

醫用電子에의 디지털 信號處理 應用에 관하여

朴 光 錫* 閔 丙 九**

서울대학교병원 醫工學科 博士課程* 教授(工博)**

I. 머릿 말

최근 발달하는 반도체 소자의 기술과 이에 따른 큰 용량과 속도가 빠른 디지털 하드웨어 및 컴퓨터의 등장으로 디지털 신호처리의 방법은 여러 방면에서 크게 각광을 받고 있다. 이 디지털 신호처리는 여러 분야에 응용되어 효과를 보고 있는데, 의용전자의 분야에서도 많은 부분에 활용되어, 최근의 의료기기등에는 시스템 제어와 데이터 처리 및 저장에 디지털 시스템을 이용한 것이 대부분이다. 이러한 디지털 하드웨어와 신호처리 이론등의 발달로 전에는 거의 불가능했던 여러 가지 신호들을 측정할 수 있고, 안전하고 쉽게 인체 및 생체내의 기관 동태를 파악하고 진단할 수 있게 되었다. 이 디지털 신호처리 이론이 의용전자 부문에 효과적으로 이용될 수 있는 점을 열거하면 다음의 것들을 들 수 있다.

1) 디지털 신호처리를 하는 경우에 데이터의 저장 및 조작이 쉽다는 것이다. 디지털 시스템의 기억장치가 없는 경우에는 데이터를 마그네틱 테이프나 필름등에 저장하였으나 디지털 시스템의 경우에는 마그네틱 테이프뿐 아니라, 디스크 및 소형의 디스켓에 저장하는등 데이터의 저장이 쉽고, 특히 이들 데이터를 이용하여 신호처리하기 위한 데이터의 조작이 쉽다는 것이다. 간단한 하드웨어나 소프트웨어로 기억소자들을 이용하여 평균이나 감산등을 수행할 수 있어, 데이터를 다루기가 쉬워졌고 방법이 다양해졌다.

2) 디지털 신호처리 이론의 발달에 따른 알고리즘을 쉽게 적용할 수 있다. 수학적 이론에 근거를 둔 이들 알고리즘의 수월한 적용은 아날로그 신호처리의 경우보다 다양하게 결과를 변화시켜 볼 수 있게 되어 보다 효과적인 결과를 얻을 수 있다.

3) 고속 소자의 발달에 따라서 영상에 대하여도 신호처리를 할 수 있게 되었다. 종래에는 영상을 신호처

리하기 위하여서는 광학적인 방법 이외에는 처리 방법이 거의 없었으나, 영상신호를 일차원적인 전기신호로 변화시켜서 디지털 신호처리하여 다시 영상으로 복원함으로써 영상에 관하여도 신호처리를 할 수 있게 되었다. 영상에 디지털 신호처리가 응용됨에 따라서 화면의 질이 개선될 수 있고, 잘 보이지 않는 부분의 영상도 쉽게 찾아 볼 수 있게 되었다. 특히 의용전자부문에 영상을 결과로 얻어 진단하는 부분이 많아, 이 분야에 디지털 신호처리가 가장 많이 응용되었다고도 할 수 있다.

이와같이 의용전자분야에 이용되고 있는 디지털 신호처리의 모든 범위를 언급하기는 어려우므로, 현재 서울대학교 의과대학 및 서울대학교병원 의공학과에서 시행중인 연구과제중, 그 대표적 예가 되는 경우를 들어 설명함으로써, 디지털 신호처리의 의용전자에의 응용에 대한 이해를 돕고자 한다.

II. 視覺的 刺戟에 관한

誘發性 電位(Visual Evoked Potential)의 測定

생체내의 여러 기관의 기능 및 활동상태를 파악하기 위하여 생체내의 메카니즘(mechanism)에 의해 자연적으로 발생하는 생체 신호를 측정하여 진단 및 동태 파악에 사용하여 왔다. 심장의 운동에 따라서 발생하는 심전도(EKG) 신호와 뇌파신호(EEG)등이 이에 해당하는 신호들이다. 그러나 이러한 생체내의 동태에 의해서 발생하는 신호로는 충분하게 정보를 얻지 못하는 경우에, 생체내의 구심성 말단에 입력을 가하고 이 입력에 의한 출력을 관찰함으로써 보다 효과적으로 생체내의 현상과 동태를 파악할 수 있다. 그 대표적인 예가 시각 자극에 의한 뇌의 유발성 전위이다. 이 유발성 전위를 관찰함으로써 자연발생적인 뇌파에서는 판단할 수 없는 視神經炎, 多發性硬化症의 진단등에 효과적으로 이용할 수 있고, 시신경 경로의 전기적 신

