



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년09월12일
(11) 등록번호 10-1656740
(24) 등록일자 2016년09월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 5/021 (2006.01) A61B 5/00 (2006.01)
A61B 5/024 (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61B 5/021 (2013.01)
A61B 5/024 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0049758
(22) 출원일자 2015년04월08일
심사청구일자 2015년04월08일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020020002450 A
KR1020120058243 A

(73) 특허권자
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
김동주
서울특별시 강남구 압구정로29길 57, 82동 1106호 (압구정동, 현대아파트)
(74) 대리인
특허법인엠에이피에스

전체 청구항 수 : 총 11 항

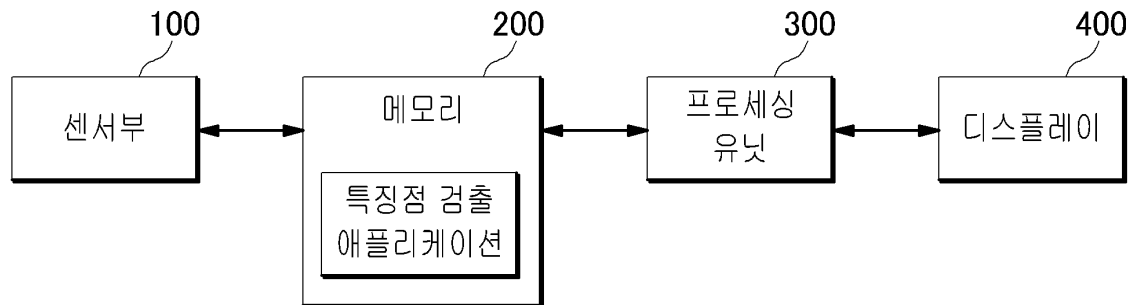
심사관 : 최석규

(54) 발명의 명칭 동맥 혈압 파형의 특징점 검출 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 동맥혈압 파형의 특징점 검출 장치 및 방법에 관한 것으로서, 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점 검출 방법은 피크(peak) 및 골(trough)을 탐색하는 단계; 피크와 이웃하는 피크 사이의 시간 간극 및 평균 압력값을 기초로 하여 수축 피크(Systolic peak)를 검출하는 단계; 수축 피크 직전의 골을 기준으로 파형의 시작점(Pulse onset)을 검출하는 단계; 수축피크의 크기 및 측정 시간을 기초로 중복 맥박 패임(Dicrotic notch)의 후보를 추출하는 단계; 중복 맥박 패임의 후보 중 최소 압력값을 가지는 지점을 중복 맥박 패임으로 검출하고, 중복 맥박 패임을 기초로하여 중복 피크(Dicrotic peak)를 검출하는 단계; 및 검출된 중복 맥박 패임을 정상 맥박 패임(Normal notch) 또는 변성 맥박 패임(Transient notch)으로 구분하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

A61B 5/7271 (2013.01)

A61B 5/7445 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

동맥 혈압 파형의 특징점 검출 방법에 있어서,

피크(Peak) 및 골(Trough)을 탐색하는 단계;

피크와 이웃하는 피크사이의 시간 간극 및 평균 압력값을 기초로 하여 수축 피크(Systolic peak)를 검출하는 단계;

상기 수축 피크 직전의 골을 기준으로 파형의 시작점(Pulse onset)을 검출하는 단계;

상기 수축피크의 크기 및 측정 시간을 기초로 중박 맥박 패임(Dicrotic notch)의 후보를 추출하는 단계;

상기 중박 맥박 패임의 후보 중 최소 압력값을 가지는 지점을 중박 맥박 패임으로 검출하고, 상기 중박 맥박 패임을 기초로하여 중박 피크(Dicrotic peak)를 검출하는 단계; 및

상기 검출된 중박 맥박 패임을 정상 맥박 패임(Normal notch) 또는 변성 맥박 패임(Transient notch)으로 구분하는 단계를 포함하고,

상기 검출된 중박 맥박 패임을 정상 맥박 패임 또는 변성 맥박 패임으로 구분하는 단계는,

상기 중박 맥박 패임과 중박 피크 사이의 압력 값이 상기 수축 피크의 크기보다 미리 정해진 비율만큼 클 경우, 상기 중박 맥박 패임을 정상 맥박 패임으로 분류하고,

상기 중박 맥박 패임과 중박 피크 사이의 압력 값이 상기 수축 피크의 크기보다 미리 정해진 비율보다 작을 경우, 상기 중박 맥박 패임을 변성 맥박 패임으로 분류하는 동맥 혈압 파형의 특징점 검출 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 수축 피크를 검출하는 단계는

임의의 시간 동안 동맥 혈압 파형의 최댓값과 평균값을 산출하는 단계;

수축 피크의 후보를 추출하는 단계;

상기 수축 피크 후보들의 평균 시간 간극 및 평균 압력값을 산출하는 단계 및

상기 평균 시간 간극 및 평균 압력 값에 기초하여 수축 피크를 검출하는 단계를 포함하는 동맥 혈압 파형의 특징점 검출 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 평균 시간 간극 및 평균 압력 값에 기초하여 수축 피크를 검출하는 단계는

수학식 1 및 수학식 2를 동시에 만족하는 피크를 수축 피크로 검출하는 것인 동맥 혈압 파형의 특징점 검출 방법.

