

論 文

聲門波形이 모음音素合成에 미치는 影響

正會員 安 點 榮* 正會員 金 明 起**

(Effect of Glottal Wave Shape on the Vowel Phoneme Synthesis)

Jeom Young AHN * and Myung Ki KIM **, Regular Members

要 約 男性話者가 發音한 韓國語 母音 / 아, 에, 이, 오, 우 / 의 聲門波를 직접 抽出하여 音聲에 따라 성문파가 각각 다르다는 것을 확인하였다. 具現한 5 가지의 성문파로 母音을 다시 合成하여 聲門波形이 音聲合成에 미치는 影響을 波形的으로 比較하였다. 성문파의 모양, 개방시간과 폐쇄시간에 따라 合成音聲波形은 變化가 있었으며, 聲門波形이 合成音質 向上의 重要 factor 로 作用함을 알 수 있었다.

ABSTRACT It was demonstrated that the glottal waves are different depending on a kind of vowels in deriving the glottal waves directly from Korean vowels / a, e, i, o, u / which are recorded by a male speaker. After resynthesizing vowels with five simulated glottal waves, the effects of glottal wave shape on the speech synthesis were compared with in terms of waveform. Some changes could be seen in the waveforms of the synthetic vowels with the variation of the shape, opening time and closing time, therefore it was confirmed that in the speech synthesis, the glottal wave shape is an important factor in the improvement of the speech quality.

1. 序 論

사람이 숨을 쉬거나 말을 할 때 허파에서 나온 공기가 氣道를 거쳐 입이나 코로 나가게 된다. 喉頭內面의 氣道에는 聲帶라 불리우는 左右 두 장의 섬유성 膜이 있고 이 성대 사이의 좁은 間격을 聲門(glottis)이라고 하며 숨을 쉴 때는 성문이 열리어 공기가 잘 流通되지만 말을 할 때는 허

파나 氣管內의 공기壓力이나 성대의 긴장등으로 성문이 열렸다 닫혔다 하기 때문에 氣流는 quasi periodic pulse 모양으로 바뀐다. 이와같은 pulse를 聲門波라 부르며, 주로 聲門面積과 副聲門(허파, 기관지, 기관) 壓力으로 조절되며 그 波形과 周期도 변한다⁽¹⁾. 聲門波가 聲道를 여진시키고 입이나 코를 통하여 放射될때 音壓波(acoustic pressure wave)가 형성되고 이것이 音聲 特有의 波形이 된다.

音聲波形分析에서 聲道の 特性에만 많은 연구가 행하여 졌다. 그러나 一般 共振回路에서 出力이 入力信號의 周波數, 周期, 振幅等에 따라 크게 달라지는 것과 마찬가지로 調音器管 에서도 特히 有聲音인 경우에는 聲道 model이 잘 具現되어 있어도, 聲門 model이 잘 具現되어 있지 않으

* 東義工業專門大學電子科
Dept. of Electronics, Dong Eui Technical Junior College Busan, 601 Korea.
** 東亞大學校 工科大学電子工學科
Dept. of Electronic Engineering, Dong A University Busan, 600-02 Korea
論文番號 : 85-21(接受 85. 5. 11)

면 自然性에 가까운 音聲이 合成될 수 없기 때문에 聲門의 氣流波形인 聲門波形도 音聲分析時 重要 연구대상이 된다.

聲門波形을 抽出하는 方法은 대부분 inverse filtering 技法을 이용하였다^{2,3,4,5}. A. E. Rosenberg¹은 音聲信號 spectrum을 inverse filtering 하여 formant pole을 상쇄시키고 殘差spectrum을 inverse Fourier 變換하여 성분파형을 추출하였다. H. W. Strube⁵는 preemphasis한 음성 신호에 covariance 법을 적용하여 성분파형 이후의 inverse filter를 구하고 여기서 deemphasis 하고 積分하여 성분파형을 추출하였다. D. Y. Wong 등⁶은 H. W. Strube의 方法을 개선하여 성문의 개방시간 (opening time)과 폐쇄시간 (closing time)을 더욱 정확하게 추출하였으며, M. R. Matussek 등⁷은 preemphasis한 음성 신호에 covariance 法을 적용하여 inverse filter를 구한 다음 殘差信號를 deemphasis 하고 積分하여 성분 model을 만들고 이 model에 周期 T인 impulse를 가하여 聲門波形을 抽出하였다.