호전달 형태 파악 및 뇌를 포함한 중추신경계 활동상태 파악에 중요하게 사용된다. 그러나 이 유발성 전위는 진폭이 큰 자연발생적인 뇌파에 섞여서 나타나기 때문에 그냥 측정할 수가 없다. 이 유발성 전위들을 자연발생적인 뇌파로부터 분리하여 검출하는 방법중 가장 효과적이고 널리 알려진 방법이 평균(average) 방법이다. 즉 입력에 의하여 나타나는 출력인 유발성 전위를 입력신호에 동기시켜서 평균하는 것이다. 이러한 경우 유발성 전위는 입력에 동기되어 나타나기 때문에 그 파형이 일정하여 평균하여도 변화하지 않으나, 잡음 성분으로 생각할 수 있는 자연발생적인 뇌파신호는 동기되어 나타나지 않기때문에 일정하지 않은 파형의 형태로 평균되어 그 형태가 나타나지 않게 된다.

즉 N번 평균하는 경우에 신호성분은 그대로 나타나는 반면에 잡음 성분은 \sqrt{N} 분의 1로 감소하여, \sqrt{N} 배만큼 신호 대 잡음비가 향상된다. 이러한 평균방법은 디지털 신호처리의 방법이 나타나기 전까지는 불가능하거나, 그 방법이 매우 어렵고 결과도 좋지 않았다. 그 한 방법으로 사용되던 예를 들면, 평균 방법으로 스코우프상에 나타나는 화면을 감도를 낮게하여, 입력을 가할때 마다 계속 찍어 그 복합된 화면중에서 가장 뚜렷하게 나타나는 부분을 평균된 것으로 사용하였다. 그 결과를 그림 1에 나타내어 디지털 신호처리하여 얻은 것과 비교하여 보았다. 그러나 이 방법은 그림에서도 알 수 있듯이 뚜렷하게 결과를 파악하기도 어려울 뿐만 아니라, 정확한 의미의 평균이라고 하기도 어렵다.

이 경우에 디지털 신호처리이론을 이용하여 평균하는 방법은 그림 2와 같다.

시각적 입력 자극에 의해 발생하는 신호들을 디지털 신호로 변환시키기 위하여 A/D 변환한 후, 입력 자극을 나타내는 동기 신호에 동기시켜서 N번 가산한다.

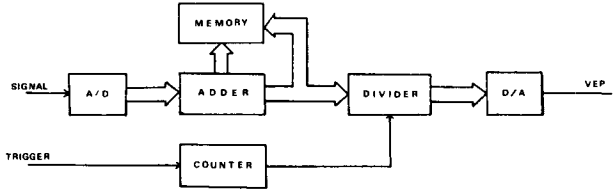


그림 2. 視覺的 刺戟에 의한 誘發性 電位 測定 시스템

이 결과를 평균 가산횟수 N으로 다시 나누어 D/A 변환하면 N개의 신호를 평균한 아날로그 신호를 얻을 수 있다. 이러한 과정은 디지털 하드웨어를 이용하여서도 어렵지 않게 구성할 수 있으며, A/D 변환기와 D/A 변환기가 연결되어 있는 컴퓨터를 이용하면 소프트웨어로도 쉽게 구성할 수 있는 것이다. 이처럼 디지털 신호처리의 방법을 이용하면, 시각 자극에 의한 유발성 전위를 쉽게 구할 수 있고, 현재에도 널리 사용하고 있다. 즉 디지털 신호처리를 하는 경우에 데이터의 저장이 용이하고, 처리 및 조작을 용이하게 할 수 있다는 특성을 생체 신호에 적용하여 효과적인 결과를 본 가장 간단하면서도 대표적인 예라고 할 수 있다. 이 시각적 자극에 의한 유발성 전위외에도 청각적 자극을 주고 이에 의해 나타나는 유발성 전위도 같은 방법으로 측정할 수 있으며, 같은 원리로 근육에 전기적 자극을 주고 이에 의하여 나타나는 유발성 전위들도 측정할 수 있다.

