دانشگاه بیرجند

دانشکده مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد

گرایش مهندسی برق (مخابرات)

موضوع:

طراحی یک سیستم کد کننده صحبت با نرخ بیت متغیر در بازه ۱۶-۱۰ kb/s با کیفیت مطلوب

نگارش

نسترن رسولی املشی

استاد راهنما

دکتر حسن فرسی

استاد مشاور

دکتر سید محمد رضوی

اسفند ۱۳۸۸

کلیه مزایا اعم از چاپ، تکثیر، نسخه برداری، ترجمه، اقتباس و ..... از پایان نامه کارشناسی ارشد برای دانشگاه بیرجند محفوظ می باشد. نقل مطالب با ذکر منبع بلامانع است.

تقدیر و تشکر

با شکرگزاری به درگاه پروردگار متعال، که انجام این تحقیق را برای من میسر نمود، بر خود لازم می دانم از زحمات استاد ارجمندم، آقای دکتر فرسی که در انجام این تحقیق از راهنمایی ایشان بهرمند شده ام، سپاسگزاری نمایم. از اساتید محترم جناب آقای دکتر ندا و آقای دکتر فرخی که داوری این پروژه را بر عهده داشته اند، تشکر و قدردانی می نمایم. همچنین از پدر و مادر عزیز و مهربانم که همواره در کلیه مقاطع مختلف تحصیلی مشوق و حامی من بوده اند، بی نهایت سپاسگزارم. از همسر مهربانم که در آماده کردن و ارائه پروژه یاریم کرد کمال تشکر را دارم.

چکیده

سیستم SBC[1]، سیگنال صحبت را به باندهای مختلف فرکانسی تقسیم می کند و مؤلفه های هر باند را به طور جداگانه کد می نماید. این سیستم با به کارگیری یک باند فیلتر قادر است از خواص شنوایی انسان بهره گرفته و کیفیت صحبت کد شده را بهبود بخشد. با توجه به نحوه تخصیص بیت باندهای مختلف، توان نویز کوانتیزاسیون در این باندها، به طور مستقل، قابل کنترل بوده و طیف نویز بر اساس حساسیت سیستم شنوایی انسان قابل شکل دادن است. در این پروژه، سیستم SBC با دو ساختار درختی یکنواخت و غیر یکنواخت، برای دو حالت تخصیص بیت ثابت و متغیر با زمان پیاده سازی شده است. وجود خاصیت غیر ایستا بودن سیگنال صحبت و تغییرات طیفی آن در طول زمان باعث شده است که سیستم هایی با تخصیص بیت متغیر با زمان، کیفیت بهتری داشته باشند. سیستم SBC با ساختار درختی غیر یکنواخت، به دلیل دقت بالا در تفکیک مؤلفه های فرکانس پایین، دارای کیفیت بهتری است ولی دارای تاخیر بیشتری می باشد. سیستم شنوایی انسان به اعوجاج فاز کمتر حساس می باشد و دامنه بانک فیلتر نقش اساسی در تعیین کیفیت صحبت کد شده دارد.

[1] Sub Band Coder

فهرست مطالب

چکیده..... ۵

مقدمه..... ۹

فصل اول

کد کننده های سیگنال صحبت

۱-۱ مقدمه..... ۱۲

۱–۲ تولید صدا در ا نسان..... ۱۲

۱– ۳ کد کننده های سیگنال صحبت..... ۱۳

۱– ۳ – ۱کدینگ شکل موج..... ۱۳

۱– ۳ - ۲ کدینگ پارامتری..... ۱۴

۱- ۳ - ۳ کدینگ هیبرید..... ۱۵

۱- ۴ سرعت انتقال اطلاعات و کیفیت در فشرده سازی..... ۱۷

فصل۲

معرفی سیستم SBC

۲-۱ مقدمه..... ۱۹

۲-۲ سیستم SBC..... ۱۹

فصل۳

بانک فیلتر

۳-۱ مقدمه..... ۲۳

۳-۲ عمل نمونه برداری افزایشی و کاهشی.....۲۳
۳-۲-۱ عمل نمونه برداری کاهشی با فاکتور M.....۲۳
۳-۲-۲ نمونه برداری افزایشی با فاکتور L.....۲۴
۳-۲-۳ بررسی طیفی عملکرد نمونه بردارهای افزایشی و کاهشی.....۲۴
۳-۲-۴ فیلتر های مربوط به کاهش و درون یابی نمونه ها.....۲۵
۳-۳ بانک فیلتر دیجیتال.....۲۶
۳-۴ بانک فیلتر آینه ای دو باند.....۲۷
۳-۵ بانک فیلتر با ساختار درختی یکنو اخت.....۲۸
۳-۶ بانک فیلتر با ساختار درختی غیر یکنواخت.....۳۰

