【발명의 설명】

【발명의 명칭】

웨어러블 기기 기반 실시간 응급상황 감지 및 맞춤형 응급대응 시스템 {REAL-TIME EMERGENCY DETECTION AND CUSTOMIZED EMERGENCY RESPONSE SYSTEM BASED ON WEARABLE DEVICE}

【기술분야】

본 발명은 웨어러블 기기를 이용한 응급상황 감지 및 대응 시스템에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 웨어러블 기기와 스마트폰을 통해 수집된 생체신호를 AI 기반으로 실시간 분석하여 응급상황을 자동으로 감지하고, 환자의 의료정보에 기반한 맞춤형 응급대응 가이드를 TTS(Text-To-Speech) 음성으로 주변인에게 제공함으로써 골든타임 내 적절한 응급조치를 가능하게 하는 시스템에 관한 기술이다.

【발명의 배경이 되는 기술】

최근 고령화 사회로의 급속한 진입과 1인 가구의 증가, 만성질환자의 지속적인 증가로 인해 응급상황 발생 시 즉각적인 대응이 어려운 취약계층이 크게 늘어나고 있다. 특히 독거노인, 만성질환을 앓고 있는 1인 가구, 기저질환이 있는 고령자의 경우 심정지, 저혈당 쇼크, 낙상 등의 응급상황이 발생했을 때 주변에 도움을 요청할 수 있는 사람이 없거나, 의식을 잃어 스스로 대처가 불가능한 경우가 빈번하게 발생하고 있다.

기존의 응급상황 대응 시스템들은 주로 단순한 경보음 발생이나 GPS 위치 정

보 전송에 그치고 있어, 실제 응급상황에서 주변인들이 환자에게 어떤 조치를 취해야 하는지에 대한 구체적인 가이드를 제공하지 못하는 한계가 있다. 응급상황을 목격한 주변인들은 대부분 의료 지식이 부족하고 당황한 상태에서 적절한 응급조치를 취하기 어려우며, 특히 환자의 기저질환이나 복용 중인 약물 정보를 알 수 없어 잘못된 조치로 인해 오히려 상황을 악화시킬 수 있는 위험이 존재한다.

또한, 기존 시스템들은 모든 환자에게 동일한 응급대응 방식을 적용하여, 개인별 의료 특성을 고려한 맞춤형 대응이 불가능하다는 문제점이 있다. 예를 들어, 저혈압 환자와 고혈압 환자는 동일한 응급상황에서도 서로 다른 응급조치가 필요함에도 불구하고, 기존 시스템은 이러한 개인별 차이를 반영하지 못하고 있다.

웨어러블 기기 기술의 발전으로 심박수, 체온, 혈압 등 다양한 생체신호를 실시간으로 측정할 수 있게 되었으나, 이러한 데이터를 효과적으로 분석하여 응급상황을 정확하게 감지하고 즉각적인 대응으로 연결시키는 통합적인 시스템은 아직 미비한 실정이다. 특히 개인의 건강 상태와 의료 이력에 따라 동일한 생체신호 패턴이라도 위험도가 다르게 평가되어야 함에도 불구하고, 기존 시스템들은 획일적인 임계값을 적용하여 오탐지나 미탐지가 빈번하게 발생하는 문제가 있다.

응급상황에서의 골든타임은 생명을 좌우하는 매우 중요한 요소임에도 불구하고, 현재의 응급의료 체계는 119 신고 후 구급대 도착까지의 시간 동안 효과적인 응급조치가 이루어지지 못하는 공백이 존재한다. 이러한 초기 대응의 공백은 환자의 생존율을 크게 낮추고 후유증을 증가시키는 주요 원인이 되고 있으며, 이로 인한 사회적 의료비용 또한 지속적으로 증가하고 있다.

선행기술로는 미국특허 US7774060B2 가 있으나, 개인의 기저질환 및 복용 약물 정보를 통합하여 환자별 맞춤형 응급조치를 제공하지는 않고 있다.

【발명의 내용】

【해결하고자 하는 과제】

기존의 응급상황 감지 시스템은 단순히 위험 상황을 알리는 수준에 그치고 있어, 실제 응급상황에서 주변인들이 환자에게 즉각적이고 적절한 응급조치를 취할 수 있도록 안내하는 기능이 부족한 실정이다. 특히 환자의 기저질환, 복용 중인 약물, 과거 병력 등 개인별 의료정보를 고려하지 못하여 획일적인 대응만 가능하다는 한계가 있다.

또한 현재의 웨어러블 기기 기반 건강 모니터링 시스템들은 수집된 생체신호를 단순 임계값과 비교하는 방식으로 이상 상태를 판단하고 있어, 개인의 평소 건강 상태나 활동 패턴, 일중 변동 등을 반영한 정확한 응급상황 감지가 어렵다는 문제가 있다. 이로 인해 오탐지로 인한 불필요한 경보가 빈번하게 발생하거나, 반대로 실제 위험 상황을 놓치는 미탐지 문제가 발생할 수 있다.

응급상황 발생 시 목격자나 주변인들은 의료 지식 부족과 당황한 심리 상태로 인해 적절한 대응을 하지 못하는 경우가 대부분이며, 특히 환자가 저혈압인지 고혈압인지, 당뇨병이 있는지, 어떤 약물에 알레르기가 있는지 등의 중요한 의료정보를 알 수 없어 잘못된 조치로 상황을 악화시킬 위험이 존재한다. 심폐소생술과 같은 응급처치의 경우에도 정확한 방법을 모르거나 실시간 가이드가 없어 효과적인 처치

가 이루어지지 못하는 경우가 많다.

1인 가구나 독거노인의 경우 응급상황 발생 시 스스로 도움을 요청할 수 없는 상황이 빈번하게 발생하며, 의식을 잃은 상태에서는 주변에 사람이 있더라도 환자의 상태나 필요한 조치를 전달할 방법이 없다는 문제가 있다. 또한 119 신고 후 구급대 도착까지의 시간 동안 적절한 초기 대응이 이루어지지 못해 골든타임을 놓치는 경우가 많아, 이로 인한 생존율 저하와 의료비용 증가가 심각한 사회적 문제로 대두되고 있다.

본 발명은 이러한 문제점들을 해결하기 위하여, 웨어러블 기기와 스마트폰을 통해 수집된 생체신호를 AI 기반으로 실시간 분석하여 개인 맞춤형 임계값으로 응급상황을 정확하게 감지하고, 환자의 의료정보에 기반한 맞춤형 응급대응 가이드를 TTS 음성으로 주변인에게 즉시 제공함으로써, 의료 지식이 없는 일반인도 골든타임 내에 적절한 응급조치를 취할 수 있도록 하는 통합적인 응급대응 시스템을 제공하고자 한다.

【과제의 해결 수단】

전술한 과제를 해결하기 위한 본 발명의 웨어러블 기기와 스마트폰을 이용한 AI 기반 실시간 응급상황 감지 및 맞춤형 응급대응 방법은, 서버가 웨어러블 기기로부터 심박수, 체온, 혈압, 활동량을 포함하는 생체신호를 실시간으로 수신하고 스마트폰으로부터 GPS 위치 정보 및 가속도 데이터를 수신하는 단계, 상기 서버가 신경망 모델을 이용하여 수신된 생체신호의 시계열 패턴을 분석하고 사용자별 의료정보

를 참조하여 개인화된 임계값과 비교함으로써 응급상황 발생 여부를 판단하는 단계, 상기 서버가 응급상황으로 판단하는 경우 의사결정 알고리즘을 통해 사용자의 기저질환, 복용약물, 과거 병력을 포함하는 의료정보와 현재 감지된 응급상황 유형을 기반으로 최적화된 응급대응 시나리오를 선택하는 단계, 상기 서버가 선택된 응급대응 시나리오를 스마트폰으로 전송하여 상기 스마트폰이 TTS(Text-To-Speech) 엔진을 통해 음성으로 변환하고 스피커를 통해 단계별 응급처치 가이드를 출력하도록 제어하는 단계, 그리고 상기 서버가 119 응급구조 시스템, 사전 지정된 보호자 단말기, 의료기관 단말기에 사용자의 위치정보와 응급상황 정보를 자동으로 전송하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

【발명의 효과】

본 발명은 웨어러블 기기와 스마트폰을 통해 수집된 생체신호와 위치정보를 신경망 모델로 실시간 분석함으로써, 심정지, 낙상, 발작, 저혈당 쇼크 등의 응급상황을 조기에 감지할 수 있는 효과가 있다. 특히 사용자별 의료정보를 참조한 개인화된 임계값을 적용하여 개인의 건강 특성을 고려한 정확한 응급상황 판단이 가능하며, 이를 통해 오탐지율을 감소시키고 미탐지로 인한 위험을 최소화할 수 있다.

또한 본 발명은 의사결정 알고리즘을 통해 사용자의 기저질환, 복용약물, 과거 병력을 종합적으로 고려하여 최적화된 응급대응 시나리오를 선택하고, 이를 TTS 엔진을 통해 음성으로 변환하여 단계별 응급처치 가이드를 제공함으로써, 의학 지식이 없는 일반인도 당황하지 않고 즉각적이고 적절한 응급처치를 수행할 수 있도록

하는 효과가 있다. 이러한 맞춤형 음성 안내는 환자의 특정 질환과 상태에 최적화된 대응을 가능하게 하여 응급처치의 효과성을 극대화할 수 있다.

본 발명은 119 응급구조 시스템, 보호자, 의료기관에 위치정보와 응급상황 정보를 자동으로 전송함으로써 골든타임 내에 전문적인 의료 지원을 받을 수 있도록 하는 효과가 있다. 특히 강화학습 알고리즘을 통해 개인별 임계값을 동적으로 조정하여 시간대별 생체리듬 변화를 반영함으로써 응급상황 감지의 정확도를 지속적으로 향상시킬 수 있으며, 블록체인 기반 분산 저장과 영지식 증명 기법을 적용하여 민감한 의료정보를 안전하게 보호하면서도 응급상황 시에는 필요한 정보에 즉시 접근할 수 있도록 하는 효과가 있다.

나아가 본 발명은 과거 데이터 기반 예측 모델을 통해 응급상황 발생 가능성을 사전에 예측하여 예방적 조치를 가능하게 하고, 응급상황 발생 시 주변의 의료 관련 자격증 보유자를 우선적으로 탐지하여 도움을 요청함으로써 보다 전문적인 초기 대응이 이루어질 수 있도록 하는 효과가 있다. 이를 통해 1인 가구, 만성질환자, 고령자 등 응급상황에 취약한 계층의 생존율을 높이고 의료비용을 절감하는 사회적 효과를 달성할 수 있다.

【도면의 간단한 설명】

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 AI 기반 실시간 응급상황 감지 및 맞춤형 응급대응 시스템의 전체 구성을 나타낸 블록도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 응급상황 감지 및 대응 방법의 전체 흐

름을 나타낸 순서도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 강화학습 기반 개인화된 임계값 조정 과정을 나타낸 개념도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 의료정보 보안 처리 구조 및 예측 모델 동작을 나타낸 구성도이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 응급상황별 대응 시나리오 결정 과정 및 3중 검증 체계를 나타낸 흐름도이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 주변 의료인 탐지 및 도움 요청 프로세스를 나타낸 동작도이다.

【발명을 실시하기 위한 구체적인 내용】

다양한 실시예들이 도면을 참조하여 설명된다. 본 발명에서, 다양한 설명들이 본 발명의 이해를 제공하기 위해서 제시된다. 그러나, 이러한 실시예들은 이러한 구체적인 설명 없이도 실행될 수 있음이 명백하다.

