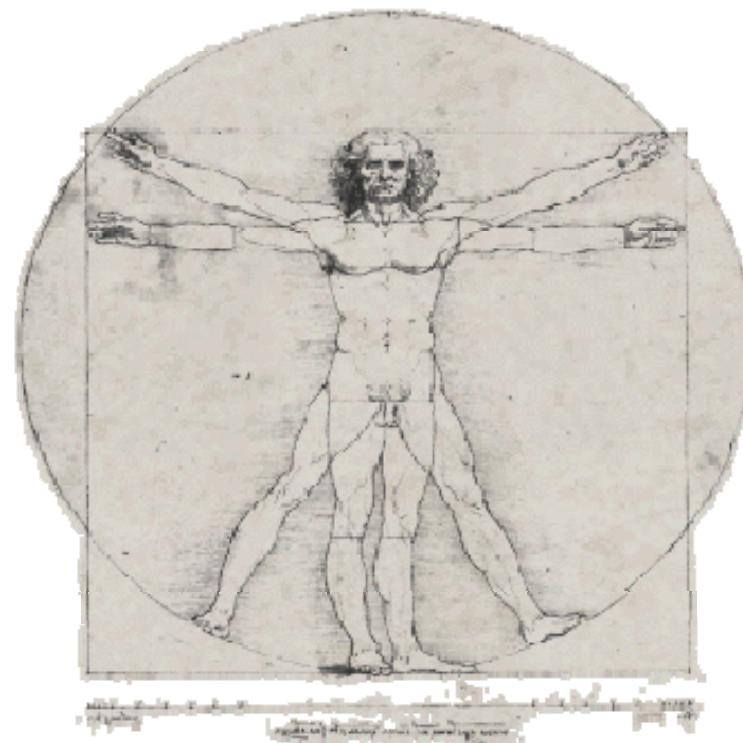
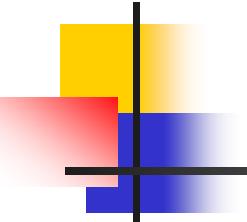


# Biomedical Engineering





# Index

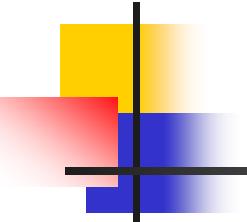
---

- **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

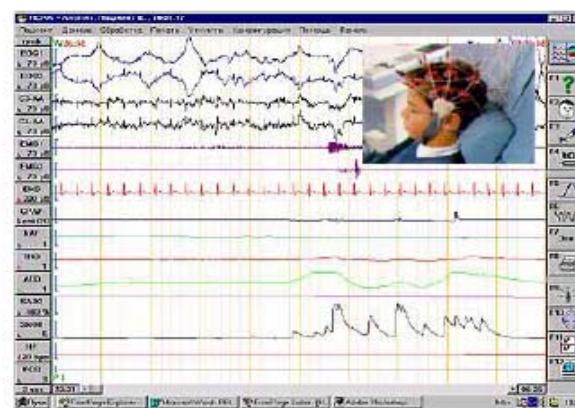
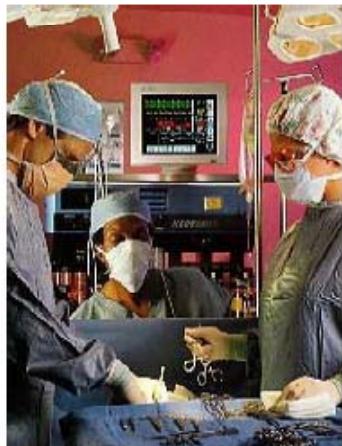
# Biomedical Signal Processing

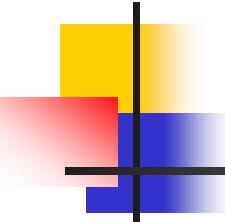




# 생체신호처리

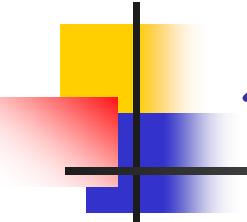
- ⌘ 생체에서 발생하는 신호를 검출, 처리 및 분석하여
- ⌘ 진단에 유용한 정보 제공
- ⌘ 전기적인 신호(심전도, 뇌파 등)
- ⌘ 기계적인 신호(혈류속도, 유량 등)
- ⌘ 생화학적인 변수 (산소포화도, pH등)
- ⌘ 의료기기 형태로 의학의 임상 분야에 사용





