

生體 信號處理

박 상 희

1. 머리말

생체의 기능·형태·동특성등을 공학적인 방법을 써서 해석하는 것은 의료 진단에 도움을 주게 되고, 생체의 메카니즘을 규명하는데에도 중요한 역할을 한다. 반도체 기술의 발달로 대규모 집적 소자들이 출현하였고, 일시에 다량의 정보를 간단히 처리할 수 있게 되었다. 이로 인하여 생체 신호처리에 획기적인 발전을 가져오게 되었다.

본고에서는 생체 신호에 대한 정의를 먼저하고, 생체 신호의 검출과 처리 기법을 중심으로 생체 신호처리를 개략적으로 살펴 보고자 한다.

2. 생체 신호

생체 신호를 광의로 보면, “생체의 물리량을 계측하여 얻어진 신호”이다. 즉 뇌파나 심전도, 근전도등은 생체 자체에서 생긴 전기 신호이다. 또 혈압, 혈류, 호흡등의 압력이나 흐름에 관한 정보, 안구운동이나 중심(重心) 동요에 의한 움직임에 관한 정보, 심음이나 경동맥음, 흉벽 진동등의 음·진동에 관한 정보, 체온이나 피부 온도등의 온도에 관한 정보, 생체 각부의 전기 임피던스, 빛이나 음의 반사률이나 투과율의 변화등, 생체 신호의 보기가 있다. 이들 신호는 많은 경우 미약하고 다차원이다. 또 생체 시스템은 병렬, 분산, 계층, 길항 구조를 갖는 다변수·다중 시스템이고, 뇌를

중추로 하고 있다. 그리고 항상성과 협조하는 조절계가 여러 제어 루우프를 형성하기 때문에 어떤 특정의 정보를 순수한 형태로 추출하기 위해서 많은 경우 어려움이 따른다. 그러나 이론에 기초한 고도한 신호처리 기법에 의해서 이러한 신호에서 유용한 생체 정보의 추출이 가능하게 되었다.

3. 생체 정보의 추출과 처리 기법

(1) 전처리

생체에서 생체 정보를 얻기 위하여 계측하고자 할 경우 잡음이 혼입되기 쉽고, 그 주요 성분이 신호와 다른 주파수 대역에 있을 경우에는 사전에 적당한 필터를 통과시켜 그 영향을 경감시켜야 한다. 아날로그 신호에 대한 전기적인 필터링 외에 디지털 신호에서는 이동 가중 평균을 사용한다. 이외에도 최소 자승법이 쓰인다.

(2) 시계열 분석

생체 신호를 시계열 $x(t)$ 를 보고, 이것이 stationary 를 갖는지를 추정하기 위해서는 시계열을 구간으로 분할하여 평균값이 일정한 모집단으로부터 표본값으로 볼 수 있을 것인지를 통계적으로 판정하는 방법이 있다.

(3) 주파수 분석

생체 신호의 해석에 스펙트럼 해석이 있다. 스펙트럼 해석에서는 파워 스펙트럼 밀도를 추정하는 것이 기본이다.

- 상관 함수법(B-T법): 자기상관함수를 계산하고, 그것을 Fourier변환하여 파워 스펙트럼을 추정하는 방법이다.

- FFT법(Periodogram법, 직접법): 시계열 데

<접수:1989년7월30일>

연세대학교 전기공학과·공학박사

이터 $\{X(0), X(1), \dots, X(N-1)\}$ 을 직접 Fourier 변환하여 구하는 방법이다.

• 선형 예측 모델법; 관측 신호 $\{X(n)\}$ 을 어떤 선형계의 출력으로 보고, 선형 모델을 위해 그의 주파수 특성에서 파워 스펙트럼을 추정하는 방법이다.

(4) 다변량 해석

생체 신호의 계측에서 다수의 정보가 동시에 얻어지거나, 과거에서 현재로의 측정값 변화가 시계열로 여러번 얻어지게 되는 경우가 있다. 통계적인 불확정성을 남기면서 이들 정보 혹은 측정값을 종합적으로 하여 생체의 상태를 파악하기 위해서는 다차원 공간의 한 점으로 나타낼 필요가 생긴다. 이 때에 다변량 해석의 기법을 응용하며, 생체 신호중의 이상 파형의 검출이나, 보다 종합적인 생체 상태의 분류등이 이루어진다.

