

## 9주차 회의록

- 일시:** 2025년 10월 30일 18:00 ~ 19:30
- 장소:** 원경호 교수님 연구실 (오프라인)
- 참석자:** 안순호 (팀장), 원경호 교수님
- 회의 안건:** 센서 및 개발 관련 조언, 충격량 측정 관련 상담

---

### 프로젝트 개요

**프로젝트명:** 복싱 선수를 위한 충격 감지 및 뇌 보호 시스템

**목표:** 복싱 헤드기어에 내장된 센서를 활용하여 선수가 받는 물리적 충격을 정량적으로 측정하고, 위험한 충격을 실시간 감지하여 심판의 경기 중단 판단 보조 및 누적 데이터 기반 선수 휴식 권고를 통해 만성 외상성 뇌병증(CTE) 등 심각한 뇌 손상으로부터 선수를 보호

**프로젝트 방향:** 초기 점수 시스템 보조 기능에서 '선수 안전'과 '뇌 보호'에 100% 집중하는 것으로 명확화

---

### 주요 논의 사항

#### 1. 핵심 과제: 뇌 손상의 과학적 측정 및 검증

##### (1) Ground Truth(실측 정보) 부재 문제

- 실제 사람을 대상으로 뇌 손상 실험의 어려움 (윤리적 문제)
- 보유한 선수 뇌 MRI 자료는 충격 후 결과물로 특정 충격량과 직접 연결 어려움
- 머리에 가해지는 회전적 충격이 실제 뇌에 유의미한 영향을 끼침 (미국 교통공사)

##### (2) 외부 지표 활용의 한계

- 현재 참고 중인 BRIC(뇌 회전 손상 위험도) 지표는 미국 도로교통안전국(NHTSA)이 차량 충돌 테스트 환경에서 더미를 이용해 개발
  - 복싱의 반복적이고 국소적인 타격 환경에서의 신뢰도 미검증
  - 더미 재질, 샘플 수, 손상 정의 등 환경 차이로 직접 적용 한계
-

## 2. 데이터 수집 및 분석 방법론

### (1) 현재 접근법: 임계값(Threshold) 기반 판정

**방법:** 체급별 선수 펀치 데이터 수집 → 충격량 임계값 설정 → 기준 초과 시 위험 신호 판단

**한계점:**

- 복싱 경기 중 펀치 외 스텝, 위빙, 로프 반동 등 다양한 움직임과 실제 유효 타격 구분 불가 (높은 false positive 발생 가능성)한 문제를 어떻게 해결할 것인가?
- 순간적인 센서 노이즈에 취약함.
- 분류 모델이 아닌 단순 값 비교로 F1 스코어, 정밀도, 재현율 등 성능 지표 적용 어려움

### (2) 제안된 개선 방향: 머신러닝 기반 분류

**개념:** 센서 데이터를 입력받아 '위험한 타격'과 '안전한 움직임'을 구분하는 분류 모델 개발

**Ground Truth 확보 방안:**

- 심판과의 협력: 경기 영상과 센서 데이터 동기화 후, 심판의 TKO 선언 또는 경기 중단 시점 데이터를 '위험 상황'으로 레이블링
- 전문가 패널 리뷰: 복싱 전문가(심판, 코치 등)의 경기 영상 판별 결과를 데이터 레이블로 활용

**기대 효과:**

- 복잡한 패턴 학습을 통한 정교하고 신뢰도 높은 판정
- 데이터 불균형 문제 해결을 위한 적절한 성능 지표(F1 스코어 등) 사용 가능

### (3) 데이터 신뢰도 확보의 어려움

- 샘플 수 부족: 약 30명의 선수 데이터로는 통계적 신뢰도 확보 어려움
- 높은 가변성: 동일 체급 내에서도 펀치 정확도, 개인차에 따른 충격량 편차 큼

