

ANALISIS PERFORMANSI SINYAL TERHADAP DISTORSI KUANTISASI PADA SUSUNAN BERTINGKAT PCM-ADPCM UNTUK PENGKODEAN SINYAL SUARA (PERFORMANCE ANALYSIS OF SIGNAL TO QUANTIZATION DISTORTION IN MULTISTAGE PCM-ADPCM FOR SPEECH SIGNAL CODING)

Micky Hendrawan Samat^{1, -2}

¹Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Salah satu teknik pengkodean sinyal suara (speech coding) yang banyak dipakai sekarang ini adalah Adaptive Differential Pulse Code Modulation (ADPCM). ADPCM mampu memberikan kualitas pengkodean yang lebih baik (laju bit yang lebih kecil, namun dengan kualitas hasil yang setara) dibandingkan dengan metode pengkodean Pulse Code Modulation (PCM). Proses pengkodean suara ADPCM yang sekarang umum digunakan adalah dengan melakukan kuantisasi PCM terlebih dahulu, baru sinyal tersebut dikodekan secara ADPCM (dua tahapan, yaitu PCM-ADPCM). Penelitian ini mencoba untuk mendapatkan keluaran ADPCM dengan kualitas yang lebih baik lagi, yaitu dengan melakukan penambahan satu tingkat ADPCM lagi, sehingga menjadi sistem ADPCM dua tingkat (tiga tahapan, yaitu PCM-ADPCM -ADPCM).

Penelitian ini mensimulasikan proses pengkodean sinyal dan rekonstruksi kembali (encoding-decoding) dari sistem pengkodean ADPCM biasa (PCMADPCM) dan sistem ADPCM dua tingkat (PCM-ADPCM-ADPCM), menggunakan berbagai kombinasi jumlah bit/laju bit yang berbeda-beda pada blok ADPCM ke-1 dan ADPCM ke-2, dengan masukannya adalah sinyal suara yang telah terkodekan PCM 8-bit. Hasil simulasi ini kemudian dianalisa untuk mengamati performansi sinyal terhadap distorsi kuantisasi yang terjadi (kualitas sinyal), baik dengan uji subjektif menggunakan metode Mean Opinion Score (MOS) maupun secara objektif dengan mencari nilai Mean Square Error (MSE), untuk masing-masing kombinasi sistem, serta melakukan perbandingan kualitas di antaranya.

Analisa dari hasil simulasi menunjukkan adanya peningkatan kualitas sinyal suara hasil rekonstruksi dari pengkodean ADPCM dua tingkat dibandingkan dengan hasil pengkodean ADPCM biasa untuk laju bit yang sama. Namun hasil pengkodean ADPCM dua tingkat ini sangat rentan terhadap kerusakan sinyal yang disebabkan adanya bit yang error.

Kata Kunci :

Abstract

Adaptive Differential Pulse Code Modulation (ADPCM) is one of some widely used compression techniques for speech signal. ADPCM can brings better coding quality rather than Pulse Code Modulation (PCM) technique (equal output quality, but with fewer bits). In ADPCM process, the speech signal is quantized by PCM technique, then processed by ADPCM encoding algorithm (two-steps, PCM-ADPCM). This research try to find better quality of ADPCM output, by adding 2 nd -level ADPCM process to the conventional ADPCM algorithm, make it into two-level ADPCM (three-steps, PCM-ADPCM-ADPCM).

This research simulating encoding-decoding process of conventional ADPCM system (PCM-ADPCM) and two-level ADPCM system, using various combinations of bit length / bit rate on 1 st -level and 2 nd -level ADPCM, with the encoded 8-bits-PCM speech signals for the simulation input. The simulation outputs for each combination then analyzed, to observe signal to quantizationdistortion performance (signal quality), by Mean Opinion Score (MOS) subjective test, and by calculating the Mean Square Error (MSE) as the objective method. The quality results then compared one to another.