فصل۴

کوانتیزاسیون

۴-۱ مقدمه.....۳۳
۴-۲ نحوه تخصیص بیت.....۲۳
۴-۳ تکنیک شکل دادن طیف نویز بر اساس تخصیص بیت.....۲۳
۴-۴ کوانتیزاسیون اسکالر.....۳۴
۴-۴-۱ کوانتیزه کننده غیر یکنواخت.....۳۴
۴-۴-۲ کوانتیزه کننده یکنواخت.....۳۴
۴-۵ کوانتیزه کننده DPCM.....۳۵
۴-۶ مدولاسیون دلتا.....۳۷
۴ -۷ سیستم ADPCM.....۳۸
۴-۸ کوانتیزاسیون برداری.....۳۹

فصل۵

آزمایشها ونتایج

۵-۱ مقدمه.....۴۱

۵-۲ طراحی بانک فیلتر.....۴۲

۵-۳ طراحی کوانتیزه کننده ها.....۴۶

۵-۴ انتخاب حداکثر بیت تخصیص یافته.....۴۶

۵-۵ طراحی کوانتیزه کننده DPCM ۴۸

۵-۶ سیستم های SBC با تخصیص بیت متغیر با زمان.....۴۹

۵-۷ مقایسه سیستم SBC در حالت یکنواخت و غیر یکنواخت با سیستم DPCM.....۵۳

نتیجه گیری.....۵۴

پیشنهادات.....۵۴

مراجع..... ۵۵

مقدمه

از فواید ارسال سیگنال صحبت به صورت دیجیتال می توان به انتقال با کیفیت بالا، امکان ضبط، انجام عملیات محاسباتی توسط کامپیوتر، تشخیص گوینده و غیره اشاره کرد. تحقیقات زیادی در زمینه سیستم های دیجیتال کد کننده صحبت و بالا بردن کیفیت آنها، انجام می گیرد. آنچه که همواره در این تحقیقات مهم می باشد، رسیدن به کیفیت قابل قبول با کاهش تعداد بیت در واحد زمان (نرخ بیت)[1] یا کم کردن حجم اطلاعات دیجیتال می باشد. این امر باعث می شود که در یک حجم محدود از حافظه، میزان اطلاعات بیشتری قابل ذخیره سازی باشد و از نظر مخابره اطلاعاتی، پهنای باند لازم برای ارسال سیگنال کاهش یافته و در نتیجه ظرفیت کانال افزایش یابد [2].

معمولا، با افزایش نرخ بیت، امکان دستیابی به کیفیت بالاتر افزایش می یابد. در حالت کلی برای انتقال صحبت و ارزیابی کیفیت آن دو خصوصیت در نظر گرفته می شود: یکی حفظ مفهوم یا قابلیت فهم[2] می باشد و دیگری امکان تشخیص گوینده[3] است. در شرایط خاصی که احتیاج به فشرده سازی بسیار بالا می باشد، می توان از امکان تشخیص گوینده صرف نظر کرد. در چنین حالتی درک مفهوم صحبت مهم می باشد. اما باید توجه داشت که درک دو خصوصیت ذکر شده در بالا بطور دقیق قابل اندازه گیری نیستند و جهت سنجش آنها می توان از دو معیار کمی و کیفی استفاده کرد. در این پروژه از معیار کمی SNR[4] استفاده شده است.

برای طراحی کامل یک سیستم کدینگ صحبت، همواره نیاز به شناخت صحیح و دقیق شرایط استفاده از سیستم و مشخصات مورد نظر از قبیل کیفیت سیگنال دریافتی، سرعت انتقال اطلاعات و هزینه سیستم می باشد.

فصل اول، به معرفی و تقسیم بندی کد کننده های سیگنال صحبت می پردازد و این کدکننده ها را از لحاظ کیفیت، نرخ بیت و پیچیدگی با یکدیگر مقایسه می کند. در ادامه، تولید صدا در انسان و سرعت انتقال اطلاعات و کیفیت فشرده سازی را مورد بررسی قرار داده ایم.

