

Penerapan Interpolasi Polinom pada Sinkronisasi Subtitle

Okaswara Perkasa (13510051)
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
okaswara@students.itb.ac.id

Abstrak — Makalah ini membahas mengenai pemanfaatan interpolasi polinom dalam sinkronisasi subtitle. Dasar teori mengenai subtitle dan interpolasi akan dijabarkan terlebih dahulu. Terdapat penjabaran mengenai cara bagaimana interpolasi polinom dapat digunakan untuk sinkronisasi. Hasil dan analisis hasil sinkronisasi dengan interpolasi dijabarkan pada bagian akhir makalah.

Kata kunci — interpolasi, subtitle

I. PENDAHULUAN

Dewasa ini, menonton video secara digital sudah merupakan bagian dari keseharian setiap individu. Era informasi yang semakin berkembang membuat video dapat dengan mudah ditemukan dan diunduh dari Internet. Video juga dapat dilengkapi dengan sejumlah fitur untuk memudahkan pemakainya. Salah satu fitur tersebut adalah subtitle.

Subtitle adalah suatu tulisan yang muncul pada video yang menuliskan percakapan yang sedang terjadi pada video tersebut. Subtitle banyak digunakan karena dapat memudahkan user dalam memahami percakapan yang sedang terjadi di video, terutama jika percakapan dilakukan dalam bahasa asing.

Video sendiri terdiri dari berbagai macam format dan encoding yang berbeda-beda. Suatu video yang sama, dapat disimpan dalam format video yang berbeda-beda.

Namun, variasi format video ini memberikan suatu permasalahan sendiri pada subtitle. Terkadang, untuk suatu subtitle yang dibuat berdasarkan format video tertentu, ketika subtitle tersebut digunakan ulang pada video yang sama namun format yang berbeda, subtitle tidak sepenuhnya sinkron dengan tampilan ataupun percakapan yang ada pada video. Biasanya ini ditunjukkan dengan teks yang muncul terlalu cepat ataupun terlalu lambat dari seharusnya. Pada kasus yang lain, awalnya teks muncul secara normal, namun lama-kelamaan teks semakin cepat/terlambat muncul ketika video dimainkan cukup lama.

Oleh karena itu, diperlukan suatu sinkronisasi pada subtitle agar dapat dimainkan pada beragam jenis format video. Sinkronisasi juga dapat sangat menghemat waktu dan tenaga, karena subtitle dapat dengan mudah disesuaikan dengan format video yang lain, tanpa harus membuat subtitle khusus untuk format video tersebut dari awal.

II. DASAR TEORI

A. Subtitle

Subtitle adalah text yang muncul pada bagian bawah video pada saat suatu video dimainkan. Teks tersebut biasanya berisi tulisan percakapan yang terdapat pada video yang sedang dimainkan.



Gambar 1 – Subtitle pada suatu video^[1]

Pada awalnya, subtitle digunakan untuk menambahkan percakapan pada film generasi awal, yang tidak terdapat suara. Namun sekarang subtitle digunakan untuk membantu user yang menonton video untuk memahami percakapan yang dilakukan di dalam video, terutama percakapan dalam bahasa asing^[1].

Pada implementasinya, terdapat tiga jenis subtitle^[1]:

1. Hard subtitle: Subtitle yang sudah menjadi bagian video, secara grafis, sehingga sulit untuk dihilangkan/dinonaktifkan
2. External subtitle: Subtitle yang disimpan pada suatu file eksternal/diluar video.
3. Soft subtitle: Subtitle yang sudah embedded pada suatu file video, namun secara teks, bukan secara grafis.

Secara umum, subtitle dalam bentuk file/external subtitle biasanya berisi data-data sebagai berikut:

1. Waktu saat suatu tulisan muncul
2. Waktu saat suatu tulisan dihilangkan
3. Tulisan yang ditampilkan

Berikut contoh salah satu dari format suatu external subtitle, yakni pada format SubRip^[4], dengan ekstensi *.srt.

```
1
00:00:05,359 --> 00:00:08,385
I probably shouldn't have
bothered you today.

2
00:00:12,600 --> 00:00:16,536
How old you and I have become.
I've only just realized that.

3
00:00:17,438 --> 00:00:19,702
what are you apologizing for?
```

Contoh format subtitle diatas terdiri dari tiga teks, yang akan ditampilkan dari atas ke bawah berturut-turut.