The analyzation results of this research showing quality improvement of the reconstructed speech signal of the two-level ADPCM rather than the conventional ADPCM. However, the outputs of two-level ADPCM is suffer from bit error.

Keywords :

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Salah satu teknik pengkodean sinyal informasi (*source coding*) suara yang banyak dipakai sekarang ini adalah *Adaptive Differential Pulse Code Modulation* (ADPCM). ADPCM dinilai mampu memberikan kualitas yang setara dengan *Pulse Code Modulation* (PCM), dengan laju bit (*bit rate*) yang lebih kecil.

Kelebihan ADPCM dibandingkan dengan PCM terletak pada kenyataan bahwa sinyal suara mempunyai karakteristik variasi perubahan amplituda yang kecil, untuk pencuplikan-pencuplikan sinyal suara yang saling berdekatan, sehingga *dynamic range* dari sinyal beda antarpencuplikan akan lebih sempit daripada *dynamic range* dari amplituda pencuplikan-pencuplikan itu sendiri. Hal ini membuat dengan hanya mengkodekan beda (diferensial) dari amplituda pencuplikan yang saling berdekatan, maka jumlah bit yang dibutuhkan akan menjadi lebih sedikit, namun kualitas suara saat direkonstruksi kembali tidak berubah.

Suatu gagasan baru yang muncul, adalah bagaimana jika proses pengkodean ADPCM tersebut dibuat bertingkat, yaitu sinyal suara yang telah dicuplik, diambil nilai beda antarpencuplikannya (diferensiasi), kemudian sinyal hasil proses tersebut (sinyal beda) diambil nilai bedanya lagi (didiferensiasi lagi).

Dari proses diferensiasi bertahap ini (ADPCM bertingkat) diharapkan sinyal keluarannya akan mempunyai *dynamic range* yang lebih kecil lagi, sehingga jumlah bit yang dibutuhkan akan lebih sedikit dibandingkan ADPCM biasa. Dan akhirnya akan menghasilkan teknik pengkodean yang lebih efisien daripada ADPCM biasa.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun beberapa permasalahan yang disoroti dalam penelitian ini adalah:

1. Perbandingan kualitas sinyal suara keluaran sistem ADPCM bertingkat (pada penelitian ini adalah ADPCM tingkat dua), terhadap distorsi kuantisasi yang terjadi untuk setiap kombinasi ADPCM bertingkat yang disimulasikan.
2. Mencari kombinasi jumlah bit pengkodean pada tiap tingkat ADPCM yang disimulasikan sehingga didapatkan keluaran yang lebih baik pada ADPCM bertingkat yang disimulasikan, dibandingkan pada ADPCM biasa.
3. Sensitivitas keluaran dari ADPCM bertingkat yang disimulasikan terhadap terjadinya bit *error*.

1.3. Batasan Masalah

Batasan-batasan pada penelitian ini meliputi:

1. Sistem yang disimulasikan adalah sistem ADPCM dua tingkat dengan masukan dan keluarannya adalah sinyal suara terkodekan PCM-*uniform* 8-bit, Serta sistem ADPCM biasa, sebagai pembanding.
2. Simulasi ADPCM dua tingkat dilakukan dengan kombinasi dari ADPCM 6-bit sampai dengan 9-bit pada ADPCM tingkat pertama; dan ADPCM 1-bit sampai dengan 3-bit pada ADPCM tingkat kedua.
3. Simulasi ADPCM biasa dilakukan untuk ADPCM 1-bit sampai dengan 6-bit.
4. Penelitian dilakukan pada kanal dengan modulasi untuk satu pengguna saja, tidak ada proses *multiplexing* (pengguna lain).
5. Transmisi sinyal dilakukan pada kanal yang bebas derau (kanal ideal).
6. Simulasi ADPCM dua tingkat dilakukan dengan menggunakan kombinasi dari blok-blok pada sistem ADPCM dua tingkat yang menghasilkan laju bit (*bit rate*) keluaran pengirim (yang menuju kanal transmisi) adalah ≤ 24 Kbps.
7. Pengujian hasil simulasi dilakukan dengan penilaian subektif melalui uji MOS (*Mean Opinion Score*) dan penilaian objektif dengan mencari nilai MSE (*Mean Square Error*) dari sinyal suara hasil simulasi.

