

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。 Int. Cl.
G06Q 10/0010 (2006.01)

(11) 공개번호 10-2006-0117546
(43) 공개일자 2006년11월17일

(21) 출원번호 10-2005-0039468
(22) 출원일자 2005년05월11일

(71) 출원인 인하대학교 산학협력단
인천 남구 용현동 253 인하대학교

(72) 발명자 이종호
경기 성남시 분당구 이매2동 132 태영아파트 307-1401
김태선
서울 양천구 목6동 목동아파트 220동 503호
김현동
경기 고양시 일산구 마두2동 789번지 강촌마을 516동 102호

(74) 대리인 이원희

심사청구 : 있음

(54) 신경망을 이용한 심전도 기반의 심장질환 진단장치 및방법

요약

본 발명은 심전도 신호에서 추출한 특징들을 신경망을 통해 학습시켜 심장질환의 진단이 가능토록 한 신경망을 이용한 심전도 기반의 심장질환 진단장치 및 방법을 제공한다.

이러한 본 발명은 심전도 신호를 입력받는 입력수단; 상기 입력수단을 통해 입력되는 심전도 신호로부터 심장질환 진단을 위한 특징값들을 추출하는 특징 추출수단; 상기 특징 추출수단에서 추출된 특징값들을 신경망을 통해 학습시켜 입력된 심전도 신호에 대한 질병판단을 위한 분류를 행하는 신경망 기반 진단수단; 상기 신경망 기반 진단수단에서 분류된 결과를 바탕으로 해당 심전도 신호에 대한 질병유무 및 질병종류를 판단하는 제어수단; 및 상기 제어수단의 제어에 따라 제어수단에서 판단된 결과를 출력하는 출력수단을 구비함으로써 달성될 수 있으며, 본 발명은 심전도 신호에서 추출한 특징들을 신경망을 통해 학습시켜 심장질환의 진단이 가능토록 함으로써 전문적인 의사 없이도 자체적인 진단이 가능토록 하며, 이는 향후 e-Health시스템에 적용하여 광대역 통신망을 이용한 모바일 의료정보서비스가 가능하게 할 것이다.

대표도

도 2

색인어

심전도, 심장질환진단, 오류 역전파 신경망, 확률 신경망

명세서

도면의 간단한 설명

- 도 1은 일반적인 심전도 신호의 기본 파형을 나타낸 도.
- 도 2는 본 발명에 따른 신경망을 이용한 심전도 기반의 심장질환 진단장치의 블록 구성도.
- 도 3a- 도 3d는 본 발명에서의 진단 대상 질환에 대한 일반적인 리드 II 신호 형태를 나타낸 도.
- 도 4는 본 발명의 전체적인 동작 흐름도.
- 도 5는 심전도 신호의 각 구간별 명칭을 나타낸 도.
- 도 6은 본 발명의 신경망 기반 진단을 위한 오류 역전과 신경망의 구조를 나타낸 도.
- 도 7 및 도 8은 역전과 알고리즘 구조 및 학습 절차를 나타낸 도.
- 도 9는 본 발명의 신경망 기반 진단을 위한 확률 신경망의 구조를 나타낸 도.
- 도 10 및 도 11은 RBF 네트워크 구조를 나타낸 도.
- 도 12는 본 발명의 진단 결과의 일 예도.
- 도 13은 본 발명에서 오류 역전과 신경망을 이용한 진단 결과를 나타낸 표.
- 도 14는 본 발명에서 확률 신경망을 이용한 진단 결과를 나타낸 표.

<도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

- 100 : 입력부 200 : 잡음 제거부
- 300 : 특징 추출부 400 : 신경망 기반 진단부
- 500 : 제어부 600 : 출력부
- 700 : 경보부 800 : 송수신부

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 심전도 기반의 심장질환 진단장치 및 방법에 관한 것으로, 특히 심전도 신호에서 추출한 특징들을 신경망을 통해 학습시켜 심장질환의 진단이 가능토록 하는 신경망을 이용한 심전도 기반의 심장질환 진단장치 및 방법에 관한 것이다.

심전도(Electrocardiogram : ECG) 신호는 심장 계통의 질환을 판단할 때 사용되는 중요한 신호로 심장에서 발생하는 전기적인 신호를 측정하여 심장에서부터 전극까지의 전도계통의 이상 유무를 확인하여 질환유무를 판별할 수 있게 하는 신호이다.

심전도 신호의 발생 원인인 심장박동은 우심방(Right Atrium)에 자리잡은 동방결절(Sinus Node)에서 시작된 임펄스가 먼저 우심방과 좌심방(Left Atrium)을 탈분극(Depolarization)시키며 방실결절(Atrioventricular Node)에서 잠시 지체된 후 심실을 활성화시킨다. 중격(Septum)이 가장 빠르고 벽이 얇은 우심실은 벽이 두꺼운 좌심실보다 먼저 활성화 된다. 푸

르키네 섬유(Purkinje Fiber)까지 전달된 탈분극 파는 심근에서 파도(Wavefront)와 같이 심장내막에서 외 심막으로 퍼져 나가면서 심실수축을 일으키게 된다. 정상적으로 전기적 자극이 심장을 통하여 전도되기 때문에 심장은 분당 약 60~100 회 수축된다. 각 수축은 1회 심박동수로 나타낸다.

이와 같은 심전도는 두 부위간의 전위차를 기록하는 양극 유도(Bipolar Lead)와 전극을 부착시킨 부위의 전위를 기록하는 단극 유도(Unipolar Lead)를 통해 검출할 수 있으며, 심전도를 측정하는 방법에는 양극 유도인 표준 유도(Standard Limb Lead), 단극 유도인 사지 유도(Unipolar Limb Lead), 단극 유도인 흉부 유도(Precordial Lead) 등이 있다.

표준 유도에는 유도 I, 유도 II, 유도 III이 있으며, 사지 유도에는 오른손 증폭사지유도(오른팔의 전극은 양극이고, 왼팔과 왼발의 전극은 음극으로 구성), 왼손 증폭사지유도(왼팔의 전극은 양극이고, 오른팔과 왼다리의 전극은 음극으로 구성), 왼 발 증폭사지유도(왼발의 전극은 양극이고, 오른팔과 왼팔에의 전극은 음극으로 구성)가 있다.

또한, 흉부 유도에는 V1(제 4늑간 흉골우연), V2(제 4늑간 흉골좌연), V3(V1,V2의 중간점), V4(제 5늑간의 높이에서 왼쪽 쇄골 중앙선이 만나는 부위), V5(V4와 수평연장선과 좌측 전액와선이 만나는 부위), V6(V4와 수평연장선과 좌측 중앙 액와선과 만나는 부위)가 있다.

상기 표준 유도와 사지 유도는 심장전면(Frontal Plane)의 심전도를 기록하며, 흉부 유도는 수평면(Horizontal Plane)의 심전도를 기록한다.

심장의 전기적 활성단계는 크게 심방 탈분극, 심실 탈분극, 심실 재분극 시기로 나뉘며, 이러한 각 단계는 도 1에 나타난 바와 같이 P, QRS, T파라고 불리는 몇 개의 파의 형태로 반영된다.