# 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

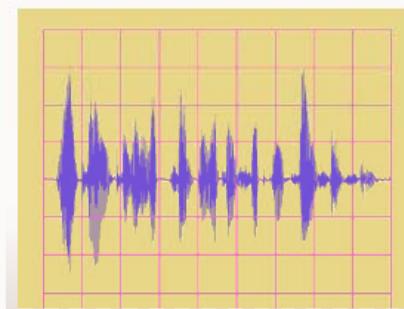


# 생체신호처리

## - What is Bio-signal Processing?

✓ **Digital Signal Processing:**

Processing/Analysis of digitized signals



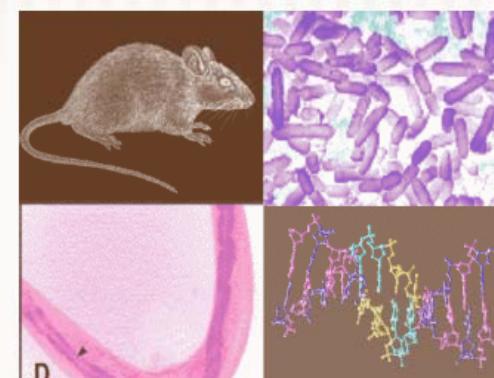
✓ **Genomic Signal Processing:**

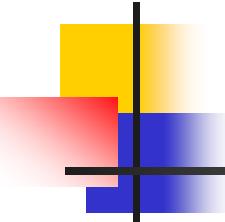
Signals are DNA



✓ **Biological Signal Processing:**

Signals are DNA, protein amounts,  
protein movement

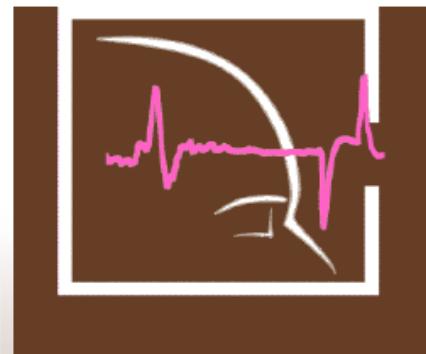




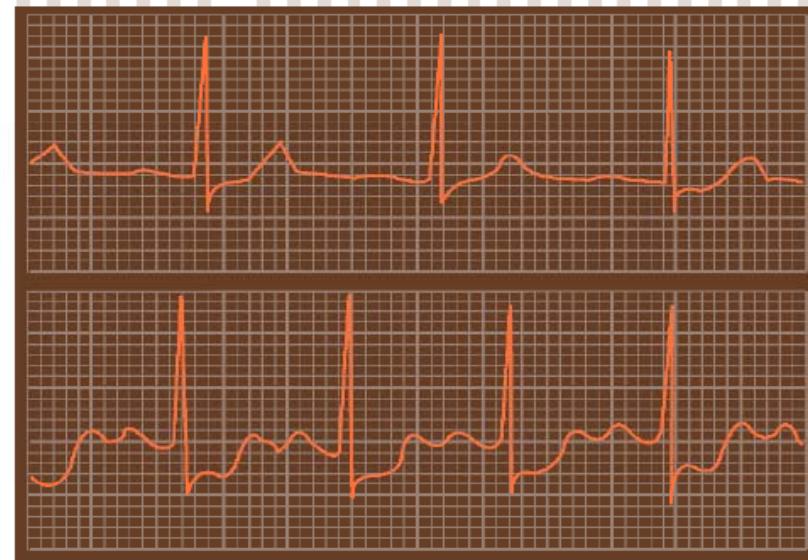
# 생체신호처리

- Others types of bio-signals, not covered

