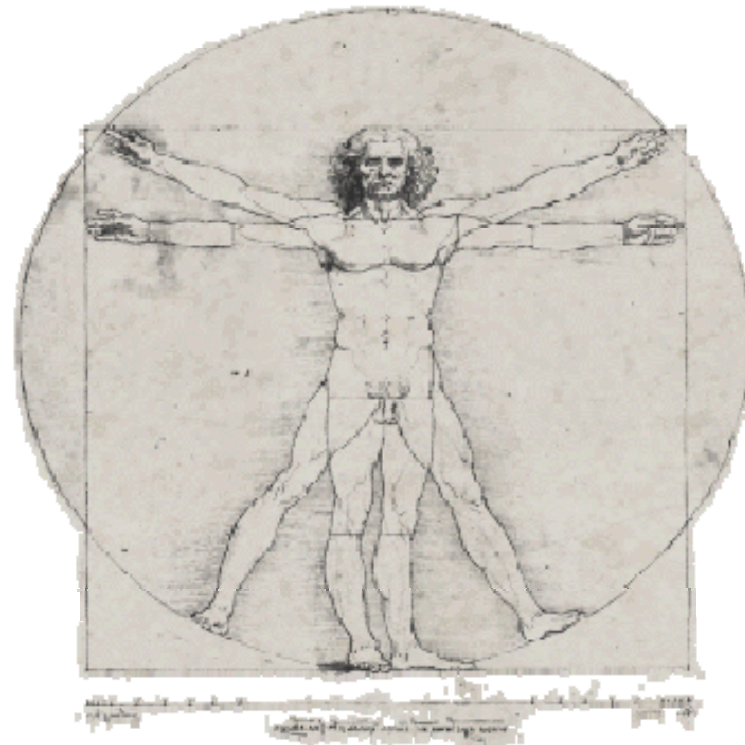
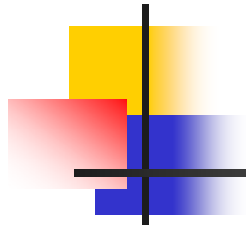


# Biomedical Engineering





# Index

---

- **Biomedical Signal Processing**
- **Medical Image Processing and Analysis**
- **Medical Instrumentation**
- **Modeling and Simulation**
- **Biomechanics**
- **Biomaterials**
- **Rehabilitation Engineering**
- **Artificial Organs**
- **Medical Informatics**
- **Diagnostic Aid System**

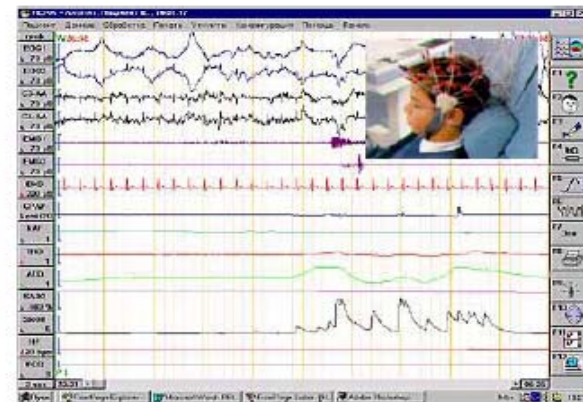
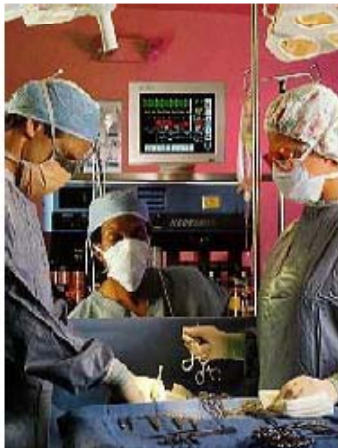
# 의용생체 신호 처리

## Biomedical Signal Processing



# 생체신호처리

- ⌘ 생체에서 발생하는 신호를 검출, 처리 및 분석하여
- ⌘ 진단에 유용한 정보 제공
- ⌘ 전기적인 신호(심전도, 뇌파 등)
- ⌘ 기계적인 신호(혈류속도, 유량 등)
- ⌘ 생화학적인 변수 (산소포화도, pH등)
- ⌘ 의료기기 형태로 의학의 임상 분야에 사용





# 생체신호처리

---

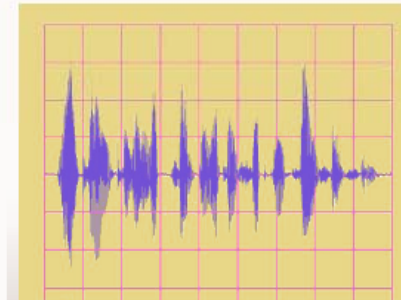
- 생체에서 발생하는 여러가지 형태의 신호를 검출하여, 이를 처리하고 분석하여서 진단에 유용한 정보를 제공
- 생체에서 측정되는 신호의 종류는 심전도, 뇌전도 등의 전기적인 신호, 혈류속도, 유량 등의 기계적인 신호, 산소포화도, 폐하 등의 화학적인 변수 등 여러가지가 있을 수 있다
- 일차적으로는 이 측정변수들을 얼마나 정확하고 쉽게 측정하는가에 대한 연구와, 측정된 결과로부터 유용한 결과를 얻기 위하여 어떠한 신호의 처리 및 분석의 방법이 적용되어야 하는가에 대하여 연구, 측정하는 방법 및 처리 분석하는 방법들이 발전
- 의료기기 형태로 의학의 임상 분야, 생체 계측공학이라고도 함