이러한 파들은 표준 형태를 갖추어야 심장의 전기적 활성이 정상이라고 볼 수 있다. 표준 형태인지 아닌지를 파악하기 위해서는 각 파가 유지되는 시간, 각 파끼리의 간격(Interval), 각 파의 진폭, 첨도 등의 특징들이 정상 범위에 속하는지를 검사하여야 하며, 이제까지 심전도는 병원의 값비싼 측정장비로 환자의 건강상태를 측정하기 위한 보조 도구로 사용되어 단 순히 측정결과만을 표시해주며 진단은 의사의 몫이었다.

그러나 요즘 심장 질환에 의한 돌연사 및 사회의 고령화로 인해 사람들의 건강에 대한 관심이 커지면서 자신의 건강 상태를 모니터해 줄 수 있는 건강 진단도구의 필요성이 대두되고 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 이러한 점을 감안한 것으로, 본 발명의 목적은 심전도 신호에서 추출한 특징들을 신경망을 통해 학습시켜 심장 질환의 진단이 가능토록 함으로써 자체적인 진단이 가능토록 한 신경망을 이용한 심전도 기반의 심장질환 진단장치 및 방법을 제공함에 있다.

발명의 구성 및 작용

상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 신경망을 이용한 심전도 기반의 심장질환 진단장치는, 심전도 신호를 입력받는 입력수단; 상기 입력수단을 통해 입력되는 심전도 신호로부터 심장질환 진단을 위한 특징값들을 추출하는 특징 추출수단; 상기 특징 추출수단에서 추출된 특징값들을 신경망을 통해 학습시켜 입력된 심전도 신호에 대한 질병판단을 위한 분류를 행하는 신경망 기반 진단수단; 상기 신경망 기반 진단수단에서 분류된 결과를 바탕으로 해당 심전도 신호에 대한 질병유무 및 질병종류를 판단하는 제어수단; 및 상기 제어수단의 제어에 따라 제어수단에서 판단된 결과를 출력하는 출력수단을 구비함을 특징으로 한다.

상기 특징 추출수단은 심박수, QRS 기간, PR 인터벌, QT 인터벌, T파의 유형들을 추출하고, 심전도 신호의 형태적인 특징을 이용하여 상기 특징을 추출하며, 상기 신경망 기반 진단수단은 오류 역전과 신경망 또는 확률 신경망을 이용하는 것을 특징으로 한다.

상기 목적을 달성하기 위한 신경망을 이용한 심전도 기반의 심장질환 진단방법은, 심전도 신호를 입력받아 이의 잡음을 제거하는 제1 단계; 잡음이 제거된 심전도 신호로부터 소정 특징들을 추출하는 제2 단계; 상기 추출된 결과를 신경망을 통해 학습시켜 입력된 심전도 신호에 대한 질병판단을 위한 분류를 행하는 제3 단계; 및 상기 분류된 결과를 바탕으로 해당 심전도 신호에 대한 질병유무 및 질병종류를 판단하여 해당 결과를 출력하는 제4 단계를 포함하여 이루어짐을 특징으로 한다.

상기 잡음 제거는 입력된 심전도 신호의 잡음 정도를 파악하여 입력 신호 중 잡음이 많은 부분을 제외시키며, 상기 특징은 심박수, QRS 기간, PR 인터벌, QT 인터벌, T파의 유형인 것을 특징으로 한다.

또한, 질병판단을 위한 특징은 심전도 신호의 형태적인 특징을 이용하여 추출하는 것으로, 소정 시간을 주기로 최대값에 해당하는 값을 R파의 정점으로 추출하고, R파가 기저선과 만나는 두 점을 각각 QRS 컴플렉스의 시작점과 끝점으로 추출하며, 상기 QRS 컴플렉스의 시작점의 왼쪽에서 전압값이 가장 큰 점을 P파의 정점으로 추출하고, 상기 QRS 컴플렉스의 끝점을 기준으로 오른쪽에서의 최대값과 최소값 중 기저선과의 차이가 큰 값을 T파의 정점으로 추출하며, 상기 P파 및 T파의 정점을 기준으로 왼쪽과 오른쪽에서 기저선과 만나는 점에 해당하는 부분을 P파 및 T파의 시작점과 끝점으로 추출하고, 상기 R파의 정점을 기준으로 각각 왼쪽과 오른쪽에서 가장 전압 크기가 낮은 점을 Q파와 S파의 정점으로 추출하며, 상기 Q파의 정점을 기준으로 왼쪽에서 처음으로 기저선과 만나는 점을 Q파의 시작점으로 추출하고, 상기 S파의 정점을 기준으로 오른쪽에서 첫 번째로 기저선과 만나는 점을 S파의 끝점으로 추출하며, 상기 P파의 시작점에서 QRS 컴플렉스의 시작점까지의 거리로 PR 인터벌을 구하고, QRS 컴플렉스의 시작점으로부터 T파의 끝점까지의 거리로 QT 인터벌을 구하며, Q파의 시작점부터 S파의 끝점까지의 거리로 QRS 기간을 구하는 것을 특징으로 한다.

또한, 상기 제4 단계에서의 판단 결과를 유선 또는 무선을 통해 외부 장치로 송출하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

이하, 본 발명을 첨부된 도면을 참조로 하여 보다 상세하게 설명한다. 단, 하기 실시예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐 본 발명의 내용이 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다.

도 2는 본 발명에 따른 신경망을 이용한 심전도 기반의 심장질환 진단장치의 블록 구성도를 도시한 것이다.

도시한 바와 같이, 사용자의 심전도 신호를 입력받는 입력부(100), 상기 입력부(100)를 통해 입력된 심전도 신호의 잡음 정도를 파악하여 잡음이 많은 부분을 제외시키는 잡음 제거부(200), 상기 잡음 제거부(200)를 통해 입력되는 심전도 신호로부터 심장질환 진단을 위한 특징값들을 추출하는 특징 추출부(300), 상기 특징 추출부(300)에서 추출된 특징값들을 신경망을 통해 학습시켜 입력된 심전도 신호에 대한 질병판단을 위한 분류를 행하는 신경망 기반 진단부(400), 상기 신경망 기반 진단부(400)에서 분류된 결과를 바탕으로 해당 사용자의 심전도 신호에 대한 질병유무 및 질병종류를 판단하는 제어부(500), 상기 제어부(500)의 제어에 따라 심전도에 대한 판단결과를 출력하는 출력부(600), 상기 제어부(500)의 제어에 따라 경보를 발생하는 경보부(700) 및 제어부(500)의 제어에 따라 심전도 신호에 대한 판단결과를 도시하지 않은 외부장치로 유선 또는 무선송출하는 송수신부(800)로 구성된다.

상기 신경망 기반 진단부(400)는 오류 역전파 신경망 또는 확률 신경망을 이용하며, 상기 출력부(600)는 모니터나 프린터 등으로 구성될 수 있다.

이와 같이 구성된 본 발명은 진단 대상 질환을 동성 빈맥, 동성 서맥, 우각차단 및 좌각차단의 네 가지로 선정하였다.