در فصل دوم، سیستم SBC معرفی شده است و نحوه عملکرد و مزایای آن بیان شده است.

فصل سوم، به بانک فیلتر اختصاص داده شده است. برخی از مفاهیم اساسی که در پردازش سیگنال های دیجیتال بکار برده می شود بیان شده و در ادامه، بانک فیلتر آینه ای معرفی گردیده است و خطاهای بوجود آمده در نتیجه بکار گیری این بانک فیلتر و چگونگی رفع آنها مورد بررسی قرار داده شده است. همچنین

---

[1] Bit – Rate
[2] Indelibility
[3] Speaker Recognition
[4] Signal to Noise Ratio

سیستم های با ساختار درختی یکنواخت [1]و غیر یکنواخت معرفی شده و در خصوص سیگنال صحبت با یکدیگر مقایسه شده است.

فصل چهارم به کوانتیزاسیون[2] نمونه های خروجی بانک فیلتر اختصاص دارد. در این فصل، نحوه تخصیص بیت باند های مختلف برای ایجاد کمترین نویز کوانتیزاسیون، بیان شده است. در ادامه، کوانتیزه کننده DPCM[3] مورد بررسی قرارگرفته است و سپس کوانتیزه کننده برداری معرفی شده است.

در فصل پنجم، سیستم SBC برای دو ساختار درختی یکنواخت و غیر یکنواخت پیاده سازی شده است و این دو سیستم از جهات مختلف با یکدیگر مقایسه شده اند.

[1] Tree Structure Binary
[2] Quantization
[3] Differential Pulse Code Modulation

فصل۱

کد کننده های سیگنال صحبت

۱- ۱ مقدمه

در این فصل به منظور درک بعضی از کلیات در مورد فشرده سازی سیگنال صحبت، ابتدا به بررسی تولید صدا در انسان می پردازیم. سپس کد کننده های سیگنال صحبت را معرفی و تقسیم بندی می کنیم.

۱-۲ تولید صدا در ا نسان

طراحی کد کننده هایی که صحبت را بصورت مصنوعی می سازند، بر اساس مکانیزم تولید صدا در انسان، صورت می گیرد. سیستم صوتی انسان شامل یک محفظه یا مجرای پر از هوا می باشد. در ابتدای این محفظه، حنجره که شامل تارهای صوتی می باشد قرار دارد. نوسان تارها، باعث ایجاد پالس هایی از هوای فشرده می شود. صحبت به صورت واکدر[۱] و یا بی واک[۲] بوده و ممکن است در اثر ارتعاش تارهای صوتی بصورت پریودیک و یا از جریان متلاطم هوا بصورت تصادفی ایجاد شده باشد. محفظه صوتی را به ۵ ناحیه تقسیم بندی می شود و هر مقطع را با یک فیلتر تمام قطب مدل می شود. در این مدل از اثر محفظه بینی و اثر امواج انعکاسی صرف نظر می شود. با تغییر شکل فیزیکی و ابعاد محفظه صوتی، شکل موج و طیف سیگنال صحبت تغییر می کند به طوری که هر صوت معین دارای طیف و شکل مخصوص به خود می باشد [۱و۵]. سیگنال صحبت به بازه های کوچکی به نام فریم تقسیم می شود. طول هر فریم را ۲۵ ms- ۱۵ در نظر گرفته می شود. هرچه طول فریم کوچکتر انتخاب شود اطلاعات ارسالی در واحد زمان زیاد می شود و نرخ بیت افزایش می یابد. به فرکانس ارتعاش تارهای صوتی گام[۳] می گوییم.

[1] Un voiced
[2] Voiced
[3] Pitch

۱-۳ کد کننده های سیگنال صحبت

کد کننده های سیگنال صحبت را می توان به دو گروه تقسیم نمود : کدینگ شکل موج و کدینگ پارامتری.

