

## 척수 손상 환자를 위한 들숨 날숨 기반의 머신 제어

박석환, 박해광, 이영수, 신동석

동명대학교 컴퓨터공학과

e-mail: pigvitamin@nate.com

ha1111p@nate.com

amgkswro@nate.com

sds@tu.ac.kr

### Machine Controller based on Inspiration and Outbreathing for Spinal Paralysis Patients

Seok-Hwan Park, Hae-Kwang Park, Young-Soo Lee, Dong-Suk Shin  
Dept of Computer Engineering, TongMyong University

#### 요 약

최근 장애인에 대한 사회적 배려 및 관심이 높아지면서 장애인을 위한 각종 보조기구가 많이 개발되고 있다. 대부분의 청각, 시각, 청아 장애인들은 점자, 수화 등을 통해 타인과의 의사소통이 가능하며, 또한 이들을 위한 많은 보조기구가 개발되어 큰 도움을 받고 있지만 척수 손상 환자들을 위한 보조기구는 전무한 실정이다. 이에 본 논문에서는 척수 손상 환자를 위해 들숨, 날숨 기반으로 각종 기기(컴퓨터, 휠체어, 콘센트 등)들을 작동시키며, 또한 입력된 문자를 음성으로 출력할 수 있는 시스템을 설계하고 구현하여 척수 손상 환자들이 최소한의 도움으로 독립적인 활동이 가능하도록 하였다.

키워드 : 들숨(Inspiration), 날숨(outbreathing), 척수 손상 환자(spinal paralysis patients)

#### 1. 서론

척수 손상으로 장애를 갖고 있는 사람은 전 세계적으로 40만 명이 넘으며 연간 인구 백만 명 당 20명에서 50명의 빈도로 발생한다고 보도되고 있다. 다양화된 산업화와 교통사고 및 재해사고로 인하여 나날이 증가되고 있으며, 최근에는 스포츠 활동 중의 손상으로 인한 비율도 증가하고 있다. 척수손상은 일단 발생하면 완치방법이 어려워 영구적 기능장애는 물론 생활하는 동안 여러 가지 합병증과 일상생활 제한 등의 문제를 초래한다. 그리하여 척수 손상 환자는 주위 사람에게 의존하게 되고, 사회적 접촉의 감소로 점차 고립되며, 사회적 역할을 상실함으로써 정서적으로 수치심, 무력감, 자아존중감 저하, 우울감을 갖게 된다[1]. 이러한 문제를 가진 척수 손상 환자가 장애를 최소화하고 남아있는 육체적 능력을 최대한으로 개발하여 가능한 독립적으로 살아가도록 하기

위해서 포괄적 재활 간호 및 보조기구가 필요한 실정이다. 최근 컴퓨팅 단말의 소형화, 지능화, 유비쿼터스화가 진척되면서 키보드, 마우스 외에 인간의 오감과 상황을 인식 할 수 있는 휴먼 인터페이스 기술이 사용자 중심의 편리한 인간 친화적인 차세대 컴퓨팅 환경을 구축하려는 시도가 증가하고 있다. 이른바 인간 중심 인터페이스 혹은 휴먼 인터페이스로 불리는 HCI(Human Centric Interface)가 새로운 컴퓨터 인터페이스로 부상하고 있다. 컴퓨팅 환경의 개인화, 감성화, 가상화가 가속화되고, 언제 어디서나 컴퓨팅 환경에 접속이 가능한 유비쿼터스 컴퓨팅이 확산되는 것이 HCI가 부상하고 있는 배경 요인이 되고 있다[2]. 현재 사회에서 소외된 장애인에 대한 관심이 증가하면서 이에 따른 장애인들을 위한 각종 보조기구가 늘어나고 있다. 청각, 시각, 청아 장애인들은 점자, 수화 등으로 다른 사람과의 커뮤니케이션이 가능하고, 많은 보조기구가 개발되어 큰 도움을 받고 있지만 척수 손상 환자들을 위한 보조기구는 전무한 실정이다. 척수 손상 환자

들은 목을 움직이는 것 외에는 아무런 활동을 할 수가 없으므로 HIC를 이용한 보조기가 절실하게 필요한 실정이다.