동빈맥은 열, 불안, 운동, 빈혈, 갑상선 기능 항진증, 울혈성 심부전증, 저혈량, 패색전증, 심근허혈, AMI, 저혈압, 쇼크, atropine 과다 투여 등이 원인으로 나타나며, 일반적으로 심진대사 요구의 증가에 따른 반응으로 동방결절 박동이 증가하는 것이기 때문에 점진적으로 나타난다.

동서맥은 동방결절 기능 장애, 과도한 미주신경 활동이나 교감신경 작용의 감소, 점액수종, 저체온, 저산소증이 원인으로 나타나며, 심근경색증과 연관된 경우 심근의 산소 요구량을 감소시키기 때문에 유익하다.

우각차단은 우측 심실비대로 인해서 초래되지만, 노인에게서는 관상동맥질환이 주 원인이다. 우각차단의 ECG 특성 중에서 가장 대표적인 것은 V1과 V2유도에서 M-모양 QRS파이다.

좌각 차단의 심전도 신호의 특징은 QRS군이 0.12초 이상이 되고, V5와 V6에서 큰 R파, V1-V3에서 깊고 넓은 S파의 형성이다. 심한 관상동맥 심질환(CAD), 판막질환, 고혈압성 질환, 심비대, 전벽 급성 심근 경색증과 관련이 있다.

도 3a 내지 도 3d는 동빈맥, 동서맥, 우각차단, 좌각차단의 네 가지 질환이 나타내는 일반적인 리드 II 신호 형태를 나타낸 것이다.

상기와 같은 심장질환을 판정할 수 있도록 하는 본 발명은 도 4의 흐름도에 따라 질환을 판정하게 된다.

먼저, 상기 입력부(100)를 통해 심전도 신호가 입력되면 잡음 제거부(200)에서 입력되는 심전도 신호의 잡음 정도를 파악하여 올바른 진단 결과를 얻기 위해 잡음이 많은 부분을 제외시키게 된다(S100).

심전도 신호는 생체에서 나오는 고유 주파수를 가진 연속적인 신호의 집합이므로 장비를 통해 생체 전기 신호를 측정하면 주파수가 0에 가까운 신호부터 100Hz에 이르기까지 다양한 주파수가 혼합된 신호를 얻게 되며, 보통 0.5~100Hz의 주파수를 갖는다고 알려진 심전도 신호와 1Hz이하의 기저선 잡음(Baseline Noise)이 포함되어 있다.

또한, 측정 장비의 전류로부터 생겨난 60Hz의 전력선 잡음 및 주변 장치들의 영향이나 환자의 움직임에 의해 발생한 근잡음 또한 포함되어 있다.

따라서 올바른 진단 결과를 얻기 위해서는 진단 과정 이전에 이들 잡음들에 대한 제거가 이루어져야 한다.

일반적으로 이들 잡음은 무한 임펄스 응답 대역통과 필터(Infinite Impulse Response Bandpass Filter)를 사용하여 제거한다.

그러나 본 발명에서는 이들 필터를 사용하여 발생하는 왜곡을 감안하여 잡음을 제거하지 않고 잡음을 탐색하고 잡음 정도를 파악하여 잡음이 많은 부분은 제외하고 질환을 진단하게 된다.

이후, 잡음이 있는 부분을 제외한 신호들에 대해서는 특징 추출부(300)에서 신호의 특징을 추출한다(S200).

심전도 신호는 상기 도 1과 같이 P, QRS, T로 표현되는 특징점을 갖고 있으며, 일반적으로 이들의 특성을 파악하여 각 질환별 특성에 해당하는 질병의 종류를 판단할 수 있다.

본 발명에서는 심박수, QRS 기간(Duration), PR 인터벌, QT 인터벌, T파의 유형에 대한 특징들을 추출한다.

심박수는 분당 도 1과 같은 기본 파형이 몇 번 존재하는지 파악하는 것이고, QRS 기간, PR 인터벌, QT 인터벌은 도 5에서 정의한 구간을 의미한다. 그리고 T파의 유형은 T파의 피크(Peak)의 방향을 나타낸다.

여기서, 상기 특징 추출부(300)의 특징 추출에 대하여 보다 상세히 살펴보면, 본 발명에서의 특징추출은 심전도 신호의 형태적인 특징을 이용하여 추출할 수 있다.

먼저, 정상적인 심전도 신호의 경우 R파의 정점은 하나의 심전도 파형에서 가장 큰 전압치를 가짐에 따라 일정 주기로 최대값에 해당하는 값을 찾아내 R파의 정점으로 추출한다.

정상 심전도 신호의 경우 일반적으로 0.6~1초 사이의 RR인터벌을 가지며, 0.8초를 주기로 R파의 정점을 찾게 되면 동서맥의 경우에는 중간 중간에 R파가 없는 구간이 생기게 되어 잘못된 R파를 잡는 경우가 생긴다. 이러한 경우는 기저선을 기준으로 일정한 수의 문턱 값을 적용하여 추출된 R파의 크기가 이 문턱 값을 넘지 못하면 R파로 인정하지 않는다.

이후, Q파 및 S파를 추출하게 되며, Q파와 S파는 각각 R파보다 시간적으로 선행한 R파의 왼쪽 및 R파보다 시간적으로 늦은 R파의 오른쪽에 위치한다. Q파와 S파의 경우는 정점이 아래로 향하는 곡선을 그린다. 따라서 추출한 R파의 정점을 기준으로 Q파의 정점과 S파의 정점은 R 파의 정점에서 왼쪽과 오른쪽에서 가장 전압의 크기가 낮은 점을 찾으면 된다.

Q파의 시작점은 찾은 Q파의 정점을 기준으로 왼쪽에서 처음으로 기저선과 만나는 점에 해당한다. 그리고 S파의 끝점은 추출한 S파의 정점을 기준으로 오른쪽에서 첫 번째로 기저선과 만나는 점에 해당한다.

신호에 따라 Q파와 S파가 없는 경우도 있는데, 이 경우에는 R파만 있는 것으로 간주하여 R파가 기저선과 만나는 두 점을 각각 QRS 컴플렉스의 시작점 및 끝점으로 추출한다. Q파와 S파를 찾아내면 Q파의 시작점부터 S파의 끝점까지의 거리를 구할 수 있고 이것이 QRS 기간에 해당한다.

일반적으로 QRS 기간이 0.12초 이상이면 비정상적으로 우각차단(Right Bundle Branch Block, RBBB)이나 좌각차단(Left Bundle Branch Block, LBBB)에 해당한다.

다음, P파 및 T파를 추출하게 된다. P파와 T파는 각각 QRS 컴플렉스의 왼쪽과 오른쪽에 위치한다. P파는 정점이 위로 향하는 곡선이며, QRS 컴플렉스의 시작점의 왼쪽에서 전압값이 가장 큰 점을 찾으면 P파의 정점이 된다. P파의 시작점과 끝점은 각각 P파의 정점의 왼쪽과 오른쪽에서 기저선과 만나는 점에 해당한다.