Berikut penjelasan singkat untuk setiap komponen subtitle:

1. Baris yang berisi satu angka menunjukkan urutan dari teks yang akan ditampilkan
2. Baris berikutnya, yang berisi sejumlah angka, terdiri dari dua bagian yang dipisahkan dengan string "-->". Bagian pertama adalah waktu suatu teks subtitle ditampilkan, sedangkan bagian kedua adalah waktu ketika teks subtitle dihilangkan dari video. Format waktu yang dipakai adalah *jam:menit:detik,milidetik*.
3. Baris-baris selanjutnya berisi teks yang akan ditampilkan ke layar.

B. Sinkronisasi pada Subtitle

Subtitle dibuat untuk suatu video tertentu, dengan timing yang sudah tepat sama dengan percakapan yang ada di video.

Namun terkadang jika subtitle tersebut digunakan pada file video lain, terdapat ketidaksinkronan antara subtitle yang ditampilkan dengan percakapan yang terdapat pada video.

Hal ini disebabkan karena alasan yang sederhana, seperti terdapat beberapa bagian video yang tidak ada pada file video yang lain, atau alasan yang teknis, karena format video yang digunakan berbeda.

Permasalahan pertama dapat dengan mudah diselesaikan dengan menggunakan translasi waktu, sehingga seluruh teks pada bagian yang hilang dihapus, dan teks-teks pada bagian selanjutnya digeser sesuai dengan video tujuan.

Namun, permasalahan muncul ketika permasalahan disebabkan oleh format video. Pada kasus ini, teks muncul terlalu cepat/terlambat ketika video semakin jauh dimainkan. Salah satu bagian dari format video yang menimbulkan permasalahan ini adalah frame rate. Frame rate yang tidak kompatibel antara video dan subtitle membuat teks menjadi tidak sinkron seiring berjalannya video.^[5]

Setiap format video memiliki frame rate yang berbeda-beda. Terdapat sejumlah format yang memiliki frame rate yang konstan, namun terdapat format lain yang memiliki

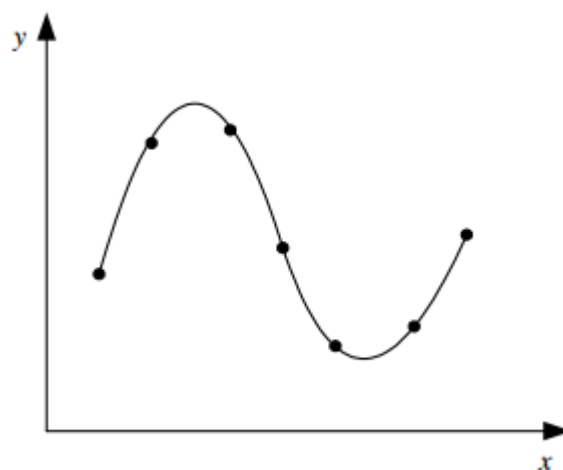
frame rate variabel, atau berubah-ubah.

Frame rate suatu video sebenarnya dapat dilihat dalam video player, ataupun aplikasi khusus yang menampilkan informasi dari media. Namun subtitle biasanya tidak memiliki informasi frame rate dari video tujuan. Padahal kebanyakan aplikasi yang ada memerlukan kedua informasi ini jika akan melakukan sinkronisasi secara frame rate.^[5]

Oleh karena itu, makalah ini menjabarkan bagaimana interpolasi polinom dapat digunakan untuk melakukan sinkronisasi, tanpa perlu mengetahui frame rate video ataupun subtitle.

C. Interpolasi Polinom

Interpolasi polinom adalah pembentukan suatu polinom yang berasal dari sejumlah koordinat, dimana setiap koordinat nantinya akan dilewati oleh polinom tersebut.



Gambar 2 – Interpolasi Polinom^[2]

Interpolasi polinom biasanya digunakan untuk melakukan suatu aproksimasi data dengan nilai x yang berada diluar titik-titik tersebut.

Ada sejumlah metode yang digunakan untuk membentuk suatu polinom dari sejumlah titik, diantaranya^[2]:

1. Polinom Lagrange
2. Polinom Newton
3. Polinom Newton-Gregory Maju
4. Polinom Newton-Gregory Mundur

Walaupun terdapat banyak metode, namun karena sifat dari polinom yang unik, seluruh metode akan menghasilkan polinom yang sama, untuk titik-titik data yang sama.^[3] Yang membedakan antara setiap metode adalah efisiensi dari algoritma.