용어 "또는"은 배타적 "또는"이 아니라 내포적 "또는"을 의미하는 것으로 의도된다. 즉, 달리 특정되지 않거나 문맥상 명확하지 않은 경우에, "X는 A 또는 B를 이용한다"는 자연적인 내포적 치환 중 하나를 의미하는 것으로 의도된다. 즉, X가 A를 이용하거나; X가 B를 이용하거나; 또는 X가 A 및 B 모두를 이용하는 경우, "X는 A 또는 B를 이용한다"가 이들 경우들 어느 것으로도 적용될 수 있다. 또한, 본 발명에 사용된 "및/또는"이라는 용어는 열거된 관련 아이템들 중 하나 이상의 아이템의

가능한 모든 조합을 지칭하고 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

또한, "포함한다" 및/또는 "포함하는"이라는 용어는, 해당 특징 및/또는 구성요소가 존재함을 의미하는 것으로 이해되어야 한다. 다만, "포함한다" 및/또는 "포함하는"이라는 용어는, 하나 이상의 다른 특징, 구성요소 및/또는 이들의 그룹의 존재 또는 추가를 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다. 또한, 달리 특정되지 않거나 단수 형태를 지시하는 것으로 문맥상 명확하지 않은 경우에, 본 발명과 청구범위에서 단수는 일반적으로 "하나 또는 그 이상"을 의미하는 것으로 해석되어야 한다.

그리고, "A 또는 B 중 적어도 하나"이라는 용어는, "A만을 포함하는 경우", B 만을 포함하는 경우" "A와 B의 구성으로 조합된 경우"를 의미하는 것으로 해석되어야 한다.

본 발명의 실시예들은 주체가 명시되지 않은 경우, 해당 동작들은 MCU 장치에 의해 수행되는 것으로 이해될 수 있다. MCU 장치는 시스템의 중앙 제어 장치로서, 화재 감지, 차량 인식, 진화 장치의 동작 제어 및 서버와의 통신 등 주요 기능을 담당하며, 시스템의 다양한 요소들이 유기적으로 작동하도록 한다.

다만, MCU 장치는 서버와 같은 외부 장치로부터 지시를 전달 받아 동작을 수행할 수도 있다. 이 경우, 서버는 화재 감지, 충전 제어, 진화 장치 작동 등과 같은 시스템의 각종 동작에 대한 명령을 MCU 장치에 전송하며, MCU 장치는 이를 받아들여 시스템 내 다양한 구성 요소들을 제어하고, 필요한 대응을 실행할 수 있다.

도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 AI 기반 실시간 응급상황 감

지 및 맞춤형 응급대응 시스템은 서버(100), 웨어러블 기기(200), 스마트폰(300), 그리고 외부 단말기 및 시스템을 포함하여 구성될 수 있다.

서버(100)는 본 발명의 핵심적인 데이터 처리와 분석을 담당하는 구성요소로서, 프로세서(110), 메모리(120), 네트워크(130)를 포함할 수 있다. 프로세서(110)는 신경망 모델과 의사결정 알고리즘을 실행하여 응급상황을 판단하고 적절한 대응 시나리오를 선택하는 역할을 수행할 수 있다. 메모리(120)는 사용자별 의료정보, 과거 생체신호 데이터, 학습된 AI 모델 파라미터, 응급대응 시나리오 데이터베이스 등을 저장할 수 있다. 네트워크(130)는 웨어러블 기기(200) 및 스마트폰(300)과의 실시간 통신을 담당하며, RESTful API 또는 WebSocket 프로토콜을 통해 데이터를 송수신할 수 있다.

웨어러블 기기(200)는 사용자의 신체에 착용되어 생체신호를 실시간으로 측정하는 장치로서, 다양한 센서들을 포함할 수 있다. 상기 웨어러블 기기(200)는 심박수 센서를 통해 분당 심박수를 측정하고, 체온 센서를 통해 피부 온도를 감지하며, 혈압 센서를 통해 수축기 및 이완기 혈압을 모니터링할 수 있다. 또한 3축 가속도 센서와 자이로 센서를 포함하여 사용자의 활동량과 자세 변화를 감지할 수 있다. 상기 웨어러블 기기(200)는 BLE(Bluetooth Low Energy) 통신 모듈을 통해 스마트폰(300)과 연결되어, 측정된 생체신호를 실시간으로 전송할 수 있다. 데이터 전송 주기는 정상 상태에서는 5초 간격으로 설정되며, 이상 징후 감지 시 1초 간격으로 자동 조정될 수 있다.

스마트폰(300)은 웨어러블 기기(200)와 서버(100) 사이의 중계 역할을 수행

하면서, 동시에 추가적인 센서 데이터 수집과 사용자 인터페이스 기능을 제공할 수 있다. 상기 스마트폰(300)에 내장된 GPS 모듈은 사용자의 실시간 위치 정보를 수집하여 응급상황 발생 시 정확한 위치를 파악할 수 있도록 한다. 3축 가속도 센서는 낙상 감지를 위한 추가 데이터를 제공하며, 웨어러블 기기(200)의 센서 데이터와 융합되어 더욱 정확한 낙상 판단이 가능하도록 할 수 있다. 특히 중요한 구성요소인 TTS(Text-To-Speech) 엔진은 서버(100)로부터 수신한 응급대응 시나리오를 음성으로 변환하여 스피커를 통해 출력할 수 있다. 이를 통해 응급상황 발생 시 주변인들에게 "환자가 심정지 상태입니다. 즉시 가슴 압박을 시작해주세요"와 같은 구체적인 응급처치 방법을 음성으로 안내할 수 있다.

외부 단말기 및 시스템은 119 응급구조 시스템, 사전 지정된 보호자의 단말기, 의료기관 단말기 등을 포함할 수 있다. 서버(100)는 응급상황 감지 시 상기 외부 시스템들과 자동으로 통신하여 필요한 정보를 전송할 수 있다. 119 응급구조 시스템에는 사용자의 정확한 GPS 위치, 응급상황 유형, 기본 의료정보가 자동으로 전송될 수 있다. 보호자 단말기에는 응급상황 알림과 함께 현재 위치 정보가 푸시 알림 형태로 전송되며, 필요시 자동 음성 통화가 연결될 수 있다. 의료기관 단말기에는 HL7 FHIR 표준 프로토콜을 통해 환자의 상세 의료정보, 현재 생체신호, 응급상황 발생 경과 등이 실시간으로 공유될 수 있다.

서버(100)의 프로세서(110)에서 실행되는 신경망 모델은 LSTM(Long Short-Term Memory) 구조를 기반으로 하여 시계열 생체신호 패턴을 학습하고 분석할 수 있다. 상기 신경망 모델은 입력층에서 심박수, 체온, 혈압, 활동량 등의 생체신

호를 60초 윈도우 단위로 수신하고, 2개의 은닉층(각 128개 뉴런)을 거쳐 정상, 주의, 위험의 3단계로 분류된 출력을 생성할 수 있다. 또한 의사결정 알고리즘은 응급상황 유형, 환자의 기저질환, 현재 상태를 종합적으로 고려하여 최적의 응급대응 시나리오를 선택할 수 있다. 예를 들어, 당뇨병 환자에게서 급격한 심박수 상승과 피부 온도 저하가 감지되면 저혈당 쇼크로 판단하고, 해당하는 응급처치 가이드를 선택하여 제공할 수 있다.

시스템 전체의 데이터 흐름은 실시간성과 신뢰성을 보장하도록 설계될 수 있다. 웨어러블 기기(200)에서 수집된 생체신호는 스마트폰(300)을 경유하여 서버(100)로 전송되며, 서버(100)는 수신된 데이터를 즉시 분석하여 응급상황 여부를 판단할 수 있다. 응급상황으로 판단되는 경우, 서버(100)는 3개의 병렬 프로세스를 동시에 실행할 수 있다. 첫 번째로 스마트폰(300)에 응급대응 시나리오를 전송하여 TTS 음성 안내를 시작하고, 두 번째로 119 및 의료기관에 자동 알림을 발송하며, 세 번째로 보호자에게 긴급 연락을 취할 수 있다. 이러한 병렬 처리를 통해 골든타임 내에 신속한 응급대응이 가능하도록 할 수 있다.

도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 응급상황 감지 및 대응 방법은 시작 단계부터 종료 단계까지 순차적으로 수행되는 복수의 단계들을 포함할 수 있다.

a 단계에서, 서버가 웨어러블 기기로부터 심박수, 체온, 혈압, 활동량을 포함하는 생체신호를 실시간으로 수신하고, 스마트폰으로부터 GPS 위치 정보 및 가속

도 데이터를 수신하는 단계가 수행될 수 있다. 상기 단계에서 웨어러블 기기는 사용자의 신체에 착용된 상태에서 지속적으로 생체신호를 측정하며, 측정된 데이터를 BLE 통신을 통해 스마트폰으로 전송할 수 있다. 심박수는 광혈류측정(PPG) 방식으로 분당 30회에서 200회 범위에서 측정되며, 체온은 적외선 센서를 통해 섭씨 35도에서 42도 범위에서 0.1도 단위로 측정될 수 있다. 혈압은 오실로메트릭 방식으로 수축기 및 이완기 혈압이 측정되고, 활동량은 3축 가속도 센서를 통해 움직임의 강도와 패턴이 수집될 수 있다. 스마트폰은 상기 웨어러블 기기로부터 수신한 데이터와 함께 자체적으로 GPS 위치 정보와 가속도 데이터를 수집하여 서버로 전송할 수 있다. GPS 위치 정보는 위도와 경도 좌표뿐만 아니라 고도 정보도 포함하여 3차원 위치를 정확히 파악할 수 있도록 하며, 실내에서는 Wi-Fi 신호와 블루투스 비콘을 활용한 실내 측위 기술이 보완적으로 사용될 수 있다.

b 단계에서, 서버가 신경망 모델을 이용하여 상기 수신된 생체신호의 시계열 패턴을 분석하고, 사용자별 의료정보를 참조하여 개인화된 임계값과 비교함으로써 응급상황 발생 여부를 판단하는 단계가 수행될 수 있다. 상기 신경망 모델은 LSTM 구조를 기반으로 하여 60초 단위의 시계열 데이터를 입력받아 패턴을 분석할 수 있다. 예를 들어, 정상적인 심박수 변동성과 비정상적인 부정맥 패턴을 구분하거나, 체온의 급격한 변화가 발열인지 저체온증인지를 판단할 수 있다. 사용자별 의료정보는 나이, 성별, 기저질환, 복용 중인 약물, 과거 병력 등을 포함하며, 이러한 정보를 바탕으로 개인화된 임계값이 설정될 수 있다. 예를 들어, 베타차단제를 복용 중인 고혈압 환자의 경우 정상 심박수 범위가 일반인보다 낮게 설정되며, 당뇨병 환자

의 경우 혈당 변화에 따른 생체신호 패턴이 추가로 고려될 수 있다. 또한 상기 b 단계에서는 스마트폰으로부터 수신된 3축 가속도 센서 데이터에 신호 크기 벡터(Signal Vector Magnitude, SVM) 알고리즘을 적용하여 낙상 발생 여부를 판단하는 과정이 포함될 수 있다. SVM 값이 2.5g 이상의 충격을 나타내고, 이후 1초 이내에 자유낙하 패턴이 감지되며, 그 후 일정 시간 동안 움직임이 없는 경우 낙상으로 판단할 수 있다. 상기 낙상 감지 알고리즘은 일상적인 활동(의자에 앉기, 침대에 눕기 등)과 실제 낙상을 구분하기 위해 각속도 데이터와 자세 변화 패턴을 추가로 분석할 수 있다.