[수학식 1]

$$| \text{mean}P_j - P_j | < \text{mean}P_j * 0.15$$

[수학식 2]

$$| \text{mean}V_j - V_j | < \text{mean}V_j * 0.15$$

여기서, V_j 는 j 번째 피크에 대하여 바로 직전($j-1$ 번째)의 피크와의 시간 간극을 나타내며, $\text{mean}V_j$ 은 평균 시간 간극, $\text{mean}P_j$ 은 평균 압력값, P_j 는 j 번째 피크에 대한 측정 압력값을 나타냄.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 정상 맥박 패임 및 변성 맥박 패임의 발생 빈도를 분석하여, 뇌 손상 환자의 예후를 자동으로 예측하는 단계를 더 포함하는 동맥 혈압 파형의 특징점 검출 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 파형의 시작점에서 상기 중복 맥박 패임까지의 지연 시간 또는 상기 수축 피크에서 상기 중복 맥박 패임까지의 지연 시간을 산출하여 뇌 손상 환자의 예후를 자동으로 예측하는 단계를 더 포함하는 동맥 혈압 파형의 특징점 검출 방법.

청구항 7

동맥 혈압 파형의 특징점 검출 장치에 있어서,

동맥 혈압 파형의 특징점 검출 애플리케이션이 저장된 메모리부, 및

상기 특징점 검출 애플리케이션과 인터페이싱 하도록 정렬된 프로세싱 유닛을 포함하되,

상기 프로세싱 유닛은 상기 특징점 검출 애플리케이션의 실행에 따라,

동맥 혈압 파형을 센서부로부터 수신하고 상기 수신된 동맥 혈압 파형 신호를 디지털 데이터로 변환하여 메모리부에 저장하며,

상기 동맥 혈압 파형에서 피크(Peak) 및 골(Trough)을 탐색하고,

피크와 이웃하는 피크 사이의 시간 간극 및 평균 압력값을 기초로 하여 수축 피크(Systolic peak)를 검출하고, 상기 수축 피크(Systolic peak) 직전의 골을 기준으로 파형의 시작점(Pulse onset)을 검출한 후,

상기 수축 피크의 크기 및 측정 시간을 기초로 중복 맥박 패임(Dicrotic notch)의 후보를 추출하여, 상기 중복 맥박 패임의 후보 중 최소 압력값을 가지는 지점을 중복 맥박 패임으로 검출하고,

상기 중복 맥박 패임을 기초로하여 중복 피크(Dicrotic peak)를 검출한 후, 상기 검출된 중복 맥박 패임을 정상 맥박 패임(Normal notch) 또는 변성 맥박 패임(Transient notch)으로 구분하고,

상기 중복 맥박 패임과 중복 피크 사이의 압력 값이 상기 수축 피크의 크기보다 미리 정해진 비율만큼 클 경우, 상기 중복 맥박 패임을 정상 맥박 패임으로 분류하고,

상기 중복 맥박 패임과 중복 피크 사이의 압력 값이 상기 수축 피크의 크기보다 미리 정해진 비율보다 작을 경우, 상기 중복 맥박 패임을 변성 맥박 패임으로 분류하는 동맥 혈압 파형의 특징점 검출 장치.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 동맥 혈압 파형을 검출하는 센서부 및

상기 검출된 동맥 혈압 파형 및 상기 검출된 파형의 시작점, 수축 피크, 중복 맥박 패임 및 중복 피크를 실시간으로 표시하는 디스플레이를 더 포함하는 동맥 혈압 파형의 특징점 검출 장치.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 디스플레이는

정상 맥박 패임 또는 변성 맥박 패임을 색으로써 구분하여 표시하는 것인 동맥혈압 파형의 특징점 검출 장치.

청구항 10

삭제

청구항 11

제 7 항에 있어서,

상기 프로세싱 유닛은

임의의 시간 동안 동맥 혈압 파형의 최대값과 평균값을 산출하고,

수축 피크의 후보를 추출하여, 상기 수축 피크 후보들의 평균 시간 간극 및 평균 압력값을 산출한 후, 상기 평균 시간 간극 및 평균 압력 값에 기초하여 수축 피크를 검출하는 것인 동맥 혈압 파형의 특징점 검출 장치.

청구항 12

제 7 항에 있어서,

상기 프로세싱 유닛은

수학식 3 및 수학식 4를 동시에 만족하는 피크를 수축 피크로 검출하는 것인 동맥 혈압 파형의 특징점 검출 장치.

[수학식 3]

$$| \text{mean}P_j - P_j | < \text{mean}P_j * 0.15$$

[수학식 4]

$$| \text{mean}V_j - V_j | < \text{mean}V_j * 0.15$$

여기서, V_j 는 j번째 피크에 대하여 바로 직전의 피크와의 시간 간극을 나타내며, $\text{mean}V_j$ 은 평균 시간 간극, $\text{mean}P_j$ 은 평균 압력값, P_j 는 j 번째 피크에 대한 측정 압력값을 나타냄.

청구항 13

제 1 항, 제 3 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점 검출 방법을 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 동맥 혈압 파형의 특징점 검출 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 동맥 혈압(Arterial Blood Pressure, ABP) 파형은 임상에서 사용되는 주요 변수 중의 하나로, 심장 박동 수나 울동, 동맥혈관의 경직 정도와 같은 심혈관계 정보를 제공한다. 또한, 동맥 혈압 파형을 통해 심박출량(cardiac output), 동맥 유연성(arterial compliance), 및 말초 혈관 저항(peripheral resistance) 같은 심혈관계 질환의 파라미터(parameter)를 얻을 수 있다.

[0003] 특히, 울혈 심부전증(congestive heart failure), 대동맥 부전(aorta insufficiency), 및 대동맥 협착증(aorta stenosis)과 같은 질병들은 특징적인 동맥 혈압 파형을 가진다. 따라서 동맥 혈압 파형을 면밀히 모니터링(monitoring)하는 것은 환자를 정확히 진단하고 환자에게 적절한 처치를 취할 수 있게 하며, 환자의 결과

(outcome) 및 예후(prognosis)를 평가하는 데 도움이 된다.