III. DESKRIPSI PENERAPAN

Ide dasar dari sinkronisasi subtitle dengan menggunakan interpolasi polinom adalah dengan mengubah setiap waktu pada subtitle sesuai dengan nilai fungsi polinom.

Fungsi polinom tersebut didapatkan dari titik-titik pasangan waktu (T1, T2):

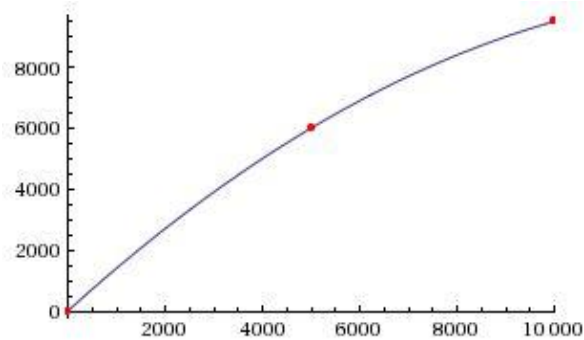
1. T1 merepresentasikan waktu pada subtitle saat ini, dan
2. T2 merepresentasikan waktu dimana subtitle seharusnya muncul.

Dari seluruh titik data, seharusnya terdapat titik yang berada di sekitar bagian awal subtitle dan bagian akhir. Hal ini dilakukan untuk menghindari terjadinya ekstrapolasi, yang memiliki aproksimasi yang buruk jika dihitung terlalu jauh dari data yang ada.

Setelah setiap titik waktu didapatkan, maka dibentuk suatu fungsi polinom dengan menggunakan salah satu metode. Metode pembentukan polinom apapun dapat digunakan, namun makalah ini menggunakan polinom lagrange karena paling sederhana untuk diimplementasikan.

Selanjutnya, ketika fungsi polinom sudah didapatkan, maka setiap waktu pada subtitle, baik waktu suatu teks muncul, ataupun waktu ketika teks dihilangkan, akan ditransformasikan sesuai fungsi polinom. Akhirnya didapatkan subtitle baru yang sudah tersinkronisasi dengan video tujuan.

Secara teoritik, karena sifat waktu pada subtitle yang selalu maju, maka fungsi polinom yang didapatkan haruslah monoton naik. Karena jika tidak, waktu suatu teks disembunyikan dapat lebih awal daripada waktu suatu teks dimunculkan.



Gambar 3 – Polinom interpolasi yang monoton naik^[6]

IV. HASIL UJI COBA

Uji coba dilakukan dengan membuat sejumlah aplikasi prototipe sederhana dengan menggunakan C++. Aplikasi yang diimplementasikan adalah aplikasi sinkronisasi dengan interpolasi polinom dan aplikasi untuk menghitung variansi dan standar deviasi waktu dari dua buah file subtitle yang memiliki waktu berbeda, namun berisi teks yang sama.

Pada percobaan yang akan dilakukan, subtitle yang

digunakan sebagai acuan berasal dari suatu video yang berdurasi sekitar 2 jam 47 menit, dan sudah tersinkronisasi dengan baik dengan video tersebut.

Uji coba akan dilakukan pada dua penyebab utama ketidaksinkronan, yakni perbedaan frame rate dan adanya bagian video yang hilang.

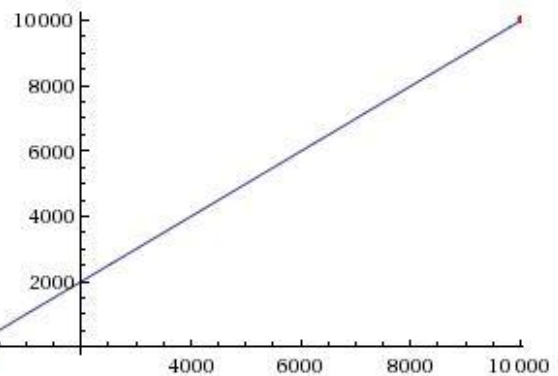
A. Perbedaan Frame Rate

Untuk uji coba, digunakan suatu subtitle yang tidak sinkron dengan subtitle acuan. Perhitungan menunjukkan bahwa subtitle tersebut memiliki standar deviasi sebesar 11.299282 detik (variansi sebesar 127.673769 detik²). Pengamatan langsung menunjukkan bahwa kedua subtitle sinkron pada bagian awal, namun pada bagian akhir, subtitle menjadi semakin tidak sinkron dengan subtitle acuan, hingga terlambat selama sekitar 20 detik.

