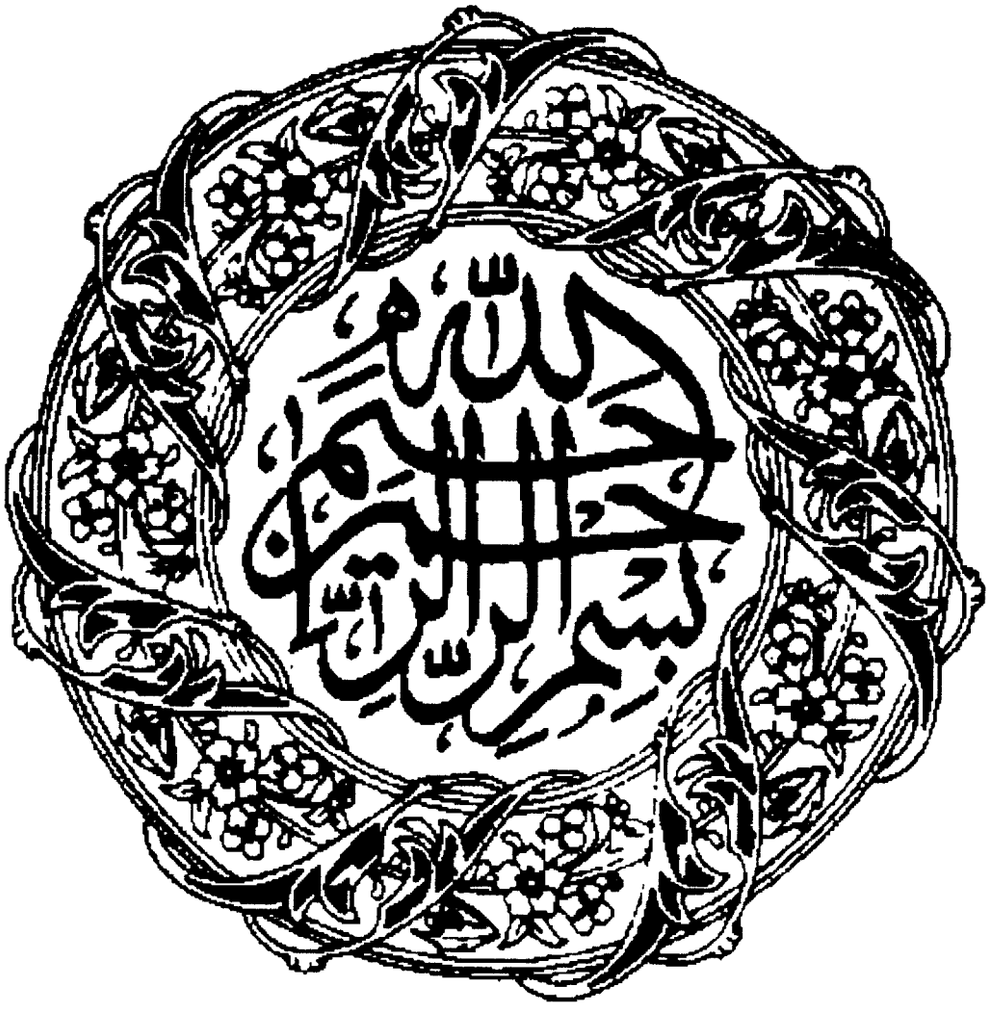

٤٢٤٥٩

دانشگاه تهران

دانشکده فنی

گروه مهندسی برق و کامپیوتر

۱۳۸۱ /۷/ ۱۰

عنوان:

انتقال سیگنالهای تلویزیونی دیجیتال در سیستم کابلی

نگارش: جمشید دهقانی

زیرنظر: دکتر بهمن دولتشاهی

استاد مشاور:دکتر رضا آقایی زاده ظروفی

پایان نامه برای دریافت درجهٔ کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی برق-مخابرات

۴۲۶۵۱

اسفند ۱۳۸۰

عنوان:

انتقال سیگنالهای تلویزیونی دیجیتال در سیستم کابلی

۱۳۸۱ /۷/ ۱۰

نگارش: جمشید دهقانی

پایان‌نامه برای دریافت درجهٔ کارشناسی ارشد

مهندسی برق، گرایش مخابرات

از این پایان نامه در تاریخ ۱۳۸۰/۱۲/۵ در مقابل هیئت داوران دفاع به عمل آمد و مورد تصویب قرار گرفت.