본 논문에서는 척수 손상 환자들의 활동 반경을 넓혀주고 직업 활동도 가능하도록 들숨, 날숨 기반으로 각종 머신 제어가 가능한 숨 제어기(Breath Controller)를 설계 및 구현하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에 대해서는 관련연구에 대해 언급하고 3장에서는 시스템의 설계 및 구현방법에 대해서 설명한다. 마지막으로, 결론 및 향후 연구를 함께 논의한다.

## II. 관련 연구

현재 IT분야에서 환자 및 장애인들을 위해 많은 보조기들이 개발되고 있으며, 또한 관련연구로서 다양한 의견들이 제시되고 있다. 현재 장애인을 위해 자이로 센서를 통해 수화 인식을 하여 음성을 출력하는 기기, 그리고 서울대 이상목 교수가 사용하고 있는 입김으로 마우스를 제어하는 기기, 시각 장애인을 위한 화면 낭독 프로그램, 헤드마우스 채팅 프로그램이 대표적인 예이다. 자이로 센서를 통한 수화 인식기기는 자이로 센서 내부의 측정 센서가 액체로 사용되어 기울기가 빠르게 변하는 시스템에는 적용하기 어려우 수화의 모션을 가능한 천천히 움직여야 값을 측정 할 수 있고 측정된 값은 모션 캡처를 통해 인식 후 출력한다. 그리고 <그림 1>과 같이 서울대 이상목 교수의 입김으로 마우스를 제어하는 기기는 컴퓨터의 마우스 제어만 가능하다. 또한 헤드마우스 채팅 프로그램은 목의 움직임을 통해 패턴을 읽어 들인 후 문자를 출력하므로 많은 시간이 소요된다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 개선하여 손쉽고 빠르게 다양한 머신을 제어 할 수 있는 숨 제어(Breath Controller)를 설계 및 구현하였다.

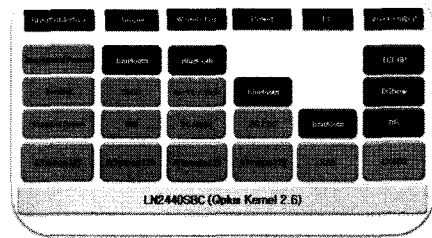


<그림 1> 서울대 이상목 교수의 보조기기

## III. 시스템 구성

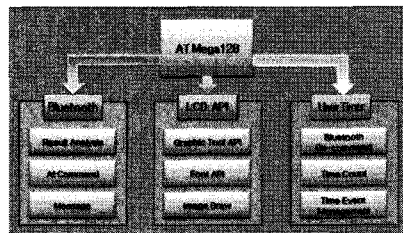
### 3.1 시스템 구조

본 논문에서 제안한 숨 제어기의 전체 하드웨어 구조는 <그림 2>와 같다.



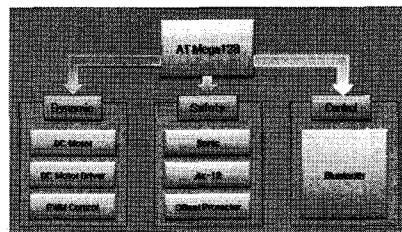
<그림 2> 하드웨어 구조

메인 프로세서로 LN2440SBC를 사용하였으며, 숨 제어기의 입력부, 비퍼(Beeper), 휠체어 및 콘센트를 구동하기 위해 보조 프로세서로 네 개의 ATmega128 사용하였고, 음성 출력을 위해 LX800을 사용하였다. 숨 제어기의 입력부는 조이스틱, 압력 센서, 기압 센서를 통해 사용자의 들숨, 날숨을 인식하며, 압력 센서와 조이스틱의 다양한 패턴조합과 함께 데이터 값들을 메인 프로세서에게 전달하며, 메인 프로세서는 입력된 데이터를 분석 후 키보드, 마우스, 비퍼, 휠체어, 컴퓨터 제어, 음성 출력 신호를 각 기기에 맞게 전달한다. 숨 제어기와 비퍼와의 통신은 블루투스를 사용하며 간병인의 디스플레이 장치(CLCD)에 알람 소리와 함께 필요한 메시지가 전달된다. <그림 3>은 비퍼 구조도이다.