- [0004] 상술한 바와 같이, 동맥 혈압 파형은 혈액 순환과 밀접하게 연관되어 있으며, 동맥 혈압 파형의 분석은 심장의 상태를 진단하는 목적으로 활발히 활용되어 왔다. 그러나 동맥 혈압 파형은 심혈관계에 관한 정보뿐만 아니라 뇌 혈관계에 관한 다양한 정보 역시 반영하고 있다.
- [0005] 따라서, 뇌 손상 환자의 뇌허혈증(cerebral ischemia)과 같은 2차 뇌 손상의 위험에 대한 지표로 여겨지는 뇌관류압(cerebral perfusion pressure, CPP)의 경우, 평균 동맥 혈압 파형에서 두개내압(intracranial pressure, ICP)을 산술적으로 뺀 값으로 계산할 수 있다. 그럼에도 불구하고, 동맥 혈압 파형의 평균값을 이용하는 방법 외에 동맥 혈압 파형을 신경 병리학적 상태 진단에 활용하는 방안에 대한 연구는 현재까지 이루어지지 않고 있다.
- [0006] 뇌 혈관계의 상태를 측정하기 위한 기술 중 하나로서 뇌 혈류검사를 할 수 있는 경두개 도플러 초음파(Transcranial Doppler, TCD)가 널리 사용되고 있다. 경두개 도플러 초음파검사는 도플러(Doppler) 효과를 이용하여 혈류 속도를 측정하여 뇌 혈관계의 상태를 간접적으로 반영하는 지표를 제시한다. 그러나 뇌혈류검사는 검사를 위하여 프로브(probe)를 접촉해야 하며, 프로브의 접촉에 따른 초음파의 입사 각도에 의하여 측정값이 변화한다. 따라서 안정적으로 지속해서 모니터링 하는 데 어려움이 있다.
- [0007] 이와 관련하여, 일본공개특허공보 제2014-18272호(혈압계측 장치 및 중심 혈압 추정용 파라미터 교정 방법)는 혈압계측장치로 계측한 말초 동맥의 혈압 변화를 입력하는 입력부와 중추 동맥의 혈관지름 또는 혈관 단면적의 변화를 계측하는 혈관 단면 지표치 계측부와 일 심박기간에 있어서 혈관 단면 지표치와 말초 동맥의 혈압과의 관계가 혈관 단면 지표치와 중심 혈압과의 관계에 상당하는 소여의 상당 기간 사이의 혈압 계측 장치 및 혈관 단면 지표치 계측부의 계측 결과를 이용하고, 혈관 단면 지표치로부터 중심 혈압을 추정하는 혈압 추정 처리와 관련되는 파라미터를 교정하는 교정부를 포함하는 혈압 계측장치를 개시하고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명은 전술한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 동맥 혈압 파형에서 자동으로 특징점을 추출하는 방법을 제공하고자 한다.
- [0009] 다만, 본 실시예가 이루고자 하는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제들로 한정되지 않으며, 또 다른 기술적 과제들이 존재할 수 있다.

과제의 해결 수단

- [0010] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점 검출 방법은 피크(peak) 및 골(trough)을 탐색하는 단계; 피크와 이웃하는 피크 사이의 시간 간극 및 평균 압력값을 기초로 하여 수축 피크(Systolic peak)를 검출하는 단계; 수축 피크 직전의 골을 기준으로 파형의 시작점(Pulse onset)을 검출하는 단계; 수축피크의 크기 및 측정 시간을 기초로 중박 맥박 패임(Dicrotic notch)의 후보를 추출하는 단계; 중박 맥박 패임의 후보 중 최소 압력값을 가지는 지점을 중박 맥박 패임으로 검출하고, 중박 맥박 패임을 기초로하여 중박 피크(Dicrotic peak)를 검출하는 단계; 및 검출된 중박 맥박 패임을 정상 맥박 패임(Normal notch) 또는 변성 맥박 패임(Transient notch)으로 구분하는 단계를 포함한다.
- [0011] 또한, 본 발명의 다른 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점 검출 장치는 동맥 혈압 파형의 특징점 검출 애플리케이션이 저장된 메모리부 및 특징점 검출 애플리케이션과 인터페이싱하도록 정렬된 프로세싱 유닛을 포함한다. 이때, 프로세싱 유닛은 특징점 검출 애플리케이션의 실행에 따라, 동맥 혈압 파형을 센서부로부터 수신하고 수신된 동맥 혈압 파형 신호를 디지털 데이터로 변환하여 메모리부에 저장하며, 동맥 혈압 파형에서 피크(peak) 및 골(trough)을 탐색하고, 피크(peak)와 이웃하는 피크(peak)사이의 시간 간극 및 평균 압력값을 기초로 하여 수축 피크(Systolic peak)를 검출하고, 수축 피크(Systolic peak) 직전의 골을 기준으로 파형의 시작점(Pulse onset)을 검출한 후, 수축 피크의 크기 및 측정 시간을 기초로 중박 맥박 패임(Dicrotic notch)의 후보를 추출하여, 중박 맥박 패임의 후보 중 최소 압력값을 가지는 지점을 중박 맥박 패임으로 검출하고, 중박 맥박 패임을 기초로하여 중박 피크(Dicrotic peak)를 검출한 후, 검출된 중박 맥박 패임을 정상 맥박 패임(Normal notch) 또는 변성 맥박 패임(Transient notch)으로 구분한다.

