

조이스틱제어 및 음성으로 제어되는 휠체어의 연구

민해정·윤형로

연세대학교 보건과학대학 의용공학과

Study of the Wheelchair controlled by Joystick and Voices

Hea-Jung Min, Hung-Ro Yoon  
Dept. of Medical Eng., Yonsei University

This paper is a study about the automatic control of wheelchairs. This is realized by joystick, and is simulated by voice signal recognition.

The control system by joystick is designed as follows: joystick paddle is connected with a timer and this timer output is high only when the joystick is moved. A computer reads the duration of this high state, and outputs motor control word decided from this value using look-up table.

The control system by voice signal is designed as follows: partial autocorrelation coefficients are computed from A/D converted signals and these values are compared with reference patterns. From this, the motor control word is decided on by the nearest neighbor rule.

1. 서론

문명의 급격한 발달로 인한 환경오염 및 산업재해 등으로 인하여 선천적 또는 후천적으로 지체 부자유자 수가 증가하고 있으며, 신체적인 불구가 있음에도 불구하고 정상적인 생활을 영위할 수 있도록 하기 위하여 공학적인 기술을 응용한 휠체어의 자동화에 대한 개발이 시도되고 있다. 따라서 본 연구의 목적은 보행이 불가능한 지체 부자유자에게 도움을 줄수 있는 자동화된 휠체어를 개발하는데 있다.

휠체어를 자동화하는데는 여러가지 방법이 있지만 본 논문에서는 조이스틱(Joystick)에 의한 제어와 음성 인식에 의한 제어에 관해 연구하였다.

조이스틱에 의한 제어는 원하는 방향으로 스틱을 움직임에 따라 조이스틱 패들(paddle)과 연결된 timer의 출력펄스를 Z80 one board computer에서 읽어 들여 look-up table 방식에 의해 원하는 방향으로 동작하도록 하였다.

특히 사지가 절단된 환자에게 유용한 음성 인식에 의해 제어되는 휠체어는 사용자가 마이크에 대고 말하면, 마이크로부터 출력된 신호가 증폭된 후 6KHz의 샘플링 레이트로 A/D 변환시켜 Z80 one board computer에 입력된다. 이렇게 입력된 신호로부터 시작점과 끝점을 찾아 그 시작점부터 편 자기 상관계수(Patial Autocorrelation Coefficient)를 구하여 표준패턴(Reference Pattern)과 DTW(Dynamic Time Warping)에 의해 비교하고 Nearest Neighbor Rule (NN Rule)로 그 음성을 판정하여 원하는 방향으로 제어 한다.

2. 조이스틱에 의한 제어

조이스틱은 수직축과 수평축을 나타내는 가변저항으로 된 두개의 패들로 구성되어 있다. 조이스틱 위치에 따른 이 두 패들이 어떤 저항값을 갖게 되면 이 두 패들과 연결된 timer에서는 조이스틱의 위치변화에 대응하는 시구간을 갖는 펄스를 출력시킨다. 일단 timer 가 트리거(trigger) 되면 컴퓨터에서는 timer 출력 펄스가 high 상태인 시구간을 카운터하여, 이 카운트된 값을 조이스틱이 지정하고 있는 위치에 대한 값으로 인식하여 그에 맞는 방향과 속도를 판별한다. 이때 외부적으로 단락되거나 조이스틱 저항이 0일때의 timer를 보호하기 위해 외부에 100Ω 저항을 달아서 timer 출력 펄스의 high 상태에 대한 최소 시구간은 4μsec로 하였다. 조이스틱의 지정된 위치에 따른 모터의 회전 방향을 그림 2-1에서 나타내는데, 휠체어의 방향제어는 0점을 휠체어 양 바퀴가 정지하여 있는 출발점으로 설정하고 이 점에서부터 원하는 방향으로 움직이도록 하였다. 휠체어의 속도는 0점에서 멀어질수록 속도가 빠른 것으로 감지하게 하였으며, 실제의 휠체어 속도 제어에 대한 전압 변화는 그림 2-2에서 나타낸다.