聲門波는 話者, 發音, pitch period와 세기에 따라 그 모양이 달라지기 때문에 音聲合成時 聲門波 具現方法도 연구되고 있다. A. E. Rosenberg¹은 母音을 分析하여 성분파형을 추출하고 이와 類似한 6가지의 聲門波形을 만들어 성분파의 모양에 따른 合成音質을 비교하였다. 성분파형은 기온기 불연속점을 한개 가진 비대칭파로서 개방시간과 폐쇄시간이 周期의 40%와 16%일 때 合成音質이 가장 좋았고, 개방시간과 폐쇄시간이 매우 짧거나 혹은 개방시간이 폐쇄시간과 같거나 또는 보다 짧은 경우에는 音質이 좋지 않았다고 하였다. J. N. Holmes⁸은 inverse filtering 方法으로 聲門波形을 抽出하고 cosine segments로 된 성분파형을 만들어 實驗한 結果 合成音質이 A. E. Rosenberg가 實驗한 것 보다도 약간 向上되었다고 報告하였다. M. R. Sambur 등⁹은 LPC 合成音에서 buzz 特性을 감소시키려면 聲門波를 nonimpulse로 하고 pitch period와 同期시켜야 한다고 하였다. 그러나 아직까지 韓國語의 聲門波에 대한 研究는 報告된 바 없다.

본 연구에서는 男性話者(20才)가 發音한 한국

어/아, 에, 이, 오, 우/의 5개 音聲을 inverse filtering으로 分析하고 convolution 정리를 적용하여 聲門波를 抽出하였으며, 또 具現한 5가지 聲門波의 각 파형마다 개방시간과 폐쇄시간을 變化시켰을 때 나타나는 合成音의 파형을 原音聲波形과 比較함으로써 성분파의 미세 변화가 音質에 미치는 영향을 알아보았으며 이 話者의 音聲合成에 適한 각 음성의 聲門波形과, 5개 母音 合成時 一律的으로 사용할 수 있는 聲門波形을 구하였다.

2. 聲門波

1. 聲門波 抽出

聲門波를 抽出하기 위하여 그림 1과 같은 線型 model을 사용한다.



그림 1 聲門波 抽出 model
Glottal wave extraction model.

그림 1에서 $R(z)$ 는 입출방사 model 이고 $V(z)$ 는 聲道 model 이다. 離散時間 信號를 z 變換하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} S(z) &\longleftrightarrow S(n) : \text{음성신호} \\ U_l(z) &\longleftrightarrow U_l(n) : \text{입출방사신호} \\ U_c(z) &\longleftrightarrow U_c(n) : \text{성문신호} \end{aligned} \quad (1)$$

聲道 model이 all-pole model 일 때 $V(z)$ 는 다음과 같다.

$$V(z) = \left[1 + \sum_{i=1}^M a_i z^{-i} \right]^{-1} \quad (2)$$

그러고 入출방사 model $R(z)$ 는 다음과 같다.

$$R(z) = 1 - z^{-1} \quad (3)$$

그림 1에서 聲門信號 $U_c(z)$ 를 구하면 다음과 같다.

$$U_c(z) = \frac{S(z)}{V(z)R(z)} \quad (4)$$

식(2)와 식(3)을 식(4)에 代入하면 다음과 같다.

$$U_c(z) = S(z) \left(\frac{1 - \sum_{i=1}^M a_i Z^{-i}}{1 - Z^{-1}} \right) - S(z) \left(\frac{Z}{Z-1} + \sum_{i=1}^M a_i \frac{Z}{Z-1} Z^{-i} \right) \quad (5)$$

식(5)에서 사용된 각 함수의 逆Z變換은 다음과 같다.

$$\frac{Z}{Z-1} \longleftrightarrow U(n) \quad (6)$$

$$\frac{Z}{Z-1} Z^{-i} \longleftrightarrow U(n-i)$$

식(1), (6)과 convolution 정리를 식(5)에 적용하여 聲門波를 구하면 다음과 같다.

$$U_c(n) = \sum_{k=0}^n S(k) U(n-k) + \sum_{i=1}^M a_i \sum_{k=0}^n S(k) U(n-i+k) \quad (7)$$

식(7)에서 n 번째의 聲門信號의 크기는 0에서 n 번째까지의 音聲信號의 합에 M 次 豫測係數와 $n-M$ 번째까지의 音聲信號의 합의 합을 더한 것이다. 그리고 聲門波 $U_c(n)$ 의 波形은 音聲 $S(k)$ 의 函數이므로 음성과형에 따라 변할 것이다. 그러므로 合成時 音質을 고려할 때 聲門波를 계속 바꾸어 주어야 한다. 그러나 合成時 성분파를 계속 바꾼다는 것은 쉬운 일이 아니기 때문에 音質의 向上을 피하면서 여러 음성에 一律的으로 사용할 수 있는 한개의 聲門波를 만들어 音聲合成을 보다 간편하게 할 필요가 있다.