<그림 3> 비퍼 구조도

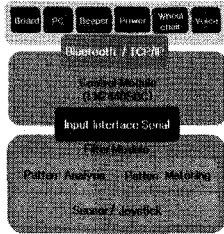
휠체어에는 4개의 초음파 센서, 2개의 DC모터를 사용하여 상, 하, 좌, 우 이동과 주변 장애물을 감지 할 수 있도록 하였으며, 메인 프로세서를 통해 제어된다. <그림 4>는 휠체어 구조도이다.



<그림 4> 휠체어 구조도

컴퓨터 제어는 x86에 블루투스를 사용하여 메인 프로세서와의 통신을 통해 제어가 가능하다. 음성 출력은 메인 프로세서에 입력된 문자들에 대해 음성 데이터베이스와 매칭을 하여 DShow로 작성된 Player로 음성이 출력된다.

〈그림 5〉는 소프트웨어 구조도이다. 숨 제어기는 입력부에서 전달된 압력 센서, 기압 센서, 조이스틱의 값들은 필터를 거쳐 메인 프로세서에게 전달된다.

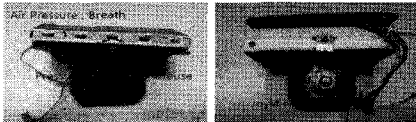


〈그림 5〉 소프트웨어 구조

메인 프로세서는 전달된 시리얼 데이터를 처리한 후 블루투스 혹은 TCP/IP 통신을 통해 컴퓨터, 비퍼, 콘센트, 휠체어 및 음성 출력부를 제어한다.

### 3.2 숨 제어기

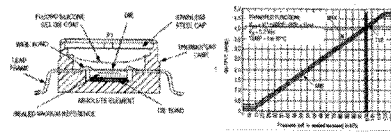
숨 제어기는 〈그림 6〉과 같다. 숨 제어기의 입력부에는 착수 손상 환자의 들숨, 날숨을 감지하기 위하여 5개의 기압 센서가 있으며, 숨 제어부 하단의 압력 센서는 숨 제어가 마우스 혹은 키보드로의 동작여부를 결정하기 위해 사용된다.



(a) 전면 (b) 후면

〈그림 6〉 숨 제어기

다시 말해서 압력 센서에 압력 값이 존재하면 숨 제어기는 마우스로 동작하며, 압력 값이 존재하지 않으면 키보드로 동작한다. 그리고 숨 제어기 중앙 아래에 있는 조이스틱은 숨 제어기가 마우스로 동작시 X축과 Y축의 변화비에 따른 방향과 그 변화량에 따른 이동량을 나타내기 위해 사용된다. 즉 일반 컴퓨터에서 사용되는 볼 마우스의 볼과 같은 역할을 한다. 숨 제어기가 마우스로 동작할 경우 5개의 입력부 중 하나에 들숨, 날숨의 데이터 값을 주면 클리이벤트가 발생하여 일반 컴퓨터의 마우스와 똑같은 처리를 할 수 있다.



〈그림 7〉 기압 센서 구조 및 출력값

〈그림 7〉에서 기압 센서는 진공상태로 밀봉되어 있는 박막이 외부기압에 따라 수축되어 지는 정도를 전압 값으로 변환하여 반환하는 센서이다. 이 센서는 15kPa~115kPa까지 측정할 수 있다. 대기압인 101.3kPa과 폐 내부의 기압인 101.2~101.4kPa과는 별로 차이가 나지 않기 때문에 숨 제어기의 입력부 기압 센서에 공기가 빠져나가지 않도록 기구부를 설계하여 입력이 없을 경우와 들숨, 날숨 입력이 있을 경우 최대 0.5V 정도 차이가 나도록 하여 기압 센서의 입력 평균값을 필터링하여 사용하였다.



