظرفیت قابل دستیابی و به عبارتی بهینه کردن معیارهای تئوری اطلاعات می‌باشد. این کدها، کدهای BLAST و کدهای متعامد بلوکی را نیز به عنوان حالت خاص شامل می‌شوند. برای انجام دیکدینگ این کدها از روشهای ذکر شده قبلی نظیر دیکدینگ BLAST و یا دیکدینگ کروی می‌توان استفاده کرد.

همانطور که قبلاً هم ذکر شد، حتی با نداشتن اطلاعات کانال توسط گیرنده، امکان افزایش ظرفیت، با طراحی کدهای فضا-زمان مناسب وجود دارد[۳]. برای سیگنال به نویزهای بالا به صورت شهودی نشان داده می شود [۱۵] که ظرفیت یک کانال (بدون داشتن اطلاعات کامل آن) توسط کلاس جدیدی

۱- Maximum Likelihood

۲- Linear Dispersion

ازسیگنالها که سیگنالهای فضا- زمان یکتا[۱] نامیده می‌شوند، قابل دستیابی می‌باشد. به طور کلی شیوه مناسب مدولاسیون مورد استفاده در این کانالها همانند سیستم های تک آنتنه ، بکارگیری مدولاسیونهای تفاضلی می‌باشد با این تفاوت که در کدهای فضا-زمان از سیگنالهای فضا-زمان یکتا بهمراه مدولاسیون تفاضلی برای بهبود سیستم استفاده می‌شود [۱۶].

تاکنون دو روش برای آشکار سازی کدهای فضا- زمان یاد شده ارائه شده است. درروش اول [۱۷] که برای حالت دو آنتنه و مدولاسیون با فضای سیگنال PSK طراحی شده است، با بهره‌گیری از ساختار متعامد این کدها، دیکدینگ با پیچیدگی کم و با دایورسیتی کامل فضایی بدست آمده است. درروش دوم [۱۸] الگوریتم سریعی برای کدهای تفاضلی طراحی شده به صورت قطری ارائه شده که در این روش مسأله دیکدینگ کدهای فضا- زمان به مسأله مشهور ریاضی که یافتن نزدیکترین نقطه درفضای یک لتیس به یک نقطه دلخواه می‌باشد، تبدیل می‌شود. برای حل این مساله نیز از روش کاهش پایه[۲] بر پایه الگوریتم LLL [۱۹][۲۰][۲۱] استفاده شده است. این روش دیکدینگ دارای پیچیدگی متناسب بصورت چند جمله‌ای با تعداد آنتنها (مستقل از نرخ ارسال) می‌باشد.

در اینجا علاوه بر روشهای ذکر شده قبلی در تاریخچهٔ دیکدینگ کدهای فضا- زمان به بیان الگوریتم‌های جدید پیشنهاد شده در این پایان‌نامه می‌پردازیم. الگوریتم دیکدینگ کروی که دارای ساختار ساده‌تری نسبت به طرح ارائه شده در [۱۲][۱۳] می‌باشد برای دیکدینگ کدهای فضا-زمان با پراکندگی خطی مطرح شده است که بر اساس ساختار لتیسی این کدها استوار است. نتایج این کار در مقاله زیرارائه شده است.

"A New Sphere Decoding for space-time block codes",L.Beygi, A.R. Ghaderipoor,K. Dolatyar and S.H.Jamali, Accepted in SF section of ICASSP2002

در طرح دوم دیکدر لتیسی با پیچیدگی بسیار پائین برای کدهای فضا-زمان متعامد ارائه شده است. این الگوریتم فرمول بندی بسیار ساده‌ای برای انجام دیکدینگ این کدها پیشنهاد می‌کند، که علیرغم کاهش پیچیدگی از لحاظ عملکرد نیز همانند آشکارساز حداکثر تشابه عمل می‌کند. این طرح نیز تحت عنوان مقاله زیر مطرح شده است.

"Simplified lattice decoding for orthogonal space time codes" L. Beygi, A.R. Ghaderipoor, K. Dolatyar and S.H. Jamali, Accepted in International conference on signal processing 2002, Beijing

در طرح نهایی ابتدا با تبدیل دیکدینگ کدهای فضا- زمان بلوکی به مسئله یافتن نزدیکترین نقطه در فضای لتیس و با بهره گیری از بهینه‌ترین الگوریتم ارائه شده برای حل این مسئله تاکنون، یک روش کلی

۱- Unitary Space-Time

۲- Base Reduction