c 단계에서, 서버가 응급상황으로 판단하는 경우, 의사결정 알고리즘을 통해 사용자의 기저질환, 복용약물, 과거 병력을 포함하는 의료정보와 현재 감지된 응급상황 유형을 기반으로 최적화된 응급대응 시나리오를 선택하는 단계가 수행될 수 있다. 상기 의사결정 알고리즘은 의사결정트리(Decision Tree) 구조를 활용하여 응급상황 유형을 세분화하고 적절한 대응 방법을 결정할 수 있다. 응급상황 유형은 심정지, 부정맥, 낙상, 저혈당 쇼크, 발작, 호흡곤란 등으로 분류되며, 각 유형별로 표준 응급처치 프로토콜이 준비될 수 있다. 사용자의 의료정보를 고려하여 표준 프로토콜이 개인화될 수 있는데, 예를 들어 항응고제를 복용 중인 환자가 낙상한 경우 출혈 위험이 높으므로 머리 부상 확인을 우선시하는 시나리오가 선택될 수 있다. 또한 복수의 기저질환이 있는 경우 우선순위를 설정하여 가장 위급한 상황부터 대응하도록 시나리오가 구성될 수 있다.

d 단계에서, 서버가 선택된 응급대응 시나리오를 스마트폰으로 전송하여, 상

기 스마트폰이 TTS(Text-To-Speech) 엔진을 통해 음성으로 변환하고 스피커를 통해 단계별 응급처치 가이드를 출력하도록 제어하는 단계가 수행될 수 있다. 상기 응급 대응 시나리오는 텍스트 형태로 구성되어 있으며, 주변인이 쉽게 이해하고 따라할 수 있도록 명확하고 간결한 문장으로 작성될 수 있다. TTS 엔진은 텍스트를 자연스러운 음성으로 변환하며, 응급상황의 긴급성을 전달하기 위해 적절한 톤과 속도로 음성을 생성할 수 있다. 스피커는 자동으로 최대 볼륨으로 설정되어 주변인들이 명확히 들을 수 있도록 하며, "환자가 의식을 잃었습니다. 119에 신고했습니다. 지금부터 심폐소생술을 안내합니다"와 같은 초기 안내 후 "양손을 깍지 끼고 가슴 중앙에 놓으세요. 분당 100회에서 120회 속도로 5센티미터 깊이로 압박하세요"와 같은 구체적인 지시사항을 순차적으로 제공할 수 있다. 메트로놈 사운드를 함께 재생하여 정확한 압박 속도를 유지할 수 있도록 도울 수 있다.

e 단계에서, 서버가 119 응급구조 시스템, 사전 지정된 보호자 단말기, 의료기관 단말기에 사용자의 위치정보와 응급상황 정보를 자동으로 전송하는 단계가 수행될 수 있다. 119 응급구조 시스템에는 API 연동을 통해 환자의 정확한 GPS 좌표, 응급상황 유형, 환자 나이와 성별, 주요 기저질환 정보가 자동으로 전송될 수 있다. 이를 통해 119 상황실에서는 적절한 구급 장비를 준비하고 최적의 이송 병원을 사전에 선정할 수 있다. 보호자 단말기에는 푸시 알림과 SMS가 동시에 발송되며, 응답이 없을 경우 자동 음성 통화가 시도될 수 있다. 알림 메시지에는 응급상황 발생 시각, 위치, 상황 유형이 포함되며, 실시간 위치 추적 링크가 제공되어 보호자가 현장으로 신속히 이동할 수 있도록 할 수 있다. 의료기관 단말기에는 더욱 상세한 의료정보가

전송될 수 있는데, 현재 생체신호 수치, 응급상황 발생 전후의 생체신호 변화 그래프, 복용 중인 약물 목록, 알레르기 정보, 과거 수술 이력 등이 포함될 수 있다. 이러한 정보는 HL7 FHIR 표준 형식으로 전송되어 병원의 전자의무기록(EMR) 시스템과 즉시 연동될 수 있다.

상기 전체 프로세스는 응급상황 감지부터 알림 전송까지 평균 3초 이내에 완료되도록 설계될 수 있으며, 각 단계는 병렬 처리가 가능한 부분은 동시에 실행되어 응답 시간을 최소화할 수 있다. 또한 네트워크 연결이 불안정한 상황을 대비하여 스마트폰에 응급 시나리오를 사전에 캐싱하고, 오프라인 모드에서도 기본적인 응급처치 안내가 가능하도록 구성될 수 있다.

도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 강화학습 기반 개인화된 임계값 조정 과정은 상태 정보(State), 강화학습 에이전트, 행동(Action), 보상 체계(Reward), 그리고 24시간 일중 생체리듬 패턴 학습을 포함하여 구성될 수 있다.

상태 정보(State)는 강화학습 알고리즘의 입력으로 사용되는 사용자의 현재 상황을 나타내는 요소들로 구성될 수 있다. 나이는 10세 단위로 구분되어 연령대별 생체신호 특성을 반영할 수 있으며, 예를 들어 70세 이상 고령자의 경우 심박수 변동성이 젊은 연령대보다 낮은 특성이 고려될 수 있다. 기저질환 정보는 당뇨병, 고혈압, 심장질환, 호흡기 질환 등 주요 만성질환의 유무와 중증도를 포함하며, 복수의 질환이 있는 경우 각 질환의 상호작용도 고려될 수 있다. 활동수준은 안정 상태, 경도 활동, 중등도 활동, 격렬한 활동으로 분류되며, 각 활동 수준에 따라 정상 생

체신호 범위가 다르게 적용될 수 있다. 현재 시간대는 24시간을 4시간 단위로 6개 구간으로 나누어 관리되며, 각 시간대별로 일중 생체리듬을 반영한 서로 다른 기준이 적용될 수 있다. 생체신호 패턴은 최근 1시간 동안의 심박수, 체온, 혈압의 평균값과 표준편차를 포함하여 개인의 기준선(baseline)을 설정하는 데 사용될 수 있다.

강화학습 에이전트는 Q-Learning 알고리즘을 기반으로 하여 최적의 임계값을 학습하고 조정하는 핵심 구성요소로 기능할 수 있다. Q-Learning 알고리즘의 Q-value는 $Q(s,a) = Q(s,a) + \alpha[r + \gamma \cdot \max(Q(s',a')) - Q(s,a)]$ 수식에 따라 업데이트될 수 있으며, 여기서 α는 학습률(0.1로 설정), γ는 할인율(0.9로 설정), r은 보상값을 의미할 수 있다. 상기 에이전트는 현재 상태에서 가능한 행동들의 Q-value를 계산하고, ε-greedy 정책을 사용하여 탐색과 활용의 균형을 유지할 수 있다. 초기 학습 단계에서는 ε 값을 0.3으로 설정하여 다양한 임계값을 탐색하고, 학습이 진행됨에 따라 ε 값을 점진적으로 감소시켜 최적 정책에 수렴하도록 할 수 있다. 통합 임계값 조정 시스템은 심박수, 체온, 혈압 각각에 대한 개별 Q-table을 유지하면서, 동시에 전체적인 응급상황 판단을 위한 통합 Q-table도 관리할 수 있다.

행동(Action)은 강화학습 에이전트가 선택할 수 있는 임계값 조정 방법들을 포함할 수 있다. 임계값 상향 조정은 현재 임계값을 5% 단위로 증가시켜 응급상황 감지 민감도를 낮추는 행동이며, 오감지가 빈번한 경우 선택될 수 있다. 임계값 하향 조정은 현재 임계값을 5% 단위로 감소시켜 응급상황 감지 민감도를 높이는 행동이며, 미감지 위험이 있는 경우 선택될 수 있다. 임계값 유지는 현재 설정이 적절하

다고 판단되는 경우 선택되는 행동이며, 정상 감지가 지속적으로 이루어질 때 적용될 수 있다. 시간대별 조정은 특정 시간대에만 임계값을 변경하는 세밀한 조정 방법으로, 예를 들어 수면 시간대(23시-06시)에는 심박수 하한 임계값을 낮추고, 운동 시간대(18시-20시)에는 상한 임계값을 높이는 방식으로 적용될 수 있다. 감도 변경은 임계값은 유지하되 지속 시간 기준을 조정하는 행동으로, 일시적인 변동과 지속적인 이상을 구분하는 데 사용될 수 있다.

보상 체계(Reward)는 강화학습 알고리즘의 학습 방향을 결정하는 중요한 요소로서, 세 가지 경우에 대해 차등적으로 설정될 수 있다. 정상감지의 경우 +1.0의 양의 보상이 부여되며, 이는 시스템이 실제 응급상황을 정확히 감지하고 적절히 대응한 경우를 의미할 수 있다. 미감지의 경우 -2.0의 큰 음의 보상이 부여되는데, 이는 실제 응급상황을 감지하지 못한 경우로서 생명과 직결될 수 있는 위험한 상황이므로 가장 큰 페널티가 적용될 수 있다. 오감지의 경우 -0.5의 상대적으로 작은 음의 보상이 부여되며, 이는 정상 상황을 응급상황으로 잘못 판단한 경우로서 불편함은 있지만 안전성 측면에서는 미감지보다 덜 위험하다고 판단될 수 있다. 이러한 비대칭적 보상 구조를 통해 시스템은 미감지를 최소화하는 방향으로 학습하면서도 과도한 오감지를 방지할 수 있다.

24시간 일중 생체리듬 패턴 학습은 사용자의 생체신호가 하루 주기로 변화하는 패턴을 학습하여 시간대별로 적응적인 임계값을 설정하는 기능을 수행할 수 있다. 상기 그래프에 나타난 바와 같이, 심박수는 새벽 시간대(03시-06시)에 가장 낮고, 오후 활동 시간대(15시-18시)에 가장 높은 패턴을 보일 수 있다. 체온은 새벽 4

시경 최저점을 기록하고 오후 6시경 최고점에 도달하는 일중 변동을 나타낼 수 있다. 혈압은 기상 직후 급격히 상승하는 morning surge 현상과 점심 후 일시적으로 하강하는 postprandial hypotension 패턴이 관찰될 수 있다. 시스템은 최소 7일간의 데이터를 수집하여 개인별 일중 리듬 패턴을 학습하고, 이를 기반으로 시간대별 정상 범위를 설정할 수 있다. 예를 들어, 수면 중 심박수가 분당 50회로 측정되더라도 해당 사용자의 수면 시간대 평균이 분당 48-52회라면 정상으로 판단하지만, 주간 활동 시간대에 동일한 수치가 측정되면 이상 징후로 감지할 수 있다.

상기 강화학습 기반 임계값 조정 시스템은 지속적인 학습과 개선이 가능한 적응형 시스템으로 구현될 수 있다. 초기 2주간은 탐색 위주의 학습을 수행하여 다양한 임계값 조합을 시도하고, 이후에는 학습된 정책을 기반으로 최적화된 임계값을 적용할 수 있다. 계절 변화나 사용자의 건강 상태 변화에 따라 지속적으로 재학습이 이루어지며, 특히 새로운 약물 복용 시작이나 수술 후 회복 기간 등 특별한 상황에서는 학습률을 일시적으로 높여 빠른 적응이 가능하도록 할 수 있다. 또한 유사한 프로필을 가진 사용자들의 학습 결과를 전이학습(transfer learning) 방식으로 활용하여, 신규 사용자도 초기부터 어느 정도 최적화된 임계값으로 시작할 수 있도록 지원할 수 있다. 이러한 강화학습 기반 접근 방식을 통해 개인별 맞춤형 응급상황 감지의 정확도를 95% 이상으로 향상시키면서도 오감지율을 2% 미만으로 유지할 수 있다.