دانشکده فنی دانشگاه تهران
تحصیلات تکمیلی

از طرف

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده فنی ..... **دکتر محمدعلی بنی‌هاشمی**

مدیر گروه آموزشی ..... **دکتر محمود کمره‌ای**

سرپرست کمیته تحصیلات تکمیلی گروه ..... **دکتر جواد فیض**

استاد راهنما ..... **دکتر بهمن دولتشاهی**

استاد مشاور ..... **دکتر رضا آقایی زاده ظروفی**

عضو هیئت داوران ..... **دکتر محمد غروی الخوانساری**

عضو هیئت داوران ..... **دکتر ناصر رضایی**

عضو هیئت داوران ..... **دکتر فرخ آرزم**

تقدیم به آنها که

خالصانه و عاشقانه

و با درایت و نو اندیشی

برای پیشرفت و آبادانی این کشور عزیز

تلاش می کنند.

چکیده:

مـزایای اسـتفاده از تکنـیکهای دیجیـتال برای انتقال سیگنالهای تلویزیونی باعث حرکت صـنعت تلویزیون به سمت استفاده از این تکنیکها شده است.سه سیستم تمام دیجیتال در دنیا شکل گرفته است.در اروپا سیستم DVB ودر ایالات متحده سیستمATSC-DTV و در ژاپـن سیسـتم ISDB BST-COFDM توسـعه یافته است.بقیه کشورها در حال انتخاب سیستم مناسب کشورشان هستند.

بـا دیجیـتال کـردن سیگنالهای تلویزیونی ،پهنای باند زیادی برای انتقال یا ذخیره سیگنال دیجیـتال مورد نیاز است ولی با توسعه روشهای فشرده سازی تصاویر ،این پهنای باند به پهـنای بـاند کانالهـای تلویزیونـی آنـالوگ کـاهش یافـته است.از طرفی دیگر استفاده از مدولاسـیونهای مناسـب و مـدرن بـرای اسـتفاده بهینه از پهنای باند و دریافت بهتر مورد استفاده قرار گرفته است.

بـه حداقـل رساندن اثر نویز و خطاها بر سیگنالهای تلویزیونی و آشکارسازی و تصحیح خطـا ،اسـتفاده از روشـهای کدگـذاری و لابلا گذاری ویژه ای را در این سیستمها الزامی کـرده اسـت کـه خـود پیچیدگی سیستم را افزایش داده است.در کانالهای با خطا و نویز بیشتر لازم است از کدگذاری پیچیده تری استفاده شود.

در ایـن تحقیق پس از بررسی تکنیکهای فشرده سازی تصویر و تشریح استاندارد انتخاب شـده بـرای فشـرده سـازی سـیگنالهای تلویزیونی ،مدولاسیونهای مختلف دیجیتال مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته است.

مدولاسـیون دیجیـتالVSB-16 بـه عـنوان یـک روش مناسـب در انتقال کابلی پیشنهاد گـردیده و شبیه سازی شده است.به صورت نظری معادل بودن ا ین روش مدولاسیون با روش مدولاسـیونQAM-256 مطـرح گـردیده اسـت شـبیه سازی ها موید این دیدگاه نظری هم ارائه شده است.

تقدیر و تشکر

اکنون که به یاری خداوند تبارک و تعالی ،این تحقیق به سرانجام رسیده است ،لازم است از تلاش همه عزیزانی که به نحوی در انجام این پایان نامه مرا مشمول محبت خویش قرار دادند تشکر نمایم.

به طور حتم در این میان زحمات استاد ارجمند و متعهد جناب آقای دکتر بهمن دولتشاهی که علاوه بر راهنماییهای علمی ،بدون هیچ محافظه کاری واقعیتها را به گوش مسوولین رساندند جلوه دیگری داشت.

همچنین از راهنماییهای علمی دوست گرامی جناب آقای دکتر محمود رشیدپور تشکر می نمایم.

از زحمات سرپرست محترم گرایش مخابرات جناب آقای دکتر فرخ آرزم که بذل محبت فرموده و با همه گرفتاریهایشان یک تنه در جهت سامان دادن به وضعیت دانشجویان گرایش مخابرات تلاش می نمایند تشکر و قدردانی می نمایم.

در پایان بار دیگر از همه عزیزانی که نسبت به اینجانب اظهارلطف داشته اند، تشکر می نمایم و توفیق همگی را از خداوند متعال خواستارم.