〈그림 8〉 조이스틱

〈그림 8〉의 조이스틱은 숨 제어기와 프레임이 연결되는 부분에 존재한다. 이것은 X축과 Y축에 각각 가변저항을 두어 이들의 변화비를 이용하여 그 방향을 나타내고 그 변화량을 이용하여 이동량을 나타낸다. 이러한 구조는 마우스의 기본이 되는 볼 마우스의 구조와 유사성을 가진다.

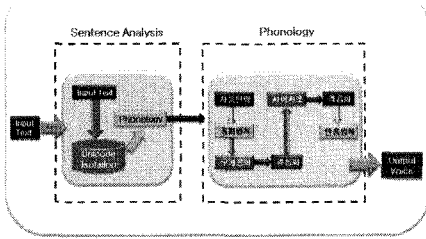


〈그림 9〉 입력 제어 표

숨 제어기가 키보드로 동작 할 경우 〈그림 9〉의 입력 제어 표에 따라 첫 번째 입력부에 들숨을 하면 '↑'이 출력되며 긴 들숨을 하면 'L'이 출력된다. 그리고 날숨을 하면 '←'이 출력되며 긴 날숨을 하면 '←'이 출력된다. 그리고 첫 번째 입력부와 두 번째 입력부에 들숨을 동시에 들이키면 'L'이 출력된다. 이와 마찬가지로 두 번째 입력부 세 번째 입력부에 들숨, 긴 들숨, 날숨, 긴 날숨에 따라 지정된 데이터가 출력이 되거나 데이터가 전달된다. 다양한 모음에 따라 기본적으로 6개가 제공이 되며 '↓'를 통해 다양한 조합을 구성 할 수 있다.

### 3.3 TTS(Text To Speech)

〈그림 10〉은 키보드에서 입력된 문자를 음성으로 출력을 위한 구조도이다. 음절 단위로 녹음된 데이터를 음성 데이터 베이스에 저장한 후 음운 변동을 법칙을 적용하여 마치 사람이 말하는 것처럼 자연스러운 음성이 출력되도록 처리하였다.



〈그림 10〉 음성변환 및 출력과정

〈그림 11〉은 리눅스에서 한글 출력을 위한 유니코드표이다. 여기서 입력부에 입력되는 문장의 음절은 그림과 같이 초성, 중성, 종성의 코드로 분리된다. 이때 초성은 19개, 중성은 21개, 종성은 28개 (원래는 27개지만 중성이 없는 경우를 포함하여 28개)가 있다.

초성	0x0041 ~ 0x0054	0x0055 ~ 0x0068	0x0069 ~ 0x0082	0x0083 ~ 0x0096	0x0097 ~ 0x00A0
중성	0x00A1 ~ 0x00B4	0x00B5 ~ 0x00C8	0x00C9 ~ 0x00D2	0x00D3 ~ 0x00E6	0x00E7 ~ 0x00F0
종성	0x00F1 ~ 0x0104	0x0105 ~ 0x0118	0x0119 ~ 0x0132	0x0133 ~ 0x0146	0x0147 ~ 0x0160

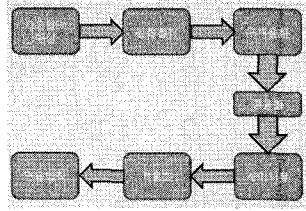
〈그림 11〉 유니코드 한글 코드표

〈그림 12〉는 하나의 음절을 초성, 중성, 종성으로 분리하는 코드이다.

```
wcHead[(+str - 0xAC00) / (21*28)]; / 초성
wcMid[(+str - 0xAC00) % (21 * 28) / 28]; / 중성
wcTail[(+str - 0xAC00) % 28]; / 종성
```

〈그림 12〉 한글 초성 중성 종성 분리

〈그림 12〉와 같이 분리된 코드에 〈그림 13〉과 같은 음운 변동 규칙을 적용하여 초성, 중성, 종성을 조음현상에 맞게 변환하는데 한국어에서 음운변동을 적용 할 때 음운 변동규칙의 순서에 맞게 처리하는 것이 필요하다. 이는 음운규칙들의 충돌을 방지하기 위함이다[3].