۱– ۳– ۱ کدینگ شکل موج [1]

کدینگ شکل موج بر اساس شکل موج زمانی سیگنال صحبت عمل می کند. در این روش سعی می شود سیگنالی شبیه سیگنال اصلی ساخته شود. این عمل بدون هیچ فرض اولیه انجام می پذیرد (مثلا نیازی نیست که بدانیم سیگنال چگونه ساخته می شود). کدینگ شکل موج فقط روی کلیات نمونه برداری و کوانتیزاسیون برای نمایش سیگنال در حوزه دیجیتال تکیه دارد. این کدینگ برای نرخ بیت های بالای ۱۰ kbps مناسب می باشند و برای مقادیر کمتر کیفیت بازسازی پایین می آید [۱۱ و۱۴].

انواع کد کننده های شکل موج در دو حوزه زمان و فرکانس بصورت زیر تعریف می شود.

در حوزه زمان:

- مدولاسیون کد کننده پالس[2](PCM)
- [3] (ADPCM)

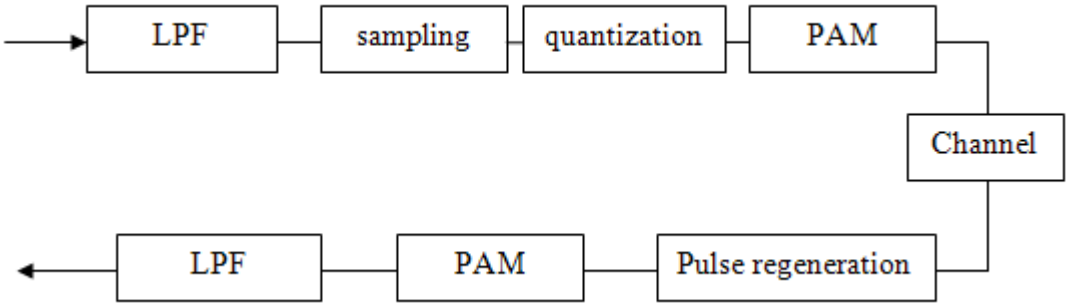
در حوزه فرکانس :

- کد کننده های باند فرعی[4]
- کد کننده های تبدیلی با کوانتیزه کننده تطبیقی[5]

در روش PCM ابتدا برای تبدیل سیگنال آنالوگ به دیجیتال از یک فیلتر با باند محدود، برای جلوگیری از تداخل، استفاده می شود. سپس در یک فرکانس ثابت عمل نمونه برداری را انجام می دهیم. باید فرکانس نمونه برداری از دو برابر پهنای باند بیشتر باشد تا بتوانیم سیگنال نمونه برداری شده را بازسازی کنیم. هر چقدر توان سیگنال افزایش یابد مقدار نویز کوانتیزاسیون افزایش می شود (نویز کوانتیزاسیون تفاوت سیگنال اصلی از سیگنال شبیه سازی شده می باشد). با کاهش فاصله کوانتیزاسیون مقدار خطا را کاهش می دهیم و سطوح کوانتیزاسیون را افزایش می دهیم تا بازسازی بصورت پیوسته راحت تر صورت گیرد. شکل۱-۱ یک مدلاسیون کد کننده پالس را نشان می دهد [۱۲].

---

[1] Waveform Coding
[2] Pulse Coded Modulation
[3] Adaptive Differential- PCM
[4] Sub-band Coder
[5] Adaptive Transform Coder



شکل۱-۱ مدلاسیون کد کننده پالس [۱۳].

اگر تفاوت بین نمونه ها کم باشد از DPCM استفاده می کنیم و به جای اینکه کل نمونه ها را بفرستیم تفاوت بین نمونه ها را ارسال می کنیم. به این صورت که ابتدا نمونه های سیگنال ورودی را در یک پیشگو کننده ذخیره می کنیم سپس نمونه جدید را با قبلی مقایسه می کنیم و در نهایت تفاوت نمونه جدید با نمونه اولیه برای کوانتیزه کردن و کد کردن می فرستیم. با این کار نرخ بیت کاهش می یابد. کوانتیزاسیون یکنواخت برای سیگنال های با قدرت کم، SNR کوچک و برای سیگنال های با قدرت زیاد، SNR بزرگ تولید می کند. چون اکثر سیگنال های تولید شده توسط بشر دارای قدرت کم می باشند ما از ADPCM استفاده می کنیم. اگر تفاوت کم باشد ADPCM سطح کوانتیزاسیون را کاهش می دهد و اگر اختلاف زیاد باشد سطح کوانتیزاسیون را افزایش می دهد. نرخ بیت این روش نسبت به PCM کمتر می باشد.