발명의 효과

- [0012] 전술한 본 발명의 과제 해결 수단 중 어느 하나에 의하면, 자동으로 동맥 혈압 파형의 특징점을 검출함에 따라, 지속적이고 직접적인 동맥 혈압 파형의 모니터링이 가능하다.
- [0013] 또한, 검출된 특징점들의 신뢰성을 높이고 중복 맥박 패임을 정상 맥박 패임과 변성 맥박 패임으로 자동 분류함으로써, 임상 상황, 특히 뇌 손상 환자의 진단 및 예후를 빠르고 정확하게 예측하는 데 유용하게 사용할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0014] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점 검출 장치를 개략적으로 도시하고 있다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에서 고려되는 동맥 혈압 파형의 특징점을 도시하고 있다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점 검출 방법을 나타내는 순서도이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 수축 피크를 검출하는 방법을 상세히 설명하기 위한 순서도이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 형태학적인 특징점 검출 방법을 실제 임상 환자의 동맥혈압 파형에 적용한 실시 예이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0015] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0016] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0017] 이하 도면을 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점 검출 장치 및 방법에 대하여 상세히 설명하도록 한다.
- [0018] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점 검출 장치를 개략적으로 도시하고 있다.
- [0019] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점 검출 장치는 센서부(100), 메모리(200) 및 프로세싱 유닛(300), 디스플레이(400)를 포함한다. 이때 센서부(100) 및 디스플레이부(400)는 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점 검출 장치의 내부에 포함되거나 동맥 혈압 파형의 특징점 검출장치의 외부에 별도로 구비될 수 있다.
- [0020] 센서부(100)는 아날로그 증폭기(미도시됨) 및 디지털 컨버터(미도시됨) 등을 포함할 수 있으며, 동맥 혈압을 측정하여 디지털 신호로 변환할 수 있다.
- [0021] 메모리(200)에는 동맥 혈압 파형의 특징점 검출 애플리케이션이 저장될 수 있으며, 디지털 신호로 변환된 동맥 혈압 파형 데이터를 저장할 수 있다. 이때, 메모리(200)는 컴퓨터 판독 가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈 또는 기타 데이터와 같은 정보의 저장을 위한 임의의 방법 또는 기술로 구현된 휘발성 및 비휘발성, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 예를 들어, 메모리(200)는 ROM(Read Only Memory), RAM(Random Access Memory), 자기 테이프, 자기 디스크, 플래시 메모리, 광 데이터 저장장치, 콤팩트 플래시(compact flash; CF) 카드, SD(secure digital) 카드, 메모리 스틱(memory stick), 솔리드 스테이트 드라이브(solid-state drive; SSD) 및 마이크로(micro) SD 카드 등과 같은 낸드 플래시 메모리(NAND flash memory), 하드 디스크 드라이브(hard disk drive; HDD) 등과 같은 마그네틱 컴퓨터 기억장치 등을 포함할 수 있다.
- [0022] 프로세싱 유닛(300)은 특징점 검출 애플리케이션의 실행에 따라 메모리(200)에 저장된 동맥 혈압 파형 데이터에서 도함수를 도출하여 동맥 혈압 파형의 형태학적인 특징점을 검출한다
- [0023] 디스플레이(400)는 센서부(100)에 의하여 검출된 동맥 혈압 파형 및 검출된 동맥 혈압 파형의 특징점들을 실시

간으로 표시할 수 있으며, 각각의 특징점들을 색으로 구분하여 표시하는 것이 가능하다.