2. 聲門波의 모양

音聲 線型 分析合成model에서는 係數處理時間이나 合成音의 安定性 問題로 PARCOR 方式을 많이 사용한다.

그림 2는 PARCOR synthesis filter를 사용한 線型 音聲 合成system이다. Filter는 ladder型을 사용하였으며 n 段에서의 入出力 關係式은 다음과 같다.

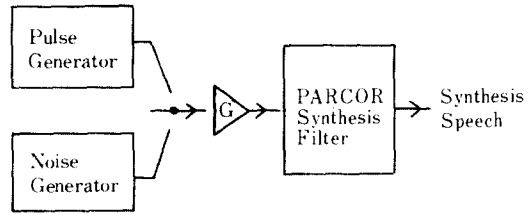


그림 2 音聲合成 system
Speech synthesis system.

$$f_t^{(n-1)} = f_t^{(n)} + k_n g_t^{(n-1)} \quad (8)$$

$$g_t^{(n)} = g_t^{(n-1)} - k_n f_t^{(n-1)}$$

식(8)에서 $f_t^{(n-1)}$ 과 $g_t^{(n-1)}$ 은 예측값 $\hat{S}_t^{(n-1)}$, $\hat{S}_t^{(n)}$ 와 실제값 S_t , S_{t-n} 와의 誤差이며, k_n 은 PARCOR 係數이다.

有聲音 合成時는 pulse發生器가 동작하며 發生器의 出力은 調音器管의 聲門信號에 해당한다. pulse發生器의 出力이 impulse에 비하여 duty ratio가 크고 spectral特性이 평탄한 과정일 때 合成音의 buzz는 감소한다고 報告되어 있으므로¹⁾ 原音聲에 가까운 音聲을 합성하기 위해서는 그림 1과 같이 pulse發生器의 出力을 nonimpulse로 하여야 하며 代表的인 波形은 그림 3과 같다.

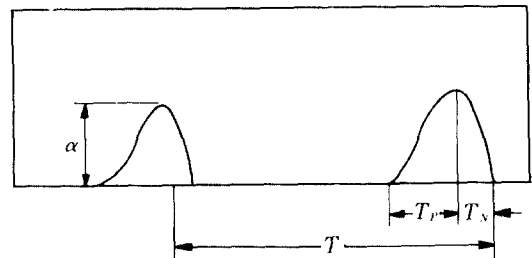


그림 3 聲門波 모양
Typical glottal wave shape.

그림 3에서 T 는 pitch周期이며 T_p 는 正의 기울기를 가지는 개방시간이고, T_n 는 負의 기울기를 가지는 폐쇄시간이다. 기울기 불연속점의 갯수와 위치는 다르지만 그림 3과 비슷한 모양인 여러 과정들이 있다²⁾

$$0 \leq t \leq T_p \quad T_p \leq t \leq T_p + T_n$$

$$F_A : \alpha \frac{t}{T_p} \quad \alpha \left| 1 - \frac{t - T_p}{T_N} \right| \quad (9-1)$$

$$F_B : \alpha \left| 3 \left(\frac{t}{T_p} \right)^2 - 2 \left(\frac{t}{T_p} \right)^3 \right| \quad (9-2)$$

$$\alpha \left| 1 - \left(\frac{t - T_p}{T_N} \right)^2 \right|$$

$$F_C : \frac{\alpha}{2} \left| 1 - \cos \frac{t}{T_p} \pi \right| \quad (9-3)$$

$$\alpha \cos \left(\frac{t - T_p}{T_N} \right) \frac{\pi}{2}$$

$$F_D : \frac{\alpha}{2} \left| 1 - \cos \frac{t}{T_p} \pi \right| \quad (9-4)$$

$$\frac{\alpha}{2} \left| 1 - \cos \left(\frac{t - T_p}{T_N} \right) \frac{\pi}{2} \right|$$

$$F_E : \alpha \sin \frac{t}{T_p} \cdot \frac{\pi}{2} \quad (9-5)$$

$$\alpha \cos \left(\frac{t - T_p}{T_N} \right) \frac{\pi}{2}$$

F_A 는 $t=0, T_p, T_p+T_N$ 에서 기울기의 불연속점을 가지고 있고, F_B 는 多項式이고 F_C 는 3

차 合成音聲의 音質에 많은 영향을 미치게 된다.

