|  |
| --- |
| **1. 주제**  객체 인식 및 음성 피드백 기반 시각 장애인 보조 시스템  **분반, 팀, 학번, 이름**  가, 2팀, 20231774, 심민성 |

|  |  |
| --- | --- |
| **2. 요약**  본 제안서는 시각 장애인의 안전한 독립 보행을 지원하는 웨어러블 시스템 'IRIS' 개발을 목표로 합니다.  핵심 내용은 온디바이스 센서가 충돌/낙상 등 즉각적인 위험을 감지하고, 클라우드 서버가 LTE-M 통신을 통해 문자/객체 인식 등 복잡한 정보를 처리하는 하이브리드 아키텍처입니다. 사용자는 골전도 오디오로 안내를 받습니다.  이 시스템은 기존 보조 수단의 한계를 극복하여 보행 안전성을 획기적으로 향상시키고, 시각 장애인의 독립적인 사회 활동 참여를 증진시키는 데 그 중요성이 있습니다. | **3. 대표 그림**    그림 1. 객체 인식 기술 기반 시각 장애인 보조 웨어러블 안경 |

|  |
| --- |
| **4. 서론**  1.1. 배경 및 문제 정의  독립적인 보행은 기본적 권리이지만, 시각 장애인에게는 수많은 위험이 따르는 일상적인 과제입니다. 대한민국의 보행 환경은 특히 취약하여, 인구 10만 명당 보행 사망자 수가 OECD 평균의 3.3배에 달합니다. 이러한 위험은 시각 정보에 의존할 수 없는 시각 장애인에게 더욱 증폭됩니다.  설상가상으로, 시각 장애인의 안전을 위해 설치된 점자블록과 같은 최소한의 사회적 인프라마저 제 기능을 하지 못하는 경우가 많습니다. 점자블록의 80% 이상이 부적절하게 설치되었거나, 불법 주정차 차량 및 시설물에 의해 가로막혀 사실상 무용지물인 상황이 빈번하게 발생하고 있습니다.  전통적인 보조 수단인 안내견 역시 명백한 한계를 가집니다. 안내견 양성에 필요한 막대한 비용과 전문적인 훈련 과정은 극소수의 시각 장애인만이 안내견과 함께할 수 있는 현실적인 장벽을 만듭니다. 또한, 안내견은 버스 번호나 간판의 글자를 읽는 등 구체적인 정보를 전달할 수 없으며, 공공장소 출입 거부와 같은 사회적 편견으로 인해 사용자가 정신적 고통을 겪는 사례도 끊이지 않고 있습니다. 이러한 보조 수단에도 불구하고, 시각 장애인의 약 40%가 매년 심각한 충돌 상해를 경험한다는 보고는 현재의 보조 패러다임만으로는 안전을 완벽히 보장할 수 없음을 보여줍니다.  1.2. 제안 솔루션: IRIS 시스템  본 제안서는 이러한 사회 기반 시설의 실패와 기존 보조 패러다임의 한계에 대한 기술적 해답으로 IRIS (Instant Recognition & Interpretive Sound) 시스템을 제안합니다. IRIS는 단순한 보조 기기를 넘어, 사용자의 감각을 증강하고 확장하는 총체적인 플랫폼을 지향합니다.  IRIS 시스템은 안내견이 제공할 수 없는 핵심 가치, 즉 실시간 데이터 해석(문자 인식, 객체 식별)과 다중 채널을 통한 정보 전달(음성 합성, 정교한 햅틱 언어)을 제공합니다. 이를 위해 즉각적인 반응이 필수적인 충돌/낙상 감지 등 안전 기능은 웨어러블 디바이스 자체에서 오프라인으로 처리하고, 고도의 연산이 필요한 정보 처리 기능(신호등, 버스 번호판 인식)은 클라우드 서버에서 처리하는 분산형 구조를 채택합니다. 이 설계 철학은 IRIS가 시각 장애인이 마주한 문제들을 보완하고, 안전하고 정보가 풍부한 개인화된 보행 환경을 구축하는 혁신적인 해결책이 될 수 있는 기술적 기반을 제공합니다. |