- [0024] 도 2는 본 발명의 일 실시예에서 고려되는 동맥 혈압 파형의 특징점을 도시하고 있다.
- [0025] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에서 고려되는 동맥 혈압 파형의 특징점은 파형의 시작점(10), 수축 피크(20), 중박 맥박 패임(30) 및 중박 피크(40)를 포함한다. 이러한 동맥 혈압 파형의 특징점은 혈액 순환과 밀접하게 연관되어 있다.
- [0026] 구체적으로 파형의 시작점(10)은 대동맥 판막(aorta valve)이 개방되는 시점과 관련이 있다. 또한, 수축 피크(systolic peak)(20)는 심실 내압이 동맥압을 넘어 반월판이 열려 혈액이 방출되는 것과 동맥의 파 반사(arterial wave reflection)를 반영하며, 중박 맥박 패임(dicrotic notch)(30)은 대동맥 판막의 폐쇄와 관련이 있다. 따라서 종래의 기술은 동맥 혈압(Arterial Blood Pressure, ABP) 파형을 분석하여 특징점을 검출하고, 이를 이용하여 심장의 상태를 진단하는 목적으로 활용되어 왔다. 그러나 동맥 혈압 파형은 수많은 잡음에 노출될 수 있으며, 호흡 또는 동맥 혈압의 측정 방법과 측정 부위에 따라서 파형의 형태가 쉽게 변화하기 때문에 특징점을 검출하는데 어려움이 따른다. 또한, 동맥 캐눌러(Cannula) 삽입을 통하여 지속적인 모니터링을 하는 과정에서 발생하는 방대한 양의 데이터를 임상 전문가가 직접 분석하는 데는 한계가 존재한다.
- [0027] 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점 검출 장치는 특징점 검출 애플리케이션의 실행에 따라 동맥 혈압 파형의 특징점을 자동으로 추출함으로써 지속적인 모니터링을 가능하게 한다. 또한, 자동으로 특징점을 검출함으로써 검출된 특징점의 신뢰성을 높이고, 중박 맥박 패임(30)을 정상 맥박 패임과 변성 맥박 패임으로 구분하여 임상 상황에서 특히 뇌 손상 환자의 진단 및 예후에 활용하는데 많은 이점을 제공한다.
- [0028] 이하, 도 3을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점 검출 장치의 특징점 검출 방법에 관하여 상세히 설명하기로 한다.
- [0029] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점 검출 방법을 나타내는 순서도이다.
- [0030] 도 3을 참조하면 동맥 혈압 파형의 특징점 검출 방법은 피크(peak) 및 골(trough)을 탐색하는 단계(s100); 수축 피크(Systolic peak)를 검출하는 단계(s200); 파형의 시작점(Pulse onset)을 검출하는 단계(s300); 중박 맥박 패임(Dicrotic notch)의 후보를 추출하는 단계(s400); 중박 맥박 패임과 중박 피크(Dicrotic peak)를 검출하는 단계(s500) 및 검출된 중박 맥박 패임을 정상 맥박 패임 또는 변성 맥박 패임으로 구분하는 단계(s600)를 포함한다.
- [0031] 먼저, 피크(peak) 및 골(trough)을 탐색하는 단계(s100)에서, 프로세싱 유닛(300)은 동맥 혈압 파형의 일차 도함수를 도출하고 도함수의 값이 영이 되는 지점, 즉 동맥 혈압 파형의 변곡점들을 피크 또는 골로 설정할 수 있다.
- [0032] 구체적으로, 동맥 혈압 파형의 i 번째 신호의 측정시간을 t_i , 측정 압력값을 P_i , 시간 t_i 에의 일차 도함수를 P'_i 라고 할 때, 프로세싱 유닛(300)은 $P'_{i-1} > 0$ 이고, $P'_i < 0$ 이 만족되는 변곡점에서 $p_{i-1} < p_i$ 일 경우, t_i 에 해당하는 지점들을 피크 점으로 설정한다. 또한, $p_{i-1} > p_i$ 일 경우, t_{i-1} 에 해당하는 지점들을 피크 점으로 설정한다.
- [0033] 한편, $P'_{i-1} < 0$ 이고, $P'_i > 0$ 이 만족되는 변곡점에서, $p_{i-1} > p_i$ 일 경우, 프로세싱 유닛(300)은 t_i 에 해당하는 지점들을 골 점으로 설정한다. 또한, $p_{i-1} < p_i$ 일 경우, t_{i-1} 에 해당하는 지점들을 골 점으로 설정한다.
- [0034] 상술한 단계에서 탐색된 피크 점들과 골 점들은 실제 임상적인 의미를 갖는 수축 피크(20)와 같은 특성 점들의 후보가 될 수 있다.
- [0035] 이어서, 수축 피크 (20)를 검출하는 단계(s200)에서, 앞선 단계(s100)에서 탐색된 피크 점들 중에서 수축 피크(20)를 검출한다. 이때, 본 발명의 일 실시예에 따른 수축 피크(20)를 검출하는 방법은 수축 피크(20)가 최대 기울기(maximum inflection) 이후에 나타나는 피크라는 가정에 의거한다.
- [0036] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 수축 피크를 검출하는 방법을 상세히 설명하기 위한 순서도이다.
- [0037] 도 4를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 수축 피크를 검출하는 단계(s200)는 임의의 시간 동안 최대값과 평균값을 산출하는 단계(s210); 수축 피크의 후보를 추출하는 단계(s220); 수축 피크의 후보들의 평균 시간 간극 및 평균 압력값을 산출하는 단계(s230); 및 수축 피크를 검출하는 단계(s240)를 포함한다.

- [0038] 먼저, 동맥 혈압 파형 분석의 초기에 임의의 시간 동안 동맥 혈압 파형의 최대값과 평균값을 산출한다(s210).
- [0039] 이어서, 수축 피크의 후보들을 추출하는 단계(s220)에서, 산출된 평균값을 초과하고 최대값에 가까운 피크들을 타임 윈도우(time window)에 수집한다. 이때, 타임 윈도우의 길이는 단계 (s210)에서 실행된 최대값과 평균값을 분석하는 임의의 시간에 의존한다. 일례로, 단계 s210에서 이전 3 초 내에 존재하는 파형에서 최대값 및 평균값의 분석을 실행한 후 수축 피크의 후보를 수집했다면, 타임 윈도우의 길이는 수집한 수축 피크의 후보가 늘어나면서 최소 3초에서 최대 30초의 범위를 가질 수 있다.
- [0040] 다음으로, 타임 윈도우 내에 수집된 피크들의 평균 시간 간극(mean V_j) 및 평균 압력값(mean P_j)을 산출한다(s230). 여기서 시간 간극(V_j)이란, 타임 윈도우 내에 수집된 j 번째 피크에 대하여, 바로 직전의 피크와의 시간 간극을 나타낸다.
- [0041] 이어서, 수축 피크들을 검출하는 단계(s240)에서, 타임 윈도우 내에서 구한 평균 시간 간극(mean V_j) 및 평균 압력값(mean P_j)을 바탕으로 수축 피크(systolic peak)를 검출한다. 구체적으로, 수축 피크(20)는 타임 윈도우 내에 추출된 수축 피크의 후보 중에서, $| \text{mean}P_j - P_j | < \text{mean}P_j * 0.15$ 인 동시에 $| \text{mean}V_j - V_j | < \text{mean}V_j * 0.15$ 를 만족하는 j 번째 피크들이 수축 피크(systolic peak)(20)로 선택된다.
- [0042] 다시 도 3을 참조하면, 파형의 시작점(Pulse onset)(10)을 검출하는 단계(s300)에서, 도함수의 최대 기울기 이전에 나타나는, 즉 수축 피크(20)의 직전에 존재하는 골 점들을 파형의 시작점으로 검출한다.
- [0043] 다음으로, 중복 맥박 패임의 후보를 추출하는 단계(s400)에서 수축 피크(20)의 크기 및 측정시간을 기초로 중복 맥박 패임(Dicrotic notch)(30)의 후보를 추출한다.
- [0044] 일반적으로, 중복 맥박 패임(30)의 형태는 네 가지로 분류될 수 있다. 구체적으로, 첫 번째 형태는 도함수 상에서 음의 굴절(Negative inflection) 이후에 보이는 뚜렷한 패임으로 맥박 패임이 나타나는 경우이고, 두 번째 형태는 수축 피크(20) 이후에 동맥 혈압 파형에서 평평한 부분이 나타나는 경우이다. 세 번째 형태는 수축 피크(20)에서 동맥 혈압 파형의 압력 값이 감소하는 정도가 작아지는, 즉 기울기의 변화가 줄어드는 경우이며, 마지막으로, 맥박 패임이 발견되지 않는 경우이다. 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 중복 맥박 패임의 후보를 추출하는 방법은 상술한 네 가지 형태의 중복 맥박 패임(30)을 모두 고려하여 후보를 추출한다. 이때, 중복 맥박 패임(30)의 두 번째 형태와 세 번째 형태는 그 양상이 유사하여 이를 구분하는 것은 높은 사용자 의존성을 동반하므로, 본 발명에서는 자동화된 분석을 위하여 두 가지 형태를 함께 취급한다.
- [0045] 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 중복 맥박 패임(30)의 후보를 추출하는 구체적인 방법은 먼저 수축 피크(20)의 시간 간극을 새롭게 정의하고, 탐색 윈도우를 설정하여 중복 맥박 패임(30)의 후보를 추출한다.
- [0046] 수축 피크(20) 사이의 시간 간극, V_k , 는 k 번째 수축 피크(20)의 측정 시간을 τ_k , 그리고 τ_k 에서 수축 피크(20)의 진폭(크기)을 a_k 라고 하였을 때, k 번째 피크와 바로 직전 피크인 $k-1$ 번째 피크에 대한 시간 간극을 나타낸다. 이어서, V_k 로 정의되는 τ_k 부터 τ_{k+1} 까지의 시간 간격 안에 있는 동맥 혈압 파형의 한 지점을 $x_{k,i}$ 로 정의할 수 있다.
- [0047] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 앞서 설명한 수축 피크(20) 이후에 동맥 혈압 파형에서 평평한 부분이 나타날 수 있는 시점 및 동맥 혈압의 감소 각도가 줄어드는 시점은 심장 박동에 따라 유동적으로 변화하기 때문에, 수축 피크(20) 이후 최소 200ms의 길이가 보장되는 $\tau_k + V_k * 0.1$ 부터 $\tau_k + V_k * 0.25$ 까지의 범위를 탐색 윈도우로 설정한다.
- [0048] 이어서, 탐색 윈도우 범위에 속하는 도함수 값, $y'_{k,i}$, 이 수학식 1을 만족하는 $x_{k,i}$ 지점을 중복 맥박 패임(30)의 후보로 선택한다. 이때, 수학식 1은 아래와 같다.