SBC از خانواده شکل موج حوزه زمان- فرکانس می باشند. این سیستم با پیاده سازی سیستم شنوایی انسان و خصوصیات زمانی و فرکانسی سیگنال صحبت، دارای کیفیت بالایی می باشد. خانواده دیگری از کد کننده های شکل موج، کد کننده های تبدیلی می باشند که معمولا جهت فشرده سازی تصویر بکار می روند. این کد کننده ها در مقایسه با کد کننده های پارامتری در نرخ بیت بالاتر بهتر کار می کنند.

۱-۳-۲ کدینگ پارامتری[1]

کدینگ پارامتری بر اساس چگونگی ایجاد سیگنال صحبت طراحی می شود. در این نوع کد کننده ها سیستم تولید صدا در انسان را به کمک یک مدل و پارامترهای آن شبیه سازی می کنیم. اصطلاحا به آن voice coder یا vo coder می گویند. یکی از روش های مفید برای کد کردن می باشد. معمولا از یک مدل ساده برای تولید سیگنال صحبت استفاده می شود. این مدل شامل محفظه صوتی، به عنوان فیلتر، و پالس های ایجاد شده توسط تارهای صوتی، به عنوان سیگنال تحریک، می باشد. در این کد کننده ها

[1] Parametric Coding

معمولا فرض می گردد که عملکرد فیلتر محفظه صوتی و سیگنال تحریک از یکدیگر مستقل بوده و اثری بر روی یکدیگر نمی گذارند.

کدینگ پارامتری روی مدل منبع، به منظور تخمین پارامترهای تفاضلی و ارسال آنها به آشکار ساز، تکیه دارد. در آشکار سازی پارامترهای سیگنال بنحوی که مشابه سیگنال اصلی باشد بازسازی می شوند. برای رسیدن به این هدف باید بدانیم شکل موج اصلی چگونه ساخته شده و درک می گردد. از مزایای این روش انتقال اطلاعات با نرخ بیت کم و از معایب آن کیفیت پایین می باشد. یکی از انواع کدکنندهای پارامتری کد کننده با پیش بینی خطی(LPC)[1]می باشد. در این روش محفظه صوتی را با پیش بینی کننده خطی تخمین می زنیم.

۱-۳-۳ کدینگ هیبرید[2]

اخیرا از ترکیب دو روش کد کردن که در بالا اشاره کردیم می توانیم کد کننده ای طراحی نماییم که دارای نرخ بیت پایین و کیفیت بهتر می باشد به آن کدکننده هیبرید می گوییم.

این کدکننده از هر دو روش پارامتری و شکل موج برای دستیابی به کیفیت مطلوب و نرخ بیت پایین استفاده می کند. از یک فیلتر برای مدل کردن محفظه صوتی استفاده می شود (روش پارامتری) و با استفاده از یک سیگنال تحریک، سیگنال صحبت مورد نظر را با سیگنال اصلی منطبق می کنیم (روش شکل موج) به گونه ای که خطای سیگنال صحبت ساخته شده (سیگنال حاصل از تفاضل صحبت ورودی و صحبت آشکار شده) مینیمم گردد. برای سازگاری با گوش انسان نتیجه بدست آمده با یک فیلتر شهودی وزن داده می شود تا اثر نویز با انرژی بالای سیگنال صحبت محو شود.

انواع کد کننده های هیبرید :

- RPE[3]
- IMBE[4]
- CELP[5]
- LD-CELP[6]

[1] Linear Predictive Coding
[2] Hybrid Coding
[3] Regular Pulse Excited
[4] Improved Multi-Band Excitation
[5] Code Excited Linear Predictive
[6] Low Delay-CELP