# 생체신호처리

## - What is Bio-signal Processing?

### ✓ Digital Signal Processing:

Processing/Analysis of digitized signals



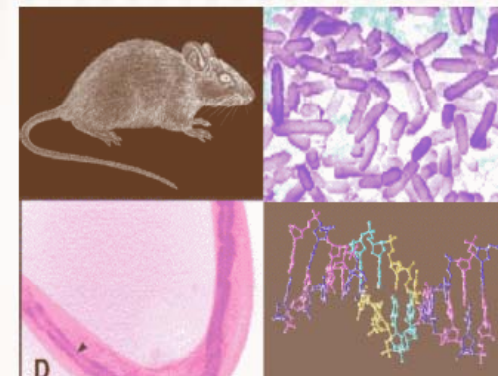
### ✓ Genomic Signal Processing:

Signals are DNA



### ✓ Biological Signal Processing:

Signals are DNA, protein amounts, protein movement

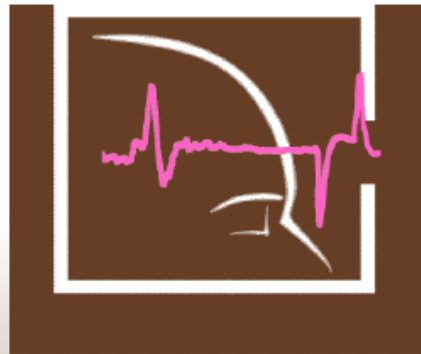




# 생체신호처리

- Others types of bio-signals, not covered

✓ EEG, ECG

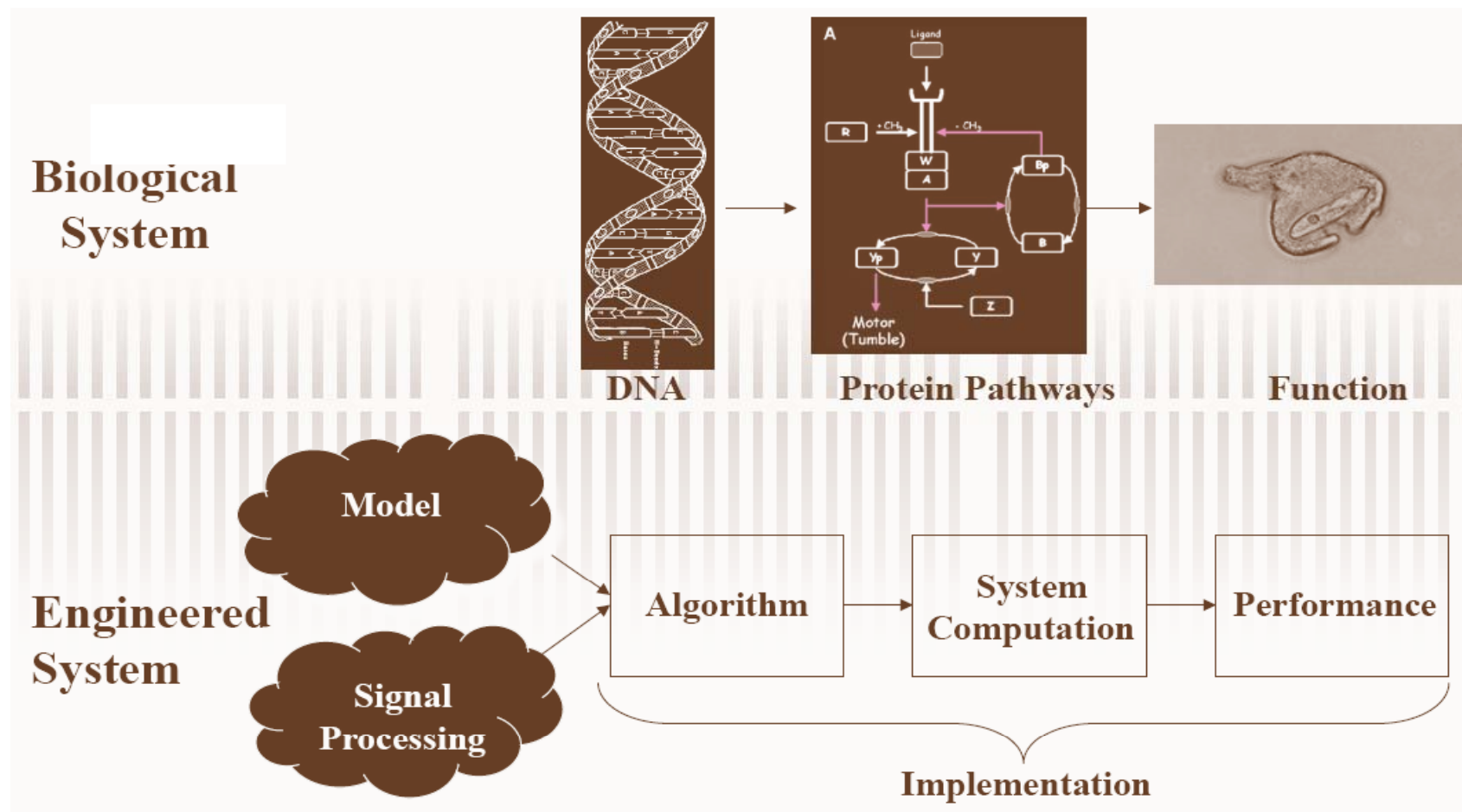


✓ Cell Signaling



# 생체신호처리

## - Electrical Engineering for Biology?







# 생체신호처리

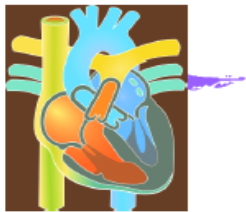
---

## - Classic SP for Biology Applications

- ✓ Most Popular: Speech Signal
- ✓ Pattern Recognition / Hidden Markov Models: Aligning sequences, classifying similar genes, gene prediction
- ✓ Boolean Networks: Modeling Genetic Regulatory Networks

# 생체신호처리

## - Historical Understanding of Biology



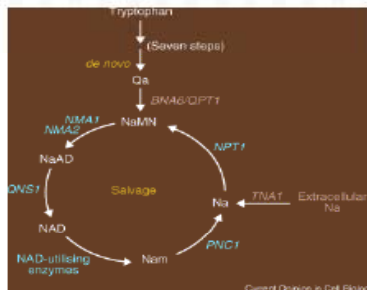
Function

Beginnings of Medicine: 2000 B.C. (Asia), 500 B.C. (Hippocrates)



DNA