4. 생체 신호처리의 보기

(1) EMG 신호처리

EMG 신호처리는 응용 목적에 따라 임상용 처리와 보철용으로 나눌 수 있다. 진단을 위한 신호 처리는 단일 운동단위 활동전위의 크기, 지속시간, 위상, 발화율, 운동단위 참가수와 영교차수, positive maxima의 수, inter spike interval등을 포함한다. 근육 질환이 있는 환자, 특히 진행성 근육 이양증 환자는 이와 같은 파라메터가 정상인에 비하여 현저히 다르기 때문에 빠른 시간에 처리하는 방법과 다른 파라메터가 내재하는가에 대한 연구가 진행 중에 있다.

또한 인간의 사지 기관의 일부가 거의 자연스러운 인공 장치로 개발되고 있는 이때, 근전도 신호 처리는 인공팔 제어 연구를 위하여 여러 연구자들에 의하여 연구되고 결과는 산업용 로봇 개발에도 응용되고 있다.

보철 제어를 위한 근전도 신호처리에 관한 연구는 시계열 분석을 이용한 기능 분리, 패턴 인식을 이용한 기능 분리, 자기상관함수와 상호상관함수를 이용한 근전도 해석 및 비례 제어에 의한 근전도 신호처리 방식이 있다.

근전도의 생리학적 연구를 위해서는 주파수 해석을 필요로 하고 있다. 특히 정상인과 신경 질환, 근질환 환자에 대한 근전도 고조파 분석은 매우 의미가 크다. 또한 말초 신경 단위에 병변이 있는 환자에서의 주파수 스펙트럼의 변화는 진단과 치료에 큰 몫을 하고 있다. 그리고 근전도 신호의 스펙트럼 해석은 근육 피로의 연구에 기본이 되고 있다.

(2) EOG 신호처리

EOG 신호의 처리는 주로 임상적으로 안진 신호의 처리를 말한다. 안진 발생시 전극에서 도출되는 전위는 약 $20\mu V$ (peak-peak) 이며, fast phase 운동과 slow phase 운동으로 대별되고, 중추 신경계의 이상을 판단하는 중요한 척도가 된다. 안진의 종류는 전정 안진(vestibular nystagmus), 열적 안진(caloric nystagmus), 시각성 안진(optokinetic nystagmus), spontaneous 안진, alcoholic 안진 등이 있다.

(3) ERG 신호처리

ERG 신호의 해석을 위한 입력 자극은 단순 자극과 백색 잡음 자극이 사용되고 있다. 지금 현재는 단순 반응에 대한 연구 보다는 시스템의 동정(indentification)이론을 적용하여 신경 체인 해석에 그 주안점을 두고 있다.

Wiener의 범함수 전개 이론은 수 많은 생체 시스템의 특성화에 응용되고 있다. 이 방법은 비선형계 해석법으로 가우시안 백색 잡음 자극을 필요로 한다.

(4) EEG 신호처리

뇌로부터 얻어지는 뇌파 신호는 보통 연속시간 함수로 주어진다. 시간적으로 변화하는 시간 파형으로부터 거기에 포함된 특징이나 정보를 추출하기 위해서 신호처리를 한다.

뇌파는 시시각각으로 변하고 있으므로 같은 성질을 갖는 안정한 뇌파를 다수 얻는 것은 곤란하다. 따라서 하나의 뇌파의 기록으로부터 신호 전체의 성질을 결정할 수 있다면, 해석은 대단히 쉬워진다.

뇌파의 신호의 해석은 시간 영역의 통계적 해석 필터링 뿐만 아니라, 신호의 주파수 성분이 필요

한 경우가 많다. 이 경우 가장 기본적인 것이 스펙트럼 해석이다.

잡음에 묻혀 있는 뇌파 추출을 위해서 뇌파와 대역 제한된 가우스 잡음에 장시간 상관함수, 파워 스펙트럼, 변차 모멘트, 단시간 상관함수의 분포등의 비교 검토가 있어야 한다. 자극에 대한 응답이 일정하나, 그것이 잡음 속에 묻혀있을 경우 평균 응답법과 상호 상관법을 이용할 수 있다.

(5) 의용 초음파 신호처리

초음파 단층 영상법 중에서 초음파 펄스 에코법은 의용 영상 기술의 대표적인 기법이다.