3. 實驗 및 結果分析

1. 實 驗

정확한 發音을 위하여 4인자 實驗者(男性, 20才)로 採하였으며 대학 교육방송室 studio에서 /아, 에, 이, 오, 우/의 5개 母音을 각각 帶의 5개 tape recorder(AKAI X-2000S)로 採음하였다. 採音의 音질을 採음시 聲壓상태에 따라 電壓level의 變化로 採음된 모든 音聲을 ADC의 基準電壓인 5V 單位가 되도록 level을 調整하였다.

音聲情報은 대부분 3.2KHz 以內에 있으므로 採音率을 3.5KHz, 72dB/Oct. 인 low pass filter를 사용하여 高周波成分을 除去하였으며 10 KHz sampling rate로 sampling한 다음 8bit ADC(ADC 0800)로 digital化 하였다. Digital化된 音聲信號은 Z-80 μ computer의 RAM에 저장하였다. 그림 4는 聲門波 抽出과 音聲合成 構成圖이다.

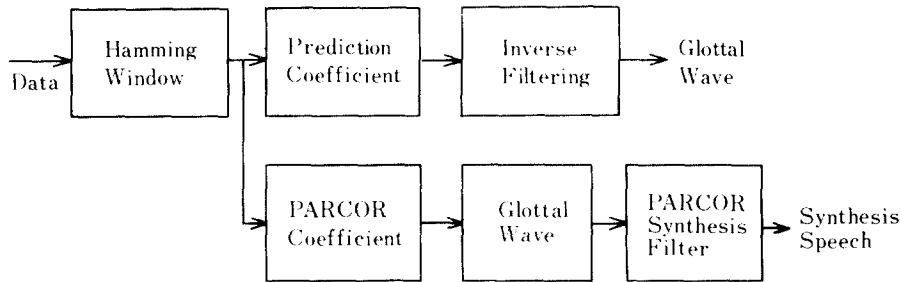


그림 4 聲門波 抽出과 音聲合成 構成圖
Block diagram of glottal wave extraction and speech synthesis.

角函數로 구성되어 있지만 수파형 모두 $t=T_p+T_N$ 에서 한개의 불연속점을 갖는다. 그리고 F_D 는 불연속점이 없고 F_E 는 $t=0, T_p+T_N$ 에서 각각 불연속점을 갖는다.

Pulse發生器 出力波形이 合成音質에 영향을 주지만 合成音聲의 自由振動인 pulse의 $t=T_p+T_N$ 以後에서 일어나기 때문에 T_p/T 와 T_N/T

사용한 window는 길이 256sample (25.6ms)의 Hamming window이며 豫測係數와 PARCOR係數를 동시에 구해야 하므로 Durbin algorithm을 利用하였다. 한 frame의 最大點을 N 라 하고 이때 $U_c(N)$ 을 구성하는 각 項의 값을 계산해 두면 나머지 $n=0$ 에서 $N-1$ 까지의 $U_c(n)$ 은 위에서 계산한 각 項의 部分합으로 나타낼 수 있으

므로 inverse filtering에서 사용한 convolution의 處理時間을 단축할 수 있었다. 聲門波는 식(9)를 人力시켰으며 T_p 와 T_N 의 값을 변화시켜 合成波形에 미치는 영향을 알아 보았다. 周期 T 에 대한 聲門波의 개방시간 T_p/T 와 폐쇄시간 T_N/T 를 百分率로 나타내었다. 利得은 合成音의 변화되지 않도록 조절하였고 PARCOR synthesis filter는 식(8)을 이용하여 구성하고 filter次數에 따른 合成音들을 비교하였다.

分析時는 該當 母音을 memory address B000 BFFF에 저장하고 그 중 한 frame (B600 B6FF)만 分析하고 여기서 얻어진 값으로 다시 音聲을 合成하였다. 이 때 原音聲과 비교하여 合成音의 振動이나 高周波成分 再現精度가 높은 것을 自然性에 가까운 音聲으로 간주하였다.

2. 結果分析

이 話者의 5개 母音의 聲門波를 모두 抽出하였으며 /오/音에 대한 聲門波形을 그림 5에 나타내었다.