1.4. Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini meliputi:

1. Mensimulasikan ADPCM dua tingkat.
2. Melakukan analisa kualitas (dengan MOS dan MSE) dari ADPCM dua tingkat dengan berbagai kombinasi lebar bit ADPCM pada tiap tingkatnya.
3. Melakukan perbandingan kualitas hasil dari tiap-tiap kombinasi ADPCM tersebut.
4. Mencari kombinasi jumlah bit pengkodean pada tiap tingkat ADPCM yang disimulasikan sehingga didapatkan keluaran yang lebih baik pada ADPCM bertingkat yang disimulasikan, dibandingkan pada ADPCM biasa.

Sedangkan manfaat yang bisa didapatkan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui karakteristik dari sistem pengkodean ADPCM jika disusun dua tingkat.
2. Didapatkannya sistem pengkodean ADPCM dua tingkat dengan kombinasi bit ADPCM yang akan memberikan keluaran yang lebih baik, dibandingkan dengan pada ADPCM satu tingkat, untuk laju bit keluaran yang sama. Atau distorsi yang setara namun dengan laju bit keluaran yang lebih kecil dibandingkan dengan ADPCM biasa.

1.5. Metodologi Penelitian

Tahapan-tahapan yang ditempuh dalam penelitian ini adalah:

1. Studi literatur.
2. Perancangan model simulasi.
3. Pelaksanaan simulasi untuk mendapatkan sinyal suara hasil untuk dianalisa.
4. Penganalisaan dari data yang telah didapatkan. Yaitu melakukan pengukuran secara subjektif dengan uji MOS, dan pengukuran secara objektif dengan menggunakan metode MSE, dan melakukan uji bit *error* terhadap sinyal suara hasil dari sistem ADPCM dua tingkat.
5. Penarikan kesimpulan dan memberikan saran untuk penelitian selanjutnya.

1.6. Hipotesa

Adapun beberapa hal yang dapat diduga sebelum penelitian ini dilakukan adalah:

1. Semakin besar jumlah bit ADPCM yang digunakan pada tingkat pertama dan kedua dari sistem ADPCM dua tingkat, maka akan memberikan hasil rekonstruksi sinyal suara keluaran sistem yang semakin baik pula.
2. Sistem ADPCM dua tingkat yang disimulasikan akan memberikan kualitas dari rekonstruksi sinyal suara keluaran yang lebih baik daripada rekonstruksi sinyal suara keluaran dari ADPCM biasa, untuk laju bit yang sama.
3. Proses diferensiasi dua tingkat yang dilakukan pada simulasi akan berakibat pada makin sensitifnya sinyal suara hasil rekonstruksi untuk mengalami kerusakan akibat terjadinya bit yang *error*. Hal ini dikarenakan semakin tingginya tingkat keterkaitan antara pencuplikan sinyal yang satu dengan yang lain.

1.7. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam laporan dari penelitian ini adalah:

- **BAB I : PENDAHULUAN**
Memaparkan tentang latar belakang penelitian, identifikasi masalah, pembatasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, metodologi penelitian, serta sistematika penulisan.
- **BAB II : DASAR TEORI**
Menjelaskan tentang teori-teori yang menunjang dalam penelitian dan simulasi sistem.
- **BAB III: PERANCANGAN MODEL SIMULASI SISTEM**
Menjelaskan tentang perancangan model dan simulasi yang akan dilakukan.
- **BAB IV: ANALISA HASIL SIMULASI**
Menguraikan hasil-hasil simulasi serta analisa uji kualitas terhadap hasil dari simulasi.
- **BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**
Berisi tentang kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan, kemudian diakhiri saran-saran bagi penelitian selanjutnya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini adalah:

1. Pada algoritma kompresi ADPCM dua tingkat, terjadi pelebaran *dynamic range* pada proses pencuplikan sinyal di enkoder ADPCM ke-2. Sehingga untuk mendapatkan distorsi kuantisasi yang tetap kecil, jumlah pencuplikan sinyal harus dinaikkan (*up-sampling*), atau jumlah bit pengkodean pada ADPCM ke-2 harus diperbanyak.
2. Kompresi ADPCM dua tingkat yang disimulasikan berhasil memberikan keluaran dengan kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan keluaran kompresi ADPCM biasa yang juga disimulasikan, untuk laju bit keluaran yang sama. Hal ini tercapai pada ADPCM dua tingkat dengan kombinasi 8-1,5-2, dan kombinasi 9-1,5-2. Dari kedua kombinasi tersebut, kombinasi yang memberikan hasil optimal adalah kombinasi 8-1,5-2 dengan laju bit 24 Kbps (MOS = 4,054). Kombinasi ini memberikan kualitas suara hasil rekonstruksi yang setara dengan ADPCM biasa 32 Kbps (MOS = 4,000).
3. Distorsi kuantisasi yang terjadi pada kompresi ADPCM dua tingkat menghasilkan komponen sinyal berfrekuensi rendah (di bawah 300 Hz) yang menyebabkan sinyal suara hasil rekonstruksi menjadi berfluktuasi. Hal ini dapat diatasi dengan mengganti *Low Pass Filter* (LPF) yang biasanya dipakai pada blok perekonstruksi sinyal, menjadi *Band Pass Filter* (BPF). Penggunaan BPF dengan rentang frekuensi 300-3400 Hz pada simulasi, menunjukkan hasil yang memuaskan dalam menghilangkan komponen distorsi kuantisasi tersebut.
4. Uji kehandalan pengkodean ADPCM dua tingkat terhadap bit *error*, menunjukkan tingkat sensitivitas yang tinggi terhadap bit *error* yang terjadi. *Error* yang terjadi walau hanya satu bit, dapat merusak keseluruhan sinyal hasil rekonstruksi. Sensitivitas ini disebabkan proses diferensiasi yang

bertingkat, sehingga menyebabkan tingginya tingkat keterkaitan antara pencuplikan satu dengan yang lainnya.

5. Walaupun kompresi ADPCM dua tingkat yang disimulasikan memberikan hasil yang lebih baik daripada ADPCM biasa, namun karena uji kehandalan terhadap bit *error* memberikan hasil yang buruk, maka algoritma kompresi ADPCM dua tingkat yang disimulasikan ini masih belum layak untuk diimplementasikan.

5.2. Saran

Saran-saran yang dapat digunakan dalam pengembangan penelitian ini lebih lanjut, adalah sebagai berikut:

1. Perlu diteliti lebih lanjut mengenai sistem kompresi ADPCM bertingkat ini jika disimulasikan dengan menggunakan standar ADPCM yang lain, seperti menggunakan standar G.721, dan dengan adaptasi *step size* yang berbeda-beda. Mungkin akan didapatkan sistem dengan kombinasi dan kehandalan yang lebih baik.
2. algoritma kompresi ADPCM tingkat dua ini perlu direkayasa lebih lanjut untuk menghasilkan algoritma yang handal dalam menghadapi bit *error*.
 - Penerapan *reset* untuk setiap periode pencuplikan tertentu pada pencuplikan yang dilakukan di enkoder ADPCM II. Dimana setelah jumlah pencuplikan tertentu, proses diferensiasi (pengambilan nilai beda antar amplituda pencuplikan) di enkoder ADPCM kedua, di-*reset* (dimulai dari awal lagi). Hal ini akan membuat sifat keterkaitan antara pencuplikan satu dengan yang lainnya menjadi berkurang.
 - Mencari blok prediksi sinyal/blok adaptasi *step size* yang lebih baik atau lebih cocok untuk digunakan pada ADPCM II. Pada penelitian ini, adaptasi *step size* yang digunakan di ADPCM II mengadopsi adaptasi *step size* dari ADPCM biasa yang dirancang cocok untuk sinyal suara. Namun sebenarnya sinyal masukan pada ADPCM II bukanlah sinyal suara tetapi adalah sinyal diferensial (beda) dari sinyal suara. Sehingga, mungkin ada adaptasi *step size* yang lebih cocok digunakan di blok