Discovery of DNA: 1950 (Wilkins and Franklin), 1953 (Watson and Crick)



Protein Pathways

Feedback Regulation in Metabolism: 1957 (Umbarger, Brown) (Yates, Pardee)  
1970's: major breakthroughs



# 생체신호처리

---

## - 생체전기현상이란?

- 피부표면에 형성되는 전위(**Electric Potential**)의 근원은 몸의 각 기능을 담당하는 뉴런에서의 세포막을 투과해 지나가는 이온들에 의해 발생하는 전류이다
  - 이들 신경조직들은 전도성 매질에 둘러싸여 있기 때문에 조직에서 발생한 전류는 피부표면에까지 형성되어 옴의 법칙에 의해 전위가 나타난다
  - 뇌세포에 근원이 있는 것을 뇌전도(**EEG**), 심장에 근원이 있는 것을 심전도(**ECG**), 근육에서 발생하는 것을 근전도(**EMG**)라고 한다. 이 밖에도 **ERG(ElectroRetinoGraph)** 등 매우 많은 전기현상이 연구되고 있다
- **EEG: electroencephalogram**
  - **Retinoscope: 검영기(눈의..)**



# 생체신호처리

## - 생체전기의 발생

- 생체전기는 세포막 내부와 외부에 존재하는 전위차에 의해 발생하는데, 이 전위는 세포내액(**intercellular fluid**)과 세포외액(**extracellular fluid**)을 구분하는 세포막(**cell membrane**)의 특성 때문에 발생
- 생체의 조직과 체액은 전기 전도성을 가지고 있으므로 활성화된 세포 주위에는 전류가 흐른다
- 생체 내에서의 정보 전달은 **흥분자극**에 의해 발생한 활동전위가 신경을 통해 전달됨으로 서 이루어진다
- 신경·근육세포의 흥분으로 말미암은 세포막의 일시적인 전위변화 혹은 동작전위
- 활동전위 의 전달은 인접한 부위의 세포를 흥분시켜서 이 흥분의 세기가 활동전위 문턱치보다 크면 새로운 활동전위가 발생되어 인접부위의 세포로 전달된다