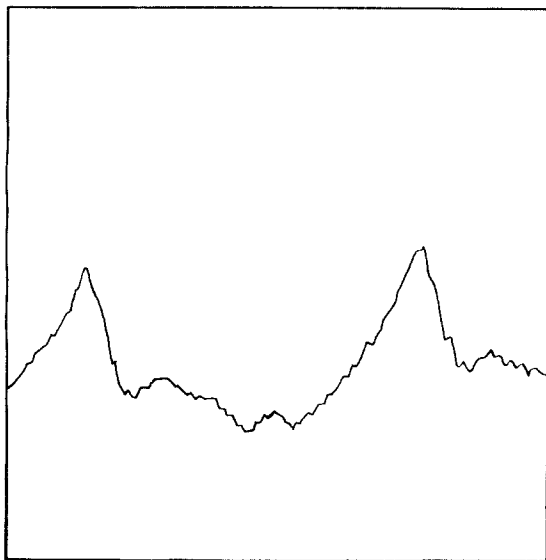
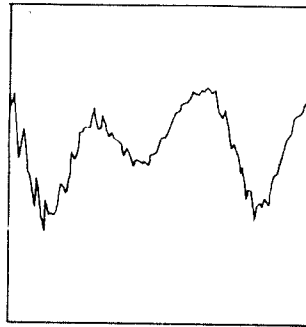


그림 5 /오/音의 聲門波形
Glottal waveform of /o/.

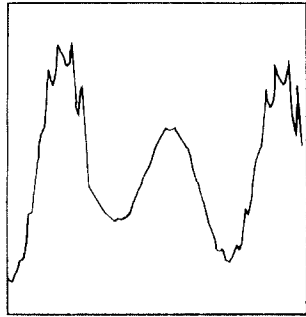
그림 5에서 $t = T_p + T_N$ 이후 時間에서의 모양은 다른 文獻과 差異가 있는데 이것은 原音聲을

preemphasis하여 memory에 저장한 때문이며, 그림 5의 信號를 한번 積分하면 거의 다른 文獻의 聲門波와 일치할 것이다.

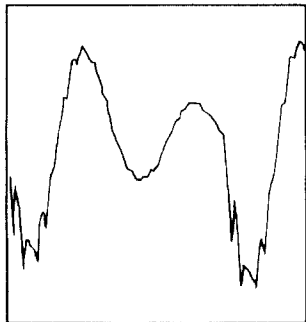
豫測次數 M 의 變化에 대한 合成音聲의 波形을 그림 6에 나타내었다.



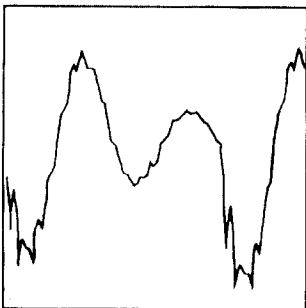
(a) Original



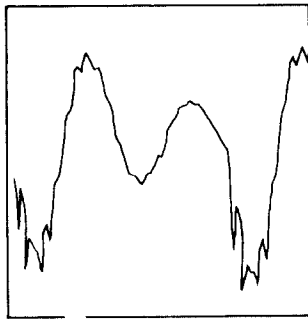
(b) $M = 8$



(c) $M = 10$



(d) $M = 12$



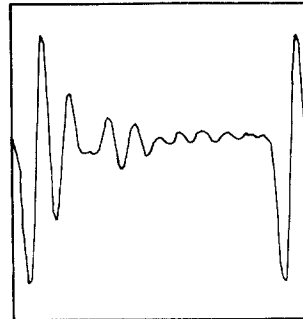
(e) $M=14$

그림 6 /이/의 合成音成波形
Synthesis speech waveform of /i/.

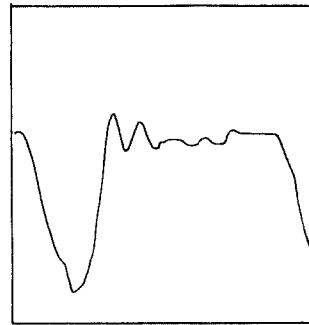
그림 6(a)는 /이/音의 原音聲波形이고 그림 6(b)에서 그림 6(e)까지는 식(9-2)의 聲門波를 $T_P/T=3\%$ 와 $T_N/T=1\%$ 에 고정시키고 M 을 8에서 14까지 변화시켰을 때의 合成波이다. $M=12$ 가 가장 적합하며, 나머지 4개 母音에 대한 實驗結果도 마찬가지였다.

그림 7은 /아/音의 原音聲波形과 예측차수가 12일 때 聲門波의 T_P/T 와 T_N/T 變化時 合成音聲波形을 나타낸 것이다.