|  |
| --- |
| **2.1. 시스템 아키텍처**  IRIS 시스템은 웨어러블 디바이스가 클라우드 서버와 직접 통신하는 독립형(Standalone) 모델을 기반으로 합니다. 이 구조는 사용 편의성을 극대화하며, 시스템은 웨어러블 디바이스와 클라우드 추론 서버 두 가지 핵심 요소로 구성됩니다.    그림 2. IRIS 시스템 아키텍처 개요  웨어러블 디바이스 (안전 및 통신 허브): 충돌 및 낙상 감지와 같은 모든 안전-핵심 기능은 네트워크 연결과 무관하게 디바이스 내부에서 즉각적으로 처리됩니다. 동시에, 내장된 LTE-M 셀룰러 IoT 모듈을 통해 클라우드 서버와 직접 통신하는 허브 역할을 수행합니다. 클라우드에서 처리된 결과는 내장된 오디오 코덱과 골전도 이어폰을 통해 사용자에게 직접 음성으로 전달됩니다.  클라우드 추론 (서버): OCR을 통한 텍스트 읽기, 장면 묘사, 버스 번호판 식별과 같이 막대한 연산 자원을 요구하는 고수준 인지 기능은 클라우드의 강력한 컴퓨팅 파워를 활용하여 정확도를 극대화합니다. 데이터 스트리밍에는 셀룰러 환경의 효율을 높이기 위해 gRPC 프로토콜 사용을 권장합니다.  2.2. 하드웨어 구현  핵심 하드웨어는 다음과 같이 구성됩니다. 안전 코어로 초저전력 IMU인 Bosch BHI260AB를 사용하여 상시 동작 및 낙상 감지를 수행합니다. 환경 감지에는 날씨와 조명에 강인한 TI IWR6843AOP mmWave 레이더를 채택하여 장애물의 거리, 속도, 각도를 정밀하게 파악합니다. 주 프로세서 및 통신은 Arm Cortex-M33 CPU와 LTE-M 모뎀이 통합된 Nordic nRF9160 SiP가 담당하여 단일 칩으로 모든 연산과 클라우드 통신을 처리합니다. 마지막으로, 오디오 피드백은 주변 소리를 차단하지 않는 골전도 트랜스듀서와 저전력 \*\*오디오 코덱(NXP SGTL5000)\*\*을 통해 구현하며, 기기 내장 TTS 엔진이 음성 안내를 생성합니다.  2.3. 전력 관리 및 구현 방향  전력 관리 전략: 핵심 전략은 '상황 인지 기반 동적 전력 관리'입니다. 평상시에는 셀룰러 모뎀이 초저전력 모드(PSM)로 대기하고, IMU가 저전력으로 움직임을 감지하며, mmWave 센서는 낮은 주기로 주변을 스캔합니다. 충돌/낙상 위험 감지 시 또는 사용자의 명시적인 요청이 있을 때만 시스템이 완전히 활성화되어 클라우드와 통신합니다. 이 방식은 전력 소모가 가장 큰 셀룰러 통신을 최소화하여 350-500 mAh 배터리로 8시간에서 10시간의 연속 사용 시간 달성을 목표로 합니다.  구현 방향 및 개발 로드맵: 제안된 아키텍처는 최신 학술 연구에 의해 검증된 접근법에 기반합니다. 연구들은 효과적인 충돌 회피를 위해 320ms 미만의 지연 시간이 필수적임을 보여주며, 웨어러블 경고 장치가 실제 충돌 사고를 37%까지 감소시킬 수 있음을 입증했습니다. 개발은 프로토타이핑, 시스템 통합, 맞춤형 PCB 설계, 테스트 및 개선의 4단계 로드맵에 따라 진행될 것입니다. |