Berikut merupakan data yang digunakan dalam sinkronisasi (dalam satuan detik):

T1	T2
18.013	17.592
10022.531	10000.698

Interpolasi yang dilakukan menghasilkan fungsi $f(t) = 0.99786t - 0.382448$.



Gambar 4 – Polinom interpolasi $f(t) = 0.99786t - 0.382448$ ^[6]

Setelah disinkronisasi didapatkan nilai standar deviasi berkurang menjadi 8.081403 detik (variansi sebesar 65.309070 detik²).

Berikut ditampilkan perbandingan sejumlah waktu sebelum sinkronisasi, waktu sesudah sinkronisasi, dan waktu pada subtitle acuan.

Waktu awal	Waktu hasil	Waktu acuan
00:00:18,013	00:00:17,591	00:00:17,592
00:00:27,067	00:00:26,626	00:00:26,668
00:00:30,696	00:00:30,247	00:00:30,305
00:00:33,924	00:00:33,468	00:00:33,541
01:26:40,798	01:26:29,284	01:26:40,570
01:26:44,979	01:26:33,456	01:26:44,741
01:26:47,520	01:26:35,992	01:26:47,276

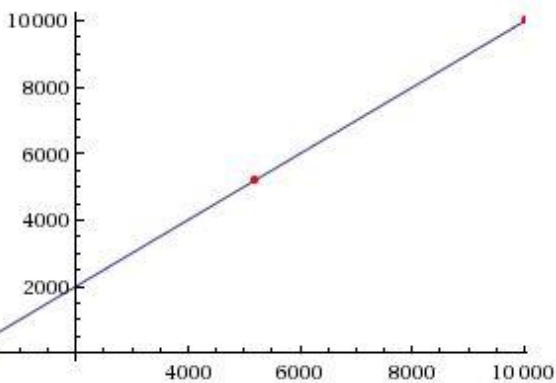
01:26:51,299	01:26:39,763	01:26:51,047
02:40:32,086	02:40:11,088	02:40:12,777
02:40:33,967	02:40:12,965	02:40:14,646
02:40:38,735	02:40:17,723	02:40:19,384
02:47:02,531	02:46:40,698	02:46:40,698

Jika diperhatikan pada tabel di atas, waktu yang berada di bagian tengah durasi video masih menyimpang cukup jauh. Ditambah dengan fakta bahwa standar deviasi yang didapatkan masih besar, maka sinkronisasi masih belum berhasil sepenuhnya.

Oleh karena itu, suatu titik data akan ditambah, yakni di bagian tengah durasi.

T1	T2
18.013	17.592
5195.848	5195.631
10022.531	10000.698

Interpolasi yang dilakukan menghasilkan fungsi $f(t) = -4.5158 \times 10^{-7} t^2 + 1.00239 t - 0.463974$.



Gambar 5 – Polinom interpolasi $f(t) = -4.5158 \times 10^{-7} t^2 + 1.00239 t - 0.463974$ ^[6]

Pada percobaan ini, sinkronisasi memberikan hasil yang jauh lebih baik. Standar deviasi yang didapatkan hanya sebesar 0.014698 (variansi sebesar 0.000216 detik²).

Maka, dengan nilai standar deviasi yang sekecil itu, subtitle sudah berhasil disinkronisasi dengan video.

B. Perbedaan Segmen Video

Percobaan ini akan mengasumsikan bahwa video yang akan diputar tidak memiliki durasi 01:00:00,000 s.d. 01:10:00,000 (10 menit) dari video awal.

Pada kasus ini, subtitle acuan yang digunakan sama dengan subtitle acuan sebelumnya, namun tidak memiliki durasi tersebut, dan seluruh teks yang melebihi 01:10:00,000 sudah ditranslasikan sejauh 10 menit lebih awal.

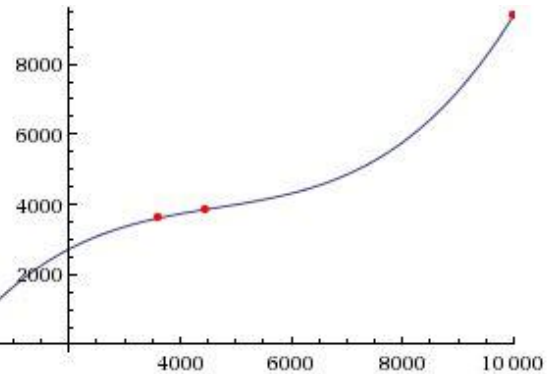
Subtitle yang akan disesuaikan sama dengan subtitle acuan, namun tidak ditranslasikan (hanya dihapus sebanyak 10 menit saja).