Ⅲ. 影像減法을 利用한 血管助影術

인체내의 혈관의 막힘이나 비정상 상태를 알아보는 방법의 하나로 혈관 조영술이 사용되고 있다. 이 혈관 조영술은 X-레이만으로는 혈관을 주위의 조직으로부터 구별해내기 어렵기때문에 X-레이를 투과시키지 않는 조영제를 혈관내에 투입하여 혈관의 영상을 뚜렷하게 보고자하는 방법이다. 이러한 경우에 조영제를 혈관내에 주입하기 위하여는 영상을 보고자하는 부위까지 가는관을 혈관을 통하여 삽입하고, 이 插管을 통하여 조영제를 주입하게 된다. 즉 심장의 운동상태를 보기 위하여 심근 혈관의 영상을 얻고자하는 경우에는, 심장부위의 혈관에 조영제를 주입하기 위하여 수술하기보다는 덜 위험한 방법으로 대퇴부 정맥에 관을

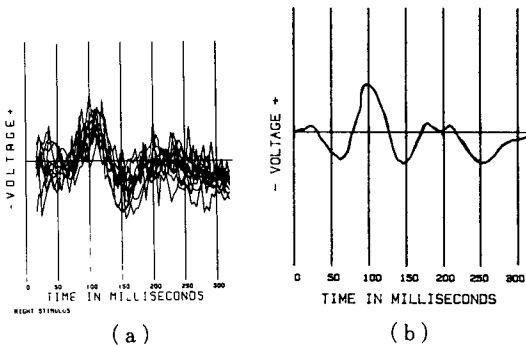


그림 1. 視覺的 刺戟에 의한 誘發性 電位
(a) 光學的인 영상의 중첩에 의해서 평균된 誘發性 電位 (b) 디지털 평균기를 이용하여 평균한 誘發性 電位

삽입할 통로를 수술하여 만들고, 가는관을 삽입하여 거슬러 심장부위까지 이르게 한다. 그리고 이 관을 통하여 조영제를 주입하여 심근 혈관의 영상을 얻게 된다. 그러나 이 방법도 상당히 위험하여 진단의 최후의 방법으로 사용되고 있으며, 많은 환자들도 그 위험성 때문에 기피하고 있다. 이러한 위험성을 배제하기 위하여 조영제를 정맥 주사로 혈관계 말단에 주입할 수 있다. 이때 조영제는 혈액순환과 함께 보고자하는 부위에 이른다. 그러나 이러한 경우 조영제가 온몸을 돌아오는 과정에서 희석되기때문에 삼관을 이용하는 경우에 비해서 화상의 질이 현저하게 떨어지게 된다. 이러한 질이 떨어진 영상으로부터 원하는 혈관의 영상을 얻는 방법이 디지털 신호처리 방법을 이용한 영상감법 혈관 조영술이다. 조영제가 통과하기 전에 찍은 영상을 기억장치(memory)에 기억시켜 놓았다가, 조영제가 통과할때 X-레이로 다시 찍은 영상과 디지털 하드웨어나 컴퓨터를 이용하여 減算하면 두 화면의 차이만을 얻을 수 있다. 즉 뼈나 기타 다른 장기들은 조영제가 통과하기 전에 찍은 영상과 조영제가 통과할 때 찍은 영상에서 똑같이 나타나기 때문에 두 화면의 차이를 구하기 위하여 감산할때에는 서로 상쇄되어 나타나지 않고 조영제가 들어 있는 부분만이 두 화면의 차이로 나타나게 된다. 이렇게 나타난 화면은 조영제에 의한 것이지만 농도가 희석되어 열으므로 희미하게 된다. 이 화면을 여파방법이나, 인헨스먼트를 사용하여 보기 쉽고 선명한 화면으로 개선시켜 준다. 그림 3에 영상감법을 적용하기 전의 화면과 영상감법을 시행한 후 인헨스먼트 된 화면을 나타내었다. 이 영상감법 혈관 조영술을 수행하는 시스템의 구성도는 그림 4와 같다. 즉 디지털 소자의 기억 능력과 계산 능력을 이