T파의 경우는 정상파형은 정점이 위로 향하는 곡선이나 LBBB의 경우는 정점이 아래로 향하는 곡선의 형태를 취한다. 따라서 T파의 정점은 QRS 컴플렉스의 끝점을 기준으로 오른쪽에서 최대값과 최소값을 구한 후, 이중 기저선과의 차가 큰 값이 정점에 해당한다. 이렇게 추출된 정점을 기준으로 각각 왼쪽과 오른쪽에서 기저선과 만나는 두 점을 찾아 T파의 시작점 및 끝점을 찾을 수 있다.

P파와 T파를 찾아내면, P파의 시작점에서 QRS 컴플렉스의 시작점까지의 거리로 PR인터벌을 구할 수 있고, QRS 컴플렉스의 시작점으로부터 T파의 끝점까지의 거리로 QT인터벌 값을 구할 수 있다.

그리고 신경망 기반 진단부(400)에서 상기 특징 추출부(300)에서 추출된 특징값들을 신경망을 통해 학습시켜 입력된 심전도 신호에 대한 진단을 위해 분류(Classification)를 행하게 된다(S300).

상기 신경망 기반 진단부(400)는 오류 역전파 신경망 또는 확률 신경망을 기반으로 심전도 신호에 대한 분류를 행하게 된다.

먼저, 오류 역전파 신경망 기반 진단에 대하여 살펴본다.

심장질환 진단에 사용되는 오류 역전파 신경망의 구조는 도 6과 같다. 신경망은 특징 추출 과정에 의해 얻어진 5가지 값(심박수, QRS 기간, PR 인터벌, QT 인터벌, T파의 유형)을 입력으로 하며 10개의 은닉층과 4개의 출력층을 가진다.

4개의 출력은 동성 빈맥, 동성 서맥, 우각차단 및 좌각차단 등의 네 가지의 질환에 대한 소속정도를 실수값으로 나타내며, 이는 제어부(500)로 입력되어 기 설정되어 있는 기준값 이상의 소속 정도를 갖는 출력을 질환으로 인정하도록 된다.

여기서, 역전파(Back Propagation) 즉, 오류 역전파 신경망 구현을 위한 학습 알고리즘에 대하여 간략히 살펴보면, 역전파 학습 알고리즘은 다층 신경망 학습 알고리즘으로, 출력층의 오차 신호를 이용하여 은닉층과 출력층간의 연결강도를 변경하고, 또한 출력층의 오차 신호를 은닉층에 역전파하여 입력층과 은닉층과의 연결 강도를 변경하는 학습 알고리즘으로 최급하강법을 기본으로 한 패턴인식 해법으로, 그 구조 및 학습 알고리즘은 도 7 및 도 8과 같다.

다음, 확률 신경망은 도 9와 같은 방식으로 동작하는 신경망으로, 상기 특징 추출부(300)에서 추출된 심박수, QRS 기간, PR 인터벌, QT 인터벌, T파의 유형 등의 5개의 특징이 신경망에 입력되면 은닉층에서 훈련 벡터(Training Vector)와 입력의 유클리드 거리의 제곱을 계산하고 RBF(Radial Basis Function) 전달함수(Transfer Function)를 통과시켜 확률분포 함수의 추정 값을 계산한다. 확률밀도함수 추정 값은 가우스 함수식(1)을 사용한다.

$$g(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \exp\left(-\frac{|x-x_i|^2}{2\sigma^2}\right) \quad (1)$$

여기서, n은 분류할 클래스에 있는 사례 개수, x_i 는 클래스에 있는 사례, x는 입력, σ 는 가중함수의 너비 인자를 나타낸다.

출력층에서는 각 추정 값을 비교해서 최종적으로 이런 확률의 최대값을 가지는 질환을 출력으로 내보내게 되며, 이는 제어부(500)로 입력되어 제어부(500)에서 해당 질병종류를 판단하여 출력부(600)를 통해 해당 결과를 출력하게 된다(S400).

상기 확률 신경망 구현을 위한 RBF는 지도 학습적인 방식으로 훈련되는 하나의 지역적인 네트워크이다. 이는 전역적 네트워크인 다층 퍼셉트론과 대조를 나타내며, 지역적인 것과 전역적인 것의 구별은 함수 근사에 의해 수용되어진 입력 표면의 크기로 결정된다.

하나의 다층 퍼셉트론은 모든 입력이 하나의 출력을 의미하는 전역적인 사영을 실시하는 반면에, 하나의 RBF는 채택필드 근방의 입력만이 흥분되는 지역적인 사영을 실시하며, 따라서 출력이 유의한 정보를 포함하고 있는지 또는 그렇지 않은 것인지를 파악할 수가 있도록 하기 때문에 안정성을 추구하는 문제 또는 경제성이 요구되는 문제에 RBF의 사용이 바람직하다. 도 10 및 도 11a, 도 11b는 RBF 네트워크의 구조를 각각 나타낸 것이다.

도 12은 출력부(600)를 통해 보여지는 진단 결과의 일 예를 나타낸 것으로, 이는 상기 신경망 알고리즘을 코딩하여 적용하고 GUI로 만든 진단 소프트웨어에 의한 진단의 일 예를 나타낸 것이다.

또한, 상기 제어부(500)는 진단 결과가 정상 수준을 넘었을 경우 경보부(700)를 통해 경보를 발생토록 하며, 송수신부(800)를 통해 응급실 등에 연락을 취할 수 있도록 한다. 물론, 상기 송수신부(800)를 통해 응급실 등에 연락을 취할 수 있도록 하기 위해서 상기 제어부(500)에는 해당 응급실 등의 전화번호가 저장되어 있어 이를 바탕으로 응급실에 연락을 취할 수 있도록 된다.

다음은 본 발명의 실험 결과에 대하여 살펴본다.

먼저, 오류 역전과 신경망을 이용한 진단의 경우, 진단을 하기 위한 오류 역전과 신경망의 학습패턴은 MIT-BIH Arrhythmia 데이터베이스에서 정상(50개), 우각차단(50개), 좌각차단(50개), 동빈맥-좌각차단(50개), 동서맥-좌각차단(50개), 동빈맥-우각차단(50개), 동서맥-우각차단(50개), 동빈맥(50개), 동서맥(50개)을 포함한 총 450개를 추출하여 사용하였다. 450개의 파형(정상)에 대한 5개의 입력을 이용하여 289번 학습시킨 결과 평균제곱오차(MSE)가 0.02까지 떨어졌다.

진단을 위한 입력은 MIT-BIH Arrhythmia 데이터베이스의 101번(정상), 118번(우각차단), 214번(좌각차단), 203번(정상), 207번(우각차단)의 데이터를 이용하였으며, 5개의 입력에 대한 데이터를 추출하여 실험하였으며 결과는 도 13의 표와 같다. 전체 입력에 대해서는 270개중 193개의 패턴을 정확히 진단하여 71%의 진단율을 보였으며, 질환 유무만의 판단에 대해서는 270개중 255개를 바르게 판단하여 94%의 진단율을 보였다.