---

## 3. 하드웨어 아키텍처 검토

항목	최초 계획	검토 및 제안 사항
센서 구성	3축 가속도계 + 6축 IMU (각 관자놀이 1세트)	압력 센서 추가 고려: 타격 부위(특히 관자놀이 등 위험 부위) 감지를 위한 압력 센서 추가 검토 필요
센서 위치	양쪽 관자놀이 (두개골 밀착)	직접 타격으로 인한 파손 위험 우려. 정수리 등 충격이 적은 위치로 이동 고려. 가속도 센서는 머리 전체 움직임 측정이므로 정수리 위치에서도 회전 감지 가능
MCU	아두이노 나노	통합형 MCU 도입 권장: 아두이노 나노 33 BLE 센스(MCU, IMU, 블루투스 통합, TensorFlow Lite 지원)로 하드웨어 단순화 및 온디바이스 머신러닝 구현 용이
통신 방식	블루투스(BLE)	신호 간섭 및 불안정성 우려. 신체에 의한 신호 경로 차단 시 통신 급격히 불안정해질 수 있음. 실제 경기 환경에서 통신 품질 테스트 필수, 필요 시 RF 통신 등 대안 검토
센서 수량	양쪽 2개	역할 명확화 필요: 2개 센서 사용 이유(정확도 향상, 백업 등) 및 데이터 처리 방법(평균, 특정 값 선택 등) 알고리즘 정의 필요

#### 4. 벤치마킹 및 외부 협력 전략

##### (1) 타 스포츠 사례 벤치마킹

대상: 전자 센서 시스템이 정식 도입된 태권도, 펜싱

학습 포인트:

- 센서의 보호 장비 내부 통합 및 내구성 확보 방법
- 타격 강도 및 부위에 따른 점수 차등 부여 로직
- 사용 센서 종류 및 데이터 처리 근거
- 공신력 있는 스포츠 도입 사례로 프로젝트 설득력 강화 가능

##### (2) 전문가 협력을 통한 Ground Truth 확보

핵심 협력 대상: 복싱 협회, 심판, 코치, 병원

## 협력 방안:

- 심판 판단 데이터화: 신인 선수권 대회 테스트 시 심판의 구두 경고/경기 중단 시점과 센서 데이터 비교 분석
- 심층 인터뷰: 심판의 위험 판단 기준(연타 허용, 가드 풀림 등) 정성적 데이터 수집
- 의료 데이터 확보: 협회 연계 병원을 통한 선수 건강 관리 데이터/부상 관련 데이터 확보 시도 (개인정보 보호 범위 내)

---

## 핵심 권고 사항

### 1. 머신러닝 기반 분류 문제로의 재정의

단순 임계값 판정에서 심판의 판단 등 외부 실측 정보를 학습하는 머신러닝 분류 문제로 재정의 필요

### 2. 외부 지표의 독립적 검증

NHTSA의 BRIC 지표를 그대로 사용하지 말고, 두부 모형 등 인체 유사 더미를 활용한 자체 실험을 통해 프로젝트 환경에서의 유효성 검증 필수

### 3. 하드웨어 아키텍처의 전략적 재검토

- 센서 물리적 안정성 (위치 재고)
- 데이터 다양성 (압력 센서 추가)
- 미래 확장성 (온디바이스 ML 가능 통합 MCU 도입)

### 4. 타 스포츠 성공 사례의 심층 분석

태권도, 펜싱 등 센서 시스템 도입 스포츠 사례 분석을 통한 기술적 난제 해결 방안 모색

### 5. 전문가 협력을 통한 신뢰도 확보

복싱 협회 및 심판과의 협력을 최우선 과제로 설정. 심판의 판단이 가장 신뢰할 수 있는 실측 정보가 될 것임

---

## 향후 발전 사항

- [ ] 머신러닝 분류 모델 개발 방향 구체화
- [ ] 자체 더미 실험 설계 및 BRIC 지표 검증 계획 수립
- [ ] 하드웨어 아키텍처 재설계 (센서 위치, MCU 변경 검토)
- [ ] 태권도/펜싱 센서 시스템 벤치마킹 조사
- [ ] 복싱 협회/심판과의 협력 방안 협의
- [ ] 신인 선수권 대회 테스트 준비