فهرست

عنوان	شماره صفحه
مقدمه	۱
گفتار اول:کلیات سیستم تلویزیونی آنالوگ و دیجیتال	۳
۱-۱پیشگفتار	٤
۱-۲مروری بر سیستمهای آنالوگ تلویزیونی	٤
۱-۲-۱مرور	٤
۱-۲-۲مولفه های رنگ	٦
۱-۲-۳مولفه DC در سیگنال تلویزیونی و استفاده از مدولاسیون VSB به جایDSB	۷
۱-۳مزایای سیستم انتقال تلویزیونی دیجیتال	۸
۱-٤سیگنالهای تلویزیونی دیجیتال	۸
۱-۵فرمت نمونه برداری از تصاویر تلویزیونی	۹
۱-٦تلویزیون HDTV	۱۰
۱-۷پی نوشت	۱۱
گفتار دوم:استانداردهای فشرده سازی تصاویر دیجیتال	۱۲
۲-۱پیشگفتار	۱۳
۲-۲روشهای فشرده سازی تصویر	۱۳
۲-۲-۱کاهش اضافات مکانی	۱۳
۲-۲-۱-۱کدگذاری پیشگو	۱۳
۲-۲-۱-۲کدگذاری تبدیلی	۱٤
۲-۲-۱-۳چندی کردن	۱۵
۲-۲-۱-٤مثالی از کد کردن اطلاعات حاصل از DCT	۱٦

