بنام خدا

۳۰۲۶۹

دانشگاه تهران

دانشکده فنی

گروه مهندسی برق و کامپیوتر

۱۰ /۷/ ۱۳۷۹

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

مهندسی برق - گرایش مخابرات

مرکز اطلاعات ... علمی ایران
... مدارک

موضوع :

بهبود عملکرد سیستمهای GSM با استفاده از روش همسان‌سازی توربو

توسط :

پویان پروازی

-778?

استاد راهنما :

دکتر حمیدرضا جمالی

جمهوری اسلامی ایران
دانشگاه تهران

تابستان ۱۳۷۹

۳۰۲۶۹

موضوع :

بهبود عملکرد سیستم‌های GSM با استفاده از روش همسان‌سازی توربو

توسط : پویان پروازی

پایان‌نامه برای دریافت درجهٔ کارشناسی ارشد

رشته مهندسی برق - مخابرات

از این پایان‌نامه در تاریخ ۷۹/۴/۲۸ در مقابل هیأت داوران دفاع به عمل آمد و مورد تصویب قرار گرفت.

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده فنی : دکتر محمدعلی بنی‌هاشمی

مدیر گروه آموزشی : دکتر محمود کمره‌ای

سرپرست تحصیلات تکمیلی گروه : دکتر جواد فیض

استاد راهنما : دکتر حمیدرضا جمالی

عضو هیأت داوران : دکتر سعید نادر اصفهانی

عضو هیأت داوران : دکتر ناصر رضایی

عضو هیأت داوران : دکتر شاهرخ ولایی

چکیده:

با توجه به گسترش روزافزون کاربردهای سیستمهای موبایل، بهبود کیفیت و عملکرد گیرنده‌های موبایل از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. کانال چند مسیرهٔ فیدینگ و غیر قابل پیش‌بینی که بر اثر تحرک و محیط ناپایدار ایجاد می‌شود، عامل اصلی در افت عملکرد می‌باشد. به منظور حصول عملکرد بهتر روشهای مختلفی بکار برده می‌شود: همسان‌سازی با استفاده از الگوریتم قدرتمند ویتربی، تخمین کانال توسط دنباله‌های یادگیری، مدولاسیون کارآمد GMSK، دمدولاسیون مجدداً با استفاده از الگوریتم ویتربی، اینترلیوینگ (در فرستنده) و دی اینترلیوینگ (درگیرنده) برای مقابله با خطای خوشه‌ای (پدیده‌ای رایج ناشی از کانالهای موبایل)، بکارگیری کدهای بلوکی ARQ و کدهای کانولوشنال FEC هم برای تشخیص خطا و هم برای تصحیح خطا.

اما علیرغم تمام این تلاشها به نظر می‌رسد که گیرنده‌های موبایل به روشهای دیگری برای بهبود بیشتر عملکرد خود نیاز دارند. از بین این روشها، می‌توان از روش همسان‌سازی توربو (الهام گرفته از کدهای توربو) نام برد.

در این تحقیق این روش جدید، به سیستم باند پایهٔ GSM (استانداردی که در بسیاری از کشورهای اروپایی و آسیایی از جمله ایران کاربرد دارد) اعمال می‌شود. در ابتدا سیستم باند پایهٔ GSM و همین طور کانال شبیه‌سازی می‌شود، سپس روشی برای کاهش پیچیدگی الگوریتم ویتربی بکارگرفته شده در دمدولاتور GMSK ارائه می‌شود که پیچیدگی این الگوریتم را به نصف می‌رساند، بدون اینکه افت قابل ملاحظه‌ای در عملکرد مدولاسیون ایجاد کند. پس از شبیه‌سازی سیستم باند پایهٔ GSM، روش SOVA و همسان‌سازی توربو به طور کامل معرفی می‌شوند و این روشها به سیستم GSM اعمال می‌شوند. با استفاده از روش SOVA در همسان‌ساز - دمدولاتور، خروجی نرم در اختیار دیکدر کانال قرار می‌گیرد و دیکدر کانال با استفاده از قابلیت نرم تصحیحی این اطلاعات را دیکد می‌کند و دیده خواهد شد که این روش بهرهٔ 2dB را بدست می‌دهد و اعمال روش همسان‌سازی توربو در سیستم GSM، همراه با تغییراتی مشاهده می‌شود که بهره‌ای حدود 7dB در اختیار ما قرار می‌دهد.