5개 母音中 /아, 에, 이/의 세 合成音은 duty

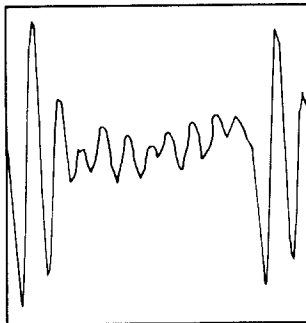


(c) $T_P/T=6$
 $T_N/T=1$

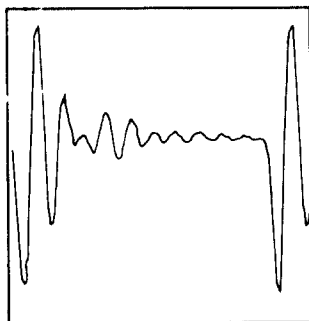


(d) $T_P/T=23$
 $T_N/T=12$

그림 7 /아/의 合成音聲 波形
Synthesis speech waveform of /a/.



(a) Original



(b) $T_P/T=3$
 $T_N/T=2$

ratio의 變化에 따라 그 應答波形이 거의 비슷한 變化를 보였다. T_P/T 가 2%인 경우에는 $T_P/T \geq T_N/T$ 일 때 原音聲波形에 가깝고 T_P/T 가 3%와 4%인 경우에는 $T_P/T > T_N/T$ 일 때 原音聲波形에 가까웠으며 反對로 $T_N/T > T_P/T$ 인 경우에는 合成波形이 좋지 않았다. 또 T_P/T 가 5%~9%이면 T_N/T 가 2%이하에서 原音聲波形에 가깝고 10%이상 길어지면 합성음파형은 좋지 않았다. 母音 /아, 에, 이/는 다른 음성에 비하여 高周波成分을 많이 포함하고 있으며 이와같은 音聲을 合成할 때의 성분파는 $T_P/T + T_N/T$ 가 8% 이하 정도로 짧고 개방시간이 폐쇄시간보다 길 때 응답파형이 原音聲에 가까워짐을 알 수 있었다. 특히 /에, 이/音은 T_P/T 와 T_N/T 가 3%와 1%, 그리고 /아/音은 3%와 2%일 때 가장 양호한 合成波形이 얻어졌다. 그러나 /오, 우/인 경우 그 應答는 다른 樣相을 나타내었다. 그림 8(a)는 /우/音의 原音聲波形이고 그림 8(b)에서 그림 8(d)까지는 $M=12$ 일 때 식(9-2)의 聲門波 duty ratio를 變化시키면서 /우/音을 합성

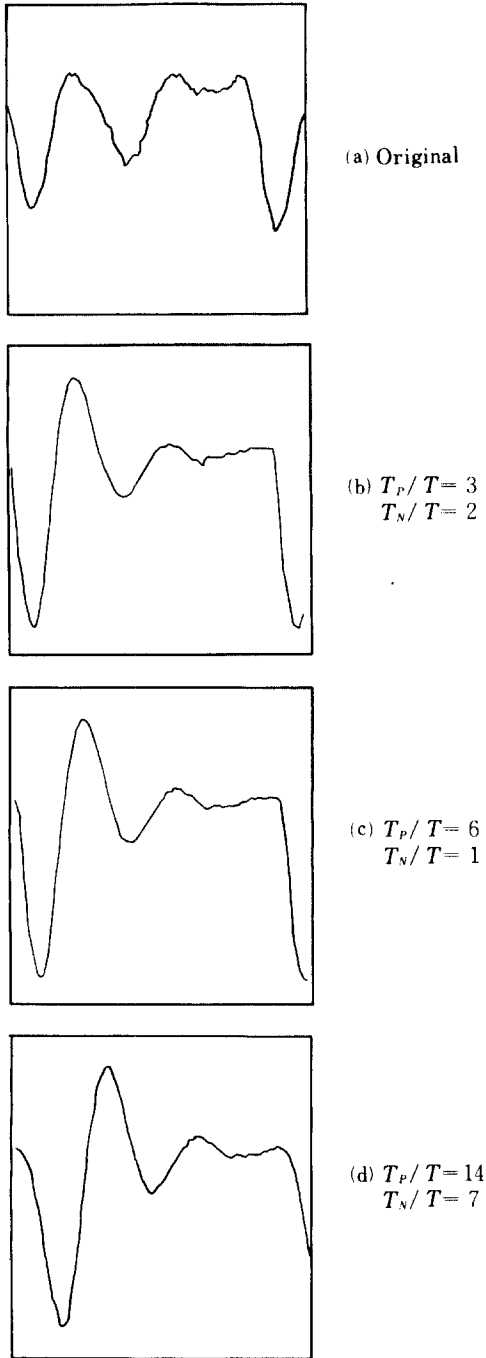


그림 8 /우/의 合成音聲波形
Synthesis speech waveform of /u/.