펄스 에코법은 음향 임피던스가 서로 다른 경계면의 존재 유무를 영상화 하는 것으로 이 진단법은 형태 진단이며, 조직의 기능이나 상태를 직접 표시해주는 것은 아니다. 이 조직의 병리학적 상태를 나타내 주기 위해서는 그 상응 물리량(산란, 감쇠, 음속등)과의 대응 관계가 명확해야 하고, 따라서 정량적인 양으로 주어져서 객관성을 갖어야 한다. 이를 tissue characterization이라 하며 연구가 계속 되고 있다.

초음파 트랜스듀서에서 검출된 반사 에코는 매우 진폭이 작은 신호이다. 따라서 이 신호는 수신 증폭기에서 증폭된 다음, 필요한 신호처리 과정을

거쳐야 한다. 이때 기존 초음파 펄스 에코진단 장치의 분해능 향상을 위한 여러 가지 신호처리 기법이 도입되고 있다.

5. 생체 신호의 디지털 신호처리

디지털 신호처리는 정확하고 안정하며, 좋은 잡음 특성, 유연성 그리고 time multiplexing등 아날로그 신호처리에서 기대할 수 없는 특성 때문에 중요한 역할을 하고 있다. 최근 VLSI 기술의 획기적인 발달과 디지털 신호처리 분야에 대한 연구가 활발하여짐에 따라 여러 가지 범용과 전용 디지털 신호처리용 집적회로가 개발되고, 이것을 생체 신호처리에도 점차 이용하게 되고 있다.

필터링은 잡음 제거나 바라는 신호 성분의 추출·변환에, 적응 필터는 비정상 신호처리등에 쓰인다. 스펙트럼 추정은 스펙트럼 분석에 결점없이 처리하고 있고, FFT가 일반적으로 사용되고 있으나, 음성이나 근전도등의 불규칙 신호의 분석은 선형 예측법이 유효하다. 또 시스템 동정은 생체 시스템 해석에 결점이 없는 기법이다. 최근 주목되고 있는 neural-network은 신경 회로의 학습 기능을 공학적으로 모델화한 것으로 금후 자동 진단이나

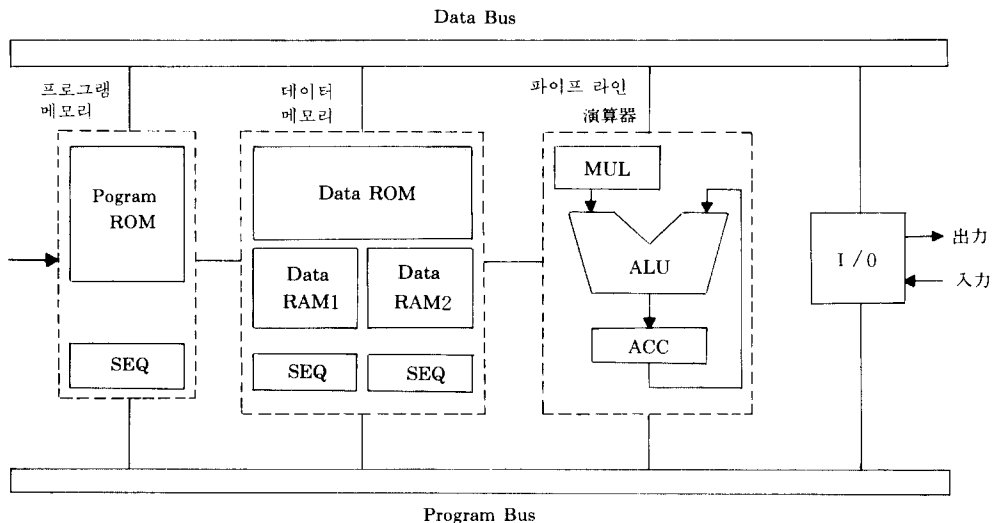


그림 1. DSP의 기본 구성

인식등에의 실용화가 기대 되고 있다. 이와 같은 기법을 실현하는 소프트웨어로 전용 LSI, ASIC (application specific integrated circuits), PLD (prog rammable logic device), MPU(micro processor unit), DSP 등이 실용화 되고 있다.

DSP는 반복 연산을 고속으로 행하기 위해 그림 1과 같이 승산기와 가산기를 직렬로한 2단 구성의 파이프 라인 연산기, 이것에 데이터를 보낼 다면 구성의 데이터 메모리, 처리 순서를 기술한 프로그램 메모리, 그리고 외부와 데이터 통신을 행하는 I/O로 기본 구성을 하고 있다.