✓ EEG, ECG

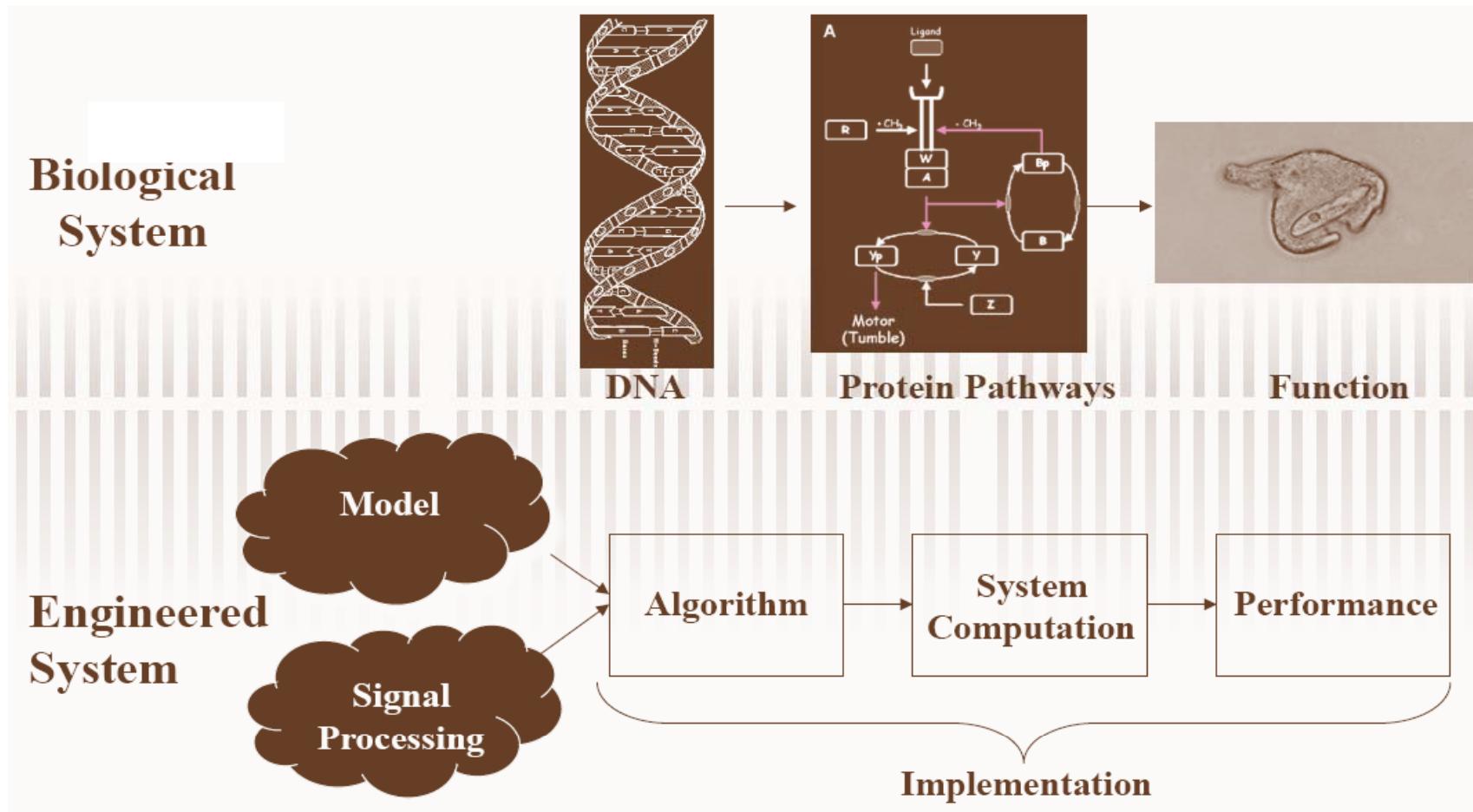


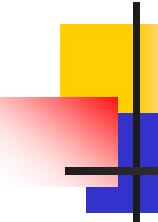
✓ Cell Signaling



# 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

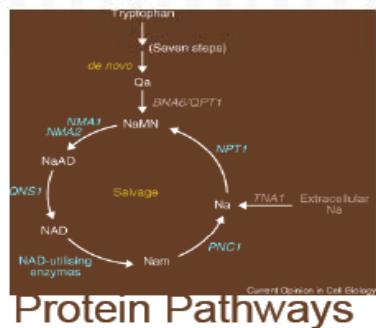
## - Historical Understanding of Biology



Function



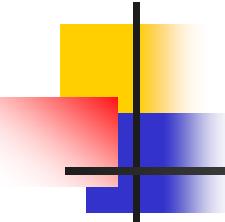
DNA



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

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

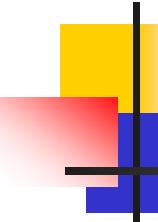
Feedback Regulation in Metabolism: 1957  
(Umbarger, Brown) (Yates, Pardee)  
1970's: major breakthroughs