# 생체신호처리

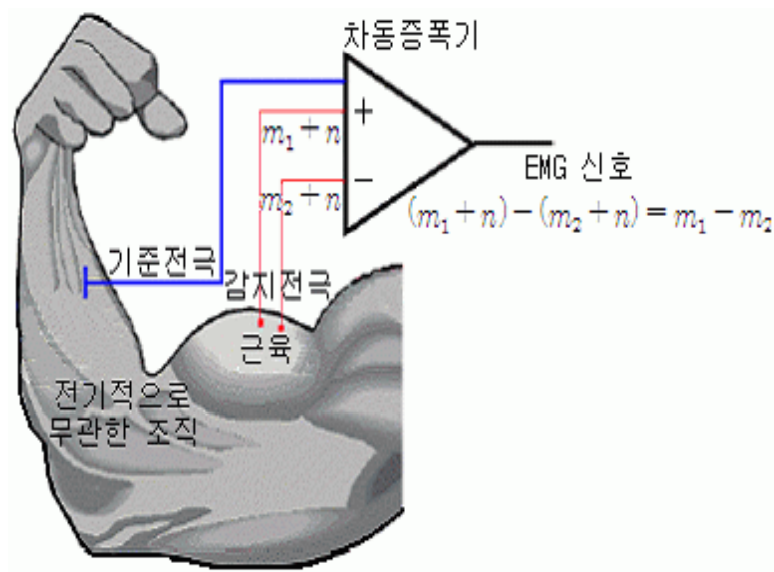
---

## - 생체전기현상의 특성

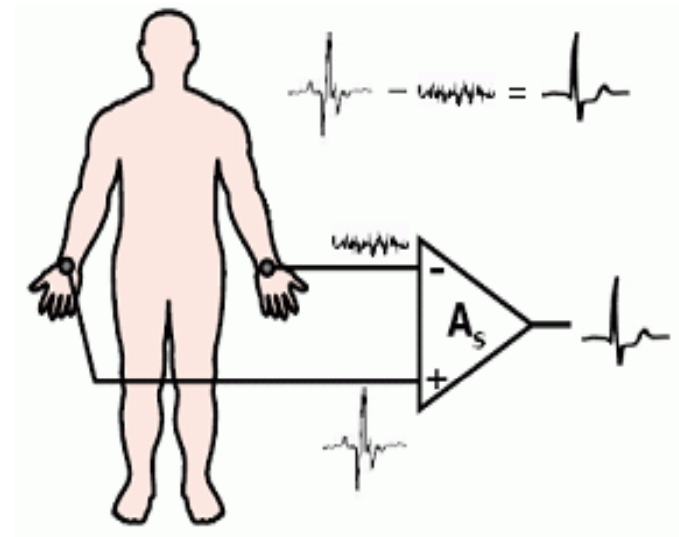
- 생체전기신호는 아날로그 전기신호로서 대부분 저전력, 고잡음비, 미세신호의 특성을 가지고 있으므로, 연산, 증폭 및 필터링 등의 각종 아날로그 신호처리과정이 필요하다
- 생체신호의 측정 시 잡음의 영향을 제거하고 원하는 신호성분만을 추출하기 위하여 차동 증폭회로를 사용
- 차동 증폭기: 두 입력신호 차이를 증폭, 공통모드 노이즈 제거특성 양호, 낮은 입력 임피던스 때문에 입력신호 왜곡발생, 따라서 인스트루먼트 앰프 사용