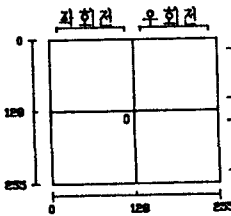


그림 2-1 조이스틱 위치에 따른 휠체어 방향

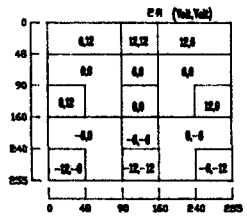


그림 2-2 조이스틱 위치에 따른 각 모터의 전압 (좌측 모터, 우측 모터)

조이스틱 패들에 의한 데이터 입력에서 출력하기 까지 흐름도는 그림 2-3과 같다.

3. 음성에 의한 제어

음성에 의한 제어 시스템은 표준패턴 추출부분, 데이터 입력 부분, 시작점 및 끝점 검출 부분, 시간축상의 보상부분, 판정부분으로 나뉘어져 있으며, 음성에 포함된 특징 파라미터(Parameter)를 추출하여 음성울 시간영역에서 분석 및 인식 후 모터 제어 방향 및 속도를 PIO로 출력시켜 제어하는데, 이때 모터 제어 회로는 조이스틱 제어시 사용하였던 회로를 이용한다.

3-1) 시작점과 끝점 검출

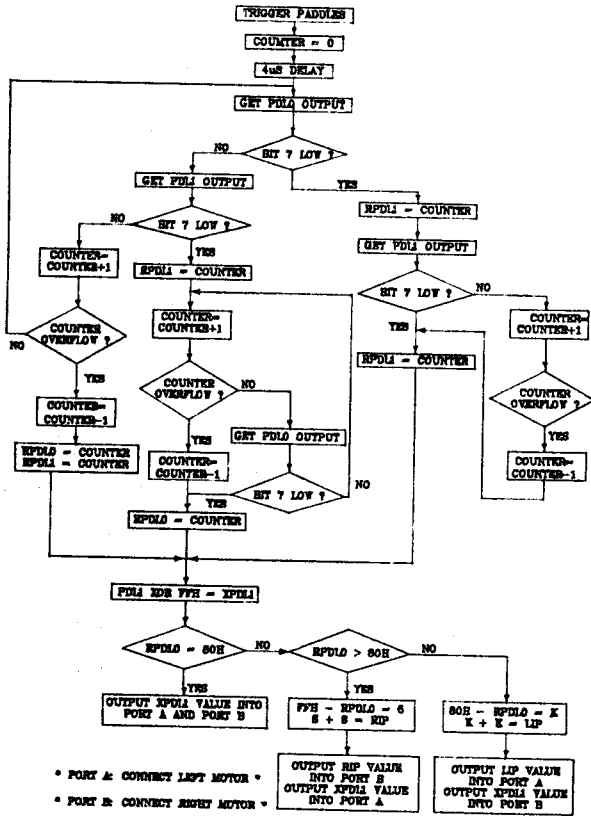


그림 2-3 조이스틱에 의한 휠체어 제어 흐름도

/가/서/좌/우/앞/뒤/에 대한 각 음성이 묵음을 앞뒤로하고 그 사이에 발생되기 때문에 묵음으로부터 음성부분을 구별하기 위해서는 음성 부분의 시작점과 끝점을 찾아야 한다. 음성신호는 10-20ms 정도 동안에서 그 특성이 비교적 균일하므로, 에너지 및 영교차율을 구하는 구간을 10.624ms 정하였으며 6KHz로 샘플링하였으므로 한 구간 데이터 수는 64개이다. n 번째 구간의 단기간 에너지는 식 (3.1)과 같다.

$$E(n) = \sum_{i=0}^{63} \{ s(128n + i) \} \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

단  $s(n)$ : 음성 Sample (3.1)

처음 8개 구간 동안은 음성이 없는 묵음구간이라고 가정했으며, 영교차율은 식 (3.2)와 같다.

$$Z = \frac{1}{2} [1 - \text{sgn}(\bar{X}_m + 1) \text{sgn}(\bar{X}_m)] / 2 \quad (3.2)$$