در این قسمت کد کننده CELP را که یکی از انواع کد کننده هیبرید می باشد و بشترین استفاده را در کد کردن سیگنال صحبت دارد مورد بررسی قرار می دهیم. در این کد کننده از یک فیلتر که خصوصیات آن با زمان تغییر می کند و از کتاب کد که شامل دنباله گوسی از پیش بینی کننده طولانی مدت برای مدل کردن دوره تناوب پیچ در قسمت فعال (با تکرار دنباله تحریک) استفاده می شود. با یک فیلتر درجه ۱ یا ۳ شبیه سازی می شود. اگر فیلتر 1/B(Z) مرتبه1 باشد k =0 و اگر مرتبه ۳ باشد k =1 در نظر گرفته می شود و از پیش بینی کننده کوتاه مدت برای پیش بینی محفظه صحبت استفاده می کند. ابتدا سیگنال ترکیبی تخمین زده می شود و با سیگنال اصلی مقایسه می شود و تفاضل این دو به یک فیلتر وزن دهی ادراکی W(Z) داده می شود. با وزن دهی ادراکی مقدار خطا کاهش می یابد. در صورت عدم کاهش خطا، انرژی زیاد سیگنال بر خطا غلبه می کند و نویز در فریم ها توسط سیگنال پوشیده می گردد. تابع تبدیل فیلتر بصورت زیر است.

$$\frac{1}{B(z)} = \frac{1}{1-\sum_{k=-K}^{K} b_k z^{-k(\tau+k)}} \qquad (۱-۱)$$

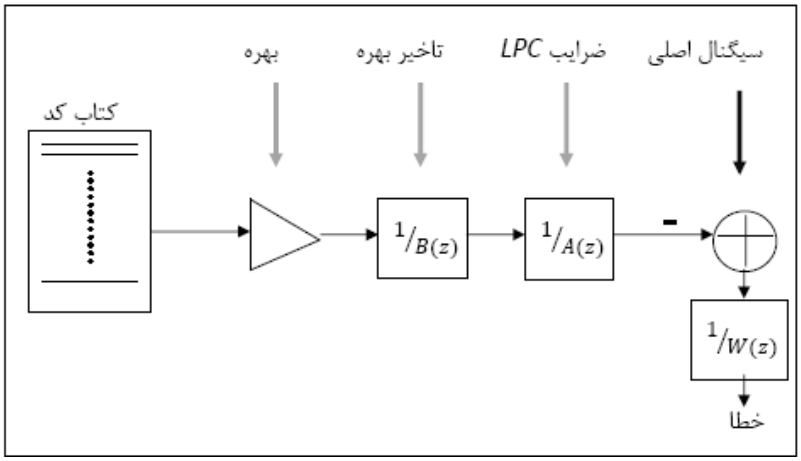
b_k ضریب و τ مقدار تاخیر می باشد.

$$\frac{1}{A(z)} = \frac{1}{1-\sum_{i=1}^{p} a_i z^{-i}} \qquad (۱-۲)$$

P مرتبه LPC می باشد.

$$W(z) = \frac{A(z)}{A(z/\gamma)} \qquad (۱-۳)$$

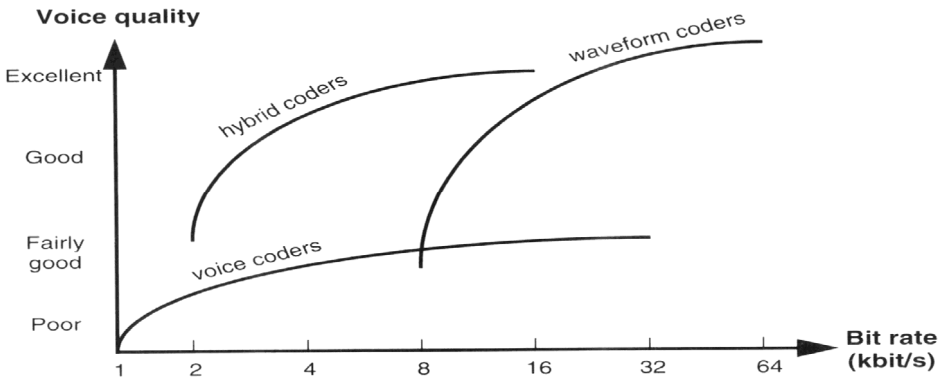
مقدار ثابت γ باعث می شود فیلتر مانند معکوس سیگنال صحبت از نظر طیفی باشد. این روش کد کردن برای همه سیگنال های تحریک موجود در کتاب کد تکرار می شود و تحریک توسط خطای وزنی مینیمم با روش MSE تعمیم می گردد تا بفهمیم کدام سیگنال تحریک مناسب می باشد. اطلاعاتی که به آشکار سازی ارسال می شوند شامل ورودی های تحریک در کتاب کد، بهره، ضرایبLPC، ضرایب فیلتر پیش بینی کننده طولانی مدت است. آشکار سازی با یک روش مشابه در کد کننده انجام می گیرد. شکل۱-۲ کد کننده CELP را نشان می دهد.