# 생체신호처리

## - 예) 생체신호의 증폭



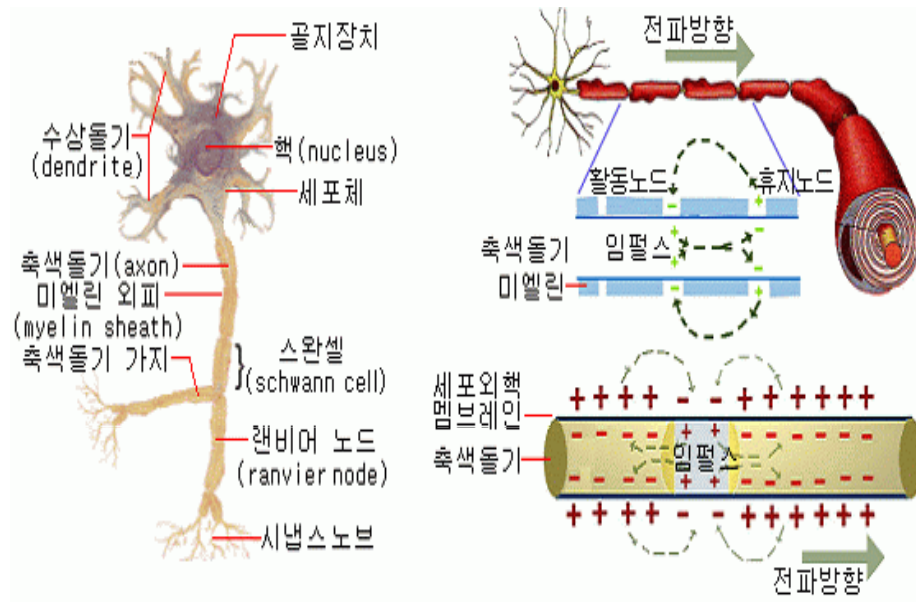
연산증폭회로를 사용한 EMG 계측회로



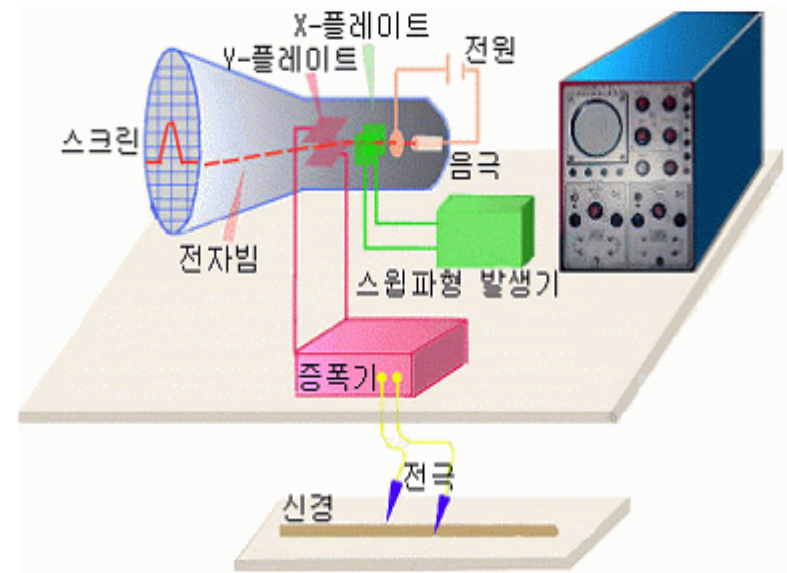
생체전기증폭기

# 생체신호처리

## - 생체전기신호의 전달 개념도



신경세포의 구조와 활동전위의 전파



활동전위 측정 시스템



# 생체신호처리

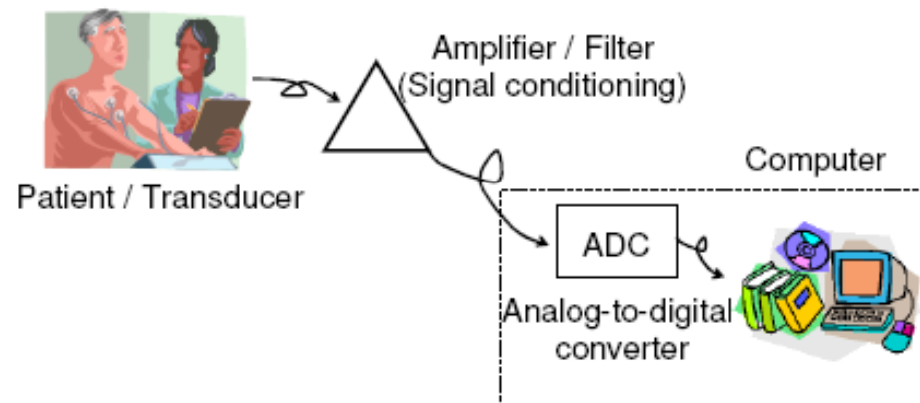
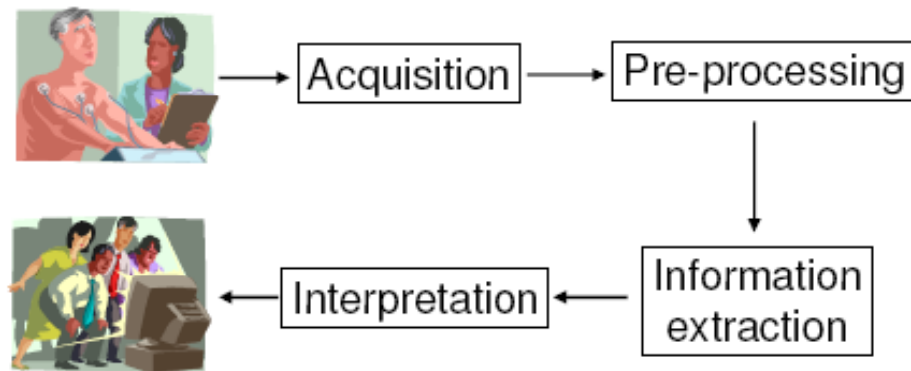
## - 생체신호의 검출

- 생체전위전극 : 인체 내에서의 전기적인 현상을 측정하기 위해서는 인체와 전자 측정장치 사이를 연결시키는 전극
- 생체전위전극은 인체와 측정회로 사이를 전기적으로 연결하여 전류를 흘린다
- 전극과 피부 사이의 원활한 통전을 위해서 음이온을 포함하는 전해질 접착제를 사용한다
- 전극은 전해질의 이온전류를 전기전류로 변환시키는 변환기로 작용한다



# 생체신호처리

## - 생체신호처리 기본 개념도

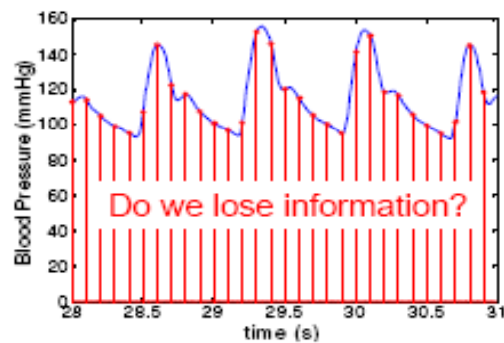


# 생체신호처리

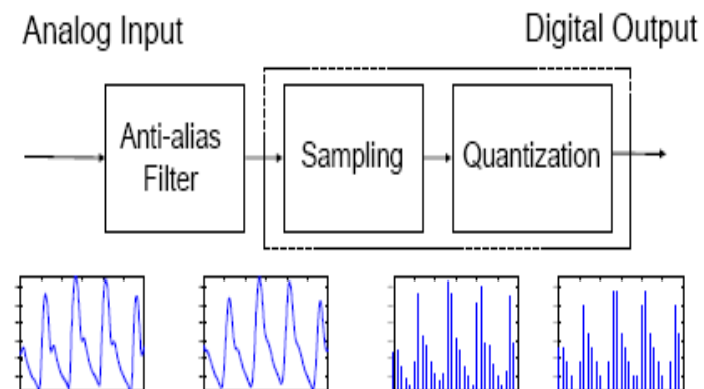
## - 생체신호처리 기본 처리방법

### Digital Signals

What are digital signals?