수학식 1

$$-0.05 \times \frac{\alpha_k}{V_k} < y'_{(k,i)} < 0$$

[0049]

[0050] 이어서, 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점 검출 방법은 중복 맥박 패임(30)의 후보를 추출하는 단계 이후에, 후보들 가운데 가장 낮은 압력 값을 갖는 지점을 중복 맥박 패임(30)으로 설정하고 중복 맥박 패임 바로 다음에 탐색되는 피크를 중복 피크(40)로 검출한다(s500).

[0051] 다음으로, 검출된 중복 맥박 패임들을 정상 맥박 패임(Normal notch)과 변성 맥박 패임(Transient notch)으로 구분한다(s600). 정상 맥박 패임과 변성 맥박 패임을 구분하는 방법은 변성 맥박 패임의 경우, 중복 피크의 높이가 낮거나 아예 관찰되지 않는다는 점을 이용한다. 따라서, 중복 피크(40)의 크기와 수축 피크(20)의 크기를 비교하여 탐색된 중복 맥박 패임(30)이 정상 맥박 패임인지 또는 변성 맥박 패임인지를 구분한다. 이때, 정상 맥박 패임(32)을 판단하는 방법은 수학식 2를 이용할 수 있다.

수학식 2

$$\beta_k > \alpha_k \times 0.05$$

[0052]

[0053] 여기서, α_k 는 수축 피크의 진폭(amplitude), β_k 는 중복 피크의 진폭을 나타낸다. 따라서, 수학식 2를 만족하는 경우, 탐색된 중복 맥박 패임(30)을 정상 맥박 패임(32)으로 분류하고, 수학식 2를 만족하지 않는 경우는 탐색된 중복 맥박 패임(30)을 변성 맥박 패임(34)으로 분류한다.

[0054] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점 검출 방법은 단계 (s600) 이후에, 변성 맥박 패임의 발생 빈도를 분석하여, 뇌 손상 환자의 예후를 자동으로 예측하는 단계를 더 포함할 수 있다. 또는 파형의 시작점에서 중복 맥박 패임까지의 지연 시간 및 파형의 시작점에서 수축 피크까지의 지연 시간 등의 다양한 변수들을 산출하여 뇌 손상 환자의 예후를 자동으로 예측하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0055] 일례로, 검출된 중복 맥박 패임 중 정상 맥박 패임 보다 변성 맥박 패임의 비율이 더 높거나, 뇌 손상 환자의 모니터링에서, 정상 맥박 패임이 사라지고 변성 맥박 패임이 증가하는 경우, 뇌손상 환자의 자동조절 기능에 이상이 있는 것으로 진단하거나, 뇌손상 환자의 예후가 좋지 않을 것으로 판단할 수 있다.

[0056] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 형태학적인 특징점 검출 방법을 실제 임상 환자의 동맥혈압 파형에 적용한 실시 예이다.

[0057] 도 5의 (a)는 환자 A 및 B의 동맥 혈압 파형을 측정된 데이터이며, (b)는 본 발명의 일 실시예에 따라 파형의 시작점(10), 수축 피크(20) 및 정상 맥박 패임(32) 또는 변성 맥박 패임(34)을 분류하여 중복 맥박 패임(30)을 검출한 그래프이다.