한 경우의 合成波形이다.

T_p/T 가 2%~5%의 짧은 경우에는 合成音

聲波形은 좋지 않았고 T_p/T 가 6%~14%로 길어지고 폐쇄시간이 개방시간보다 짧아질 때 파형이 좋아졌다. 그리고 T_p/T 와 T_N/T 가 14%와 7%일 때 가장 좋은 파형을 얻을 수 있었다.

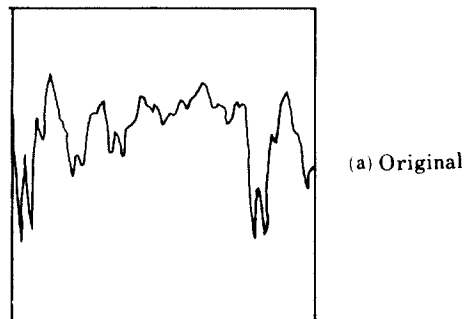
/오/음도 T_p/T 와 T_N/T 가 14%와 7%일 때 가장 좋은 合成波形을 나타내었고 duty ratio를 임의로 변화시킬 때 다른 음성에 비하여 合成波形이 비교적 良好하였으므로 聲門波 duty ratio의 영향을 적게 받는 음聲임을 알 수 있었다.

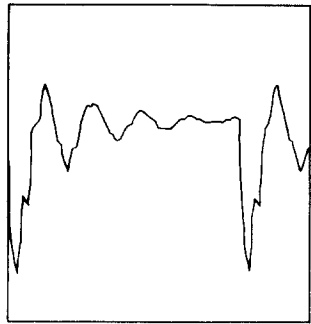
그림 7, 8에 의하면 5개 母音中 /아, 에, 이/음을 合成하려면 聲門波 duty ratio는 작아야 하고 /오, 우/음의 경우는 약간 커야 하므로 音質面에서 생각해 볼 때 聲門波의 duty ratio는 音聲에 따라 可變되어야 할 것이다. 그림 7(b)와 그림 8(d)는 파형의 再現精度가 높은 경우이고 그림 7(c)와 그림 8(c)는 이 파형과 큰 차이가 없으므로 T_p/T 와 T_N/T 를 6%와 1%에 고정시키고 5개 母音을 모두 合成하여도 音質面에서는 크게 떨어지지 않을 것이다.

M. R. Matausek 등⁽⁷⁾은 duty ratio를 35%로 제안하였으며 이 값을 본 연구의 音聲合成model에 사용하였을 때의 合成波形은 그림 7(d)이며 原音聲과는 많은 차이가 있었다. 또한 A. E. Rosenberg⁽⁴⁾가 제안한 duty ratio 56%는 더 많은 차이를 나타내었다.

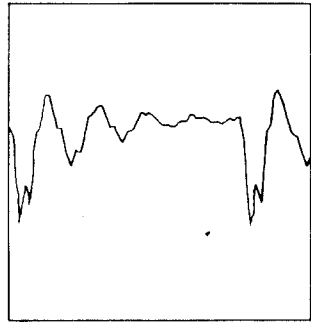
T_p/T 와 T_N/T 를 3%와 1%에 고정시키고 성분파 모양을 다르게 할 때 合成音에 나타나는 영향을 알아보기 위하여 식(9)의 5가지 성분파로 母音 /에/를 合成하였다.

그림 9(a)는 /에/음의 原音聲波形이고 그림 9(b)는 식(9-1)을, 그림 9(c)는 식(9-2)를, 그림 9(d)는 식(9-3)을 그리고 그림 9(e)는 식

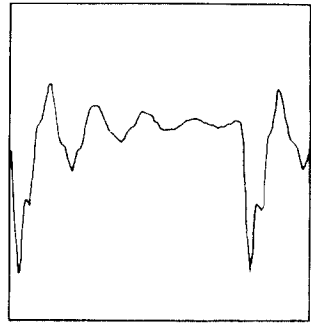




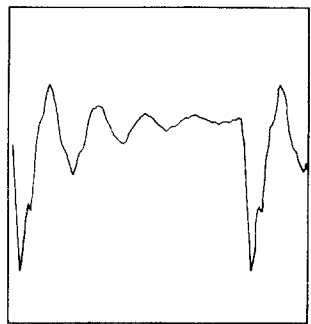
(b) Eq. (9-1)



(c) Eq. (9-2)



(d) Eq. (9-3)



(e) Eq. (9-4)

그림 9 /e/의 合成音聲波形
Synthesis speech waveform of /e/.

