

# 인공 와우를 위한 신호 처리 및 전달부의 구현

채대곤<sup>\*</sup> · 최두일 · 변정근 · 백승화<sup>\*</sup> · 공형호<sup>\*</sup> · 박상희  
연세대학교 전기공학과 · <sup>\*</sup> 명지대학교 제어계측공학과

Signal Processing and Implementation of Transmitter for Cochlear Implant

D. Chae<sup>\*</sup> · D. Choi · J. Byun · S. Baek<sup>\*</sup> · H. Kong<sup>\*</sup> · S. Park  
Dept. of Electrical Eng. Yonsei Univ.  
<sup>\*</sup> Dept. of control & Instrumentation Eng. Myongji Univ.

## Abstract

Software and hardware for cochlear implant system have been developed to create a speech signal processing system which, in real-time, extracts model parameter including formants, pitch, amplitude information. The system is based on the Texas Instruments TMS320 family. In hardware, computer interface has been designed and implemented that allows presentation of biphasic pulse stimuli to patients with the hearing handicapped. The host computer sends a stream of bytes to the parallel port. Upon receipt of the data the interface generates the appropriate burst sequence that is delivered to the patient's external transmitter coil. The coded information is interpreted by the Nucleus-22 internal receiver that delivers the pulse to the specified electrodes at the specified amplitude and pulse width.

## 1. 서론

청각 보철은 청각 신경을 전기적으로 자극함으로써 소리를 듣는 효과를 내는 시스템을 말한다. 청각 보철 시스템은 매우 다양한 방식들이 개발되어 왔으나 최근에는 다중 채널 방식의 무선 통신 방식이 주로 쓰이고 있다. 호주의 Nucleus-22 시스템은 대표적인 다중 채널 청각 보철 시스템으로써 전 세계적으로 가장 호평받고 있으며, 국내에서도 세브란스 병원등에서 이 시스템을 구입하여 청각 장애인에게 이식하고 있다.

Nucleus-22 시스템은 외부에 착용하는 음성 신호 처리부와 체내에 이식된 receiver-stimulus 부로 나누어 진다. 본 연구에서는 Nucleus-22 시스템의 receiver-stimulus 부와 호환될 수 있는 음성 신호 처리부와 신호 변조부를 구현하였다.

이를 위하여 Nucleus-22 시스템의 신호 변조 패턴을 분석함으로써 송신단의 하드웨어를 구성하였으며 TMS320C30을 이용한 실시간 음성 신호 처리부와 결합함으로써 청각 보철의 외부 기기를 이루었다.

## 2. 패턴 분석

Nucleus-22 시스템을 시술받은 환자의 귀에 고정되어 있는 외부 코일을 통해서 내이의 수신 자극기 (receiver-stimulator) 에 전달되는 정보를 분석해 보면 그림 1과 같다. 전체 반송 주파수 (carrier frequency)는 2.5 MHz이며 포트 하나당 6개의 패턴을 보여 주고 있다.

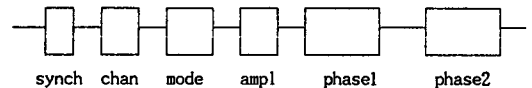


그림1. Nucleus-22 시스템 송신부의 신호 패턴

그림1의 정보는 바이트 단위로 전송되어 내이의 수신 자극기에서 해독된다. 소프트웨어부분에서 추출된 음성의 특징 정보는 일정한 함수 관계에 의하여 그림1과 같은 패턴으로 매핑이 되어야 한다. 따라서 이러한 패턴을 하드웨어부분이 만들도록 하는 것이 본 연구의 목표이다.

신호 패턴을 앞에 있는 것부터 살펴 보면 처음의 패턴인 동기 신호는 다음에 연속적으로 나올 패턴이 있음을 미리 알려 주는 역할을 한다. 이 동기 신호는 4개의 cycle로 되어 있다. 두 번째 신호는 채널 정보로서 1번에서 22번까지의 전극중 어느 전극을 자극할 것인가를 결정해 준다. 세 번째 신호는 모드 정보인데 BP, BP+1, BP+2 모드중 어느 모드로 전극을 동작시킬 것인가를 내이의 수신부에 알려 준다. 네번째, 다섯번째, 여섯번째의 패턴은 모두 크기 정보와 관련이 있다. 네번째 패턴은 자극 전류의 amplitude 정보이며, 다섯번째와 여섯번째 패턴은 자극 전류의 width 정보이다. 음성 신호의 크기는 65이하의 크기와 65에서 229의 크기, 마지막으로 229이상의 크기로 나뉜다. 이중 정상적인 소리 크기인 경우에 ( 65-229 ) 네번째의 패턴은 고정이 되고 다섯번째와 여섯번째 패턴을 변형시킴으로써 음성의 크기를 환자가 인식하게 되며, 아주 작거나 큰 소리인 경우 ( 65이하, 229이상 )는 다섯번째와 여섯번째의 패턴이 고정이 되고, 네번째 패턴이 변하게 된다. 이와 같이 하는