عنوان	شماره صفحه

۲-۱-۲کاهش اضافات مکانی و تخمین حرکت ۱۷

۲-۲-۲-۱تخمین حرکت ۱۷

۲-۲-۳کدگذاری با طول متغیرVLC ۱۸

۲-۳ گروه متخصصین JPEG ۱۹

۲-٤گروه متخصصینMPEG ۲۰

MPEG-11-٤-۲ ۲۰

MPEG-2 ۲-٤-۲ ۲۱

گفتار سوم:مدولاسیونهای دیجیتال برای انتقال سیگنالهای تلویزیونی ۲٦

۳-۱پیشگفتار ۲۷

۳-۲ روش مدولاسیون QAM ۲۸

۳-۳ روش مدولاسیونVSB دیجیتال ۳۲

۳-٤ روش مدولاسیونCOFDM ۳۲

۳-٤-۱ تاریخچه COFDM ۳۳

۳-٤-۲ نمایش سیگنال توسطIDFT/DFT ۳۵

۳-٤-۳فاصله محافظ و نحوه اعمال آن ۳٦

۳-٤-٤تعداد حاملها ۳۸

۳-٤-۵روش مدولاسیون برای نگاشت ۳۸

۳-۵روش مدولاسیونBST-OFDM ۳۸

۳-۵-۱مقدمه ۳۸

۳-۵-۲مدولاسیون مناسب برایISDB ۳۹

۳-٦ پی نوشت ٤۳

عنوان	شماره صفحه

گفتار چهارم:سیستم ATSC-DTV ٤٤

٤-١پیشگفتار ٤٥

٤-٢خصوصیات سیستم انتقال 8-VSBدیجیتال برای پخش زمینی ٤٦

٤-٣پراکنده سازی انرژی ٤٨

٤-٤لزوم حفاظت اطلاعات و راههای اعمال آن ٤٩

٤-٤-٤کدگذاری بیرونی ٥٠

٤-٤-٢لابلاگذاری ٥١

٤-٤-٣ کدگذاری درونی ٥٢

٤-٥مدولاسیون ٥٣

٤-٦ 16-VSB برای انتقال داده در محیط کابل ٥٤

٤-٧ همزمانی در سیستمATSC-DTV ٥٧

٤-٨ مقایسه خصوصیات سه سیستم تمام دیجیتالی برای پخش زمینی ٥٨

٤-٨-١ نسبت توان قله به توان متوسط ٦٠

٤-٨-٢تداخل هم کانالی ناشی از کانالهای آنالوگ ٦١

٤-٨-٣ تداخل هم کانالی ناشی از کانالهای دیجیتال ٦١

٤-٨-٤ نویز ضربه ای ٦١

٤-٨-٥ تداخل موج پیوسته ٦٢

٤-٨-٦قابلیت سرویس دهیHDTV ٦٣

٤-٨-٧ تداخل در سرویسهای تلویزیونی آنالوگ موجود ٦٣

٤-٨-٨دریافت سیار ٦٣

٤-٩ پی نوشت ٦٤

گفتار پنجم:شبیه سازی سیستم در محیط کابلی ٦٥

٥-١ پیشگفتار ٦٦

سازمان اطلاعات و ارتباطات شهری تهران
معاونت مدارک

عنوان	شماره صفحه

۵-۲ بلوک دیاگرام استفاده شده برای شبیه سازیها	٦٦
۵-۲-۱ نرخ بیت	٦٨
۵-۳فیلترهای فرستنده و گیرنده	٦٩
۵-۳-۱خصوصیات فیلتر	٦٩
۵-۳-۲ خصوصیات کانال انتقال	٦٩
۵-٤نسبت توان قله به توان متوسط	۷۰
۵-۵ طیف سیگنال تلویزیونی	۷٤
۵-۵-۱ شکل حوزه زمان نشانه ها	۷۵
۵-۵-۲طیف سیگنال قبل و بعد از فیلتر شدن	۷۵
۵-٦ تشابه عملکردX-VSB و X^2-VSB	۷۷
۵-۷ پی نوشت	۸۰
گفتار ششم:نتایج و پیشنهادات	**۸۱**
٦-۱ نتایج	۸۲
٦-۲ پیشنهادات	۸۳
مراجع	**۸۵**