도 4를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 의료정보 보안 처리 구조 및

예측 모델 동작은 크게 의료정보 보안 처리 구조와 시계열 예측 모델 동작의 두 부분으로 구성될 수 있다.

의료정보 보안 처리 구조는 사용자의 민감한 의료정보를 안전하게 저장하고 관리하면서도 응급상황 시 신속한 접근이 가능하도록 설계될 수 있다. 의료정보 입력 단계에서는 사용자의 진료기록, 처방약물, 알레르기 정보, 과거 수술 이력, 가족력 등 포괄적인 의료 데이터가 수집될 수 있다. 진료기록은 최근 5년간의 입원 및 외래 진료 내역을 포함하며, 주요 진단명과 치료 경과가 구조화된 형태로 입력될 수 있다. 처방약물 정보는 현재 복용 중인 약물명, 용량, 복용 빈도, 복용 시작일뿐만 아니라 약물 상호작용 정보와 부작용 이력도 함께 저장될 수 있다. 알레르기 정보는 약물 알레르기, 음식 알레르기, 환경 알레르기로 분류되어 관리되며, 각 알레르기의 심각도와 증상이 상세히 기록될 수 있다.

블록체인 분산 저장 방식은 의료정보를 여러 노드에 분산 저장하여 단일 실패 지점을 제거하고 데이터 무결성을 보장할 수 있다. 각 의료정보는 작은 단위로 분할되어 서로 다른 블록에 저장되며, 각 블록은 이전 블록의 해시값을 포함하여 체인 형태로 연결될 수 있다. 예를 들어, 환자의 기본 정보, 진단 이력, 처방 내역, 검사 결과가 각각 별도의 블록으로 저장되고, SHA-256 해싱 알고리즘을 통해 암호화될 수 있다. 분산 원장 기술을 활용하여 최소 5개 이상의 노드에 동일한 데이터가 복제 저장되며, 합의 알고리즘을 통해 데이터 변경 시 모든 노드의 동의를 얻도록 구현될 수 있다. 이를 통해 해킹이나 시스템 장애가 발생하더라도 데이터를 안전하게 보호하고 복구할 수 있다.

영지식 증명 기법은 의료정보의 내용을 직접 공개하지 않으면서도 특정 조건의 충족 여부를 검증할 수 있도록 구현될 수 있다. 예를 들어, 응급 의료진이 환자가 특정 약물에 알레르기가 있는지 확인할 때, 전체 의료 기록을 열람하지 않고도 해당 알레르기 유무만을 확인할 수 있다. zk-SNARK(Zero-Knowledge Succinct Non-Interactive Argument of Knowledge) 프로토콜을 적용하여, 증명자(시스템)가 검증자(의료진)에게 특정 정보의 존재 여부만을 증명할 수 있다. 이 과정에서 타원곡선 암호화와 페어링 기반 암호화가 활용되어 계산 효율성과 보안성을 동시에 확보할 수 있다.

선택적 접근 제어는 응급상황의 긴급도와 접근 요청자의 권한에 따라 차등적인 정보 접근을 허용하는 메커니즘으로 구현될 수 있다. 평상시에는 모든 의료정보가 완전히 암호화되어 있으며, 응급상황 감지 시 단계적으로 복호화 키가 생성될 수 있다. 1단계 응급상황에서는 기본 의료정보(혈액형, 주요 질환, 알레르기)만 접근 가능하고, 2단계에서는 현재 복용 약물과 최근 진료 기록이 추가로 공개되며, 3단계 최고 응급상황에서는 전체 의료 기록에 접근할 수 있다. 접근 권한은 의료진 자격증 번호, 소속 기관, 접근 시간, 접근 위치 등을 종합적으로 검증하여 부여될 수 있다.

시계열 예측 모델 동작은 과거 생체신호 데이터를 분석하여 향후 응급상황 발생 가능성을 예측하고 선제적 대응을 가능하게 하는 기능을 수행할 수 있다. 과거 생체신호 데이터는 최소 30일 이상의 심박수, 체온, 혈압, 활동량 데이터를 시계열 형태로 저장하고 관리할 수 있다. 데이터는 1분 단위로 집계되어 일일 1,440개의 데이터 포인트를 생성하며, 이를 통해 장기적인 건강 추세와 단기적인 변동 패턴을 모

두 파악할 수 있다.

복합 예측 모델은 푸아송 분포 모델과 베이지안 추론을 결합하여 구현될 수 있다. 푸아송 분포 모델은 일정 시간 내 응급상황 발생 횟수를 예측하는 데 사용되며, λ(평균 발생률) 파라미터는 과거 데이터를 기반으로 지속적으로 업데이트될 수 있다. 예를 들어, 부정맥 환자의 경우 과거 발작 패턴을 분석하여 시간대별, 활동별 발생 확률을 계산할 수 있다. 베이지안 추론은 새로운 관측값이 입력될 때마다 사전 확률을 업데이트하여 사후 확률을 계산하며, 이를 통해 예측의 정확도를 점진적으로 향상시킬 수 있다. 두 모델의 결과는 가중 평균 방식으로 통합되며, 최근 예측 정확도에 따라 가중치가 동적으로 조정될 수 있다.

응급상황 발생 확률 계산 과정에서는 24시간, 48시간, 72시간 단위의 예측이 수행될 수 있다. 단기 예측(24시간)은 현재 생체신호의 급격한 변화와 단기 트렌드를 중점적으로 분석하며, 중기 예측(48-72시간)은 주기적 패턴과 환경 요인을 추가로 고려할 수 있다. 예측 확률이 1차 임계값(30%)을 초과하면 사용자 단말기에 예방 알림이 전송될 수 있다. 알림 메시지는 "최근 심박수 패턴 분석 결과 주의가 필요합니다. 충분한 휴식을 취하시고 처방약을 규칙적으로 복용해주세요"와 같이 구체적인 행동 지침을 포함할 수 있다. 또한 주치의에게도 자동으로 통보되어 필요시 외래 예약이나 약물 조정이 이루어질 수 있다.

2차 임계값(60%)을 초과하는 경우에는 더욱 적극적인 모니터링 강화 조치가 실행될 수 있다. 웨어러블 기기의 센서 측정 주기가 기본 5초에서 1초로 자동 단축되어 더욱 정밀한 모니터링이 수행될 수 있다. 스마트폰 앱은 백그라운드에서 지속

적으로 실행되며, 배터리 최적화 예외 설정이 자동으로 활성화되어 중단 없는 모니터링이 보장될 수 있다. 추가적으로 혈당, 산소포화도 등 보조 센서가 있는 경우 이들도 자동으로 활성화되어 다각도의 건강 상태 평가가 이루어질 수 있다.

동적 측정 주기 조정은 예측된 위험도와 배터리 효율성을 균형있게 고려하여 수행될 수 있다. 정상 상태에서는 5-10초 간격의 측정으로 배터리를 절약하면서도 기본적인 모니터링을 유지할 수 있다. 위험도가 상승하면 측정 주기가 단계적으로 단축되며, 최고 위험 단계에서는 실시간 연속 측정 모드로 전환될 수 있다. 이러한 적응적 모니터링 전략을 통해 72시간의 배터리 지속 시간을 확보하면서도 필요시 즉각적인 응급상황 감지가 가능하도록 구현될 수 있다.

도 5를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 응급상황별 대응 시나리오 결정 과정 및 3중 검증 체계는 시작부터 종료까지 체계적인 검증과 맞춤형 대응을 수행하는 흐름으로 구성될 수 있다.

생체신호 수집 단계에서는 심박수, 체온, 혈압을 포함하는 다양한 생체신호가 실시간으로 수집될 수 있다. 심박수는 광혈류측정(PPG) 센서를 통해 연속적으로 측정되며, R-R 간격 변동성(HRV)도 함께 분석되어 자율신경계 기능을 평가할 수 있다. 체온은 피부 온도와 심부 체온을 구분하여 측정되며, 급격한 체온 변화는 감염, 쇼크, 저체온증 등의 응급상황을 시사할 수 있다. 혈압은 오실로메트릭 방식으로 주기적으로 측정되며, 맥압(수축기-이완기 혈압 차이)과 평균 동맥압도 계산되어 순환계 상태를 종합적으로 평가할 수 있다.

1차 검증으로 LSTM 신경망 모델이 적용되어 시계열 생체신호 패턴을 분석할 수 있다. 상기 LSTM 모델은 128개의 은닉 유닛을 가진 2층 구조로 구성되며, 60초 길이의 시계열 윈도우를 입력으로 받아 정상, 주의, 위험 3단계 분류를 수행할 수 있다. 모델은 과거 100만 건 이상의 응급상황 데이터로 사전 학습되었으며, 사용자별 데이터로 미세 조정(fine-tuning)되어 개인화된 예측을 수행할 수 있다. LSTM의 forget gate와 input gate 메커니즘을 통해 장기 의존성과 단기 변동을 모두 효과적으로 포착할 수 있다.

2차 검증으로 Isolation Forest 이상치 탐지 알고리즘이 병렬로 실행되어 비정상 패턴을 독립적으로 검출할 수 있다. 상기 알고리즘은 정상 데이터로부터 고립되기 쉬운 이상치의 특성을 활용하여, 무작위 분할을 통해 각 데이터 포인트의 이상치 점수를 계산할 수 있다. 고립 트리의 깊이가 얕을수록 이상치일 가능성이 높으며, 앙상블 방식으로 100개의 고립 트리를 생성하여 안정적인 이상치 점수를 산출할 수 있다. 특히 신경망 모델이 학습하지 못한 희귀한 패턴이나 새로운 유형의 이상징후를 효과적으로 감지할 수 있다.

1차와 2차 검증의 판단이 불일치하는 경우, 3차 검증으로 규칙 기반 검증 모듈이 실행될 수 있다. 상기 규칙 기반 검증은 의학적 지식을 바탕으로 구축된 명시적 규칙들을 적용하여 최종 판단을 내릴 수 있다. 예를 들어, "심박수 > 150 AND 혈압 < 90/60 AND 체온 < 36도"와 같은 복합 조건이 충족되면 쇼크 상태로 판단하는 규칙이 적용될 수 있다. 규칙은 의료 가이드라인과 임상 프로토콜을 기반으로 작성되며, 정기적으로 의료진의 검토를 거쳐 업데이트될 수 있다.

가중 평균 계산 과정에서는 세 가지 검증 결과를 통합하여 최종 응급상황 판단이 이루어질 수 있다. 초기 가중치는 LSTM 모델 0.5, Isolation Forest 0.3, 규칙 기반 0.2로 설정되며, 최근 7일간의 오탐지율과 미탐지율을 계산하여 각 모델의 가중치가 자동으로 조정될 수 있다. 오탐지율이 높은 모델의 가중치는 감소되고, 정확도가 높은 모델의 가중치는 증가되어 전체 시스템의 성능이 지속적으로 최적화될 수 있다. 특히 미탐지에 대해서는 오탐지보다 3배 높은 페널티를 부여하여 생명과 직결된 응급상황을 놓치지 않도록 설계될 수 있다.