입력 신호들에서 정상과 동서맥의 특징 중 심박수의 차이가 많이 나지 않고 나머지 특징들이 유사하여 정상파형이 동서맥으로 나온 경우가 생겼다. 또한, 우각차단과 좌각차단의 파형 특징의 차이가 많이 나지 않아서 두 질환의 특징추출 값이 비슷하게 나와서 두 질환이 바뀌어서 진단되는 경우도 생겼다. 이를 제외하면 대체적으로 분류가 잘되는 것을 알 수 있다.

확률 신경망을 이용한 진단의 경우, 상기 오류 역전과 신경망을 이용한 진단과의 성능을 비교평가하기 위하여 확률 신경망의 학습패턴과 입력형태는 오류 역전과 신경망에서 사용한 것과 동일한 것을 이용하였다.

확률 신경망의 결과는 전체 입력에 대해서는 270개중 123개의 패턴을 정확히 진단하여 45%의 진단율을 보였으며, 질환 유무만의 판단에 대해서는 270개중 255개를 바르게 판단하여 93%의 진단율을 보였다.

확률 신경망의 결과는 도 14에 도시한 바와 같이, 대체적으로 오류 역전과 신경망의 진단율보다 낮은 성능을 보였다. 특히 동서맥과 동빈맥의 진단 결과가 0%로 나왔는데, 이는 분류하는데 있어서 학습패턴의 유클리드 거리가 각각 동서맥과 좌각차단, 동빈맥과 우각차단과 매우 가깝게 위치하기 때문으로 판단된다. 이는 각 질환의 판단 기준에서 유사한 부분이 많이 있기 때문이다. 그러나 동빈맥과 우각차단, 동서맥과 좌각차단의 혼합질환의 경우는 오류 역전과 신경망의 진단율보다 월등히 앞선 100%, 96%의 진단 결과를 보였다.

이러한 실험 결과로부터 심장 질환의 종류에 따라 적합한 진단기가 다르다는 것을 알 수 있으며, 이에 따라 각각의 질병 및 생체신호에 따라 적합한 구조를 갖도록 해당 신경망을 사용한 진단기를 재구성하면 보다 효율적인 진단이 가능할 것이다.

상술한 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 또는 변경하여 실시할 수 있다.

발명의 효과

이상에서 살펴본 바와 같이, 본 발명은 심전도 신호에서 추출한 특징들을 신경망을 통해 학습시켜 심장질환의 진단이 가능토록 함으로써 전문적인 의사 없이도 자체적인 진단을 가능토록 한다.

또한, 진단 결과 정상수준이 넘었을 경우 경보를 울려주어 자가진단이 가능하도록 하거나 또는 위험 수준을 넘었을 경우 응급실에 연락을 취할 수 있도록 함으로써 긴급한 상황에 대처할 수 있도록 한다.

또한, IT와 BT가 결합된 인체장착형의 초소형 바이오 정보 단말 기술인 bio-PDA, lab-on-a-chip 휴대형 진단기 등 신개념의 정보기기 구현에 직접적으로 응용가능할 것이며, e-Health시스템에 적용하여 광대역 통신망을 이용한 모바일 의료 정보서비스가 가능토록 한다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

심전도 신호를 입력받는 입력수단;

상기 입력수단을 통해 입력되는 심전도 신호로부터 심장질환 진단을 위한 특징값들을 추출하는 특징 추출수단;

상기 특징 추출수단에서 추출된 특징값들을 신경망을 통해 학습시켜 입력된 심전도 신호에 대한 질병판단을 위한 분류를 행하는 신경망 기반 진단수단;

상기 신경망 기반 진단수단에서 분류된 결과를 바탕으로 해당 심전도 신호에 대한 질병유무 및 질병종류를 판단하는 제어수단; 및

상기 제어수단의 제어에 따라 제어수단에서 판단된 결과를 출력하는 출력수단;

을 구비함을 특징으로 하는 신경망을 이용한 심전도 기반의 심장질환 진단장치.

청구항 2.

제 1 항에 있어서, 상기 특징 추출수단은

심박수, QRS 기간, PR 인터벌, QT 인터벌, T파의 유형들을 추출하는 것을 특징으로 하는 신경망을 이용한 심전도 기반의 심장질환 진단장치.

청구항 3.

제 2 항에 있어서, 상기 특징 추출수단은

심전도 신호의 형태적인 특징을 이용하여 상기 특징을 추출하는 것을 특징으로 하는 신경망을 이용한 심전도 기반의 심장질환 진단장치.

청구항 4.

제 3 항에 있어서, 상기 특징 추출수단은

소정 시간을 주기로 최대값에 해당하는 값을 R파의 정점으로 추출하고, R파가 기저선과 만나는 두 점을 각각 QRS 컴플렉스의 시작점과 끝점으로 추출하며, 상기 QRS 컴플렉스의 시작점보다 시간적으로 선행한 QRS 컴플렉스의 시작점의 왼쪽에서 전압값이 가장 큰 점을 P파의 정점으로 추출하고, 상기 QRS 컴플렉스의 끝점을 기준으로 오른쪽에서의 최대값과 최소값 중 기저선과의 차이가 큰 값을 T파의 정점으로 추출하며, 상기 P파 및 T파의 정점을 기준으로 왼쪽과 오른쪽에서 기저선과 만나는 점에 해당하는 부분을 P파 및 T파의 시작점과 끝점으로 추출하고, 상기 R파의 정점을 기준으로 각각 왼쪽과 오른쪽에서 가장 전압 크기가 낮은 점을 Q파와 S파의 정점으로 추출하며, 상기 Q파의 정점을 기준으로 왼쪽에서 처음으로 기저선과 만나는 점을 Q파의 시작점으로 추출하고, 상기 S파의 정점을 기준으로 오른쪽에서 첫 번째로 기저선과 만나는 점을 S파의 끝점으로 추출하는 것을 특징으로 하는 신경망을 이용한 심전도 기반의 심장질환 진단장치.

청구항 5.

제 4 항에 있어서, 상기 특징 추출수단은

상기 P파의 시작점에서 QRS 컴플렉스의 시작점까지의 거리로 PR 인터벌을 구하고, QRS 컴플렉스의 시작점으로부터 T파의 끝점까지의 거리로 QT 인터벌을 구하며, Q파의 시작점부터 S파의 끝점까지의 거리로 QRS 기간을 구하는 것을 특징으로 하는 신경망을 이용한 심전도 기반의 심장질환 진단장치.

청구항 6.

제 1 항에 있어서, 상기 신경망 기반 진단수단은

심장질환의 종류에 따라 오류 역전과 신경망 또는 확률 신경망을 이용하는 것을 특징으로 하는 신경망을 이용한 심전도 기반의 심장질환 진단장치.

청구항 7.

제 1 항에 있어서, 상기 질병종류는 동빈맥, 동서맥, 우각차단 및 좌각차단인 것을 특징으로 하는 신경망을 이용한 심전도 기반의 심장질환 진단장치.

청구항 8.

제 1 항에 있어서, 상기 입력수단을 통해 입력된 심전도 신호의 잡음 정도를 파악하여 입력 심전도 신호 중 잡음이 많은 부분을 제외시키는 잡음 제거수단을 더 구비함을 특징으로 하는 신경망을 이용한 심전도 기반의 심장질환 진단장치.