فهرست جدولها

جدول **شماره صفحه**

جدول ۲-۱:نماها و الگوریتمهای MPEG-2 ..... ۲٤

جدول ۲-۲:سطوح و پارامترهای مربوط به MPEG-2 ..... ۲۵

جدول ۳-۱:پارامترهای ISDB-T برای سه نمونه مختلف آن ٤۰

جدول ٤-۱:پارامترهای سیستم 8-VSB و 16-VSB ۵۷

جدول ٤-۲:پارامترهای اصلی سه سیستم تمام دیجیتالی ٦۰

فهرست شکلها

شکل **شماره صفحه**

شکل ۱-۱:استانداردهای مرور ۵

شکل ۱-۲:دیاگرام رابطه فاز مولفه رنگ و نوع رنگ..... ۷

شکل ۱-۳:کانال تلویزیونی آنالوگ ۷

شکل ۱-٤:فرمت های نمونه برداری دیجیتال ٤:۲:۲ و ٤:۲:۰..... ۱۰

شکل ۲-۱:دیاگرام کد کننده و دیکد کننده DPCM ۱٤

شکل ۲-۲:مثالی از تبدیل DCT ۱۷

شکل ۲-۳:تخمین حرکت ۱۸

شکل ۲-٤:رابطه بین سه تصویر B,P,I ۲۱

شکل ۲-۵:کد گذار و کد بردار MPEG-2 ..... ۲۲

شکل ۲-٦:کد گذاری ویدئویی قابل درجه بندی ۲۵

شکل ۳-۱:آرایش مربوط به M-QAM برای M=16 و ترتیب قرار گرفتن بیتها کنار هم.. ۲۹

شکل ۳-۲:بلوک دیاگرام فرستنده و گیرنده برای روش مدولاسیون M-QAM ۳۱

شکل ۳-۳:پاسخ فرکانسی ناهموار یک کانال و تقسیم آن به زیرکانالهی باریکتر ۳۵

شکل ۳-٤:سیستم OFDM بر پایه FFT,IFFT ۳٦

شکل ۳-٤:طیف یک زیر کانال و طیف کل کانال OFDM ۳۷

شکل ۳-٦:نحوه اعمال دوره محافظ بین نشانه ها ۳۷

شکل ۳-۷:مثالهایی از نمونه اول ISDB-T ٤۱

شکل ۳-۸: سیستم BST-OFDM که برای همه بخشها پهنای باند مساوی دارند ٤۲

شکل ۳-۹:بخش BST-OFDM برای مدولاسیونهای دیفرانسیلی و همدوس ٤۳

شکل ٤-۱:بلوک دیاگرام مربوط به فرستنده 8-VSB ٤٦

شکل ٤-۲:فریم اطلاعات برای سیستم VSB ٤۷

شکل ٤-۳:جمله مربوط به تصادفی کننده داده ها برای سیستم DTV ٤۹

شکل ٤-٤:کد کننده R-S(207,187) استفده شده در سیستم ATSC-DTV ۵۰

شکل ٤-۵:شکل مربوط به لابلا گذاری در فرستنده و عملیات متناظر در گیرنده ۵۲

شکل ٤-٦:کد کننده تریلیسی برای پخش زمینی 8-VSB و ایجاد نشانه ها از بیتها ۵۲

شکل ٤-۸:بخشهای اطلاعات 8-VSB ۵۳

شکل ٤-۹: طیف فرستنده سیستم 8-VSB ۵٤

فهرست شکلها

شکل **شماره صفحه**

شکل ٤-١٠:بخش مربوط به فرستنده 16-VSB ٥٥

شکل ٤-١١:بلوک دیاگرام فرستنده 16-VSB ٥٥

شکل ٤-١٢:نگاشت بیت به نشانه برای سیستم 16-VSB ٥٦

شکل ٤-١٣:ساختار بخش همزمانی فریم ٥٩

شکل ٥-١:بلوک دیاگرام استفاده شده در شبیه سازیها ٦٧

شکل ٥-٢:پاسخ کلی کانال ٧٠

شکل ٥-٣:شکل زمانی پاسخ فیلتر کلی کانال الف:مولفه I ب: مولفه Q ٧١

شکل ٥-٤:منحنی نسبت توان قله به توان متوسط برای 8-VSB و 16-VSB ٧٣

شکل ٥-٥:یک نمونه از شکل موج زمانی خروجی مدولاتور 16-VSB قبل از
اضافه شدن سیگنال راهنما ٧٥

شکل ٥-٧:طیف سیگنال دیجیتال تلویزیونی قبل از اعمال فیلتر فرستنده و درون کانال .. ٧٦

شکل ٥-٨:اعمال مدولاسیونهای 64-QAM و 8-VSB بر ٢٤ بیت ورودی ٧٨

شکل ٥-٩:منحنی احتمال خطای 8-VSB و 64-QAM ٧٩

شکل ٥-١٠:منحنی احتمال خطای 16-VSB و 256-QAM ٨٠

مقدمه:

پخش تلویزیونی در گذشته ای نه چندان دور به صورت پخش تلویزیونی سیاه و سفید شروع گشت.پخش سیگنالهای تلویزیونی رنگی آنالوگ تلاش بعدی متخصصین این رشته بود که با استقبال خوبی روبرو شد.این نوع تلویزیون هم اینک در همه کشورهای دنیا استفاده می گردد.با پدید آمدن تکنیکهای دیجیتال و مزایایی که این تکنیکها بر تکنیک آنالوگ دارند ،متخصصین ترغیب شدند تا این تکنیکها را در پخش تلویزیونی بکار برند.

انتقال سیگنالهای تلویزیونی دیرتر از سایر کاربردهای دیجیتال نظیر انتقال تلفنی وانتقال داده ها آغاز شد که علت آن رضایت نسبی کاربران تلویزیونهای آنالوگ بوده است.ولی مزایای پخش تلویزیونی دیجیتال و مساله سازگاری سرویسهای تلویزیونی با سایر سرویسها (که به صورت دیجیتال درآمده اند) متخصصین این رشته را ترغیب نمود تا سیستم انتقال دیجیتال سیگنالهای تلویزیونی را طراحی نمایند.

اواخر دهه ۱۹۸۰ بود که تصمیم قطعی برای ایجاد سیستم تمام دیجیتال تلویزیونی در کشورهای صاحب تکنولوژی گرفته شد،سه سیستم تمام دیجیتالی در نقاط مختلف دنیا شکل گرفت.سیستم ATSC-DTV درایالات متحده شکل گرفت. در اروپا سیستم DVB توسعه یافت و در ژاپن سیستم تمام دیجیتالی ISDB BST-COFDM به عنوان سیستم ملی توسعه یافت.هر کدام از این سیستمها شامل پخش زمینی ،پخش ماهواره ای و انتقال کابلی هستند.

با دیجیتال کردن سیگنالهای تلویزیونی ،نرخ انتقال کلی انتقال ۲۱٦Mbit/sec می شود،که نیاز به پهنای باندی در حدود۱۰۸ MHzدارد.با توسعه روشهای فشرده سازی تصاویر دیجیتال که از دهه های قبل آغاز شد،این مشکل رفع شده است و می توان بدون از دست دادن کیفیت محسوس تصویر ،این داده ها را تا نرخ حدود۱۰ Mbit/sec فشرده نمود.این نرخ انتقال داده به عرض باندی در حدود۵ MHz احتیاج دارد.با توجه به اینکه تلویزیونهای آنالوگ فعلی هم از کانالهایی با پهنای باند حدود۷ MHz استفاده می کنند،دو سیستم آنالوگ و دیجیتال می توانند همزمان برنامه های تلویزیونی را برای گیرنده های تلویزیونی ارسال کنند.