[0058] 본 발명의 동맥 혈압 파형의 특징점 검출 방법에 대한 검출 정확도가 각각 파형의 시작점(10), 수축 피크(20), 중복 맥박 패임(30), 중복 피크(40)에 대하여 측정되었다. 일 실시예로, 환자 30명에서 한 환자 당 10개의 동맥 혈압 파형 데이터가 무작위로 추출되었으며, 총 300개의 파형에 대하여 숙련된 관측자에 의한 특징점 수동 검출과 본 발명의 일 실시예에 따른 특징점 자동 검출을 실시하였다. 이때, 본 발명의 일 실시예에 따른 특징점 검출 결과 값은 관측자에게 노출되지 않았다. 하나의 동맥 혈압 파형에 대하여, 수동으로 선택된 각 지점의 측정 시간과 자동으로 감지된 지점의 측정 시간의 절대값 차이를 오차로 계산하였으며, 30ms 이하의 오차는 무시되었다. 이와 같은 방법을 통하여, 파형의 시작점, 수축 피크, 중복 맥박 패임 및 중복 피크 각각에 대하여, 99.3%, 98.3%, 92.3%, 92.6%의 정확도가 계산되었다.

[0059] 상술한 바와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 형태학적인 특징점 검출 방법을 이용하면, 높은 정확도로 특징점을 검출 가능하고, 검출된 주요 지점들을 이용하여 환자의 뇌 내 상태를 기술하는데 필요한

여러 변수를 도출할 수 있다. 종래의 관련 연구에 따르면, 중박 맥박 패임이 정상 맥박 패임에서 변성 맥박 패임과 같은 상태로 변화하다가 결국 사라지는 것은 혈관의 확장 및 수축과 같은 상태를 나타내는 것으로 알려져 있다. 따라서 이러한 혈관 직경의 변화가 반영되는 중박 맥박 패임의 변화 관찰을 통하여 심혈관계 및 뇌혈관계에 관한 상태를 알아볼 수 있으며, 특히 뇌혈관계의 상태를 기술하는 데 있어 환자의 대뇌 혈관의 자동 조절 기능(cerebral autoregulation) 능력을 검사하는 데 사용할 수 있다. 대뇌 혈관의 자동 조절 기능 능력은 혈압의 변화에도 혈관 직경을 조절하여 적절한 혈류를 유지하는 자가 조절 기체이며, 이러한 기체가 정상적으로 작동하지 않을 경우 허혈성 뇌 손상 또는 뇌졸중 등의 위험이 커진다.

[0060] 일 실시예로, 외상성 뇌 손상 환자에게서 얻어진 동맥 혈압 파형에 본 발명의 형태학적인 특징점 검출 방법을 적용한 결과, 전체 파형에서 중박 맥박 패임, 특히 정상 맥박 패임이 있는 파형의 비율이 생존 환자에 비해 사망한 환자에서 현저하게 낮은 것으로 나타났다. 이는 중박 맥박 패임이 사라진 파형이 해당 환자의 대뇌 혈관의 자동 조절 기능에 이상이 생겼음을 드러내는 단적인 지표로 이용될 수 있음을 시사한다.

[0061] 이 외에도, 본 발명을 이용하여 파형의 시작점으로부터 중박 맥박 패임까지의 지연 시간(latency), 수축 피크부터 중박 맥박 패임까지의 지연 시간, 및 각 피크의 진폭의 크기 등 다양한 변수를 도출하여 환자 진단 및 경과 예측에 사용하는 여러 접근이 가능하다. 뿐만 아니라 동맥 혈압 파형은 초음파를 통해 측정하는 경구개 도플러 초음파(Transcranial Doppler, TCD)와 유사한 파형을 가지고 있어, 본 발명을 TCD에서 얻어진 신호에도 마찬가지로 적용하는 방식으로 확장도 가능할 것으로 보인다.

[0062] 한편, 본 발명의 일 실시예는 컴퓨터에 의해 실행되는 프로그램 모듈과 같이 컴퓨터에 의해 실행 가능한 명령어를 포함하는 기록 매체의 형태로도 구현될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 가용 매체일 수 있고, 휘발성 및 비휘발성 매체, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 또한, 컴퓨터 판독 가능 매체는 컴퓨터 저장 매체 및 통신 매체를 모두 포함할 수 있다. 컴퓨터 저장 매체는 컴퓨터 판독 가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈 또는 기타 데이터와 같은 정보의 저장을 위한 임의의 방법 또는 기술로 구현된 휘발성 및 비휘발성, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 통신 매체는 전형적으로 컴퓨터 판독 가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈, 또는 반송파와 같은 변조된 데이터 신호의 기타 데이터, 또는 기타 전송 메커니즘을 포함하며, 임의의 정보 전달 매체를 포함한다.

[0063] 상술한 본 발명에 따른 동맥 혈압 파형의 형태학적인 특징점 검출 장치는 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로써 구현되는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 해독될 수 있는 데이터가 저장된 모든 종류의 기록 매체를 포함한다. 예를 들어, ROM(Read Only Memory), RAM(Random Access Memory), 자기 테이프, 자기 디스크, 플래시 메모리, 광 데이터 저장장치 등이 있을 수 있다. 또한, 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체는 컴퓨터 통신망으로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어, 분산방식으로 읽을 수 있는 코드로써 저장되고 실행될 수 있다.

[0064] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.