تقدیم به والدینم

با تشکر از جناب آقای دکتر جمالی

" It is a tale,

Told by an idiot, full of sound and fury,

Signifying nothing. "

Macbeth

فهرست مطالب

عنوان | **صفحه**

فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱ ـ زمینهٔ تحقیق ۱

۱-۲ ـ ساختار پایان‌نامه ۴

فصل دوم: سیستم باند پایهٔ GSM ۵

۲-۱ ـ مقدمه‌ای بر GSM ۵

۲-۲ ـ شبیه‌سازی کانال رادیویی موبایل ۷

۲-۳ ـ مدولاسیون ۱۸

۲-۴ ـ کاهش پیچیدگی الگوریتم ویتربی دمدولاتور GMSK ۲۴

۲-۵ ـ همسان‌سازی کانال وآشکارسازی توأم GMSK بااستفاده ازالگوریتم‌ویتربی.. ۲۶

۲-۶ ـ روش تخمین کانال ۲۹

۲-۷ ـ کدینگ کانال واینترلیوینگ ۳۷

فصل سوم: همسان‌سازی توربو ۴۲

۳-۱ ـ الگوریتم SOVA ۴۲

۳-۱-۱ ـ معرفی SOVA ۴۲

۳-۱-۲ ـ الگوریتم ویتربی با خروجی نرم SOVA ۴۳

۳-۲ ـ همسان‌سازی توربو ۴۹

۳-۲-۱ ـ معرفی ۴۹

۳-۲-۲ ـ نمایش سیگنال درگیرنده ۴۹

۳-۲-۳ ـ اصول همسان‌سازی توربو ۵۲

۳-۲-۴ ـ بکارگیری عملیات تکراری در همسان‌ساز توربو ۵۴

عنوان	صفحه

فصل چهارم : بکارگیری همسان‌سازی توربو در سیستم باند پایهٔ GSM ۵۷

فصل پنجم : نتایج و پیشنهادات ۶۷

۵-۱ ـ خلاصهٔ مطالب و نتایج ۶۷

۵-۲ ـ پیشنهادات ۶۹

مراجع ۷۰

فصـــل اوّل

مقدمـــه

۱-۱ : زمینه تحقیق

با توجه به رشد روز افزون سیستمهای مخابرات سیار و روند توسعه آن، تحقیقات در زمینه‌های مختلف این سیستم‌ها روز به روز وسیعتر می‌شود، تحقیقات در زمینه‌ی ساخت تجهیزات این سیستمها بیشتر در زمینه‌های گیرندهٔ متحرک است که بنا به ماهیت محیط انتشار و مسائلی از قبیل فیدینگ چند مسیره، ساخت گیرنده‌های خوب خود چالشهای فن‌آوری موبایل است. در محیط موبایل سیگنالهای رادیویی دچار فیدینگ چند مسیره می‌گردند که این مسأله باعث ایجاد تداخل بین نمادی (ISI) در سیگنالهای دریافتی توسط گیرنده می‌شود که باید به نحو مناسبی با آن مقابله نمود. یک روش اساسی مقابله با ISI استفاده از همسان‌ساز است. و با توجه به تغییرات دینامیکی مشخصات کانالهای فیدینگ چند مسیره در چنین محیطهائی همسان سازها باید بصورت وفقی طراحی گردند.

در استانداردهای مختلف که امروزه جهت سیستمهای موبایل بکار می‌رود برای مقابله با خطای ایجاد شده ناشی از نویز و فیدینگ روشهایی نظیر استفاده از کدینگ، اینترلیوینگ پیش‌بینی می‌شود. همینطور نوع مدولاسیون انتخاب شده بر اساس عملکرد آن در مقابل خطای ذکر شده تعیین می‌گردد. به عنوان مثال در سیستم GSM که در کشورمان نیز به عنوان استاندارد موبایل نسل دوم مورد استفاده قرار می‌گیرد از روش مدولاسیون GMSK، کدینگ‌های مناسب و اینترلیوینگ مختلف برای کانالهای مختلف ترافیکی و سیگنالینگ استفاده می‌گردد. با اتخاذ روش‌های مناسب در طرف گیرنده می‌توان با استفاده از خواص مدولاسیون، کدینگ و اینترلیوینگ بهره جسته و عملکرد گیرنده را بهبود داد.