# 생체신호처리

## - 생체전기현상이란?

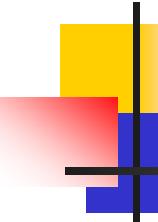
- 피부표면에 형성되는 전위(**Electric Potential**)의 근원은 몸의 각 기능을 담당하는 뉴런에서의 세포막을 투과해 지나가는 이온들에 의해 발생하는 전류이다
- 이들 신경조직들은 전도성 매질에 둘러싸여 있기 때문에 조직에서 발생한 전류는 피부표면에까지 형성되어 몸의 법칙에 의해 전위가 나타난다
- 뇌세포에 근원이 있는 것을 뇌전도(**EEG**), 심장에 근원이 있는 것을 심전도(**ECG**), 근육에서 발생하는 것을 근전도(**EMG**)라고 한다. 이 밖에도 **ERG(ElectroRetinoGraph)** 등 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 발생된 활동전위가 신경을 통해 전달됨으로서 이루어진다
- 신경·근육세포의 흥분으로 말미암은 세포막의 일시적인 전위변화 혹은 동작전위
- 활동전위의 전달은 인접한 부위의 세포를 흥분시켜서 이 흥분의 세기가 활동전위 문턱치보다 크면 새로운 활동전위가 발생되어 인접부위의 세포로 전달된다



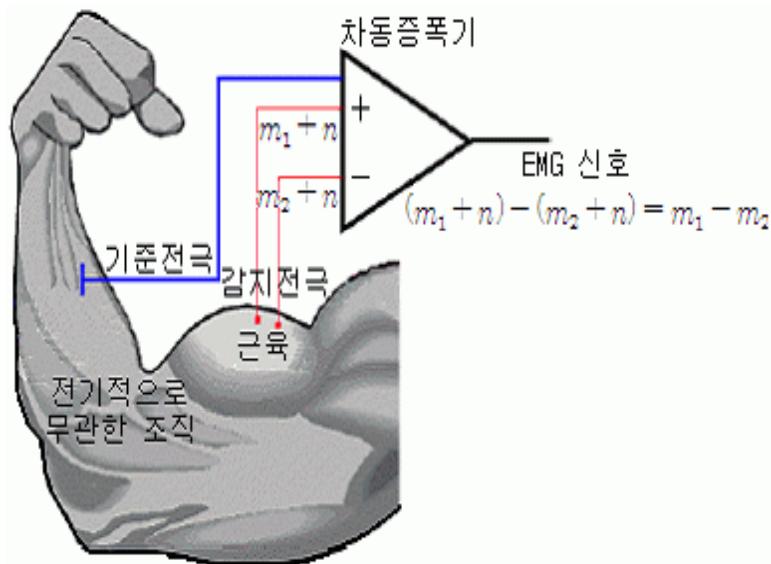
# 생체신호처리

## - 생체전기현상의 특성

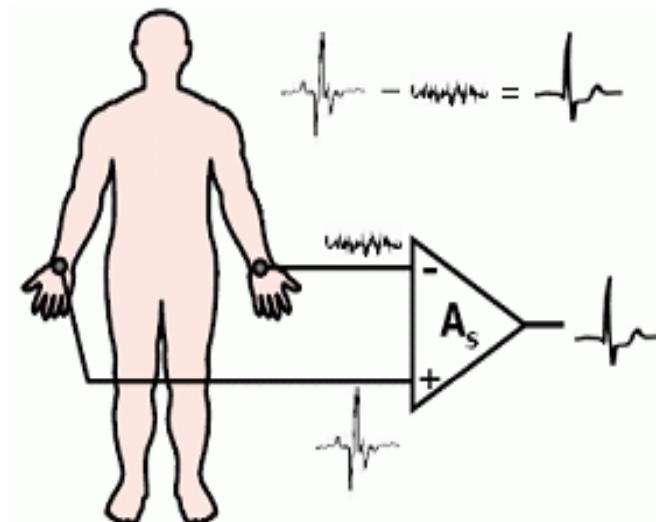
- 생체전기신호는 아날로그 전기신호로서 대부분 저전력, 고잡음비, 미세신호의 특성을 가지고 있으므로, 연산, 증폭 및 필터링 등의 각종 아날로그 신호처리과정이 필요하다
- 생체신호의 측정 시 잡음의 영향을 제거하고 원하는 신호성분만을 추출하기 위하여 차동 증폭회로를 사용
- 차동 증폭기: 두 입력신호 차이를 증폭, 공통모드 노이즈 제거특성 양호, 낮은 입력 임피던스 때문에 입력신호 왜곡발생, 따라서 인스트루먼트 앰프 사용