응급상황으로 판단되면 응급상황 유형 분류가 수행되어 심정지, 낙상, 저혈당 등 구체적인 응급 유형이 결정될 수 있다. 분류는 생체신호 패턴, 가속도 센서 데이터, 환자 의료정보를 종합적으로 고려하여 이루어지며, 복합적인 응급상황의 경우 우선순위에 따라 가장 위급한 상황부터 대응할 수 있다.

심정지로 판단된 경우, CPR 가이드가 즉시 실행되어 분당 100-120회 압박 리듬의 메트로놈 사운드가 재생될 수 있다. 스마트폰 카메라가 자동으로 활성화되어 환자의 가슴 부위를 촬영하며, 컴퓨터 비전 알고리즘을 통해 압박 깊이를 실시간으로 추정할 수 있다. 압박 깊이가 5-6cm 범위를 벗어나면 "더 깊게 눌러주세요" 또는 "압박 깊이를 줄여주세요"와 같은 음성 피드백이 제공될 수 있다. 30회 압박 후 2회 인공호흡을 안내하는 표준 CPR 프로토콜이 적용되며, 구조자가 1인인 경우와 2인 이상인 경우에 따라 다른 가이드가 제공될 수 있다. 제세동기(AED) 위치 정보도 함께 제공되어 가장 가까운 AED까지의 경로를 안내할 수 있다.

저혈당으로 판단된 경우, 저혈당 대응 프로토콜이 실행되어 당뇨병 유형별

맞춤 안내가 제공될 수 있다. 제1형 당뇨병 환자의 경우 즉시 15-20g의 속효성 당분 섭취를 안내하며, "포도당 정제 3-4개 또는 주스 150ml를 드려주세요"와 같은 구체적인 지시가 제공될 수 있다. 제2형 당뇨병 환자 중 설폰요소제나 메글리티나이드를 복용하는 경우 저혈당 위험이 높으므로 더욱 적극적인 당분 보충이 안내될 수 있다. 의식이 저하된 경우에는 "억지로 먹이지 마시고 119를 기다려주세요"와 같은 안전 지침이 우선 제공되며, 글루카곤 주사가 준비된 경우 투여 방법을 단계별로 안내할 수 있다.

환경 요인 확인 단계에서는 기상 API를 통해 현재 위치의 온도와 습도 정보를 실시간으로 수신하여 응급처치에 반영할 수 있다. 외부 온도가 35도 이상인 경우 열사병 가능성을 고려하여 "시원한 곳으로 이동시켜주세요. 옷을 느슨하게 하고 찬 물로 몸을 적셔주세요"와 같은 추가 지침이 제공될 수 있다. 영하의 날씨에서는 저체온증 위험을 고려하여 "따뜻한 담요로 덮어주되 급격한 체온 상승은 피해주세요"와 같은 주의사항이 안내될 수 있다. 습도가 80% 이상인 경우 호흡곤란 위험이 증가하므로 기도 확보에 더욱 주의를 기울이도록 안내할 수 있다.

외부요인과 상황을 종합한 최적 시나리오 선택 과정에서는 의사결정트리를 통해 가장 적절한 응급대응 시나리오가 결정될 수 있다. 환자의 나이, 성별, 기저질환, 복용 약물, 알레르기 정보와 함께 현재 감지된 응급상황 유형, 환경 요인, 구조 가능 인원 수 등이 종합적으로 고려될 수 있다. 예를 들어, 항응고제를 복용 중인 고령 환자가 낙상한 경우 "머리 부상 여부를 우선 확인하고 출혈이 있다면 직접 압박하되 지혈제는 사용하지 마세요"와 같은 특수한 지침이 선택될 수 있다.

TTS 음성 가이드 출력 단계에서는 선택된 시나리오가 자연스러운 음성으로 변환되어 재생될 수 있다. 음성은 명확하고 침착한 톤으로 생성되며, 중요한 지시사항은 2회 반복되어 확실한 전달이 보장될 수 있다. 단계별 응급처치 안내는 각 단계가 완료될 때까지 충분한 시간을 두고 진행되며, "다음 단계로 진행하려면 화면을 터치하세요"와 같은 인터랙션을 통해 구조자의 상황에 맞춰 진행 속도를 조절할 수 있다. 전체 응급처치 과정은 녹음되어 추후 의료진이 참고할 수 있도록 저장될 수 있다.

도 6을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 주변 의료인 탐지 및 도움 요청 프로세스는 응급상황 발생 시 주변의 도움을 줄 수 있는 사람들을 효율적으로 탐지하고 순차적으로 도움을 요청하는 체계적인 과정으로 구성될 수 있다.

시작 단계에서 응급상황이 감지되면, 서버는 즉시 사용자의 현재 GPS 위치 정보를 기준점으로 설정하고 주변 탐색 프로세스를 개시할 수 있다. 상기 GPS 위치 정보는 위도와 경도 좌표를 포함하며, 실내 환경에서는 Wi-Fi 삼각측량이나 블루투스 비콘 정보를 보완적으로 활용하여 정확한 위치를 파악할 수 있다. 위치 정보의 정확도는 5미터 이내로 유지되도록 설계되어, 도시 환경에서도 정확한 주변인 탐색이 가능하도록 구현될 수 있다.

GPS 반경 50m 내 주변 사용자 탐색 단계에서는 설정된 반경 내에 위치한 모든 활성 사용자 단말기를 탐지하는 과정이 수행될 수 있다. 상기 탐색 반경은 도시 환경에서는 예컨대, 50미터, 교외 지역에서는 100미터, 농촌 지역에서는 200미터로

자동 조정되어 지역 특성에 맞는 효율적인 탐색이 가능하도록 설계될 수 있다. 서버는 실시간 위치 데이터베이스를 조회하여 해당 반경 내에 있는 앱 사용자들의 위치 정보를 수집하며, 이동 중인 사용자와 정지 상태의 사용자를 구분하여 관리할 수 있다. 탐색 과정은 하버사인 공식(Haversine formula)을 활용하여 두 지점 간의 대원 거리를 계산하고, 설정된 반경 내에 있는 사용자를 정확히 식별할 수 있다.

의료인 우선 결정 단계에서는 탐지된 사용자들 중에서 의료 관련 자격증 보유자를 우선적으로 선별하는 과정이 수행될 수 있다. 의료 자격증 보유자는 사전에 앱 등록 시 의사, 간호사, 응급구조사, 간호조무사 등의 자격증 정보를 인증 절차를 통해 등록한 사용자를 의미하며, 자격증 종류에 따라 우선순위가 부여될 수 있다. 의사는 1순위, 간호사와 응급구조사는 2순위, 간호조무사는 3순위로 설정되며, 동일 순위 내에서는 현재 위치로부터의 거리가 가까운 순서로 정렬될 수 있다. 의료인이 아닌 일반 사용자 중에서도 CPR 교육 이수자나 응급처치 교육 경험자는 별도로 표시되어 차순위 도움 요청 대상으로 분류될 수 있다.

도움 요청 전송 및 30초 대기 과정에서는 선별된 사용자에게 푸시 알림과 함께 긴급 도움 요청 메시지가 전송될 수 있다. 상기 메시지는 "긴급! 30미터 거리에 심정지 환자 발생. 도움이 필요합니다"와 같이 응급상황의 유형과 거리 정보를 명확히 포함하며, 환자 위치까지의 경로 안내 링크가 함께 제공될 수 있다. 알림은 일반 알림과 구별되는 긴급 알림 형태로 전송되어, 무음 모드에서도 진동과 화면 표시가 활성화되도록 설계될 수 있다. 수신자의 예상 도착 시간은 현재 위치에서 환자 위치까지의 최단 경로를 기준으로 도보 속도를 분당 80미터로 가정하여 계산되며, 실시

간 교통 상황이 반영되어 더욱 정확한 예측이 가능하도록 구현될 수 있다.

응답 수락 여부 확인 단계에서는 30초의 대기 시간 동안 수신자의 응답을 모니터링하는 과정이 수행될 수 있다. 수신자는 "즉시 이동", "이동 불가", "무응답" 세 가지 상태 중 하나로 분류되며, "즉시 이동"을 선택한 경우 실시간 위치 추적이 시작되어 환자 위치까지의 이동 경로가 안내될 수 있다. 30초 타이머는 서버 시간을 기준으로 정확히 관리되며, 네트워크 지연을 고려하여 실제로는 32초까지 여유를 두고 응답을 수신할 수 있다. 응답이 없는 경우 자동으로 "무응답"으로 처리되고 다음 순위자에게 요청이 전달되는 체계적인 프로세스가 적용될 수 있다.

다음 순위 확인 및 재전송 과정에서는 이전 수신자가 거절하거나 무응답인 경우 즉시 다음 순위자를 확인하여 도움 요청을 재전송하는 단계가 수행될 수 있다. 최대 5명까지 순차적으로 도움 요청이 전송되며, 각 단계마다 30초의 응답 대기 시간이 부여되어 총 최대 2분 30초 동안 주변인 도움 요청 프로세스가 진행될 수 있다. 다음 순위자 선정 시에는 이전에 거절한 사용자는 제외되고, 새로운 사용자가 탐색 반경 내에 진입한 경우 실시간으로 추가되어 동적인 순위 조정이 가능하도록 설계될 수 있다. 복수의 사용자가 동시에 수락한 경우 모든 수락자에게 환자 위치가 공유되어 가장 빨리 도착한 사람이 우선 대응할 수 있도록 조정될 수 있다.

119 자동 신고 및 응급구조 요청 단계는 주변인 도움 요청과 병렬로 진행되거나, 5명 모두에게 응답을 받지 못한 경우 강화된 형태로 수행될 수 있다. 119 시스템과의 API 연동을 통해 환자의 정확한 위치, 응급상황 유형, 현재까지의 대응 상황이 자동으로 전송되며, 주변인 도움 요청 결과도 함께 공유되어 구급대원이 현장

상황을 사전에 파악할 수 있도록 지원될 수 있다. 특히 의료인이 현장에 도착한 경우 해당 정보가 119에 실시간으로 전달되어, 구급대원과 현장 의료인 간의 연계가 원활하게 이루어질 수 있다.

상기 전체 프로세스는 골든타임을 최대한 활용하기 위해 설계되었으며, 주변의 의료 지식을 가진 사람들을 신속하게 동원하여 전문 구급대 도착 전까지의 공백을 메울 수 있도록 구성될 수 있다. 모든 도움 요청 과정은 로그로 기록되어 추후 응급의료 품질 개선을 위한 데이터로 활용될 수 있으며, 도움을 제공한 의료인에게는 선행 기록이 누적되어 인센티브가 제공되는 체계도 구축될 수 있다. 이러한 커뮤니티 기반 응급대응 시스템을 통해 응급상황에서의 초기 대응률을 획기적으로 향상시키고, 궁극적으로 응급환자의 생존율 증가에 기여할 수 있다.

본 발명의 실시예들은 다양한 형태로 확장되어 적용될 수 있으며, 이하에서는 전술한 기본 실시예들을 바탕으로 확장 가능한 추가적인 실시예들이 설명될 수 있다.