이유는 인공 와우의 하드웨어적인 특성에 기인하는 것이므로 크게 고려할 바는 못 된다. 여기서 중요한 것은 다섯번째 패턴과 여섯번째 패턴의 길이 바이트 수가 같아야 된다는 것이다. 그 이유는 환자의 내이에 시술된 전극은 커패시터가 달려 있는데 다섯번째 패턴 신호가 해독되면 내이의 수신 자극기는 지정된 전극과 기존 전극에 전류를 보내게 되고, 여섯번째 패턴 신호가 수신 자극기에 의해서 해독되어 지정된 전극의 극성을 바꾸어서 전류를 보내므로 다섯번째 패턴 신호에 의해서 충전된 커패시터가 여섯번째 패턴 신호의 전송과 동시에 방전이 되는 것이다. 이는 환자의 안정성을 고려한 것이므로 매우 중요하다고 볼 수 있다.

### 3. 소프트웨어

인공 와우를 위한 음성 신호 처리용 프로세서로는 TMS320C30 DSP 칩을 사용했다. 이는 피치 및 포먼트를 실시간으로 추출하기 위하여 필요하다.

#### 1) 피치 추출 ( Pitch extraction )

음성 데이터를 8KHz 샘플링하고 20msec 구간마다 창함수를 의뢰서 자기 상관 함수( Autocorrelation function )를 구한다. 원음성의 주기와 자기 상관 함수의 주기는 일치하므로 자기 상관 함수의 주기를 구하여 이를 음성 데이터의 피치로 한다.

#### 2) 포먼트 추출 ( Formant extraction )

포먼트는 환자가 음성을 인식하는데 제일 중요한 역할을 한다. 본 실험에서는 세 개의 전극을 자극해야 하므로 포먼트를 세 개 ( F1, F2, F3 ) 구해야 한다. 포먼트 추출용 알고리즘으로는 일종의 서브밴드 코딩 ( subband coding )인 QMF 필터 ( Quadrature mirror filter )를 이용하여 32개의 채널로 나누는 기법을 이용했다. 필터의 각 채널을 통과한 음성 데이터의 크기를 구하고 이 중 가장 큰 순서로 세 개를 구하여, 각 순서에 해당하는 채널 번호를 큰 것부터 제 1 포먼트, 제 2 포먼트, 제 3 포먼트로 한다. 이 때 이웃하는 채널 번호가 포먼트로 추출되지 않도록 조정해야 하고, 추출된 32개의 채널 번호를 내이의 전극 갯수인 22개로 적당히 대응시켜야 한다.

### 4. 하드웨어

앞에서 살펴본 바와 같이, 음성신호에서 추출해낸 값을 환자의 귀에 설치된 수신단으로 보내기 위하여, 추출한 데이터 값들을 Amplitude Modulation하여 전달하게 된다.

송신단의 하드웨어의 역할은 PC로부터 On/Off 그리고 On이나 Off 상태를 유지해야하는 시간의 길이를 2바이트로 받아 카운팅하며 변조된 신호를 내보내는 역할을 한다.

그 구성은 크게 PC로부터 데이터를 받는 버퍼메모리와 카운터, 변조부로 나뉘어진다.

#### 1). 버퍼메모리(FIFO)

카운터에서 하나의 데이터를 넘겨받아 카운팅을 종료하면 다음 값을 넘겨받게 되므로, PC에서 직접 데이터를 넘겨주게 된다면, 카운팅이 끝나는 시점에 PC는 정확히 동기시켜 데이터를 넘겨주어야 하는 어려움이 따른다. ( DSP Board와의 인터페이스로 인해 그 어려움이 더욱 가중된다. )

따라서 PC는 DSP로부터 데이터를 넘겨 받는 대로 데이터값을 송신부에 넘겨주고, 카운터는 카운팅이 끝날때마다 다음 값을 가져올수 있는 버퍼가 필요하게된다.

이 회로에서는 FIFO(First-In First-Out)를 이용하였고, FIFO에의 데이터 전달은 8255 interface card를 이용하였다. A,B 포트는 15비트의 시간 데이터와 On, Off 제어신호의 전송을, C 포트의 상위 4비트중 3비트는 FIFO의 상태 점검에, C 포트의 하위 4비트중 2비트는 FIFO의 제어에 이용되었다.

#### 2). 카운터

4비트 카운터 4개를 직렬 연결하여 16비트 카운터를 구성하였고, 카운팅할 값이 입력되면 1비트씩 다운카운트하게 된다. 출력값이 0이되면 메모리에 다음 카운팅값을 요구하는 신호를 내보내어, FIFO의 Read 카운터의 Load에 입력된다. 카운터는 세밀한 제어를 위해 5MHz로 작동한다.

#### 3). 변조부

D Latch의 작동에 따라 FIFO의 0번째 bit값(On,Off의 제어)이 카운팅 되는 동안 유지되고, 2.5MHz의 Clock과 함께 아나로그 멀티플렉서의 제어신호로 입력되어 아나로그 멀티플렉서의 출력단으로 부터 2-Phase Amplitude Modulation 된 신호를 만들어내게 된다.