청구항 9.

제 1 항에 있어서, 상기 제어수단의 제어에 따라 경보를 발생하는 경보수단을 더 구비함을 특징으로 하는 신경망을 이용한 심전도 기반의 심장질환 진단장치.

청구항 10.

제 1 항에 있어서, 상기 제어수단의 제어에 따라 외부 장치와의 무선 또는 유선 송수신을 위한 송수신수단을 더 구비함을 특징으로 하는 신경망을 이용한 심전도 기반의 심장질환 진단장치.

청구항 11.

심전도 신호를 입력받아 이의 잡음을 제거하는 제1 단계;

잡음이 제거된 심전도 신호로부터 소정 특징들을 추출하는 제2 단계;

상기 추출된 결과를 신경망을 통해 학습시켜 입력된 심전도 신호에 대한 질병판단을 위한 분류를 행하는 제3 단계; 및

상기 분류된 결과를 바탕으로 해당 심전도 신호에 대한 질병유무 및 질병종류를 판단하여 해당 결과를 출력하는 제4 단계;

를 포함하여 이루어짐을 특징으로 하는 신경망을 이용한 심전도 기반의 심장질환 진단방법.

청구항 12.

제 11 항에 있어서, 상기 잡음 제거는 입력된 심전도 신호의 잡음 정도를 파악하여 입력 심전도 신호 중 잡음이 많은 부분을 제외시키는 것을 특징으로 하는 신경망을 이용한 심전도 기반의 심장질환 진단방법.

청구항 13.

제 11 항에 있어서, 상기 특징은

심박수, QRS 기간, PR 인터벌, QT 인터벌, T파의 유형들인 것을 특징으로 하는 신경망을 이용한 심전도 기반의 심장질환 진단방법.

청구항 14.

제 13 항에 있어서, 상기 특징은

심전도 신호의 형태적인 특징을 이용하여 추출하는 것을 특징으로 하는 신경망을 이용한 심전도 기반의 심장질환 진단방법.

청구항 15.

제 14 항에 있어서, 상기 특징 추출은

소정 시간을 주기로 최대값에 해당하는 값을 R파의 정점으로 추출하고, R파가 기저선과 만나는 두 점을 각각 QRS 컴플렉스의 시작점과 끝점으로 추출하며, 상기 QRS 컴플렉스의 시작점보다 시간적으로 선행한 QRS 컴플렉스의 시작점의 왼쪽에서 전압값이 가장 큰 점을 P파의 정점으로 추출하고, 상기 QRS 컴플렉스의 끝점을 기준으로 오른쪽에서의 최대값과 최소값 중 기저선과의 차이가 큰 값을 T파의 정점으로 추출하며, 상기 P파 및 T파의 정점을 기준으로 왼쪽과 오른쪽에서 기저선과 만나는 점에 해당하는 부분을 P파 및 T파의 시작점과 끝점으로 추출하고, 상기 R파의 정점을 기준으로 각각 왼쪽과 오른쪽에서 가장 전압 크기가 낮은 점을 Q파와 S파의 정점으로 추출하며, 상기 Q파의 정점을 기준으로 왼쪽에서 처음으로 기저선과 만나는 점을 Q파의 시작점으로 추출하고, 상기 S파의 정점을 기준으로 오른쪽에서 첫 번째로 기저선과 만나는 점을 S파의 끝점으로 추출하며, 상기 P파의 시작점에서 QRS 컴플렉스의 시작점까지의 거리로 PR 인터벌을 구하고, QRS 컴플렉스의 시작점으로부터 T파의 끝점까지의 거리로 QT 인터벌을 구하며, Q파의 시작점부터 S파의 끝점까지의 거리로 QRS 기간을 구하는 것을 특징으로 하는 신경망을 이용한 심전도 기반의 심장질환 진단방법.

청구항 16.

제 11 항에 있어서, 상기 신경망은

오류 역전파 신경망 또는 확률 신경망인 것을 특징으로 하는 신경망을 이용한 심전도 기반의 심장질환 진단방법.

청구항 17.

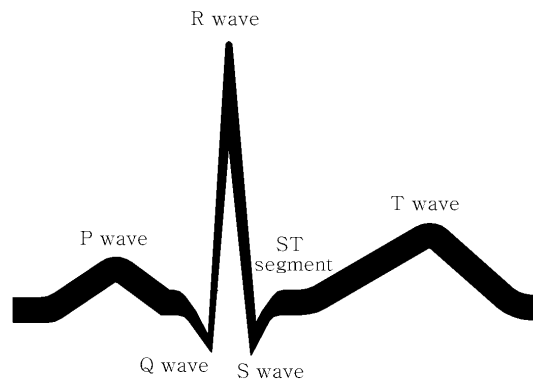
제 11 항에 있어서, 상기 질병종류는 동빈맥, 동서맥, 우각차단 및 좌각차단인 것을 특징으로 하는 신경망을 이용한 심전도 기반의 심장질환 진단방법.

청구항 18.

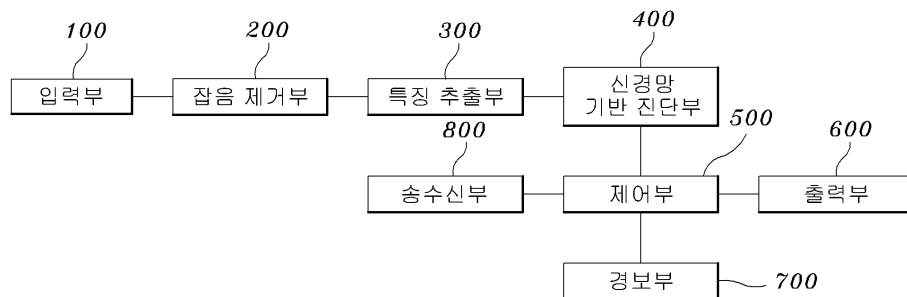
제 11 항에 있어서, 상기 제4 단계에서의 판단 결과를 유선 또는 무선을 통해 외부 장치로 송출하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 신경망을 이용한 심전도 기반의 심장질환 진단방법