〈그림 13〉 한글의 음운 변동 현상 처리 과정

- 1) 자음탈락현상(ㅎ탈락)
  - 어간말 자음 'ㅎ'은 'ㄴ', 'ㄹ', 'ㄷ', '모음'으로 시작되는 어마나 접미사와 결합하면 탈락한다.
  - ex) 놓는[논는], 쌓네[싼네], 얹네[안네], 똥네[똥네], 낳은[나은]
- 2) 동화법칙(닿음)
  - 'ㄴ'음은 'ㄹ'음 앞에 오거나 뒤에 오면 'ㄹ'음으로 바뀐다.
  - ex) 난로[날로], 신라[실라], 칼날[칼랄], 먹는[명는], 답력[답녁]
- 3) 구개음화(입천장소리되기)
  - 'ㄷ', 'ㅌ'은 'ㅣ', 'ㅑ', 'ㅓ' 음을 가진 형태소와 결합하면 'ㅈ', 'ㅊ'으로 바뀐다
  - ex) 굳히다[구치다], 굳혀[구쳐], 끝이[꼬치], 문히다[무치다]
- 4) 경음화(된소리되기)
  - 말이 'ㄱ', 'ㄷ', 'ㅂ'은 뒤에 예사소리 'ㄱ', 'ㄷ', 'ㅂ', 'ㅅ', 'ㅈ' 와 결합하면 각 각 된소리 'ㄱ', 'ㄷ', 'ㅂ', 'ㅅ', 'ㅈ'으로바뀐다.
  - ex) 국밥[국뽵], 깎다[까뽵], 낚밭이[낙뽵지], 넓게[널게], 활걸[활겅],
- 5) 사이시옷 첨가
  - 'ㄱ', 'ㄷ', 'ㅂ', 'ㅅ', 'ㅈ'으로 시작하는 단어 앞에 사이시옷이 올 때는 이들 자음만을 된소리로 발음한다..
  - ex) 냇가[내까], 벵속[배속], 빨랫돌[빨래뽵], 콧날[콘날], 깻잎[갠닙]
- 6) 격음화(거센소리되기)
  - 'ㅂ', 'ㄷ', 'ㄱ', 'ㅈ'은 마찰음 'ㅎ'과 결합하면 두 소리가 합쳐져서 각 각 'ㅃ', 'ㅆ', 'ㅉ'으로 축약된다.
  - ex) 놓고[노꼬], 좋던[조뽵], 각하[가까], 먹히다[머키다], 만형[마뽵]
- 7) 연음법칙(소리가름규칙)
  - 자음으로 끝나는 형태소가 모음으로 시작하는 형태소와 결합 할 때, 단자음은 모음 음절의 첫소리로, 겹자음은 둘째 자음이 모음 음절의 첫소리로 발음된다.
  - ex) 깎아[까까], 옷이[오시], 낫이[낙씨], 얹아[안저], 짚어[절머]

## IV. 구현결과

### 4.1 개발 환경

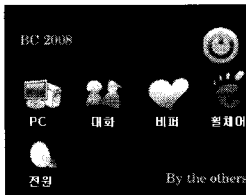
들숨, 날숨 기반의 머신 제어 시스템의 개발환경은 다음과 같다.