# 생체신호처리

## - 예) 생체신호의 증폭



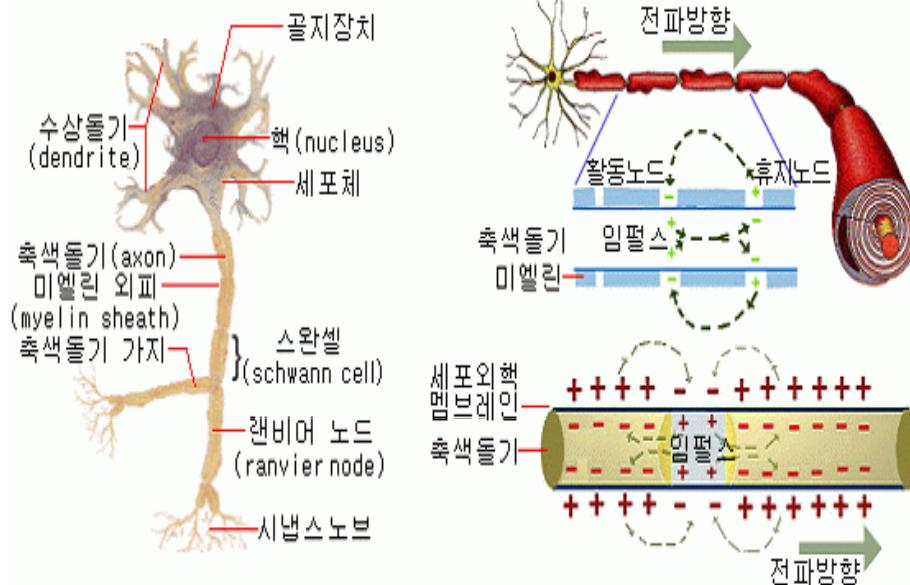
연산증폭회로를 사용한 EMG 계측회로



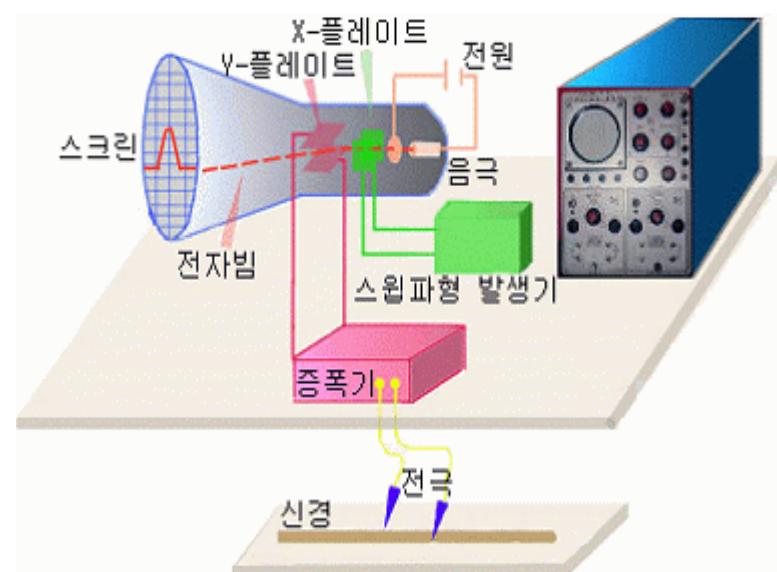
생체전기증폭기

# 생체신호처리

## - 생체전기신호의 전달 개념도



신경세포의 구조와 활동전위의 전파



활동전위 측정 시스템

# 생체신호처리

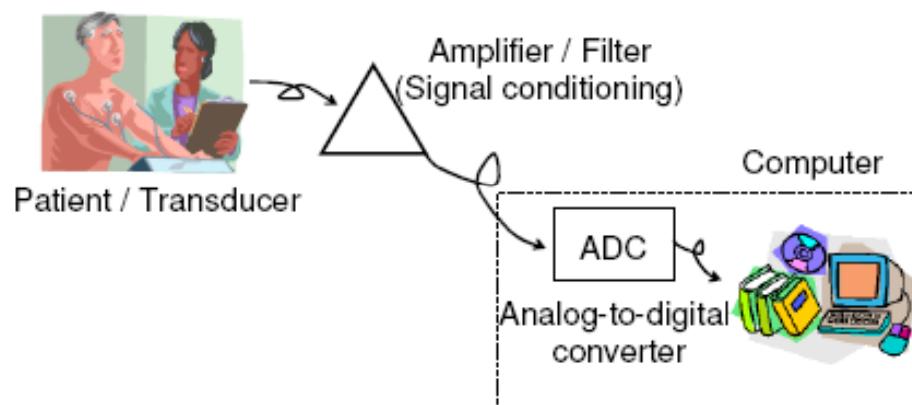