일 실시예에서, 본 발명의 시스템은 스마트워치뿐만 아니라 다양한 형태의 웨어러블 기기와 연동되도록 확장될 수 있다. 스마트 의류에 내장된 섬유형 센서를 통해 심전도(ECG) 신호를 연속적으로 측정하고, 부정맥이나 심방세동과 같은 심장 리듬 이상을 실시간으로 감지할 수 있다. 스마트 신발에 장착된 압력 센서와 자이로스코프를 활용하여 보행 패턴을 분석하고, 파킨슨병 환자의 보행 동결(freezing of gait) 현상이나 뇌졸중 환자의 편마비 보행을 조기에 감지하여 낙상을 예방할 수 있

다. 스마트 안경에 탑재된 동공 추적 센서와 머리 움직임 센서를 통해 뇌진탕이나 현기증 발생을 감지하고, 시야 흐림이나 복시 증상을 모니터링하여 신경학적 응급상황을 조기에 파악할 수 있다. 스마트 반지형 기기는 수면 중 무호흡증을 감지하고, 산소포화도 저하 시 자동으로 수면 자세를 조정하도록 안내하거나 CPAP 기기와 연동하여 즉각적인 대응이 가능하도록 구현될 수 있다.

다른 실시예에서, 본 발명은 특수한 환경이나 상황에 맞춰 최적화된 형태로 확장될 수 있다. 산업 현장에서는 안전모에 내장된 가스 센서와 온도 센서를 통해 유독가스 노출이나 열사병 위험을 감지하고, 작업자의 피로도를 실시간으로 모니터링하여 산업재해를 예방할 수 있다. 해양 환경에서는 방수 웨어러블 기기와 연동하여 다이버의 감압병 위험을 예측하고, 저체온증 발생을 조기에 감지하여 해상 구조 시스템과 자동으로 연계될 수 있다. 고산 지대에서는 고도계와 결합하여 급성 고산병 증상을 모니터링하고, 폐부종이나 뇌부종 위험이 감지되면 즉시 하산을 권고하며 헬기 구조를 자동 요청할 수 있다. 군사 환경에서는 전투복에 통합된 생체신호 모니터링 시스템을 통해 부상 병사를 실시간으로 파악하고, 의무병에게 자동으로 위치와 상태 정보를 전송하여 신속한 전장 응급처치가 가능하도록 구현될 수 있다.

또 다른 실시예에서, 본 발명은 추가적인 센서와 AI 기술을 통합하여 더욱 정교한 응급상황 감지가 가능하도록 확장될 수 있다. 연속 혈당 측정기(CGM)와 연동하여 제1형 당뇨병 환자의 혈당 급변동을 예측하고, 인슐린 펌프와 자동으로 연계하여 저혈당을 예방하는 폐루프 시스템이 구현될 수 있다. 뇌파(EEG) 측정이 가능한 이어폰형 기기를 통해 간질 발작의 전조 증상을 감지하고, 발작 시작 전에 안전한

장소로 이동하도록 안내하며 주변인에게 자동으로 경고할 수 있다. 피부 전도도 센서와 코티솔 레벨 측정을 통해 급성 스트레스 반응이나 공황발작을 조기에 감지하고, 호흡 운동 가이드나 이완 요법을 즉시 제공하여 증상 악화를 방지할 수 있다. 음성 패턴 분석 AI를 활용하여 뇌졸중으로 인한 구음장애나 실어증을 실시간으로 감지하고, 골든타임 내 혈전용해술이 가능한 병원으로 자동 이송 요청이 수행될 수 있다.

본 발명의 실시예들은 단지 예시적인 목적을 위해 제시된 것으로, 본 발명의 전체 범위가 특정 실시예에만 한정되는 것은 아니다. 본 발명은 상술한 실시예들을 기반으로 다양한 수정과 변형이 가능하며, 그러한 변형 역시 본 발명의 기술적 사상과 범위 내에 속한다. 따라서 본 발명은 청구항에 기재된 범위 내에서 다양한 방식으로 구현될 수 있으며, 본 명세서에서 제시된 실시예에 한정되지 않고 다양한 응용이 가능하다.

【청구범위】

【청구항 1】

웨어러블 기기와 스마트폰을 이용한 AI 기반 실시간 응급상황 감지 및 맞춤형 응급대응 방법에 있어서,

(a) 서버가 웨어러블 기기로부터 심박수, 체온, 혈압, 활동량을 포함하는 생체신호를 실시간으로 수신하고, 스마트폰으로부터 GPS 위치 정보 및 가속도 데이터를 수신하는 단계;

(b) 서버가 신경망 모델을 이용하여 상기 수신된 생체신호의 시계열 패턴을 분석하고, 사용자별 의료정보를 참조하여 개인화된 임계값과 비교함으로써 응급상황 발생 여부를 판단하는 단계;

(c) 서버가 응급상황으로 판단하는 경우, 의사결정 알고리즘을 통해 사용자의 기저질환, 복용약물, 과거 병력을 포함하는 의료정보와 현재 감지된 응급상황 유형을 기반으로 최적화된 응급대응 시나리오를 선택하는 단계;

(d) 서버가 선택된 응급대응 시나리오를 스마트폰으로 전송하여, 상기 스마트폰이 TTS(Text-To-Speech) 엔진을 통해 음성으로 변환하고 스피커를 통해 단계별 응급처치 가이드를 출력하도록 제어하는 단계; 및

(e) 서버가 119 응급구조 시스템, 사전 지정된 보호자 단말기, 의료기관 단말기에 사용자의 위치정보와 응급상황 정보를 자동으로 전송하는 단계를 포함하고,

상기 (b) 단계는,

서버가 신경망 모델의 출력값과 비정상 패턴을 검출하는 이상치 탐지 알고리

즘의 이상치 점수를 가중 평균으로 결합하되,

최근 7일간의 오탐지율과 미탐지율을 계산하여 각 모델의 가중치를 자동으로 조정하고,

두 모델의 판단이 불일치하는 경우 제3의 규칙 기반 검증 모듈을 추가로 실행하여 최종 판단을 내리는 3중 검증 체계를 적용하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

【청구항 2】

제1항에 있어서,

상기 (b) 단계는,

서버가 강화학습 알고리즘을 이용하여 사용자의 나이, 기저질환, 활동수준을 포함하는 상태 정보와 응급상황 감지 결과에 대한 피드백을 기반으로 Q-value를 계산하고,

정상감지에 대해서는 양의 보상값을, 미감지에 대해서는 오감지보다 큰 음의 보상값을 부여하여 상기 개인화된 임계값을 동적으로 조정하되,

사용자의 일중 생체리듬 패턴을 24시간 주기로 학습하여 시간대별로 서로 다른 임계값을 적용하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

【청구항 3】

제1항에 있어서,

상기 (b) 단계는,

서버가 스마트폰으로부터 수신된 3축 가속도 센서 데이터에 신호 크기 벡터 알고리즘을 적용하여 임계값 이상의 충격과 자유낙하 패턴을 감지함으로써 낙상 발생 여부를 판단하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

【청구항 4】

제1항에 있어서,

상기 (a) 단계 이전에,

서버가 사용자의 진료기록, 처방약물, 알레르기 정보를 포함하는 의료정보를 수신하고,

수신된 의료정보를 블록체인 기반 분산 저장 방식과 영지식 증명 기법을 적용하여 암호화하되,

응급상황 발생 시에만 복호화 키를 생성하여 필요한 정보만 선택적으로 접근 가능하도록 하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

【청구항 5】

제1항에 있어서,

상기 (b) 단계는,

서버가 수집된 생체신호의 과거 데이터에 대해 푸아송 분포 모델과 베이지안

추론을 결합한 시계열 예측 모델을 적용하여 미리 설정된 시간 내에 응급상황 발생 확률을 계산하고,

예측된 위험도가 1차 임계값을 초과하면 사용자 단말기에 예방 알림을 전송하며,

2차 임계값을 초과하면 웨어러블 기기의 센서 측정 주기를 자동으로 단축시켜 모니터링을 강화하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

【청구항 6】

제1항에 있어서,

상기 (d) 단계의 응급처치 가이드는,

심폐소생술의 경우 분당 100-120회 압박 리듬의 메트로놈 사운드와 함께 스마트폰 카메라를 활성화하여 압박 깊이를 실시간으로 추정하고 피드백을 제공하는 기능을 포함하고,

저혈당 쇼크의 경우 사용자의 당뇨병 유형과 인슐린 사용 이력을 고려하여 포도당 투여량을 차등 안내하며,

상기 서버가 응급상황 발생 위치의 온도, 습도 정보를 기상 API로부터 수신하여 환경 요인을 고려한 추가 조치사항을 포함시키는 것을 특징으로 하는 방법.

【청구항 8】

제1항에 있어서,

상기 (d) 단계 이후에,

서버가 사용자의 GPS 위치정보를 기준으로 설정된 반경 내에 위치한 다른 사용자 단말기 중에서 의료 관련 자격증 보유자로 사전 등록된 사용자를 우선 탐지하고,

탐지된 단말기까지의 예상 도착시간을 계산하여 가장 빠르게 도착 가능한 순서로 최대 5명에게 순차적으로 도움 요청 메시지를 전송하되,

수신자가 수락 또는 거절 응답을 하지 않으면 30초 후 다음 순위자에게 자동 전송하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

【요약서】

【요약】

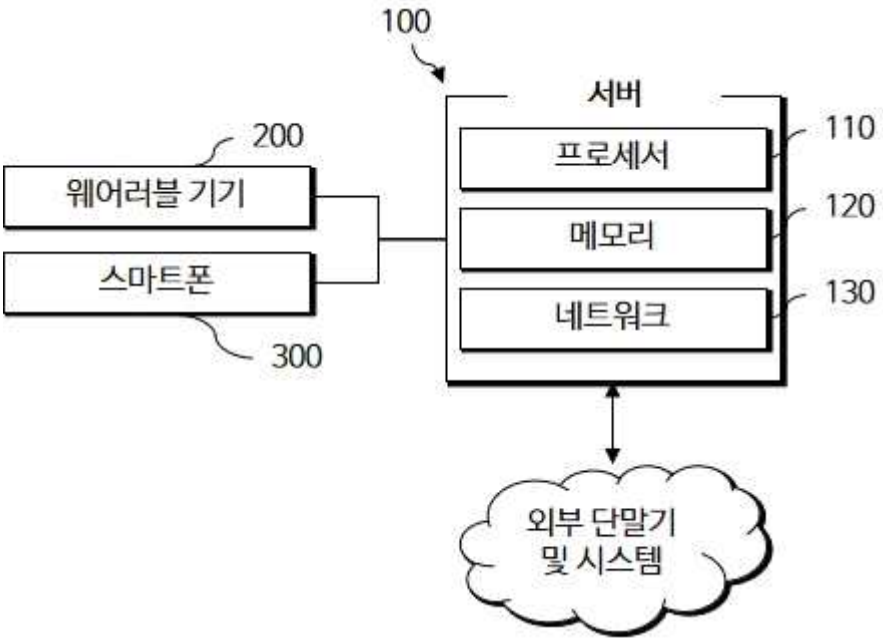
웨어러블 기기와 스마트폰을 이용한 AI 기반 실시간 응급상황 감지 및 맞춤형 응급대응 방법에 있어서, (a) 서버가 웨어러블 기기로부터 심박수, 체온, 혈압, 활동량을 포함하는 생체신호를 실시간으로 수신하고, 스마트폰으로부터 GPS 위치 정보 및 가속도 데이터를 수신하는 단계; (b) 서버가 신경망 모델을 이용하여 상기 수신된 생체신호의 시계열 패턴을 분석하고, 사용자별 의료정보를 참조하여 개인화된 임계값과 비교함으로써 응급상황 발생 여부를 판단하는 단계; (c) 서버가 응급상황으로 판단하는 경우, 의사결정 알고리즘을 통해 사용자의 기저질환, 복용약물, 과거 병력을 포함하는 의료정보와 현재 감지된 응급상황 유형을 기반으로 최적화된 응급대응 시나리오를 선택하는 단계; (d) 서버가 선택된 응급대응 시나리오를 스마트폰으로 전송하여, 상기 스마트폰이 TTS(Text-To-Speech) 엔진을 통해 음성으로 변환하고 스피커를 통해 단계별 응급처치 가이드를 출력하도록 제어하는 단계; 및 (e) 서버가 119 응급구조 시스템, 사전 지정된 보호자 단말기, 의료기관 단말기에 사용자의 위치정보와 응급상황 정보를 자동으로 전송하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