ADPCM II. Dengan begitu diharapkan sinyal yang direkonstruksi di sisi penerima akan menjadi lebih baik/lebih tepat.

- Pengadopsian algoritma *error control coding* tertentu pada sistem ADPCM dua tingkat mungkin dapat memperbaiki kehandalan sistem ini dalam menghadapi bit yang *error*. Dengan menggunakan *error control coding* dengan *code rate* (perbandingan antara jumlah bit informasi dengan jumlah total bit yang ditransmisikan) yang cukup besar sehingga membuat laju bit keluaran enkoder ADPCM dua tingkat tetap berada di bawah laju bit keluaran enkoder ADPCM biasa dengan kualitas keluaran yang sama.
3. Selain masalah kehandalan sistem, kerumitan dari realisasi sistem ini yang mungkin muncul, serta uji terhadap *delay* proses yang terjadi pada perangkat jika sistem ini direalisasikan (apakah masih dalam batas toleransi atau tidak), misalnya jika diimplementasikan untuk sistem komunikasi suara yang *real time*, juga patut dipertimbangkan. Sebelum sistem ini dinyatakan layak untuk digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Audiocoding.com, *PCM*, www.audiocoding.com.
- [2] Global IP Sound. 2001, *Speech Coding and Speech Quality in IP Telephony*, www.globalipsound.com.
- [3] Glover, I. A. 1998, *Digital Communication*, England: Prentice-Hall.
- [4] Haykin, Simon. 2001, *Communication Systems. 4th Edition*, Singapore: John Wiley & Sons.
- [5] Ketan Mayer-Patel. 2005, *Audio Coding*, U.S.A.: Department of Computer Science-University of North Carolina at Chapel Hill. www.cs.unc.edu/Courses/comp249-s05/lectures/.
- [6] Kondozi, A. M. 2001, *Digital Speech*, Singapore: John Wiley & Sons.
- [7] Liesenborgs, Jori. 2000, *Voice over IP in Networked Virtual Environments*, Netherlands: Limburgs Universitair Centrum. <http://research.edm.luc.ac.be/jori/thesis/>.
- [8] Pan, Davis Yen. 1993, *Digital Audio Compression*: Digital Technical Journal of Digital Equipment Corporation Vol.5 No.2.
- [9] Proakis, John G. 2001, *Digital Communications. 4nd Edition*, Singapore: McGraw-Hill.
- [10] Proakis, John G. dan Salehi, Masoud. 1994, *Communication Systems Engineering*, U.S.A.: Prentice-Hall.
- [11] Richey, Rodger. 1997, *Adaptive Differential Pulse Code Modulation using PICmicroTM Microcontrollers*, U.S.A.: Microchip Technology Inc.
- [12] Redding, Christopher, dkk. 2001, *Voice Quality Assessment of Vocoders in Tandem Configuration*, U.S.A.: U.S. Department of Commerce.
- [13] Reeve, Whitham D. 1995, *Subscriber Loop Signaling and Transmission Handbook: Digital*, U.S.A.: IEEE.
- [14] Roden, Martin S. 1991, *Analog and Digital Communication System*, USA: Prentice Hall.
- [15] Sklar, Bernard. 1998, *Digital Communications Fundamentals and Applications*, U.S.A.: Prentice-Hall.

- [16] Sugiarto, dkk. 2001, *Teknik Sampling*, Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- [17] Wade, Graham. 2000, *Coding Techniques – An Introduction to Compression and Error Control*, Great Britain: Palgrave.