- 운영체제 : Qplus, WinCE5, Fedora6, Windows XP
- 개발툴 : Esto, Microsoft Visual Studio2005, QT, Vim, AUTO-CAD, DDK(Device Development Kits), CodeVision, Cygwin, Direct Show

운영체제는 호스트 컴퓨터에 Fedora6, 메인 개발보드에 Qplus, 음성 출력 보드에는 WinCE5, 컴퓨터 제어를 위해 XP를 사용하였다. 리눅스(Fedora6, Qplus)기반은 QT로 윈도우(WinCE5, XP)기반은 MFC를 사용하여 다이얼로그 형식으로 구성되었다. 또한 AUTO-CAD를 사용하여 하드웨어를 설계 및 제작 하였다.

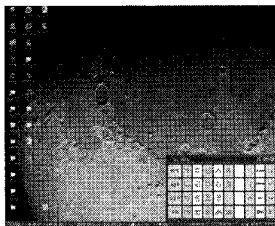
### 4.2 개발 결과

〈그림 14〉는 본 논문에서 제안한 시스템의 메인 화면이다. 컴퓨터 제어, 음성출력, 비퍼, 휠체어 및 콘센트 제어 등 총 5개의 기능으로 이루어져 있으며 마우스 이동과 클릭으로 선택 할 수 있고 또한 숨 제어기의 5개의 입력부에 입력되는 들숨 데이터의 순서에 따라 해당 기능이 실행된다.



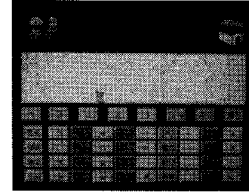
〈그림 14〉 메인 화면

〈그림 15〉는 컴퓨터 제어 화면이다. 〈그림 14〉 화면에서 컴퓨터 제어가 선택되면 제어권이 컴퓨터로 넘어간다. 컴퓨터 화면에는 스크린 키보드가 표시되며 숨 제어기의 입력부에 입력되는 들숨, 날숨을 통해 스크린 키보드가 동작된다. 컴퓨터를 다 사용한 후 END 버튼을 누르면 컴퓨터에서 〈그림 14〉의 메인 화면으로 제어권이 넘어 간다.



〈그림 15〉 컴퓨터 제어 화면

〈그림 16〉은 음성 출력 화면이다. 음성 출력은 LX800 보드를 사용하여 구현하였고, TCP/IP 통신으로 메인 프로세서와 통신한다. 또한 자주 사용되는 문장은 5개의 메모장에 미리 문장을 저장하여 음성을 출력하는 기능과 음성을 출력하는 도중 일시정지 및 반복기능을 구현하여 사용자의 편의성과 효율성을 고려하였다.



〈그림 16〉 음성 출력 화면

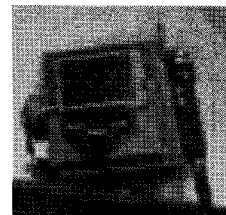
〈그림 17〉은 비퍼 호출 화면이다. 응급상황, 먹을 것, 마실 것, 입을 것, 화장실 등 5개의 기능으로 구성되며, 마우스 이동과 클릭으로 선택하거나 숨 제어기의 5개의 입력부에 입력되는 들숨 데이터의 순서에 따라 해당 기능이 수행된다.



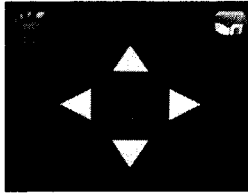
〈그림 17〉 비퍼 호출 화면

〈그림 18〉은 구현된 비퍼 모듈이다.

〈그림 19〉는 휠체어 제어 화면이다. 휠체어를 선택하면 상, 하, 좌, 우, 멈춤의 선택 화살표가 있으며 마우스 이동과 클릭으로 휠체어를 제어 할 수 있다. 숨 제어기의 첫 번째 입력부에 날숨으로 내뿔으면 앞으로, 두 번째 입력부를 날숨으로 내뿔으면 뒤로, 세 번째 입력부에 날숨으로 내뿔으면 좌, 네 번째 입력부에 날숨을 내뿔으면 우로 이동하며 입력부에 들숨 데이터가 입력되는 경우 휠체어가 정지된다. 휠체어 이동시 각 이동위치에 따라 화살표 색이 변경되어 사용자가 이동방향을 확인할 수 있다.