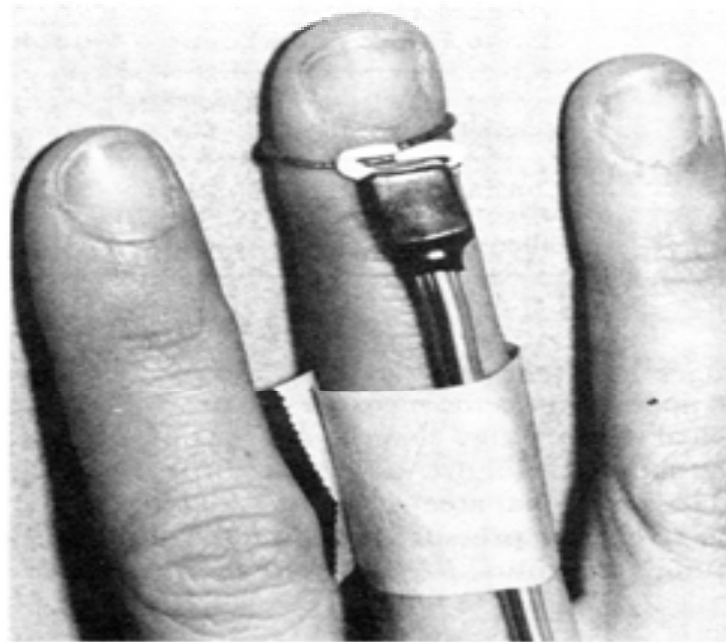


### Analog-to-Digital (A/D) conversion



# 의용생체 신호 계측

## (Biomedical Signal Measurement)





# 의용생체 신호 계측

## - 생체신호 계측(Bio-Signal Measurement)이란?

- 인체는 전기화학적 인자들과 생화학적 인자들의 상호작용에 의해 생명이 유지되고 제어된다. 따라서 인체에서는 다양한 전기적, 화학적 신호들이 방출된다
- 생체 전기신호의 감지를 통해 생명유지 기능의 정상적 수행 여부를 판별할 수 있다
- 심장과 뇌는 전기신호의 주 방출원이며 생명유지의 주 기관이기 때문에 이 두 기관에서 방출되는 전기신호의 측정(**ECG**와 **EEG**)은 의공학에서 매우 중요한 분야를 차지한다



# 의용생체 신호 계측

- 생체신호 계측 기술(Bio-Signal Measurement)의 분류
  - 각 생체부위의 생리학적 활동에서 발생하는 미약한 전위차(전기적 신호), 미약한 자기장, 압력의 변화, 유량의 변화 등을 측정, 측정신호를 분석하여 각종 질병을 진단
  - 생체로부터 생체신호를 검출하기 위한 센서(검출기 와 증폭기)기술
  - 분석한 결과를 출력시키는 프린터 및 현시기술
  - 안전문제를 고려한 회로설계 기술
  - 심전계, 뇌파계, 근전계, 심자계, 뇌자계, 환자감시장치