단  $\text{sgn}[X_m] = 1; X_m \geq 0$   
 $-1; X_m < 0$

묵음과 무성음의 구별을 위한 영교차 경계치(Zero Crossing Threshold)는 식 (3.3)과 같고,

$$ZCT = \text{MIN} ( IF, ZC + 2 \sigma zc ) \quad (3.3)$$

단  $ZC$ : 영교차율의 평균  
 $\sigma zc$ : 영교차율의 표준편차  
 $IF$ : 10.624ms 동안 영교차 32회

에너지 함수  $E(n)$ 의 경계치  $ITL$  및  $ITU$ 는 식 (3.4)와 같이 표시되며,

$$ITL = 0.03 \times (IMX - IMN) + IMN \quad (3.4)$$

$$I2 = 4 \times IMN$$

$$ITL = \text{MIN} ( I1, I2 )$$

$$ITU = 5 \times ITL$$

단  $IMX$ : 전 구간에 걸친 에너지의 최대값  
 $IMN$ : 묵음 에너지의 평균

그림 3-1에서  $ITL$ 과  $ITU$ 를 구하는 흐름도가 나타나 있다. 음성의 시작점은 하한 경계치  $ITL$ 을 넘고, 그 후 연속되는 데이터가 상한 경계치  $ITU$ 를 넘을때까

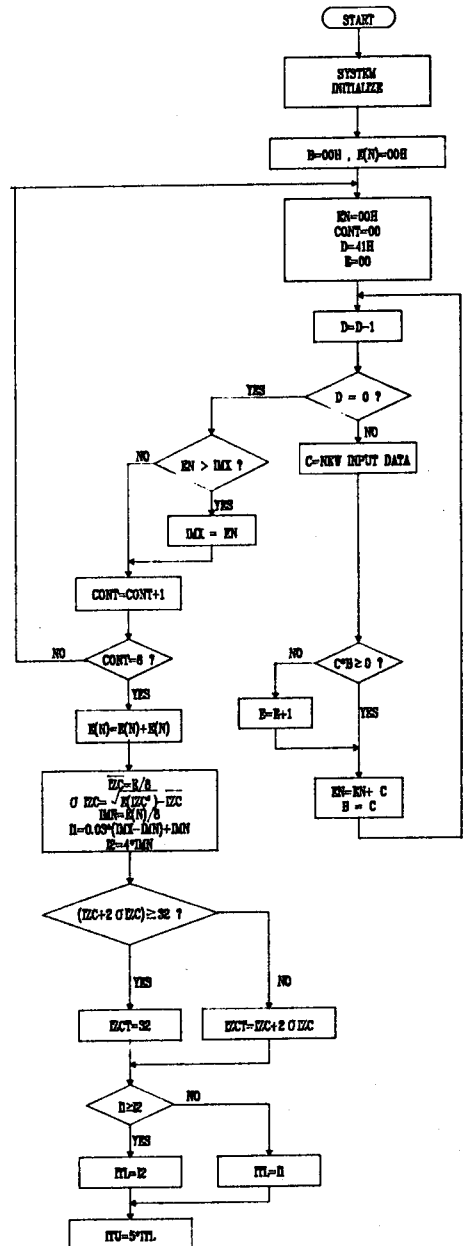


그림 3-1 ITL 와 ITU를 구하는 흐름도

지 다시 ITL이하로 내려가지 않을때, 처음 ITL을 넘는 점을 시작점으로 결정하며 이와 비슷한 방식으로 구할 수 있다.

3-2) 편자기 상관 계수

자기 상관 함수는 시계열에서 관측치 상호간의 연관성을 나타내며 식(3.5)와 같이 정의된다.

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (Y_t - \bar{Y})(Y_{t+k} - \bar{Y})}{\sum_{t=1}^{n-k} (Y_t - \bar{Y})^2}, \quad k = 0, 1, 2, \dots, K \dots \quad (3.5)$$

편자기 상관 관계는 시계열의 시간차에 의한 두 관측치의 관계가 얼마나 밀접한가를 나타내는 척도이다. 편자기 상관 관계는 식(3.6)와 같이 자기 상관 함수로 표시되어 질 수 있다.

$$A_{kk} = \begin{cases} r_1 & k = 1 \\ r_k - \sum_{j=1}^{k-1} A_{k-j,j} r_{k-j} & k = 2, 3, \dots, K \end{cases} \quad (3.6)$$

단  $A_{kj} = A_{k-1,j} - A_{kk} A_{k-1,k-1}$   $j = 1, 2, \dots, k-1$

3-3) 표준 패턴 추출

Dynamic Programming을 사용하여 Optimum Path를 찾아내고 그것에 따라 token들의 평균 값을 찾아내는 방식인 Dynamic Averaging method를 사용하였다. 그 흐름도는 그림 3-2와 같다.