【대표도】

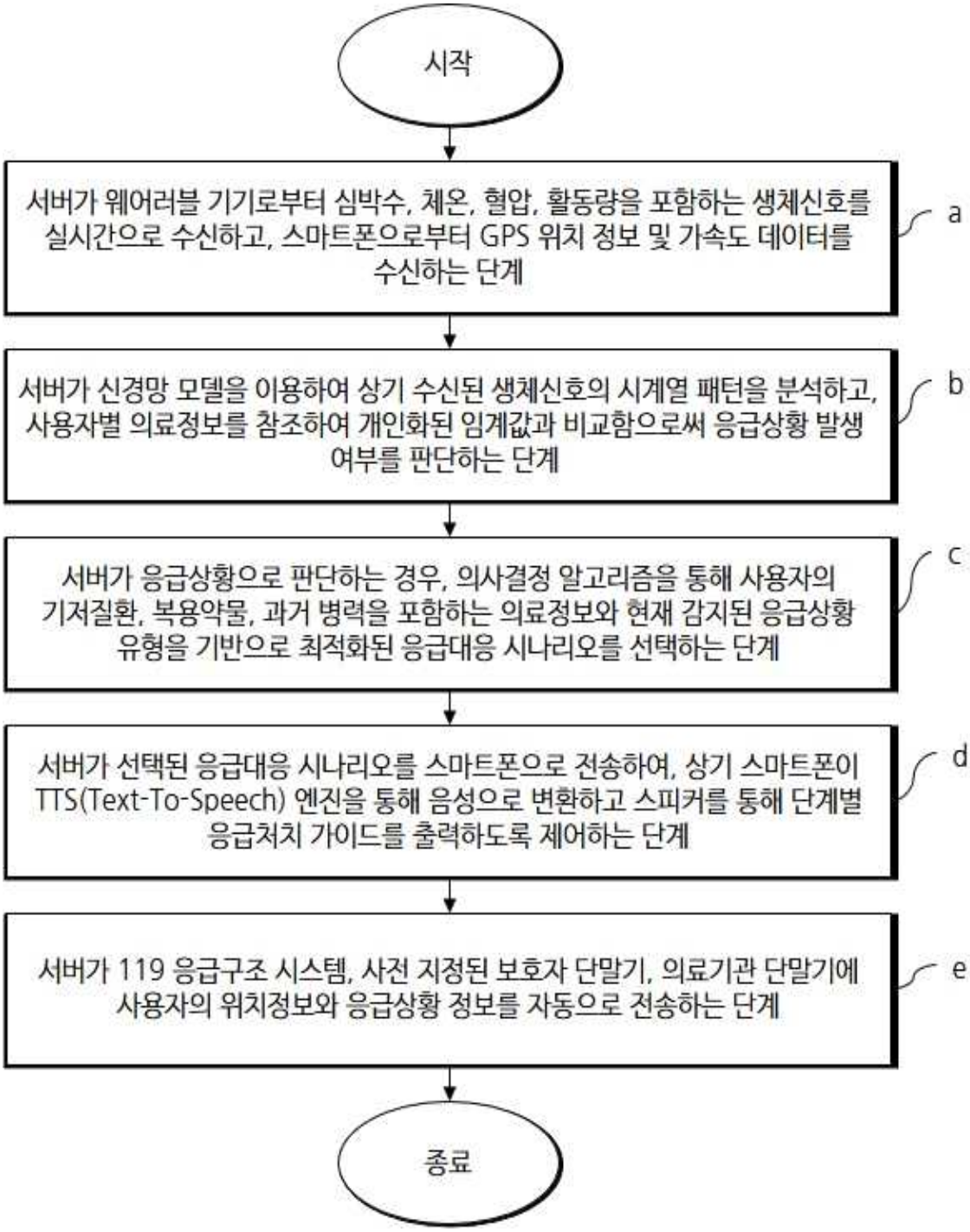
도 1

【도면】

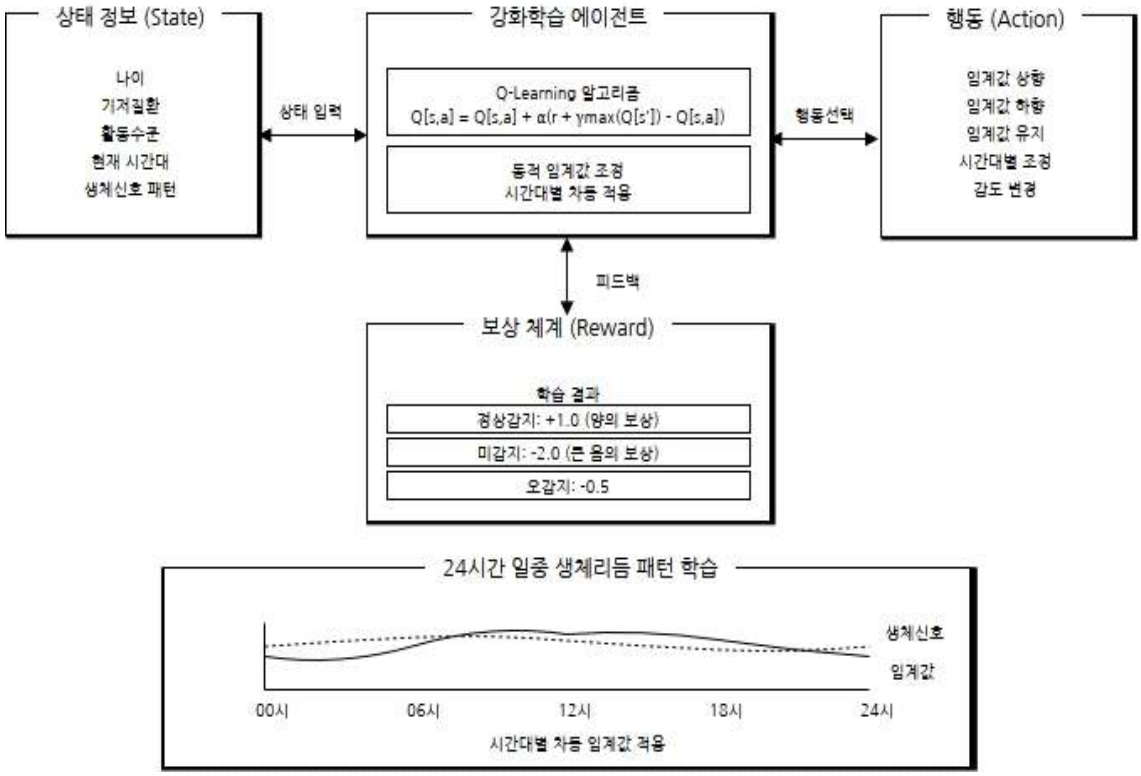
【도 1】


100
서버
프로세서
110
메모리
120
네트워크
130
200
웨어러블 기기
스마트폰
300
외부 단말기
및 시스템

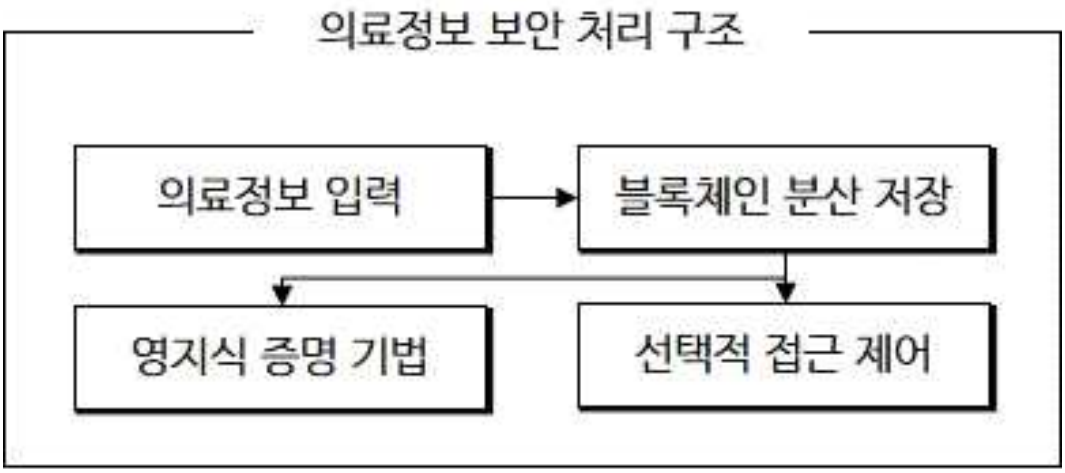
【도 2】

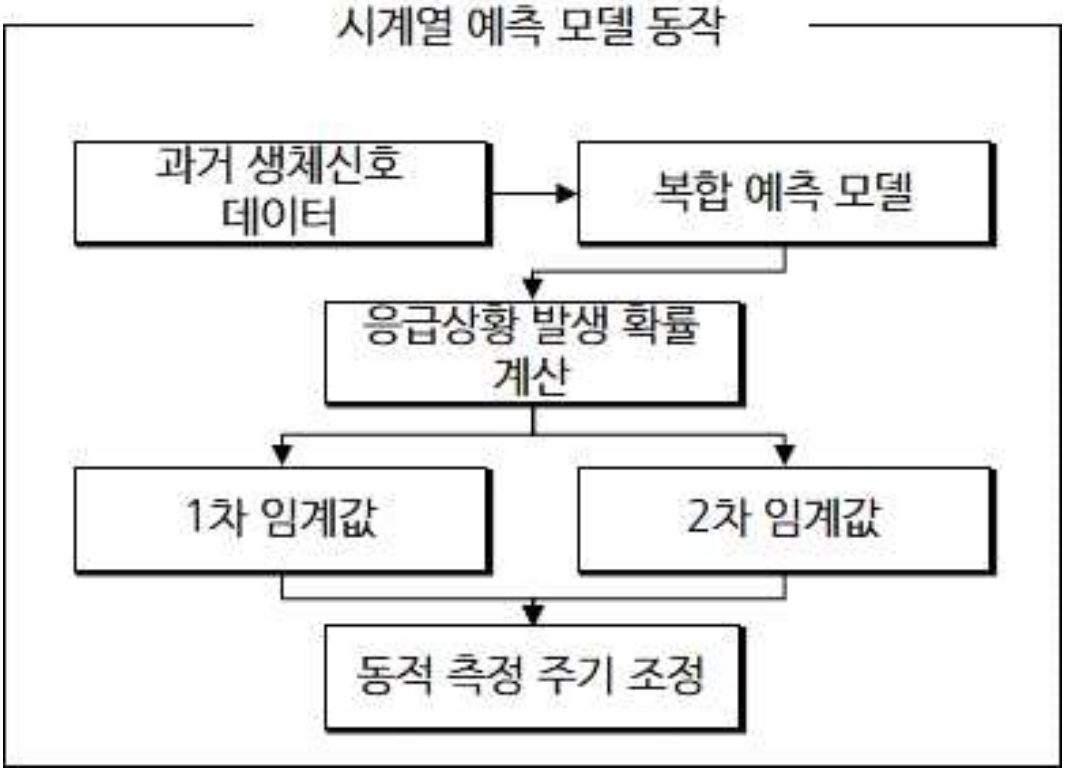

시작
서버가 웨어러블 기기로부터 심박수, 체온, 혈압, 활동량을 포함하는 생체신호를 실시간으로 수신하고, 스마트폰으로부터 GPS 위치 정보 및 가속도 데이터를 수신하는 단계
a
서버가 신경망 모델을 이용하여 상기 수신된 생체신호의 시계열 패턴을 분석하고, 사용자별 의료정보를 참조하여 개인화된 임계값과 비교함으로써 응급상황 발생 여부를 판단하는 단계
b
서버가 응급상황으로 판단하는 경우, 의사결정 알고리즘을 통해 사용자의 기저질환, 복용약물, 과거 병력을 포함하는 의료정보와 현재 감지된 응급상황 유형을 기반으로 최적화된 응급대응 시나리오를 선택하는 단계
c
서버가 선택된 응급대응 시나리오를 스마트폰으로 전송하여, 상기 스마트폰이 TTS(Text-To-Speech) 엔진을 통해 음성으로 변환하고 스피커를 통해 단계별 응급처치 가이드를 출력하도록 제어하는 단계
d
서버가 119 응급구조 시스템, 사전 지정된 보호자 단말기, 의료기관 단말기에 사용자의 위치정보와 응급상황 정보를 자동으로 전송하는 단계
e
종료