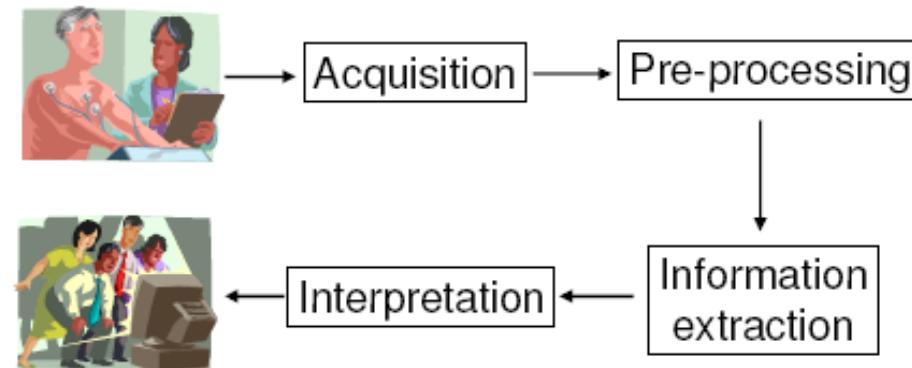
## - 생체신호의 검출

- 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

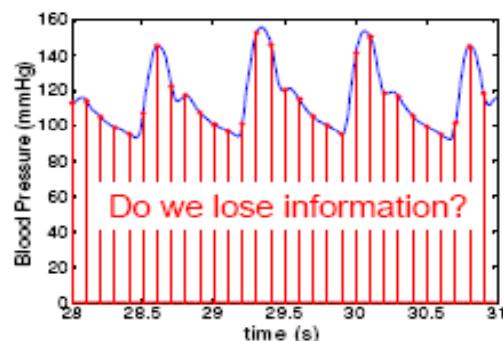


# 생체신호처리

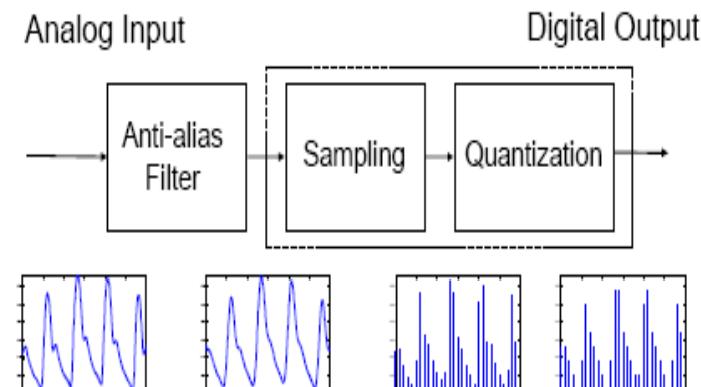
## - 생체신호처리 기본 처리방법

### Digital Signals

What are digital signals?