هدف از این پایان‌نامه بررسی روشهای بهبود عملکرد گیرندهٔ سیستم GSM است. بحث اصلی پایان نامه روی روشهای همسان‌ساز متمرکز شده و مسائل جانبی از قبیل روشهای دیکدینگ نرم تصمیمی نیز بررسی می‌گردد. جهت همسان سازی می‌توان از روشهای مختلف استفاده نمود که بین این روشها، روش همسان سازی MLSE توسط الگوریتم ویتربی پیاده‌سازی می‌گردد بهینه می‌باشد. این روش گرچه بهینه است ولی دارای پیچیدگی محاسباتی نسبتاً بالایی می‌باشد. با توجه به اینکه روش مدولاسیون GMSK به کار برده شده در استاندارد GSM دارای حافظه است لذا می‌توان برای دمدولاسیون بهینهٔ این نوع مدولاسیون نیز از روش ویتربی بهره جست. با توجه به اینکه کانالهای فیدینگ نیز دارای حافظه هستند می‌توان حافظه مدولاتور و کانال را با هم در نظر گرفته و عمل همسان‌ساز و دمدولاسیون را توأماً

انجام داد. در این روش توأم، کاهش پیچیدگی می‌تواند به عنوان یکی از مسائل اساسی مطرح گردد. در طراحی گیرنده‌ها با در نظر گرفتن مطالب فوق، ابتدا به بررسی همسان‌سازی و دمدولاسیون توام برای گیرنده‌های GSM می‌پردازیم. مسأله کاهش پیچیدگی، بدون افت عملکرد و همچنین تخمین کانال که برای انجام چنین روشی ضروری است را مورد مطالعه قرار می‌دهیم. با توجه به اینکه خروجی چنین روش توأمی اطلاعات سخت تصمیمی است که به قسمت دیکدر منتقل می‌شود، در این روش دیکدر کانال مجبور به عمل روش سخت تصمیمی می‌باشد. بدیهی است که اگر بتوان به جای روش سخت تصمیمی از روش نرم تصمیمی دیکدینگ کدهای کانولوشنال بهره جست، عملکرد سیستم به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. با در نظر گرفتن اینکه خروجی الگوریتم ویتربی معمولی که برای همسان سازی و دمدولاسیون توأم به کار می‌رود به صورت اطلاعات سخت است، لذا با این الگوریتم نمی‌توان نرم تصمیمی برای دیکدر کانال را انجام داد.

جهت رفع این مشکل استفاده از الگوریتم SOVA که روش بهبود یافته الگوریتم ویتربی است را برای عمل همسان سازی و دمدولاسیون توام اعمال می‌کنیم. در الگوریتم SOVA می‌توان به جای اطلاعات سخت از اطلاعات نرم خروجی بهره جست. در واقع اطلاعات نرم خروجی این الگوریتم به جای مشخص نمودن بیت‌های آشکار شده، اطلاعات مربوط به قابلیت اطمینان هر یک از بیتها را که همان احتمال وقوع آن بیت‌ها هست، مشخص می‌نماید. در چنین حالتی اطلاعات نرم خروجی الگوریتم SOVA (قسمت همسان ساز و دمدولاتور) می‌تواند به عنوان ورودی برای قسمت دیکدر به کار رفته و دیکدر در اینحالت می‌تواند با چنین اطلاعات نرمی از دیکدینگ نرم تصمیم استفاده نموده در نتیجه عملکرد سیستم را بهبود بخشد. البته لازم به ذکر است که چنین بهبودی به ازای افزایش پیچیدگی گیرنده بدست می‌آید. این افزایش پیچیدگی به ازای محاسبات اضافی صورت می‌گیرد که یک الگوریتم SOVA نسبت به الگوریتم ویتربی معمولی لازم دارد.

مسأله‌ی دیگری که در این پایان نامه به آن پرداخته می‌شود، استفاده از روش همسان‌سازی و دمدولاسیون توام تکراری است. این روش همسان سازی که به روش همسان سازی توربو (Turbo Equalization) مرسوم است، در چندین سال اخیر مطرح شده است. در واقع این روش الهام گرفته از روش توربو کدها (Turbo Codes) است که در دهه اخیر در زمینه کدینگ مطرح شده و تحولی در این

رشته ایجاد کرده است. در توربو کدها از دو کد تودر تو (concatenated)که بوسیله یک اینترلیور بهم مرتبط هستند استفاده شده و در قسمت دیکدر از دو دیکدرکه دارای اطلاعات خروجی نرم می‌باشند بهره جسته می‌شود. این دو دیکدر اطلاعات دریافتی ازکانال را با توجه به قیدهایی که دارند پردازش کرده در مورد احتمال بیت‌های ارسال شده تبادل نظر می‌کنند. این فرآیند بصورت تکراری انجام می‌گردد بطوری که در تکرارهای نهایی، اطلاعات نسبتاً درستی در مورد احتمال هر یک از بیت‌های ارسالی بدست می‌آید. نشان داده می‌شود که با روش توربو کدها می‌توان به SNRهای نزدیک پیش‌بینی شده توسط ظرفیت دست یافت.