# 의용생체 신호 계측

## - 생체계측 기술(Bio-Signal Measurement)의 사용 예

집중감시	회복감시	응급환자	소아중환자감시
			
수술감시	출산분만감시	신생아중환자감시	의사진료실원격감시
			





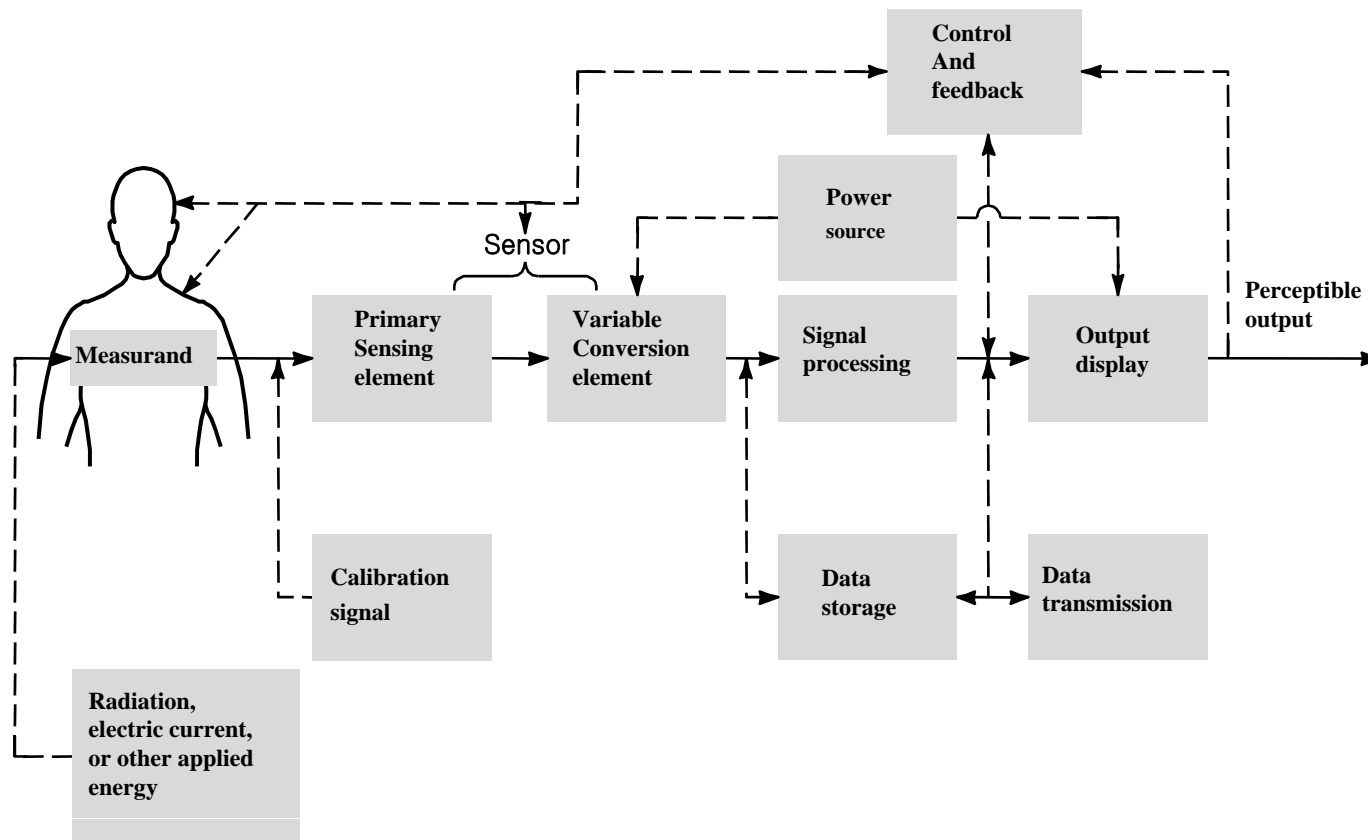
# 의용생체 신호 계측

## - 생체신호 계측 을 하기 위한 요구조건

- 각 생체부위의 생리학적 활동에서 발생하는 미약한 전위차(전기적 신호), 미약한 자기장, 압력의 변화, 유량의 변화등을 측정, 측정신호를 분석하여 각종 질병을 진단
- 고배율의 인스트루먼트 증폭을 위하여 연산증폭기가 사용된다
- 저주파 및 고주파 신호의 측정을 위해서 넓은 대역폭이 요구된다
- 공통모드 노이즈 제거를 위해 차동증폭이 요구된다
- 미세신호의 증폭을 위해 큰 입력 임피던스를 갖는 증폭소자를 사용
- 잡음문제를 해결하기 위해 심전도 및 다양한 생체 전기신호 측정기에서 차동 증폭 원리를 사용한다
- 인스트루먼트 앰프는 차동증폭기의 공통모드 노이즈 제거특성은 그대로 유지하면서 입력 임피던스를 높인 계측 전용 증폭회로 가 필요

# 일반적인 계측 시스템

## Measurand





# 계측 시스템

---

- **측정대상 (Measurand)**
  - 시스템이 측정하는 물리적 양, 성질 또는 조건 등
  - **측정대상위치**: 신체내부(예:혈압), 신체표면(예:심전도), 신체로부터 발생(예:적외선), 신체로부터 분리된 생체조직(예:혈액, 생체조직검사)
  - **측정값의 종류**: 생체 전위, 압력, 유량, 크기, 변위, 임피던스, 화학 농도,...
- **센서**
  - 변환기[transducer]:한 종류의 에너지를 다른 종류의 에너지로 변환시켜 주는 기기
  - 센서:물리적 **[화학적]**측정량 → 전기적 출력으로 변환
  - 주요요소:
    - 측정위치에서 발생하는 에너지 형태에만 반응.
    - 생체로부터 획득하는 에너지를 최소화시켜야 함.
    - 생체신호 획득 시 고통과 해로움을 최소화 시켜야 함
    - 주 감각 요소 (측정량을 감지하는 주요부) –ex, strain gage



# 계측 시스템

---

## ■ 신호처리

- 아날로그 증폭(pre-amp & amp), 필터링, 센서와 표시장치의 단순 임피던스 정합, A/D 변환, DSP 등

## ■ 출력 표시

- 사용자가 인지할 수 있는 형태로 표시

- 시각

- 수치적 또는 시각적(graph)
- 이산적 또는 연속적
- 영구적 또는 일시적

- 청각:도플러 초음파 신호

- 인간공학적 지침, 의료기기 설계를 위한 관습적 사용법

## ■ 보조요소

- 교정신호:센서입력 혹은 신호처리과정 초기에 인가하여 신호교정
- Control & feedback:신호측정, 처리, 표시등을 위한 제어 및 궤환
- 저장, 전송



# 여러 가지 동작 방식

## ■ 직접 - 간접 방식

- 직접측정 : 측정대상에 센서를 쉽게 부착하여 측정
- 간접측정 : 측정대상 접근 불가능→
  - 측정대상과 연관성이 있는 다른 측정대상을 측정
    - 심박출량 (cardiac output, CO): 호흡과 혈액가스 농도 또는 염료희석법
  - 측정대상과 반응하여 새로운 측정량을 발생시킬 수 있는 에너지나 재료 이용.
    - X-선을 이용한 인체 내부 구조의 영상화
    - 폐활량 측정: 흉부 임피던스 체적 변동 기록계[Plethysmograph]

## ■ 표본화 측정 및 연속 측정

- 표본측정 : 측정대상이 천천히 변화하는 경우→온도, 이온농도 등
- 연속측정 : 심전도 혹은 호흡가스 흐름 등과 같은 경우
- 측정대상의 주파수 성분(온도(표본화) 또는 ECG(연속적))
- 측정 목적/ 환자의 상태 /의사의 환자 진료에 관한 권리에 따라 방식을 결정.