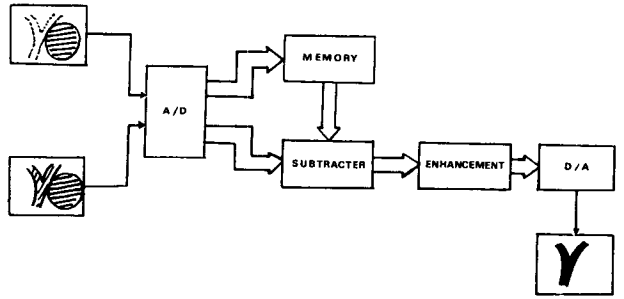


그림 4. 디지털 影像減法 血管助影 시스템의 구성도

용하여 영상신호의 질을 개선하는데에 크게 효과를 본 대표적인 예라고 할 수 있다.

이렇게 디지털 신호처리이론을 혈관 조영술에 응용하여, 위험하게만 사용되어 왔던 혈관 조영술을 안전하고 비관혈적이며 간편한 방법으로 향상시킬 수 있게 되었다.

IV. 核醫學用 聽診器 (Nuclear Stethoscope) 에의 디지털 신호처리 응용

심장 및 신장등 신체 내부 기관의 동태를 파악하기 위한 방법의 하나로 방사성 동위원소를 인체내에 주입하고 이 방사성 동위원소들이 방출하는 감마선을 검출하여 신호처리하는 방법이 있다. 예를 들어 심장의 동태를 파악하기 위하여 우심방으로 들어가는 정맥에 동위원소를 함께 주입하면, 혈액순환과 동위원소는 우심방 → 우심실 → 허파 → 좌심방 → 좌심실의 경로를 통해 순환하게 된다. 이 각 순환 단계에서 방사성 동위원소는 감마선을 계속 방출하기때문에 이 방사능량을 측정하면, 그 단계에서의 부피 및 부피의 비등을 계산하여 심장계 질환진단에 유용하게 사용할 수 있다. 이러한 목적으로 넓은 부위의 방사능 발생 면적에 대하여 모두 검출할 수 있도록 감마카메라가 사용되고 있다. 이 감마카메라는 감마선을 검출하는 19~39개의 PM 튜브의 배열로 구성되어 있다. 그러나 이러한