شکل ۱-۲ بلوک پیش بینی خطی کد تحریک [۱۴].

۱-۴ سرعت انتقال اطلاعات و کیفیت در فشرده سازی

شکل۱-۳، کیفیت سیگنال صحبت را در محدوده های مختلف، برحسب نرخ بیت نشان می دهد. با وجود اینکه کد کننده های شکل موج دارای کیفیت خوبی می باشند اما در نرخ بیت های بالا کارایی خوبی دارند. اگرچه کد کننده های پارامتری در مقایسه با کد کننده های شکل موج دارای نرخ بیت کمتری می باشند اما کیفیت مطلوبی ندارند. در نرخ بیت های بالای ۹/۶ kb/s به کمک کد کننده های شکل موج می توان به کیفیت مخابراتی رسید. همچنین می توان دریافت که وکدرها معمولا در نرخ بیت های ۴/۸ kb/s و پایین تر مورد استفاده قرار می گیرند. یکی از مزایای کد کننده های شکل موج نسبت به وکدرها، امکان بهتر تشخیص گوینده می باشد [۶ و۷].



شکل۱-۳ کیفیت سیگنال صحبت در محدوده های مختلف، بر حسب نرخ بیت [۱۳].

فصل ۲

معرفی سیستم Sub Band Coder

۲-۱ مقدمه

ایده بکارگیری سیستم SBC با توجه به اهمیت نسبی مولفه های فرکانس پایین سیگنال صحبت به مولفه های فرکانس بالا مطرح گردید. این سیستم از دو بخش عمده تشکیل شده است. بخش اول شامل بانک فیلتر است که وظیفه آن جداسازی مولفه های فرکانسی از یکدیگر برای بالا بردن دقت فشرده سازی می باشد. بخش دوم آن کوانتیزه کننده است که وظیفه آن کد نمودن مولفه های خروجی بانک فیلتر می باشد. بنابراین این سیستم با بهره جستن از خصوصیات فرکانسی سیستم شنوایی انسان و ویژگی های زمانی سیگنال صحبت در بخش کوانتیزه کننده، دارای کیفیت بالاتری نسبت به کد کننده هایی است که عمل کد کردن سیگنال صحبت را در باند کامل فرکانسی انجام می دهند. مزیت دیگر این سیستم نسبت به سایر کد کننده های شکل موج، سادگی و پایین بودن حجم محاسبات آن می باشد. ویژگی دیگر سیستم SBC این است که نه فقط در خصوص سیگنال صحبت، بلکه در خصوص سیگنال های باند شنوایی و نیز در انتقال داده، می توان از آن استفاده کرد.

مزیت دیگر این سیستم نسبت به وکدرها این است که سیستم SBC در برابر افزایش نرخ خطای بیت های دریافتی[۱](BER) تقریبا کیفیت خود را حفظ می کند. درحالیکه وکدرها، به علت حساسیت زیادی که به پارامترهای مدل دارند، قادر به حفظ کیفیت خود نمی باشند.