با در نظرگرفتن اینکه همسان ساز و دمدولاتور توام نیز جهت آشکار سازی بیت‌های ارسالی روی یک سیستم حافظه‌دار، به کار می‌روند و با توجه به اینکه اگر کدکنندهٔ استفاده شده بهمراه اینترلیوینگ را نیز به آن سیستم حافظه‌دار اضافه نمائیم ساختاری شبیه ساختار توربو کدها بدست می‌آید، ملاحظه می‌گردد که روش آشکار سازی تکراری مشابه آنچه که در توربو کدها به کار می‌رود می‌تواند در بهبود عملکرد چنین سیستمها نیز کاملاً موفقیت آمیز باشد.

این روش، یعنی روش همسان سازی و دیکدینگ تکراری را به سیستم GSM در این پایان نامه اعمال کرده و نتایج مناسبی بدست می‌آوریم. نتایج حاصل از شبیه‌سازی انجام شده نشان می‌دهد که چنین روشی حتّی برای اینترلیوینگ استاندارد شده GSM می‌تواند عملکرد را به خوبی بهبود بخشد. اما باید دقت کرد که همانگونه که نوع اینترلیورها در توربوکدها می‌تواند نقش اساسی در تعیین عملکرد ایجاد نماید، در اینجا نیز عملکرد بستگی به نوع اینترلیور دارد. از آنجایی که اینترلیور برای کانالهای مختلف GSM تعیین و استاندارد شده است لذا نوع آن را نمی‌توان تغییر داد. ولی جهت نشان دادن این مسأله که می‌توان با استفاده از اینترلیورهای مناسب برای سیستم GSM با روش همسان سازی و دیکدینگ تکراری عملکرد گیرنده را بهبود داد، به طراحی دو اینترلیور با ابعاد متفاوت و همچنین با نوع متفاوت با استاندارد فعلی پرداخته و با استفاده از نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهیم که طرح اینترلیور مناسب می‌تواند بهبود قابل ملاحظه‌ای را بهمراه بیاورد.

۱-۲: ساختار پایان نامه

این پایان نامه در ۵ فصل ارائه شده، بجز فصل حاضر که به بررسی زمینه تحقیق و ساختار پایان نامه می‌پردازد. مطالب فصل‌های بعدی به صورت زیر ارائه می‌گردند.

در فصل دوم که از معرفی مختصر سیستم GSM از نظر مشخصات بلوکهای باند پایه به بررسی مدلهای کانالهای رادیویی محیط موبایل پرداخته روش‌های شبیه‌سازی این کانالها بررسی می‌گردند. بررسی نوع مدولاسیون این سیستم یعنی مدولاسیون GMSK که یک حالت خاص از مدولاسیونهای فاز پیوسته است و همچنین ساختار حالت و ترلیس آن موضوع بعدی این فصل است. در ادامه به بررسی روش دمدولاسیون با استفاده از الگوریتم ویتربی می‌پردازیم. سپس روشهای کاهش پیچیدگی این الگوریتم برای دمدولاسیون را بررسی کرده نتایجی در این زمینه ارائه می‌دهیم. با توجه به اینکه تخمین کانال در پیاده‌سازی همسان سازی و دمدولاسیون توأم از مسائل اساسی این روش است، در این فصل این موضوع نیز بررسی شده و در انتهای فصل روشهای کدینگ و اینترلیوینگ به کار برده شده در کانالهای ترافیکی در سیستم GSM ارائه می‌گردد.

فصل سوم به بررسی و معرفی کامل روش الگوریتم ویتربی با خروجی نرم (SOVA) پرداخته و تفاوتهای اساسی این الگوریتم با الگوریتم ویتربی معمولی را مورد بررسی قرار می‌دهد. در ادامه این فصل ایده همسان سازی تکراری ومسائل اساسی آن مطرح و ارائه می‌گردد.

فصل چهارم اختصاص به چگونگی ارائه‌ی ایده‌های مطرح شده در فصل‌های قبل در یک کانال ترافیک سیستم GSM دارد نتایج حاصل از شبیه‌سازیهای مختلف برای پیاده‌سازی‌های مختلف گیرنده‌های GSM و مقایسه روشهای مختلف در این فصل ارائه می‌گردد.

فصل پنجم به نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهاداتی جهت ادامه‌ی تحقیق زمینه‌ی مطالعاتی این پایان‌نامه دارد.

فصـــل دوّم

سیستم باند پایهٔ GSM