|  |
| --- |
| 본 제안서는 독립형 IRIS 웨어러블 시스템의 하드웨어 아키텍처를 요약합니다. 시스템의 핵심은 온디바이스 안전 코어와 고집적 셀룰러 IoT SoC의 결합으로, mmWave 레이더와 IMU 센서를 통해 전방위적 위험 감지 능력을 확보합니다. 또한, 골전도 오디오 인터페이스로 주변 소리를 차단하지 않으면서 사용자에게 직관적인 음성 정보를 제공하며, 초저전력 설계를 통해 하루 종일 사용할 수 있는 현실적인 사용성을 목표로 합니다.  향후 과제로는 에너지 하베스팅 기술을 통한 전력 최적화, GNSS 등 추가 센서 정보를 융합한 컨텍스트 인식 능력 강화, 그리고 초저전력 AI 칩을 활용한 엣지 AI 도입이 있습니다. 이를 통해 클라우드 의존도를 낮추고 시스템의 반응 속도를 더욱 향상시켜 진정한 실시간 지능형 보조 시스템으로 발전시킬 수 있습니다. |

**7. 출처**

[1] 한국소비자원, "보행자 교통사고 현황 및 시사점," 2020.

[2] 한국소비자원, "건물 주차장 차량 진·출입로, 시각장애인 사고 위험 높아," 2020.

[3] 퍼센트, "시각장애인 횡단보도 점자블록 및 볼라드 설치 현황," 2022.

[4] 국민권익위원회, "점자블록 관련 민원 분석 결과," 2021.

[5] 김민수 외, "시각 장애인 보행 보조 시스템 연구," 한국정보과학회 학술발표논문집, 2021.

[6] 나무위키, "안내견," 2024.

[7] 아시아경제, "시각장애인 안내견 출입 거부 사건 또 발생," 2022.

[8] 서울신문, "다른 손님들 안전 생각해야” 출입 거부한 직원," 2025.

[9] Zhang, X., et al., "A wearable obstacle avoidance device for visually impaired individuals with cross-modal learning," Nature Communications, 2025.

[10] Massachusetts Eye and Ear, "Wearable Devices Can Reduce Collision Risk in Blind and Visually Impaired People," 2021.

[11] KORE Wireless, "NB-IoT vs. LTE-M: What's the Difference?," 2024.

[12] Lightyear, "WebSocket versus gRPC Performance," 2024.

[13] Baseten Blog, "HTTP vs. WebSockets vs. gRPC," 2024.

[14] Bosch Sensortec, "BHI260AB Smart Sensor," 2023.

[15] Texas Instruments, "Choosing the right proximity sensor," 2022.

[16] Minew, "IoT Sensors: Millimeter Wave Radar vs. Competing Technologies," 2024.

[17] Singh, A., et al., "Concealed Metal Object Detection Using mmWave Radar and Depth Sensor Fusion," Sensors, 2024.

[18] Texas Instruments, "IWR6843AOP Product Page," 2024.

[19] Texas Instruments, "IWR6843AOP Datasheet," 2023.

[20] Nordic Semiconductor, "nRF9160," 2024.

[21] Adafruit, "Bone Conductor Transducer with Wires," 2023.

[22] Dayton Audio, "BCE-1 22 x 14mm Bone Conducting Exciter," 2024.

[23] Electromaker, "Bone Conductor Transducer With Wires - 8 Ohm 1 Watt," 2024.

[24] NXP Semiconductors, "SGTL5000," 2022.

[25] Nordic Semiconductor, "nRF9160 DK Product Brief," 2020.

[26] Renesas, "DA7212," 2024.

[27] ScienceDaily, "New randomized trial shows potential for collision-warning devices," 2021.

[28] Luo, G., et al., "Effect of a Collision Warning Device on Contacts in Blind and Visually Impaired People," JAMA Ophthalmology, 2021.

[29] Future Electronics, "New Programmable Smart Sensors by Bosch," 2020.

[30] Mouser Electronics, "Bosch Sensortec BHI260AB Shuttle Board Datasheet," 2020.

[31] Infineon Technologies, "AI for Microcontrollers," 2024.

[32] Acapela Group, "Acapela TTS for Linux Embedded," 2024.

[33] ReadSpeaker, "ReadSpeaker speechEngine SDK Embedded," 2024.

[34] K. Sravanthi et al., "Implementation of Text to Speech System on ARM Microcontroller," IJMETMR, 2016.

[35] ipXchange, "Nordic Semiconductor nRF9160 LTE-M/NB-IoT + GNSS Development Kit," 2024.