도면

도면1



도면2



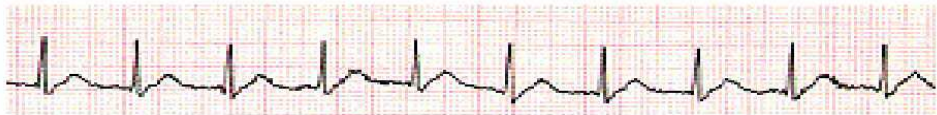
도면3a



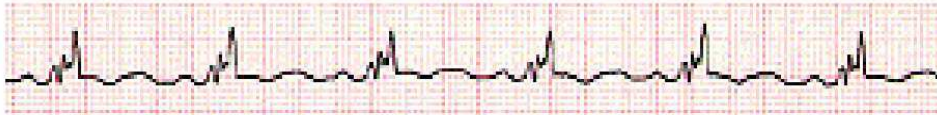
도면3b



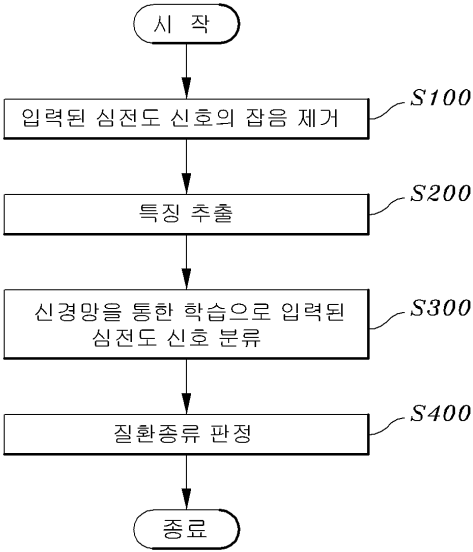
도면3c



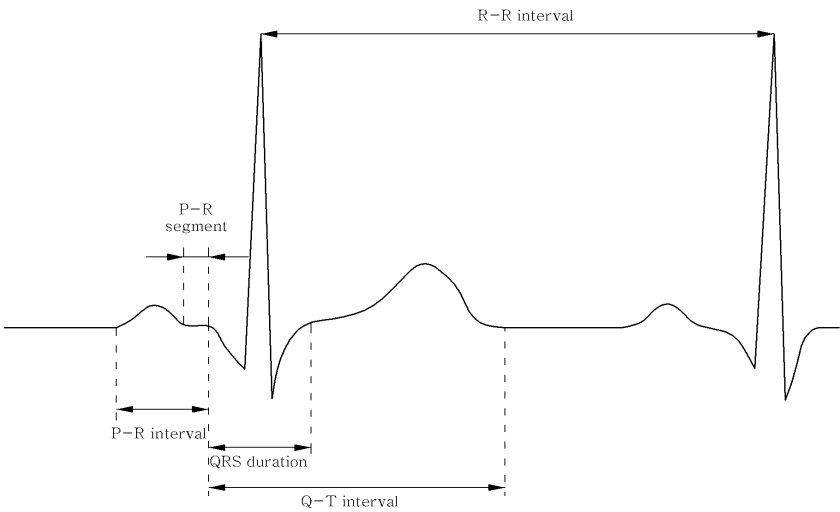
도면3d



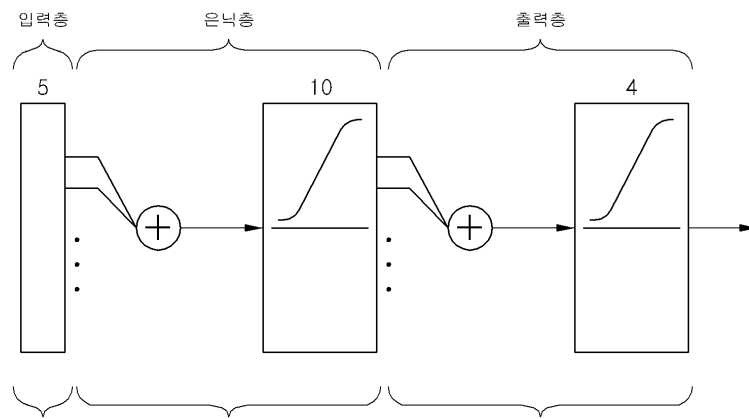
도면4



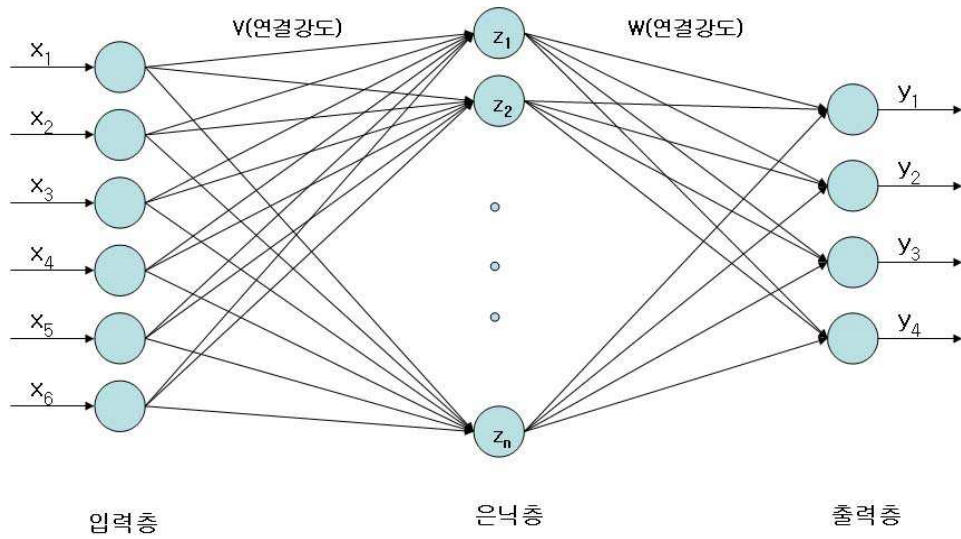
도면5



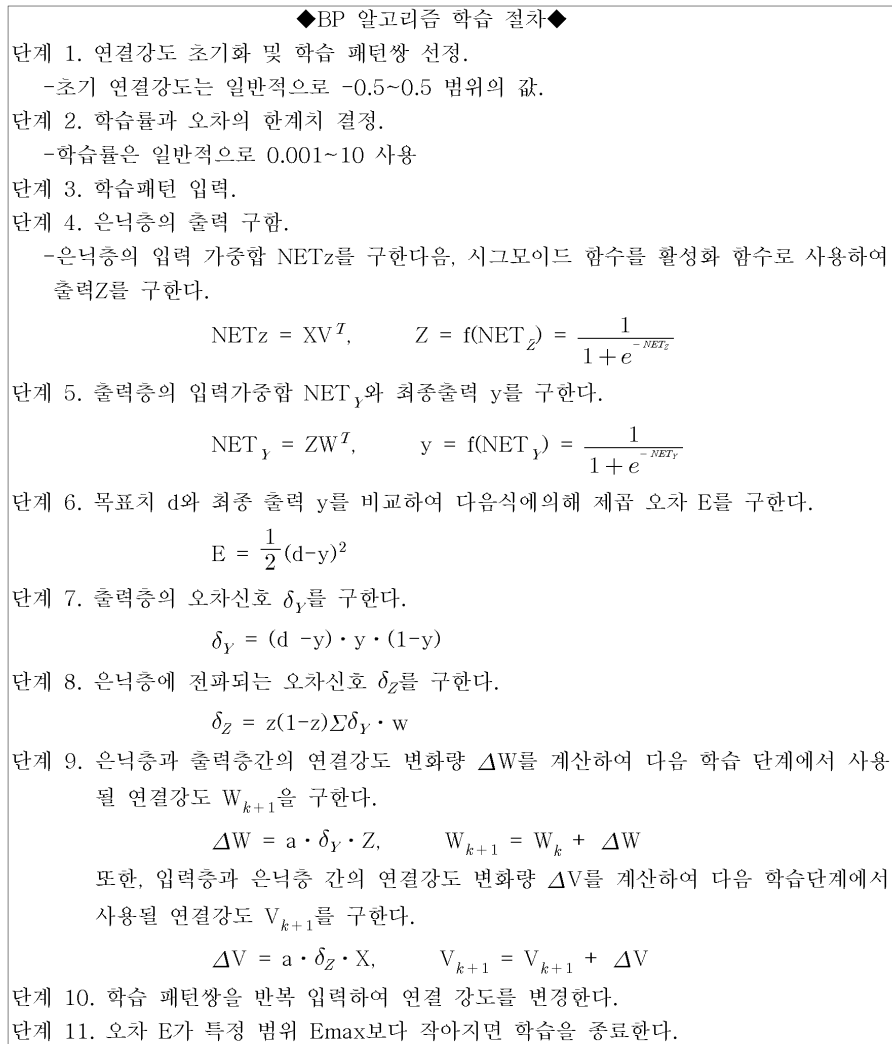
도면6



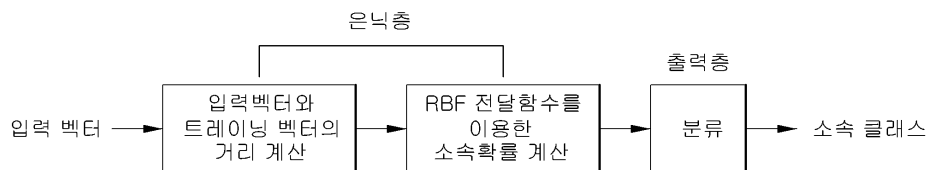
도면7



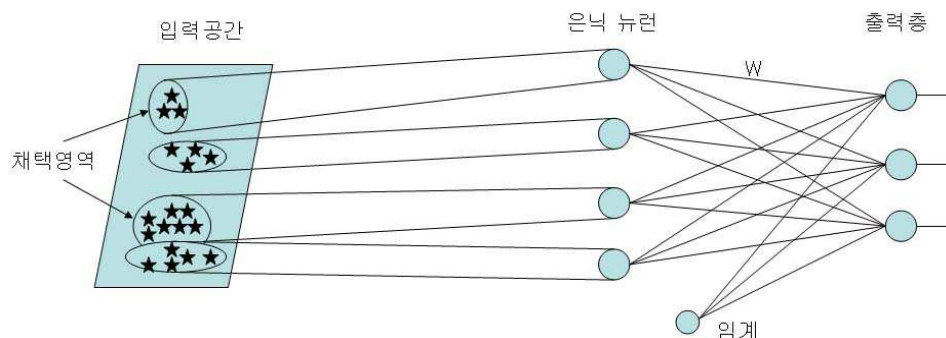
도면8



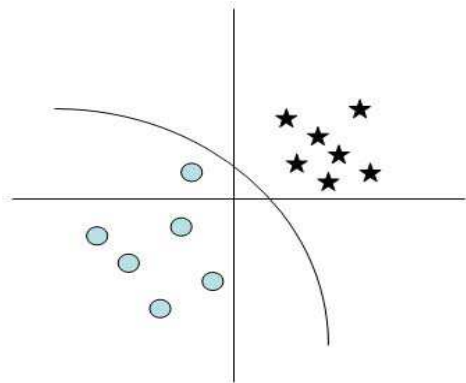
도면9



도면10

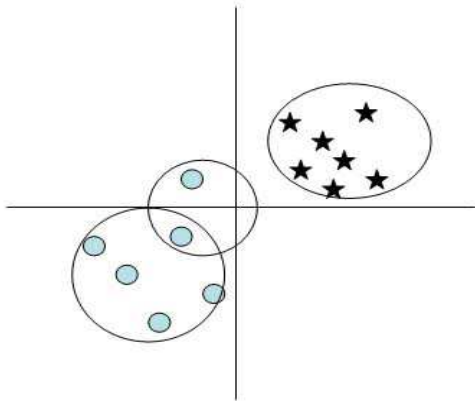