۲-۲ سیستم SBC

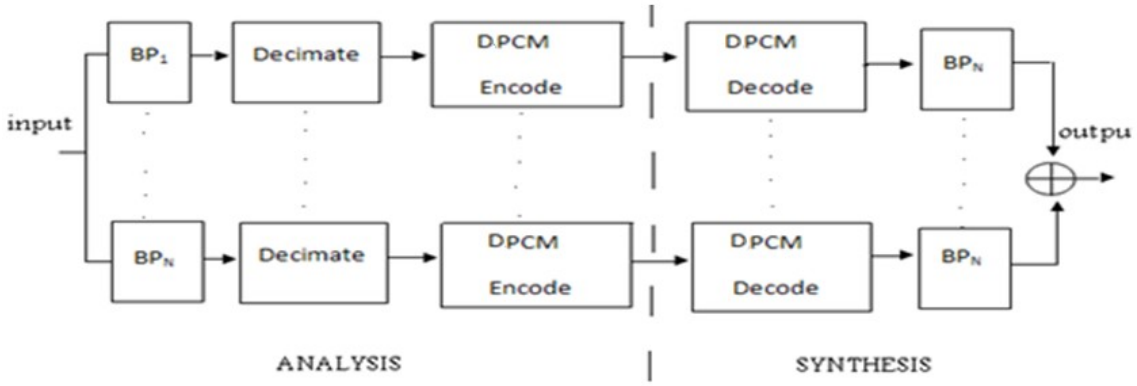
روش کار این سیستم به این صورت است که ابتدا سیگنال صحبت را به چند باند فرکانسی (معمولا ۴ تا ۸ باند) تقسیم می شود سپس مولفه های مربوط به هر یک از باندها به طور جداگانه کد می شود. قاعده اساسی و کلی برای کد کردن سیگنال صحبت این است که تخصیص بیت به نحوی صورت گیرد تا باندهایی که حاوی اطلاعات مهمی از سیگنال صحبت می باشند، با دقت بالاتری ارسال گردند. با توجه به خصوصیات غیر ایستا بودن سیگنال صحبت و تغییر خصوصیات طیفی کوتاه مدت آن، لازم است تخصیص بیت به صورت متغیر با زمان باشد. با توجه به نحوه تخصیص بیت در باندهای مختلف، قادر خواهیم بود طیف نویز را بر اساس سیستم شنوایی انسان، شکل دهیم. بنابراین با متمرکز کردن انرژی نویز کوانتیزاسیون در نواحی که سیگنال صحبت دارای انرژی قابل توجهی است، اثر آن در شنوایی کاهش خواهد یافت. بنابراین طیف نویز در کلیه فرکانس ها دارای توان کمتری نسبت به طیف سیگنال خواهد بود. اصطلاحا به این عمل پنهان سازی[۲] گویند.

---

[۱] Bit Error Rating

[۲] Masking

بلوک دیاگرام سیستم SBC در شکل۲-۱ نشان داده شده است. به منظور کاهش نرخ بیت در هر باند لازم است سیگنال باندهای مختلف پس از عمل فیلتر کردن، به باند پایه انتقال یابند.



شکل۲-۱ بلوک دیاگرام سیستم SBC [۶].

اگر فرکانس قطع بالای یک فیلتر میان گذر مضربی از پهنای باند آن باشد، نرخ نایکوئیست[۱] را می توان دو برابر پهنای باند آن انتخاب کرد. در گیرنده برای بدست آوردن طیف اصلی سیگنال میان گذر اولیه، از درون یابی کننده[۲] با فاکتور N استفاده می گردد. کد کننده های SBC معمولا در نرخ بیت های بالای ۹/۶ kb/s بکار برده می شوند. آزمایشات و تحقیقات نشان می دهد که این سیستم ها در نرخ بیت ۱۶ kb/s و بالاتر دارای کیفیت خوبی می باشد.

در قسمت بانک فیلتر، از بانک فیلتر آینه ای برای تقسیم کردن طیف سیگنال اصلی به باند های فرکانسی مختلف استفاده می شود. پاسخ فرکانسی این فیلترها باید به گونه ای باشد که پاسخ فرکانسی کل سیستم تا حد امکان صاف باشد. به لحاظ تعداد باندها، هر چقدر تعداد باند های خروجی بیشتر باشد، طیف مربوط به هر باند دارای تغییرات کمتری می باشد و مسئله تخصیص بیت بهینه به حالت ایدآل خود نزدیکتر خواهد بود [۲-۳]. اما افزایش مقدار باند ها باعث افزایش پیچیدگی و تاخیر کل سیستم می گردد.

در بانک فیلتر آینه ای، تداخل طیفی مجاز در قسمت آنالیز کننده، در غیاب نویز کوانتیزاسیون، دقیقا توسط بخش سنتز کننده حذف می شود [۳-۴ و۲۴]. اما با وجود نویز کوانتیزاسیون، جملات مربوط به تداخل اثر یکدیگر را کاملا حذف نمی نمایند. بنابراین برای کاهش اثر تداخل، فیلترهایی با باند گذر باریکتر طراحی می گردد. این امر باعث بالا رفتن درجه فیلتر می شود. فیلتر های آینه ای معمولا دارای دو باند خروجی می باشند، برای تولید باندهای خروجی بیشتر می توان این بانک فیلترها را به صورت یک ساختار درختی توسعه داد [۳-۴].

---

[۱] Nyquist

[۲] Interpolator