Berikut merupakan data yang digunakan dalam sinkronisasi (dalam satuan detik):

T1	T2
17.592	17.592
3600.000	3600.000
4446.350	3846.350
10000.000	9400.000

Data yang digunakan mencoba mempertahankan waktu yang sudah ada, namun menggeser seluruh waktu setelah 01:10:00,000.

Interpolasi yang dilakukan menghasilkan fungsi $f(t) = 2.71321 \times 10^{-8} t^3 - 0.000378865 t^2 + 2.01722 t - 17.7778$



Gambar 6 – Polinom interpolasi $f(t) = 2.71321 \times 10^{-8} t^3 - 0.000378865 t^2 + 2.01722 t - 17.7778$ ^[6]

Gambar 6 menunjukkan bahwa polinom yang dihasilkan tidak sesuai dengan yang diinginkan. Polinom tidak dapat mempertahankan durasi yang sudah ada.

Hal ini ditunjukkan dengan adanya kelengkungan dari detik 0 s.d. 3600, dan juga 4500 s.d. 10000. Transformasi yang diharapkan seharusnya tetap menjaga kedua kurva tidak melengkung, namun lurus.

Standar deviasi yang didapatkan juga menunjukkan hasil yang buruk. Nilai standar deviasi terhadap subtitle acuan sangat besar, yakni 1025.715843 (variansi sebesar 1052092.990431 detik²). Rata-rata subtitle muncul lebih awal ataupun terlambat sebesar 17 menit.

Berikut ditampilkan perbandingan sejumlah waktu sebelum sinkronisasi, waktu sesudah sinkronisasi, dan waktu pada subtitle acuan. Didapatkan bahwa sejumlah waktu hasil interpolasi memiliki deviasi yang sangat tinggi dengan acuan.

Waktu awal	Waktu hasil	Waktu acuan
00:00:17,592	00:00:17,591	00:00:17,592
00:00:26,668	00:00:35,748	00:00:26,668
00:00:30,305	00:00:43,006	00:00:30,305
00:00:33,541	00:00:49,456	00:00:33,541
02:01:57,751	01:24:47,739	01:51:57,751
02:02:02,223	01:24:51,460	01:52:02,223
02:02:05,326	01:24:54,047	01:52:05,326
02:02:08,495	01:24:56,693	01:52:08,495
02:40:12,777	02:21:04,806	02:30:12,777
02:40:14,646	02:21:09,021	02:30:14,646
02:40:19,384	02:21:19,721	02:30:19,384

02:46:40,698	02:36:41,800	02:36:40,698
--------------	--------------	--------------

Oleh karena itu, interpolasi polinom tidak dapat digunakan untuk kasus sinkronisasi yang sederhana, seperti menggeser seluruh waktu pada subtitle karena ada suatu bagian video yang tidak terdapat pada video tujuan.

KESIMPULAN

Setelah dilakukan sejumlah uji coba, sinkronisasi subtitle dengan menggunakan interpolasi polinom, untuk kasus-kasus tertentu, dapat bekerja dengan baik.

Interpolasi polinom dapat melakukan sinkronisasi dengan baik jika video dan subtitle memiliki perbedaan pada frame rate.

Sinkronisasi dengan interpolasi polinom tidak dapat dilakukan jika ketidaksinkronan disebabkan oleh adanya bagian video yang hilang. Transformasi translasi yang sederhana dapat melakukan sinkronisasi untuk kasus tersebut.

Maka, untuk menjamin bahwa subtitle dapat disinkronisasi dengan baik, minimal diperlukan kedua jenis transformasi, yakni translasi dan interpolasi polinom.

REFERENSI

- [1] <http://www.howlog.in/2012/09/how-to-create-subtitles.html>, 4 Maret 2013
- [2] Slide Interpolasi Polinom, Rinaldi Munir, 5 Maret 2013
- [3] "Metode Numerik, Revisi Ketiga", Rinaldi Munir, 5 Maret 2013
- [4] <http://www.srtfiles.com/>, 5 Maret 2013
- [5] <http://v2.subscene.com//forums/t/16689.aspx>, 5 Maret 2013
- [6] <http://www.wolframalpha.com>, 5 Maret 2013

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 6 Mei 2013



Okaswara Perkasa (13510051)