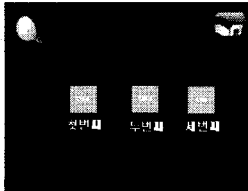


〈그림 18〉 비퍼 모듈



〈그림 19〉 휠체어 제어 화면

〈그림 20〉은 콘센트 제어 화면이다. 마우스 이동과 클릭 혹은 숨 제어기의 입력부에 입력되는 들숨에 따라 세 개의 콘센트를 제어한다. 〈그림 21〉은 구현된 콘센트 모듈이다.

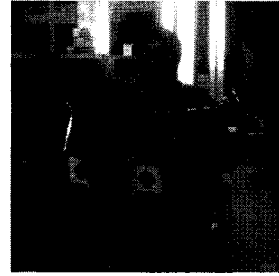


〈그림 20〉 콘센트 제어 화면



〈그림 21〉 콘센트 모듈

〈그림 22〉는 본 논문에서 구현한 들숨, 날숨 기반의 척수 손상 환자를 위한 머신 제어의 검증용 모의실험 그림이다. 숨 제어기의 입력부에 들숨, 날숨, 목의 움직임 등의 패턴을 통해 블루투스 통신, TCP/IP통신, DC모터들이 성공적으로 작동하는 것을 확인하였다. 한편 머신 제어를 위한 블루투스 통신 연결이 3초 이상 지연되는 경우 소프트웨어적으로 재검색하도록 하여 원활한 통신이 이루어지도록 처리하였다. 또한 링 버퍼를 사용하여 숨 제어기의 입력부에 입력되는 데이터의 미세한 변화도 감지하여 처리할 수 있도록 하여 보다 정밀한 제어가 가능하도록 구현하였다.



〈그림 22〉 모의 실험 장면

## V. 향후 연구방향 및 결론

본 논문에서는 척수 손상 환자들의 활동 반경을 넓혀주고 최소한의 도움으로 독립적인 활동이 가능하도록 들숨, 날숨 기반으로 각종 머신 제어가 가능한 숨 제어기를 설계 및 구현하였다. 메인 프로세서로 LN2440SBC를 사용하였으며, 숨 제어기의 입력부, 비퍼, 휠체어 및 콘센트를 구동하기 위해 보조 프로세서로 네 개의 ATmega128 사용하였고, 음성 출력을 위해 LX800을 사용하였다.

들숨, 날숨 기반의 척수 손상 환자를 위한 머신 제어의 검증을 위해 다양한 모의실험을 한 결과 숨 제어기의 입력부에 들숨, 날숨, 목의 움직임 등의 패턴을 통해 블루투스 통신, TCP/IP통신, DC모터들이 성공적으로 작동하는 것을 확인하였다. 그러나 숨 제어기가 키보드로 동작할 때 입력부 두 개에 들숨 혹은 날숨이 입력되면 양쪽의 압력이 균일하지 않을시 간혹 데이터 인식을 못하는 경우가 발생되어 이 문제에 대한 해결이 필요하다.

## 참고문헌

- [1] 박영숙, "척수 손상 환자의 재활 동기에 영향을 미치는 요인", 한국보건간호학회지, 제17권, pp83~94, 2003
- [2] 한국 소프트웨어 진흥원, "인간 친화적인 컴퓨팅 시장의 도래", No184, 2008
- [3] 문화부, "국어어문규정집", 대한교과서주식회사, 2007
- [4] 이정욱, "Embedded USB Inside", 다다 미디어, 2008
- [5] Jan Axelson, "USB 완전정복", 에이콘, 2006
- [6] 윤성우, "Programming with qt", 한빛미디어, 2008
- [7] Jasmin Blanchette, "C++ GUI PROGRAMMING WITH QT4", PrenticeHall, 2008
- [8] 이연조 "임베디드 리눅스 프로그래밍", PCBOOK, 2002
- [9] 이문수, "블루투스", 홍릉과학출판사, 2001
- [10] 이동명 "로봇설계& 제작", 영진닷컴, 2004