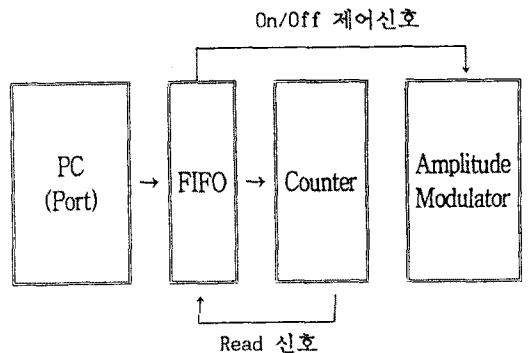


그림 2. 하드웨어의 블럭 다이어그램

## 5. 실험 결과

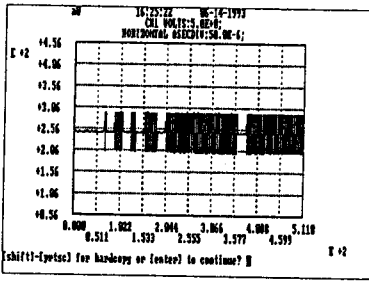


그림 3. 채널 5, 크기 180인 자극 신호 패턴

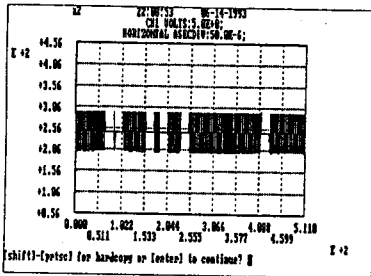


그림 4. 채널 15, 크기 180인 자극 신호 패턴

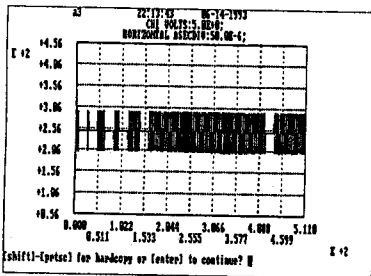


그림 5. 채널 5, 크기 229인 자극 신호 패턴

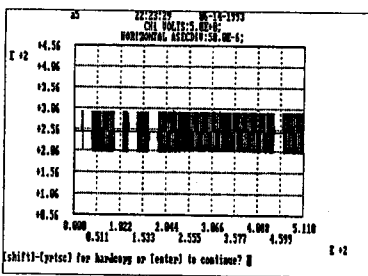


그림 6. 채널 15, 크기 229인 자극 신호 패턴

본 연구에 의한 음성 신호 처리기로 자극 신호 패턴을 추출한 결과는 위의 그림에 나타나 있다.

그림 3은 채널이 5이고 크기가 180인 자극 신호 패턴이고, 그림 4에는 채널이 15이며, 크기가 180인 자극 신호 패턴이 나타나 있다. 크기가 같으므로 각각 다섯번째 패턴의 길이가 같게 나타남을 알 수 있다. 또한, 채널이 5에서 15로 증가하므로 채널 정보를 나타내는 두번째 패턴의 길이는 더 늘어남을 알 수 있다.

그림 5는 채널이 5이고 크기가 229인 자극 신호 패턴이고, 그림 6에는 채널이 15이며, 크기가 229인 자극 신호 패턴이 나타나 있다. 크기가 229인 경우의 패턴 신호의 길이는 대략 400  $\mu$ sec 임을 알 수 있다. 크기가 229인 경우에는 크기 신호의 길이가 오실로스코프 화면의 반 이상을 차지하기 때문에 여섯번째 신호 패턴의 많은 부분이 화면에 실리지 못했다.

## 6. 결론

본 연구에서는 청각 보철을 위한 음성 신호 처리기를 소프트웨어와 하드웨어부분으로 나누어서 구현을 하였다. 그 결과 호주제 Nucleus-22 시스템의 Receiver - Stimulator와 호환 가능한 자극 신호 패턴을 얻을 수 있었다. 앞으로 임상 실험을 통하여 환자에게 적합한 채널 및 크기의 매핑 함수를 찾고, 청각 장애인의 언어 변별에 미치는 영향을 조사할 계획이다.

본 연구는 과학기술처에서 시행하는 특정 연구 개발 사업의 연구 결과임을 밝힙니다.

## 참고문헌

1. Paul B. Ostergaard, Technical notes and research briefs. J. Acoust. Soc. Am 87(2), Feb. 1990
2. L. Robert, Morris Algorithms, Hardware, and Software for a Digital Signal Processor Microcomputer-Based Speech Processor in a Multielectrode Cochlear Implant System IEEE Trans. Biomed. Eng. Vol. 36, No6, June 1989
3. H. Mcdermott, B App Sc (Hon) Elec. Cochlear implant for simultaneous multichannel stimulation. grant ROI-NS-21027 National Institutes of Health.
4. M. G. Bellanger, Digital filtering by polyphase network: Application to sample-rate alteration and filter banks IEEE, Trans. Acoust. Speech, Signal Processing, Vol. ASSP-24, pp 109-114, Apr. 1976
5. 황성배, 최두일, 채대근, 김영선, 백승화, 박상희 " QMF 를 이용한 청각 보철용 음성 신호 처리기의 실시간 처리 구현 " 대한 의용 생체 공학회, 1992. 11.