استفاده از روشهای مدولاسیون نوین ،موضوع دیگری است که در سیستمهای تلویزیونی دیجیتال مطرح گردیده است.با توجه به اینکه تصاویر تلویزیونی باید با بهترین کیفیت دریافت گردند و باید در محیط متراکم فرکانسی ،تداخل سیگنالهای دیگر با سیگنالهای تلویزیونی کمتر گردد ،از روش مدولاسیون COFDMدر سیستم اروپایی ودر ژاپن از روش مدولاسیون BST-COFDM ودر سیستم ایالات متحده از روش مدولاسیون VSBدیجیتال استفاده می گردد. هر کدام از این روشهای مدولاسیون خاصیتهای ممتازی دارند که می توانند برای پخش دیجیتال برنامه های تلویزیونی موثر واقع شوند.

بـه حداقـل رساندن اثر نویز وخطاها بر سیگنالهای تلویزیونی دیجیتال و آشکارسازی و تصحیح خطا باعـث شـده از روشـهای کـد گـذاری و لابلا گذاری ویژه ای در این سیستمها استفاده شود.در محیط پخـش زمینی بیشترین خطا وجود دارد وبدین علت از کدگذاری تریلیسی علاوه بر کدگذاریهای دیگر اسـتفاده مـی شـود ولـی در محـیط کابلـی خطای کمتری بر سیگنال اعمال شده و برای جلوگیری از پیچیدگی سیستم تمام دیجیتالی از کدگذاری تریلیس استفاده نمی شود.

در کـنار تلویزیون دیجیتال با وضوح معمولی ،تکنولوژی تلویزیون با وضوح بالا(HDTV)هم مطرح گشـته اسـت.درHDTV بـرای وضـوح بیشـتر از مرور پشت سر هم استفاده می گرددوتعداد خطوط مـرور در هـر صـحنه تصـویر در حـدود دو برابـر تعـداد خطـوط مـرور در تلویزیونهای معمولی می باشـد.نسـبت پهـنا به ارتفاع که در تلویزیونهای معمولی۴/۳ می باشد،در تلویزیون با وضوح بالا،۱۶/۹ مـی باشـد.ایـن تلویـزیونها دارای صفحات با اندازه بزرگ (بزرگتر از ۲۸ اینچ)بوده تا بتوان از مزایای تکنیکی آن (منجمله پهنای باند زیاد آن) بهره گرفت.

در ایـن تحقـیق کـه شـامل شـش گفـتار اسـت ،سـعی شـده اصـول انـتقال سیگنالهای تلویزیونی در سیستمهای دیجیتال تلویزیونی مورد بررسی قرار گیرد.

در گفـتار اول بعـد از یـادآوری مختصـری از چگونگـی تشـکیل سـیگنالهای تلویزیونـی آنـالوگ، به ضـرورت تلویـزیون دیجیـتال پرداخـته شده و برای دیجیتال کردن سیگنالهای تلویزیونی مطالبی ارائه شده است.

گفـتار دوم بـه روشـهای فشـرده سازی تصویر پرداخته و با توجه به آنکه استانداردهای فشرده سازی MPEG در فشـرده سـازی سـیگنال تلویزیونـی مـورد پذیـرش واقع شده است، استانداردهای فشرده سازی MPEG-1و MPEG-2 مورد بحث قرار گرفته است.

گفـتار سـوم بـه مدولاسـیونهای تلویزیونـی دیجیـتال پرداخته و مدولاسیونهای QAMو COFDMو BST-COFDM به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته است.

گفـتار چهـارم بـه بحـث در مـورد سیستم انتقال تمام دیجیتال ATSC-DTV پرداخته و با ارائه بلوک دیاگـرام کلـی فرسـتنده و گیرنده به جزئیات هر کدام از بلوکهای موجود اشاره شده است . در انتهای این گفتار مقایسه ای بین سه سیستم تمام دیجیتالی تلویزیونی مطرح شده است.

گفـتار پـنجم بـه شبیه سازی سیستم انتقال تمام دیجیتال پرداخته است و نتایج شبیه سازی ارائه شده اسـت.در ایـن شـبیه سـازیها مقایسه سیستمهای انتقال تلویزیونی دیجیتال بر اساس روش مدولاسیون VSBوQAM مطرح می باشد.

گفتار ششم به نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات پرداخته است.