【도 3】

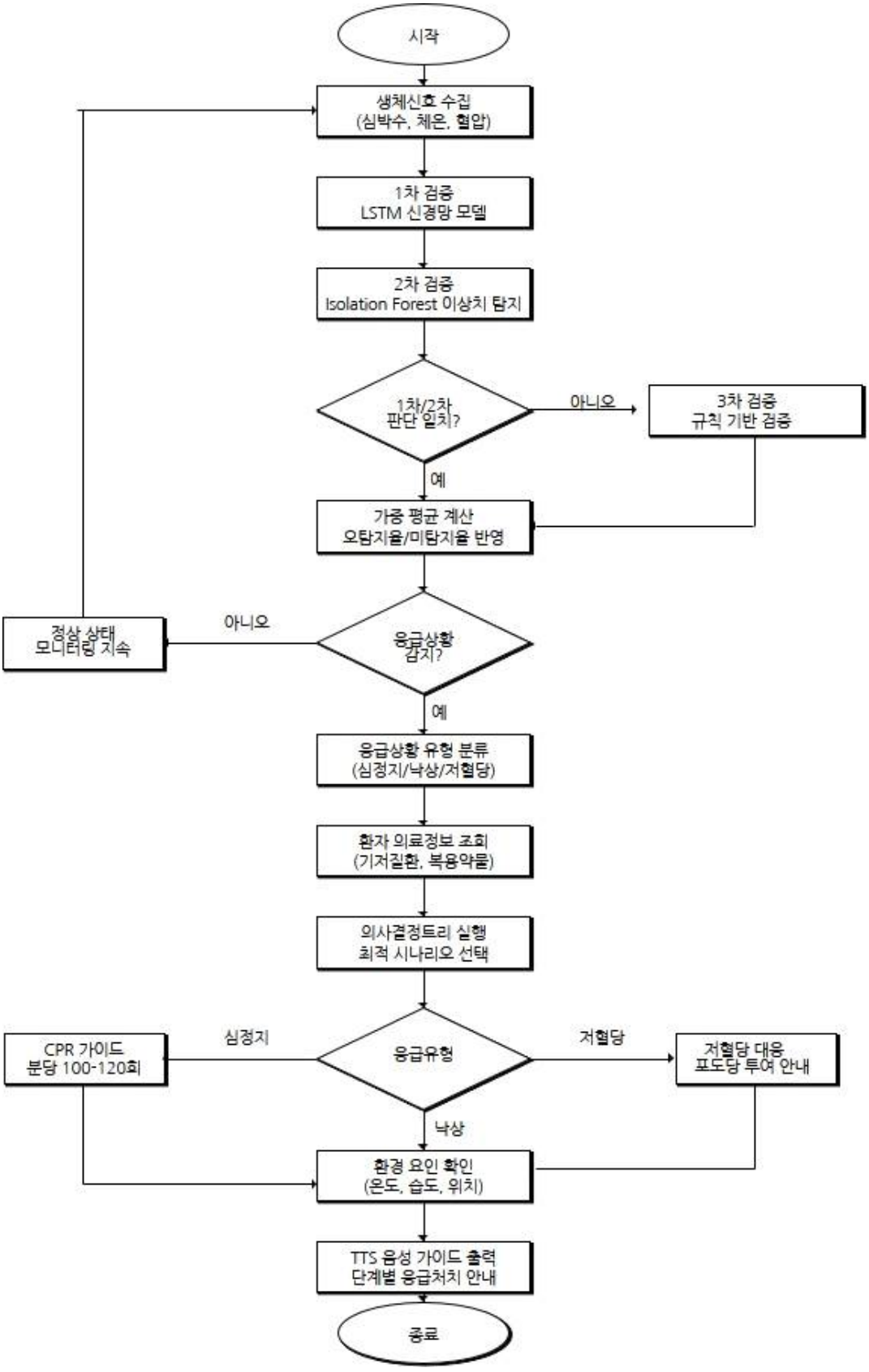

상태 정보 (State)
나이
기저질환
활동수준
현재 시간대
생체신호 패턴
상태 입력
강화학습 에이전트
Q-Learning 알고리즘
Q[s,a] = Q[s,a] + α(r + γmax(Q[s']) - Q[s,a])
동적 임계값 조정
시간대별 차등 적용
행동선택
행동 (Action)
임계값 상향
임계값 하향
임계값 유지
시간대별 조정
감도 변경
피드백
보상 체계 (Reward)
학습 결과
정상감지: +1.0 (양의 보상)
미감지: -2.0 (큰 음의 보상)
오감지: -0.5
24시간 일중 생체리듬 패턴 학습
생체신호
임계값
00시
06시
12시
18시
24시
시간대별 차등 임계값 적용

【도 4】

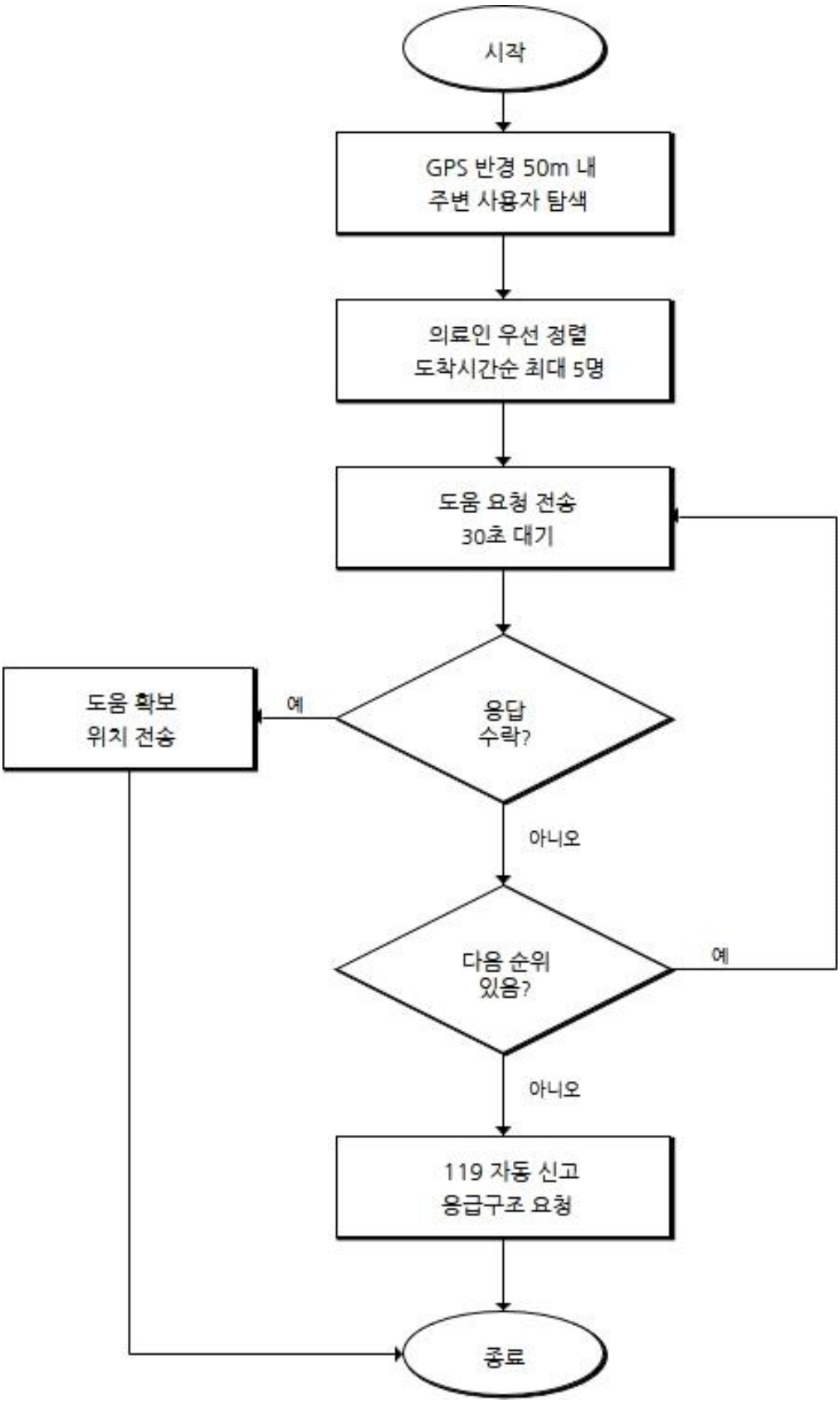

의료정보 보안 처리 구조
의료정보 입력
블록체인 분산 저장
영지식 증명 기법
선택적 접근 제어


시계열 예측 모델 동작
과거 생체신호 데이터
복합 예측 모델
응급상황 발생 확률 계산
1차 임계값
2차 임계값
동적 측정 주기 조정

【도 5】


시작
생체신호 수집
(심박수, 체온, 혈압)
1차 검증
LSTM 신경망 모델
2차 검증
Isolation Forest 이상치 탐지
1차/2차
판단 일치?
아니오
3차 검증
규칙 기반 검증
예
가중 평균 계산
오탐지율/미탐지율 반영
응급상황
감지?
아니오
정상 상태
모니터링 지속
예
응급상황 유형 분류
(심정지/낙상/저혈당)
환자 의료정보 조회
(기저질환, 복용약물)
의사결정트리 실행
최적 시나리오 선택
응급유형
심정지
CPR 가이드
분당 100-120회
저혈당
저혈당 대응
포도당 투여 안내
낙상
환경 요인 확인
(온도, 습도, 위치)
TTS 음성 가이드 출력
단계별 응급처치 안내
종료

【도 6】


시작
GPS 반경 50m 내
주변 사용자 탐색
의료인 우선 정렬
도착시간순 최대 5명
도움 요청 전송
30초 대기
응답
수락?
예
도움 확보
위치 전송
아니오
다음 순위
있음?
예
아니오
119 자동 신고
응급구조 요청
종료