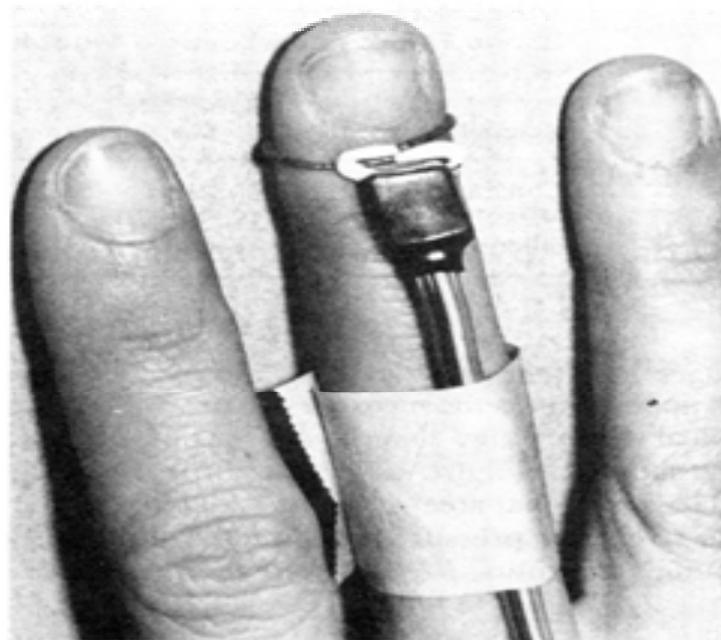


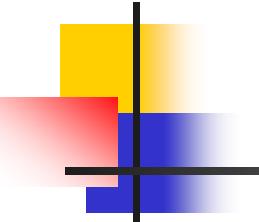
### Analog-to-Digital (A/D) conversion



# 의용생체 신호 계측

## (Biomedical Signal Measurement)

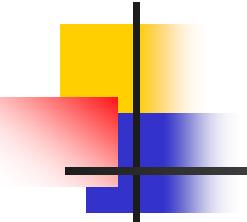




# 의용생체 신호 계측

## - 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(ECG와 EEG)은 의공학에서 매우 중요한 분야를 차지한다



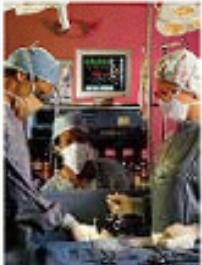
# 의용생체 신호 계측

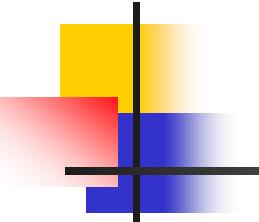
## - 생체신호 계측 기술(Bio-Signal Measurement)의 분류