최근 DSP를 사용한 신호처리 기법이 개발되어 그 응용 범위가 확대되고 있다. 특히 표1과 같이 칩내에 EPROM(erasable programmable read only memory)를 탑재한 것이 있고, 이것은 글을 써넣고 없애는 것이 자유롭기 때문에 의료 기기와 같이 다품종 소량 생산에는 유효하게 이용되고 있다.

6. 맺음말

생체 신호처리는 어느 한 기법으로 논의할 수 없으나, 지금까지 주로 적용하여 온 몇 가지 기법을 다시 한번 살펴 보았고, 특히 최근 발전하고 있는 디지털 신호처리 기법의 이용 범위에 대한 간단한 소개를 하였다.

생체신호 자체가 미약 신호이며, 잡음에 쉽게 매몰되기도 하고 살아 움직에 따른 불필요한 성분을 함께 나타낼 수 있으므로 앞으로 적절한 기법의 개발이 계속 연구되어야 할 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

- 1) 박상희, 생체의 전기현상, 한신문화사, 1978.
- 2) L.A. Geddes and L.E. Baker, Principles of

표1. 단일칩 Programmable DSP 회로

Device	AMI S 2811	AMI 28211/2	Bell DSP-1	Fujitsu MB B764	Hitachi 61810	Intel 2920/21	NEC 7720/P20	NEC 77220	TI 320	Toshiba T63 6/7
Process	nMOS	nMOS	nMOS	CMOS	CMOS	EPROM / nMOS	nMOS / CMOS	CMOS	nMOS	nMOS
Minimum	4.5microns	3microns	4.5microns	2.3microns	3microns	6 / 4microns	3microns	2microns	2.7microns	2microns
Feature Size										
Year Described	1978	1983	1980	1983	1982	1978 / 81	1980	1984	1982	1983
Area(sq. mils)	41,000	-	106,000	145,000	79,000	47,000	44,000	-	70,000	76,000 /
Number of	30,000	-	45,000	91,000	55,000	20,000	40,000	-	-	74,000
Transistors										66,000 /
Pins	28	28 / 64	40	88	40	28	28	-	40	28 / 64
Power	1W	0.7W	1.25W	0.290W	0.200W	1W	1W	-	0.9W	0.360W
Precision	16	16	20	16	16FP	25	16	24	16	16
Multiplier	12×12=16	12×12=16	4(4×20)=36	16×16=26	12×12=16	25×1=25	16×16=31	24×24=48	16×16=31	16×16=31
Speed	300ns	300ns	4(200)ns	100ns	250ns	600 / 400ns	250ns	100ns	200ns	250ns
Program	256×17	512×18	1K×16	1K×24	512×22	192×24	512×23	4096	4K×16	512×16
Memory	ROM	ROM / EXT	ROM, EXT	ROM, EXT	ROM	EPROM / -	ROM ROM /	ROM	ROM, EKT	ROM, EXT
Data RAM	128×16	256×16	128×20	256×16	200×16	40×25	128×16	1024×24	144×16	128×16
Data ROM	128×16	128×16	in program	in program	128×16	16×4	512×13	1024	in program	512×16 ROM / EXT

- Applied Biomedical Instrumentation, 2ed, John Wiley, 1975.
- 3) 박상희 · 변윤식, 선형예측을 이용한 EMG 신호처리에 관한 연구, 전자공학회 논문지, 1987, pp. 280—291.
 - 4) 김성환, EMG, EOG, ERG 계측 시스템과 신호처리, 전자공학회지, 1986, pp. 238—246.
 - 5) 최갑석, EEG 계측시스템과 신호처리, 전자공학회지, 1986, pp. 229—237.
 - 6) 최종수 · 최종호, 의용 초음파 신호처리, 전자공학회 잡지, 1985, pp. 359—366.
 - 7) 이문기, 디지털 신호처리를 위한 VLSI 기술, 전자공학회지, 1988, pp. 223—236.
 - 8) Engebretson A.M., O'connell M.P., Implementation of a Microprocessor-based Tactile Hearing Prosthesis, IEEE Tran. BME-33 (7), 1986, pp. 712—716.
 - 9) Morris L.R., Barszczewski P., Algorithms, Hardware and Software for a DSP Microcomputer based Multi-electrode Cochlear Implant System, Proc. of 9th Annual Conf. of EMBS, IEEE, 1987. pp. 1894—1897.