3-4) 시간 축 보상

발음하는 속도에 의한 영향을 시간축상에서 보상하였으며, 또한 시간축을 불필요하게 많이 신장, 수축시키지 않기 위해 Itakura 가 제시한 제약조건을 사용하였는데 이 경우 Accumulated distance는 식(3.7)과 같으며, 여기서 사용된 부분 거리함수 (d)는 식(3.8)와 같은 Chebychev Distance를 사용하였다. 따라서 총 distance는 식(3.9)와 같다.

$$D_A(n,m) = \text{MIN} ( D_A(n-1,m-2) + d(n,m), \quad (3.7)$$

$$D_A(n-1,m-1) + d(n,m),$$

$$D_A(n-1,m)g(k) + d(n,m) )$$

단  $g(k) = 1, \quad |k-1| \neq |k-2|$

$\infty, \quad |k-1| = |k-2|$

$$d_k = \sum_{p=1}^q F_{i,p}^{(k)} - F_{i,p}^{(k-1)} \quad (3.8)$$

단 Q는 자수

$$D(N, M) = \frac{D_A(N, M)}{N_0} \quad (3.9)$$

3-5) Decision Rule

test word와 모든 Reference word 사이의 거리를 구한 후 test word를 인식하는데 사용되는 규칙으로 Nearest Neighbor Rule을 사용하였다.

4. 하드웨어 설계

조이스틱으로 제한한 경우 시스템 블록 선도가 그림 4-1에 나타나 있다.

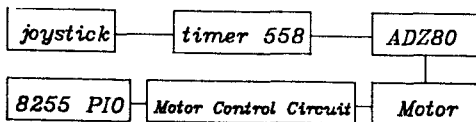


그림 4-1 조이스틱제어에 의한 시스템 블록 선도

실험에 이용한 one board computer CPU는 4MHz로 동작되는 Z80 CPU이며, 모터를 구동하기 위한 battery는 6V 120AH battery를 2개 사용하였고, 모터는 Everest & Jennings Inc. 제품인 2개의 DC모터(10A, 12V)로서 이용하며, 계전기(relay)를 이용하여 모

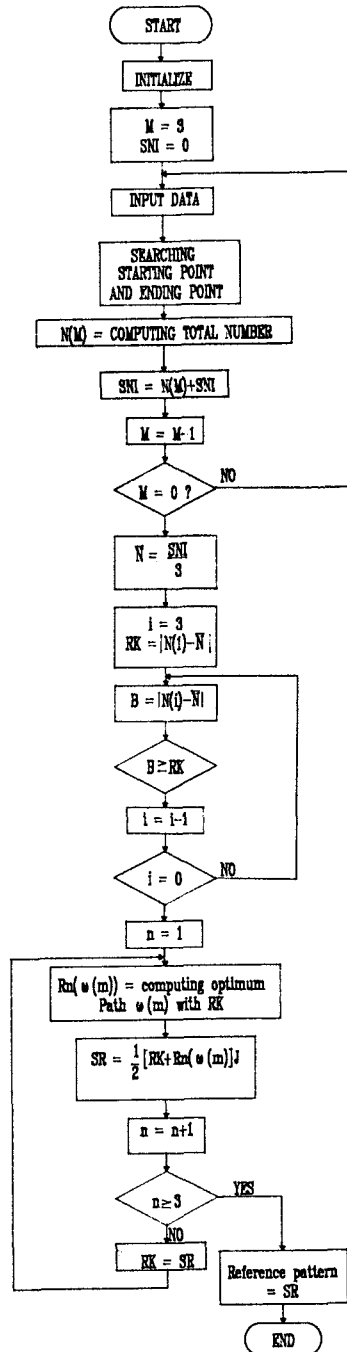


그림 3-2 표준패턴 추출 알고리즘 흐름도

터를 전환하는 전압회로를 구성하였다.

음성인식 시스템의 시스템 블록선도는 그림 4-2와 같다.