[0065] 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

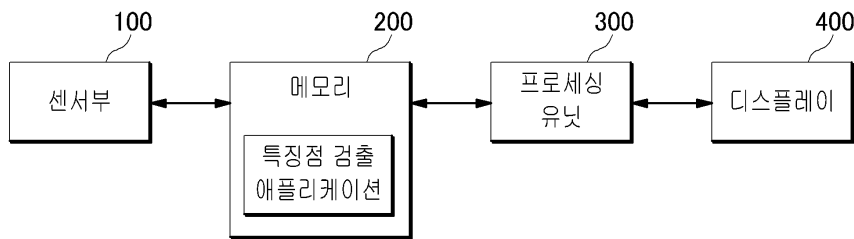
부호의 설명

[0066]

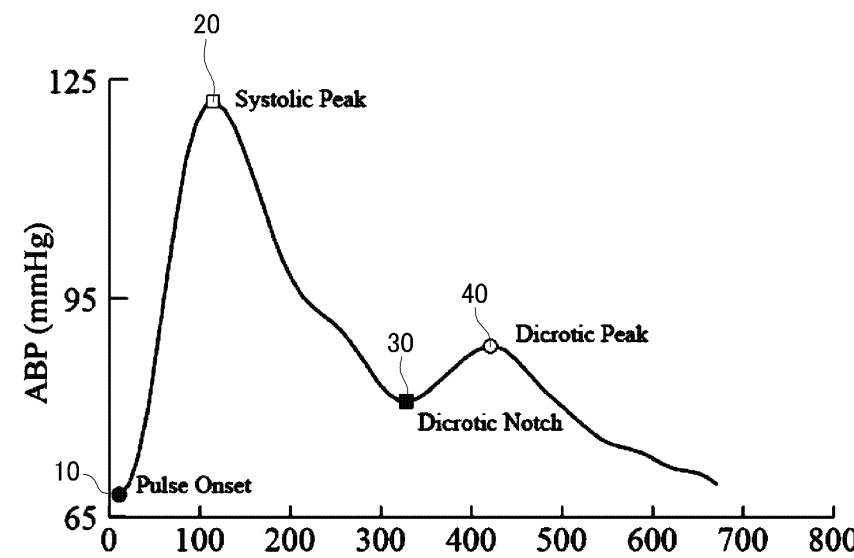
10: 파형의 시작점	20: 수축 피크
30: 중박 맥박 패임	32: 정상 맥박 패임
34: 변성 맥박 패임	40: 중박 피크
100: 센서부	200: 메모리
300: 프로세싱 유닛	

도면

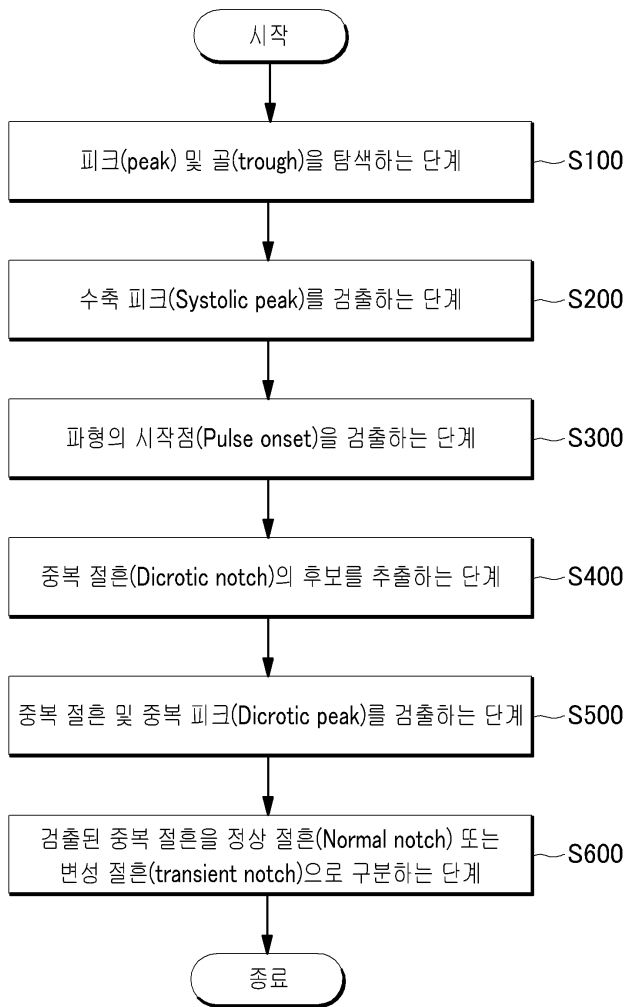
도면1



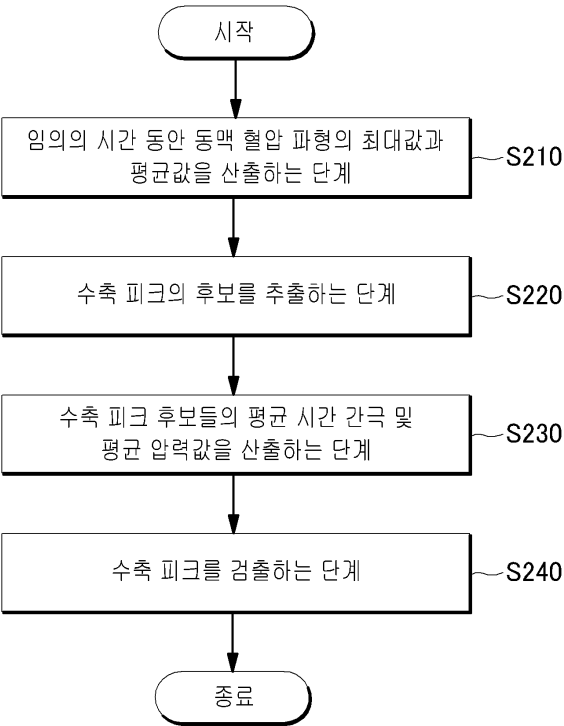
도면2



도면3



도면4



도면5