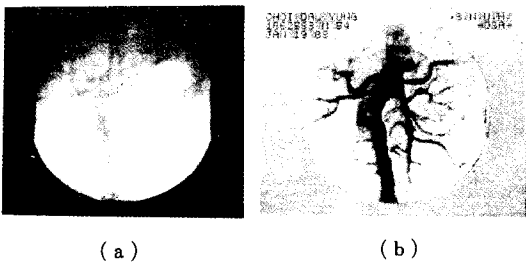


그림 3. 디지털 영상 감법에 의한 영상의 개선
(a) 디지털 영상감법의 방법을 적용하기 전의 영상
(b) 디지털 영상감법을 적용한 후의 영상

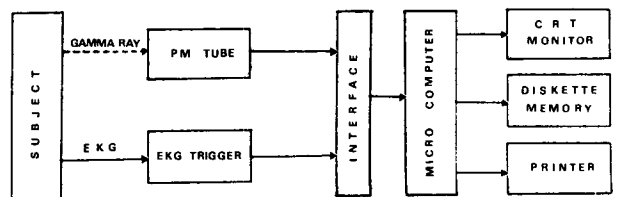


그림 5. 核醫學用 聽診器의 구성도

감마카메라는 시스템이 커서 이동시킬 수 없으며, 작은 부위의 발생면적에서 발생하는 감마선만으로도 동태 파악에 충분한 매개 변수들을 유도할 수 있으므로 1개의 PM 튜브만을 사용하여 시스템을 구성할 수 있다. 이것이 바로 핵의학용 청진기이다. 이 핵의학용 청진기의 구성은 그림 5와 같다. 10ms 또는 20ms 등 일정한 기간동안 누적되어 검출되는 감마선의 수를 계산하면, 발생하는 감마선의 수가 좌심실등 측정하려는 부위의 부피에 비례하므로, 시간에 따른 누적 검출된 감마선의 변화 곡선을 보면 좌심실의 부피 변화를 알 수 있게 된다. 이 변화 곡선을 심장의 1 주기동안 얻은 것은 잡음 성분이 많으므로 100~200주기의 신호들을 심전도 신호에 동기하여 평균함으로써 잡음의 영향을 줄인다. 이렇게 얻은 부피 변화 곡선에 곡선 피팅(fitting)을 적용하여 매개변수 산출에 오차가 적도록 한다. 이 곡선으로부터 심장의 주기적 운동에 따른 최대 부피값과 최소 부피값의 비를 계산하여 심장기능 진단에 유용한 매개 변수로 사용할 수 있다. 이 경우에 측정되는 신호는 아나로그 신호가 아니고 감마

선의 유무를 나타내는 펄스이므로 디지털 신호라 할 수 있다. 발생한 신호들은 데이터 수집장치에 의해 수집되어, 시스템에 입력되어 저장된 다음, 심전도 신호에 동기되어 가산된다. 이 곡선에 대하여 디지털 신호처리이론의 한 방법인 곡선 피팅(fitting)을 하게 되는 것이다. 이 핵의학용 청진기는 앞의 두 시스템의 예와는 달리 A/D 변환과 D/A 변환없이, 디지털 신호를 받아 들어 신호처리한 후 프린터에 직접 결과를 그래프로 나타내주거나, 매개 변수의 값으로 나타내는 가장 간단하고 대표적인 예이다.

V. 맺 음 말

이외에도 초음파 영상 및 X선 CT등에도 디지털 신호처리의 방법이 효과적으로 적용되고 있다.

의용전자학의 분야에서는 정확하고 빠른 생체 동태의 측정뿐만 아니라, 안전하고 비관혈적(non-invasive)인 방법이 요구되고 있으므로, 디지털 신호처리이론을 이용한 연구는 앞으로도 계속 증가할 것으로 생각하며, 그 응용도 또한 계속 증가하리라고 생각한다. ***

略語解説

TELETEX (텔레텍스 (通信網))

텔레텍스를 발전시킨 것. 텔레텍스는 電信型 回線을 사용하기 때문에 回線코스트는 싸지만 通信速度는 매초 50비트로 매우 저속이고 더우기 대문자밖에는 사용할 수 없다. 그래서 고속의 情報傳送能力을 가지며 더우기 대문자·소문자를 자유롭게 다룰 수 있는 端末의 출현이 요망되었다. 이 기대에 부응하여 등장한 것이 텔레텍스이며 이것은 文書의 作成·編輯·蓄積을 할 수 있고 傳送速度는 매초 2,400 비트가 基本速度로 되어 있다.

TFD (trunk finder 트렁크 파인더 (交換))

入裝置에 비해 出裝置가 적어도 되는 경우에 사용되는 裝置로, 入裝置에서 시동되면 그 入裝置를 선택하여 出裝置와의 사이를 접속한다. 접속에는 일반의 回轉스위치를 사용하고 있다.

TFT (thin film transistor 薄膜트랜지스터

(電氣·電子回路))

絶綠體 또는 半導體를 基板으로 하여 薄膜技術을

써서 얻어진 薄膜構造의 트랜지스터를 말한다.

TH (trunk holder 트렁크 호우더 (交換))

A型 自動交換機에 사용하는 機器로 市外中繼線 및 局間中繼線등의 中繼케이블을 절약하기 위하여 3線式 中繼線을 2線式으로 변환하여 임펄스 中繼는 하지 않고 回線을 연장하는 것이다.

THF (through filter equipment 通過濾波裝置 (傳送))

多重電話傳送方式의 分岐局에 설치되어 基礎 各種 群單位로 回線을 분기하는 경우 通過基礎 各群에 대하여 사용되는 裝置이다. 이 裝置는 各種 變換裝置의 復調回路를 거친 基礎 各種群의 不要側波帶를 완전히 제거하는 濾波器와 그 損失을 보상하는 增幅器를 集合實裝한 것이다.

TI (Texas Instrument Co. TI社 (-般))

美國의 電子機器메이커로, IC(集積回路)의 메이커로서 유명하다.