- 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
			



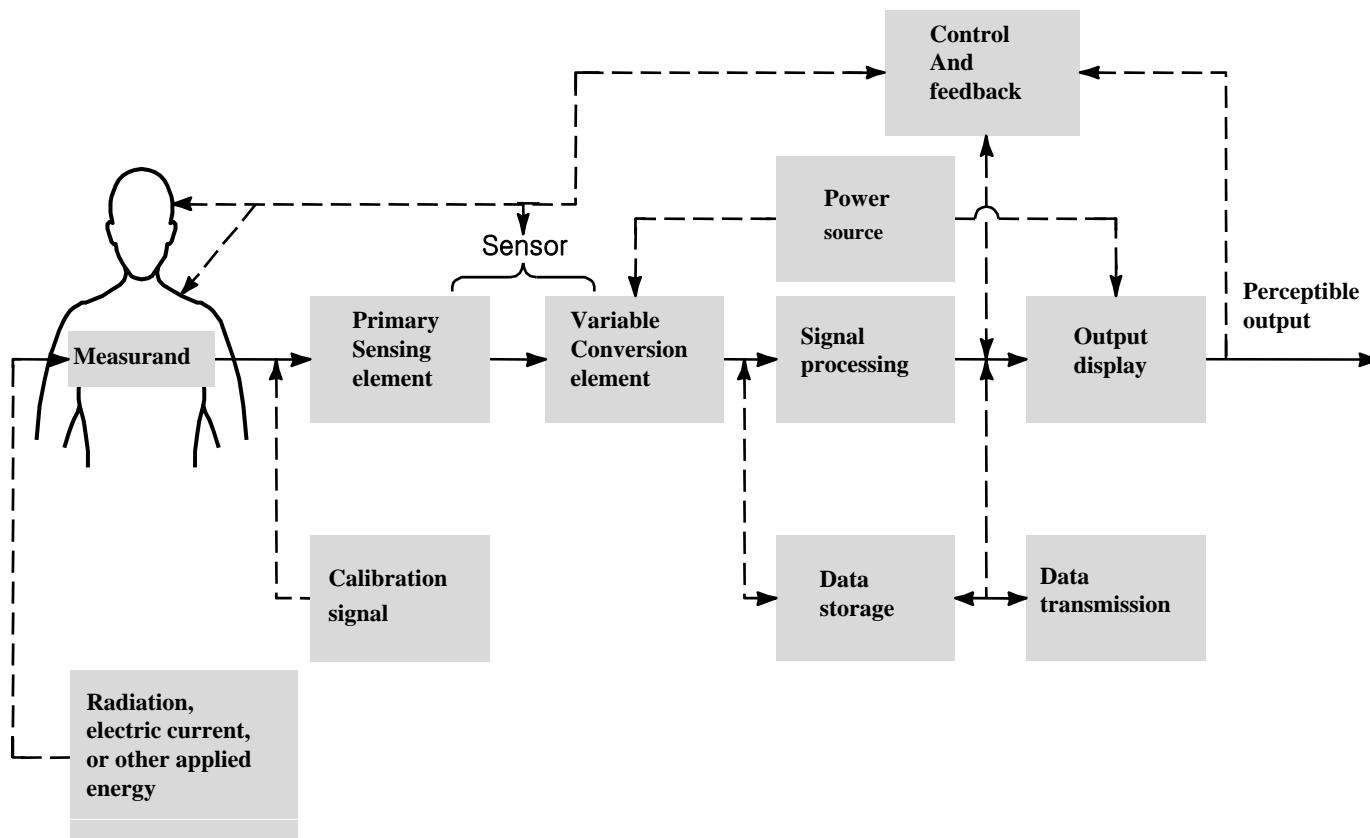
# 의용생체 신호 계측

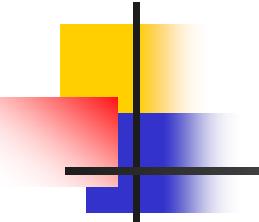
## - 생체신호 계측을 하기 위한 요구조건

- 각 생체부위의 생리학적 활동에서 발생하는 미약한 전위차(전기적 신호), 미약한 자기장, 압력의 변화, 유량의 변화 등을 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 증폭회로가 필요

# 일반적인 계측 시스템

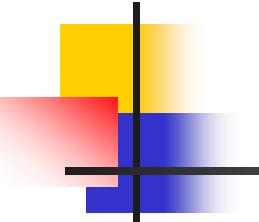
## Measurand





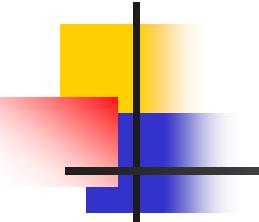
# 계측 시스템

- 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

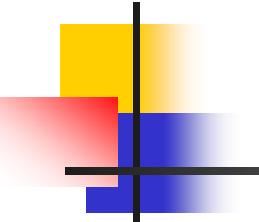
- 신호처리
  - 아날로그 증폭[pre-amp & amp], 필터링, 센서와 표시장치의 단순 임피던스 정합, A/D 변환, DSP 등
- 출력 표시
  - 사용자가 인지할 수 있는 형태로 표시
    - 시각
      - 수치적 또는 시각적(graph)
      - 이산적 또는 연속적
      - 영구적 또는 일시적
    - 청각:도플러 초음파 신호
    - 인간공학적 지침, 의료기기 설계를 위한 관습적 사용법
- 보조요소
  - 교정신호:센서입력 혹은 신호처리과정 초기에 인가하여 신호교정
  - Control & feedback:신호측정, 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

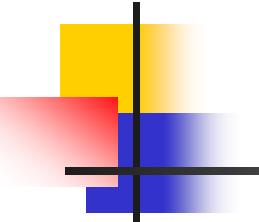
- **발생 및 변조 센서**
  - **발생 센서**: 신호의 출력을 측정대상으로부터 취한 에너지로부터 만들어냄(예:광전지 (photovoltaic cell)=> 외부로 부터 에너지 유입 없이 입사 광량에 의한 센서출력 결정)
  - **변조 센서**: 센서의 출력을 변화시키는 방법으로 외부로부터의 에너지의 흐름을 변형시키기 위해 측정대상을 이용함(예:광도전성 소자(photoconductive cell)=>입사량에 따른 저항변화 측정을 위해 별도의 에너지원이 필요)
- **아날로그와 디지털 방식**
  - 아날로그: 연속적이며 동적범위 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 자연시간 방식**
  - 짧은 자연시간 ⇒ 실시간 측정(예:심전도 신호 측정..)
  - 긴 자연시간 ⇒ 자연시간 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 $\mu$ m	dc~40	변위(LVDT)
방광압	1~100cmH <sub>2</sub> O	dc~10	스트레인게이지 압력계
혈류	1~300mL/s	dc~20	혈류계(전자기식, 초음파식)
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 $\mu$ V	dc~150	두피전극
(피질뇌파)	10~5000 $\mu$ V	dc~150	뇌표면, 또는 삽입 전극
위근전도(EGG)	10~1000 $\mu$ 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	50–3500µV	dc–50	접촉전극
ERG	0–900µV	dc–50	접촉전극
전류피부저항(GSR)	1–500kΩ	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 100µPa		
체적변화도	측정기관에 따라 변화함	5–2000	변위측정 방, 임피던스 변화
(용적 변화)			
혈관계	0–30ml	dc–30	변위측정 방, 임피던스 변화
호흡기능			
호흡속도 무사기	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 검자 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 ?