# 여러 가지 동작 방식

## ■ 발생 및 변조 센서

- **발생 센서**: 신호의 출력을 측정대상으로부터 취한 에너지로부터 만들어냄(예: **광전지** (photovoltaic cell) => 외부로부터 에너지 유입 없이 입사 광량에 의한 센서출력 결정)
- **변조 센서**: 센서의 출력을 변화시키는 방법으로 외부로부터의 에너지의 흐름을 변형시키기 위해 측정대상을 이용함(예: **광도전성 소자(photoconductive cell)** => 입사량에 따른 저항변화 측정을 위해 별도의 에너지원이 필요)

## ■ 아날로그와 디지털 방식

- 아날로그: 연속적이며 동적범위 내에서 임의의 값을 지님
- 디지털: 이산적이며 유한개의 다른 값으로 나타냄
  - 정확성, 재현성, 신뢰성, 잡음에 대한 면역성, 반복적인 교정의 불필요, 출력의 편리성
- 신호변환: ADC와 DAC

## ■ 실시간과 지연시간 방식

- 짧은 지연시간 => 실시간 측정(예: 심전도 신호 측정..)
- 긴 지연시간 => 지연시간 측정(예: 세포배양 등)

## 의학적 측정의 제한조건들(Medical measurement Constraints)

매개변수 또는 측정방법	측정범위	주파수범위	기본 센서 또는 방법
심탄도(BCG)	0-7 mg	dc-40	가속계, 스트레인게이지
	0-100 $\mu\text{m}$	dc-40	변위(LVDT)
방광압	1-100cmH <sub>2</sub> O	dc-10	스트레인게이지 압력계
<b>혈류</b>	<b>1-300ml/s</b>	<b>dc-20</b>	<b>혈류계(전자기식, 초음파식)</b>
혈압			
직접(동맥압)	10-400mmHg	dc-50	스트레인게이지 압력계
간접	25-400mmHg	dc-60	커프, 청진 스트레인게이지
(정맥압)	0-50mmHg	dc-50	
혈액가스			
PO <sub>2</sub>	30-100mmHg	dc-2	전용전극(용적식, 압력식)
PCO <sub>2</sub>	40-100mmHg	dc-2	전용전극(용적식, 압력식)
PN <sub>2</sub>	1-3mmHg	dc-2	전용전극(용적식, 압력식)
PCO	0.1-0.4mmHg	dc-2	전용전극
혈액산도	6.8-7.8pH units	dc-2	전용전극
심박출량	4-25 liters/min	dc-20	색소 희석법, 혈류계
심전도(ECG)	0.5-4mV	0.01-250	피부전극
뇌전도			
(EEG)	5-300 $\mu\text{V}$	dc-150	두피전극
(피질뇌파)	10-5000 $\mu\text{V}$	dc-150	뇌표면, 또는 삼입 전극
위근전도(EGG)	10-1000 $\mu\text{V}$	dc-1	피부표면 전극
	0.5-80mV	dc-1	위 표면전극



## 의학적 측정의 제한조건들(Medical measurement Constraints)

매개변수 또는 측정방법	측정범위	주파수범위	기본 센서 또는 방법
근전도	0.1-5mV	dc-10,000	침전극
안구전위			
EOG	50-3500 $\mu$ V	dc-50	접촉전극
ERG	0-900 $\mu$ V	dc-50	접촉전극
전류피부저항(GSR)	1-500k $\Omega$	0.01-1	피부전극
위산도	3-13pH units	dc-1	산도 전극
위장압	0-100cm H <sub>2</sub> O	dc-10	스트레인게이지 압력계
위장력	1-50g	dc-1	변위시스템, LVDT
신경전위	0.01-3mV	dc-10,000	표면 또는 침전극
심음도(PSG)	동적범위 80dB	5-2000	마이크로폰
	문턱치 100 $\mu$ Pa		
체적변화도	측정기관에 따라 변화함	5-2000	변위측정 방, 임피던스 변화
(용적 변화)			
혈관계	0-30ml	dc-30	변위측정 방, 임피던스 변화
호흡기능			
호흡속도 묘사기	0-600 liters/min	dc-40	전용헤드와 차동 압력
호흡율	2-50 breaths/min	0.1-10	흉곽용 스트레인게이지,
			임피던스, 비강 온도계
폐활량	50-1000ml/breath	0.1-10	위와 동일
체온	32-40 °C	dc-0.1	온도계, 열전대쌍
	90-104 °F		



# 의학적 측정의 제한조건들

- 측정량의 **크기는 작으며**( $\mu V$ , 혹은  $mV$ ), **낮은 주파수 성분**(DC 혹은 가청주파수범위)  
=>의료기기 설계 시 제약을 받음
- 측정대상에 센서 접속 시 인체에 손상을 주므로 측정이 어려운 경우가 많음=>측정기간 동안 생체 활동을 정지시키고 그 일부분을 분리하기가 불가능하고**[예:심박출량 측정]** 센서의 크기가 실제 측정을 어렵게 하기도 함.
- 변수의 변동 : 시간 및 피 검사 간의 고유한 변동이 있음
- 측정신호는 생체시스템 내의 많은 피드백 루프에 의한 상호연계작용임.
  - 데이터에 대한 통계 & 확률처리를 이용
- **외부 공급 에너지에 대한 안전기준 고려** (X-선 촬영기, 초음파 진단기..)
  - 조직의 온도상승 고려(가역적인 생리적 변화), 생체조직피해
- 의료 기기의 추가적인 제한요소
  - 신뢰성 / 쉬운 작동성 / 물리적 견고성/ 여러 종류의 화학적 물질에 대한 안전성을 유지.

# Questions ?