(9-4)를 聲門波로 사용한 경우 합성과형이다.
식(9-5)의 聲門波를 사용한 경우는 그림 9(e)

와 비슷하였다. 식(9-2)의 F_n 를 聲門波로 사용할 때 原音聲에 가까워짐을 알 수 있었다.

4. 結 論

자음 出身 男性話者(20才)가 發音한 韓國音聲 /아, 에, 이, 오, 우/에 대하여 inverse filtering技法과 convolution 정리를 적용하여 각音聲의 聲門波를 직접 抽出하고 그리고 具現한 5가지의 聲門波를 利用하여 波形, 개방시간과 폐쇄시간을 변화시킬 때 그 應答으로 나타나는 合成音聲을 波形的으로 比較分析한 結果는 다음과 같다.

1. 抽出된 聲門波는 音聲마다 그 모양이 달랐다.
2. 音聲合成system의 豫測次數는 $M=12$ 일 때 가장 좋은 應答을 나타내었다.
3. 5개 母音中 /아, 에, 이/音은 duty ratio가 8%以下로 짧으면서 개방시간이 폐쇄시간보다 길 때 合成音質이 좋았고, /오, 우/音은 長우면 T_p/T 와 T_N/T 가 각각 14%와 7%정도일 때 合成音質이 좋았다.
4. 5개 母音合成에 一律的으로 使用할 수 있는 T_p/T 와 T_N/T 는 6%와 1%이다.
5. 폐쇄시간에 한개의 불연속을 갖는 식(9-2)의 波形을 聲門波로 사용할 때 合成音聲波形的이 良好하였다.

参 考 文 献

- 1) L.R. Rabiner and R.W. Schafer, "Digital processing of speech signals," Prentice-Hall, Inc., 1978.
- 2) R.L. Miller, "Nature of the vocal cord wave," J. Acoust. Soc. Amer., vol. 31, pp. 667-677, 1959.
- 3) M. Rothenberg, "A new inverse-filtering technique for deriving the glottal air flow waveform during voicing", J. Acoust. Soc. Amer., vol. 53, pp. 1632-1645, 1973.
- 4) A. E. Rosenberg, "Effect of glottal pulse shape on the quality of natural vowels," J. Acoust. Soc. Amer., vol. 49, pp. 583-590, 1971.
- 5) H.W. Strube, "Determination of instant of glottal closure from the speech wave," J. Acoust. Soc. Amer., vol. 56, pp. 1625-1629, 1974.
- 6) D. Y. Wong, J. D. Markel, and A. H. Gray, Jr., "Least squares glottal inverse filtering from the acoustic speech waveform," IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal

Processing, vol. ASSP-27, pp. 350-355, 1979.
7) M. R. Matussek and V. S. Batalov, "A new approach to the determination of the glottal waveform," IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing, vol. ASSP-28, pp. 616-622, 1980.
8) J. N. Holmes, "The influence of glottal waveform on the

naturalness of speech from a parallel formant synthesizer," IEEE Trans. Audio Electroacoust., vol. Au-21, pp. 298-305, 1973.
9) M. R. Sambur, A. E. Rosenberg, L. R. Rabiner, and C. A. McGonegal, "On reducing the buzz in LPC synthesis," J. Acoust. Soc. Amer., vol. 63, pp. 918-924, 1978.



安 點 榮 (Jeom Young AHN) 正會員
1942年7月13日生
1964年2月：韓國航空大學 電子工學科
卒業
1977年2月：東亞大學校大學院 電子工
學科 卒業(工學碩士)
1984年2月：東亞大學校大學院 電子工
學科 博士課程修了
1976年3月～現在：東義工業專門大學副
教授



金 明 起 (Myung Ki KIM) 正會員
1930年1月25日生
1958年6月：美國 海軍工科學 卒業
1966年2月：川島大學校 大學院 電子工
學科 卒業(工學碩士)
1976年2月：東亞大學校 大學院 電子工
學專攻(工學博士)
1954年2月～1969年3月：海軍士官學校
教授部勤務
1969年4月～1972年2月：IMEC電子株式會社 勤務
1972年3月～現在：東亞大學校 工科學 電子工學科教授