음성인식제어를 위해 가/서/좌/우/앞/뒤 등 6개의 단어를 사용하여 마이크로로부터 들어온 음성 신호가 3KHz 저역 필터를 통과하며 sampling rate가 6KHz인 A/D 변환기로부터 Z80 one board computer로 입력시켜 처리한다. 프로그래밍 언어는 Z80 assembly language를 사용하며, 메모리를 위해 battery back up 가능한 64Kbyte ROM/RAM board를 사용하였다.

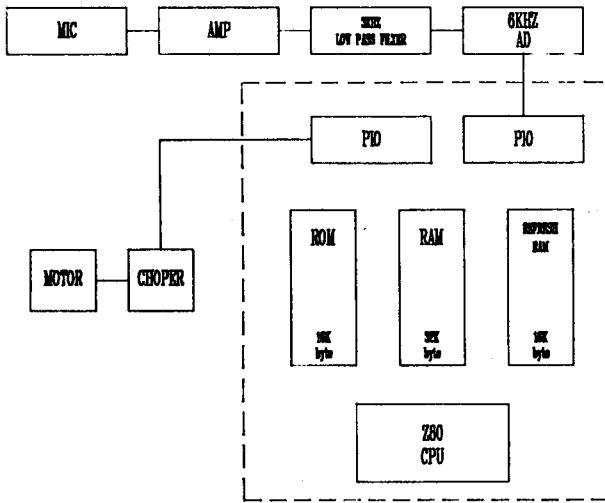


그림 4-2 음성인식 제어에의한 시스템 블록 선도

5. 결과 및 고찰

실제한 조이스틱제어 시스템을 휠체어에 부착시켜 휠체어를 주행하면서 조이스틱을 여러방향으로 움직여 제어 실험을 하였다. 휠체어의 동작시 바퀴, 지면, battery 등의 무게 등등에 따라 휠체어의 방향 및 동작이 영향을 받으므로, 모터제어 및 휠체어 주행의 안정성을 위하여, look-up table의 data를 생성하였다.

음성신호에 의한 실험시 화자에 따라 휠체어를 제어하는 명령 단어인 가/서/좌/우/앞/뒤/ 6개에 대한 표준 패턴을 생성하였는데, 이때는 Battery back up 스위치를 on 하여 생성된 표준패턴을 저장하게 하였다. 일단 표준 패턴이 저장되면 Z80 one board computer로 입력된 데이터는 편자기 상관계수를 구한 후 표준 패턴과 비교하여 NN-Rule에 의해 판정하여 알맞는 제어신호를 Z80 PIO로 출력하였다.

실제 예측차수는 샘플링 주파수에 따른 성도를 나타내는 예측차수에, 음원 스펙트럼과 방사부하로 인하여 2차에서 5차가 추가되는 것을 고려하여 여기서는 8차로 하였다.

참고문헌

1. 김순협, "한국어 음성의 분석과 자동인식에 관한 연구", 박사학위 논문, 연세대학교 대학원, 1982.12
2. 김영일, "한국어 단음의 분석과 인식에 관한 연구", 박사학위 논문, 연세대학교 대학원, 1984.12
3. 박성주, 안철우, "Box-Jenkins시계열 분석", 한국과학기술원 전산기술센터, 1979.
4. J.D.Markel & A.H.Gray, Jr. "Linear Prediction of Speech", Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, pp265-277, 1978.
5. 김동호 역, "정밀소형모우터의 기초와 응용", 한신문화사, 1978. 2
6. 제어용 모터 연구회, "제어용 모우터의 활용", 기전연구사, 1985. 6
7. 정동명, 홍승홍, "응답형 음성제어 전동 휠체어 (INMBI-1)의 설계", 대한의음성체공학회, 1987. 12
8. 김인광, "TMS 32010을 이용한 자동음성 응답시스템 개발연구", 석사학위 논문, 한국과학기술원, 1985. 12
9. 김삼준, "음성의 주파수 WRITING에 의한 선형 예측 부호화연구", 석사학위 논문, 한국과학기술원, 1984. 12
10. 김재하, "음소분류를 이용한 한국어 고립단어 인식에 관한 연구", 석사학위 논문, 한국과학기술원, 1985. 12