도면11a



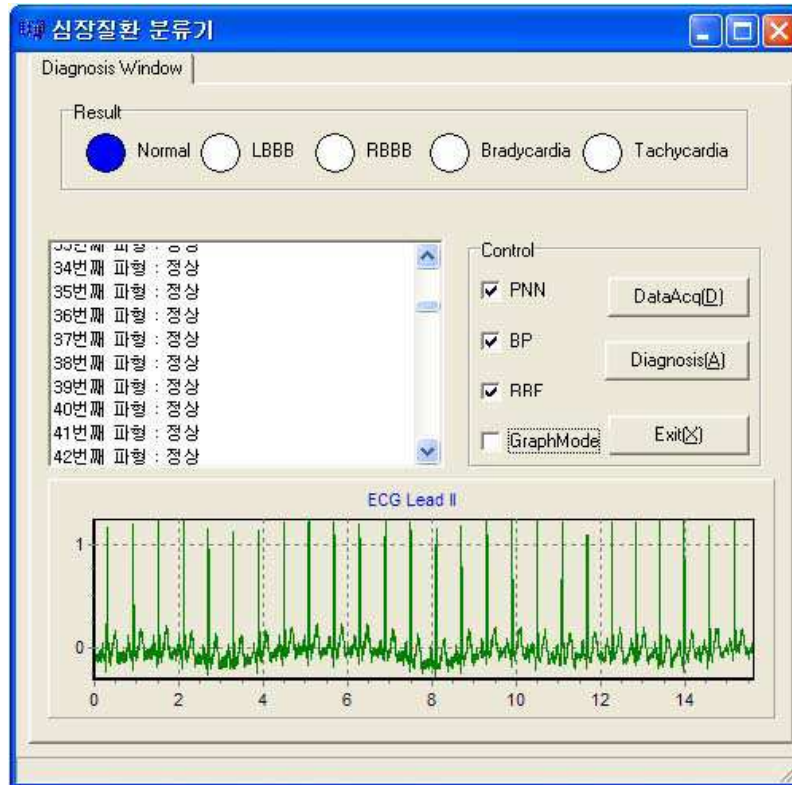
전역적 사영

도면11b



지역적 사영

도면12



도면13

	정상	동서맥	동빈맥	우각차단	좌각차단	동서맥 우각차단	동서맥 좌각차단	동빈맥 우각차단	동빈맥 좌각차단	합계	질환유무 진단 갯수
입력	30개	30개	30개	30개	30개	30개	30개	30개	30개	270개	270개
진단 갯수	19개	30개	25개	24개	22개	20개	22개	11개	20개	193개	255개
정확도	63%	100%	83%	80%	73%	66%	73%	36%	66%	71%	94%

도면14

	정상	동서맥	동빈맥	우각차단	좌각차단	동서맥 우각차단	동서맥 좌각차단	동빈맥 우각차단	동빈맥 좌각차단	합계	질환유무 진단 갯수
입력	30개	30개	30개	30개	30개	30개	30개	30개	30개	270개	270개
진단 갯수	20개	0개	0개	18개	7개	1개	30개	29개	18개	123개	253개
정확도	66%	0%	0%	60%	23%	3%	100%	96%	60%	45%	93%