

캡스톤디자인 결과보고서

과 제 명 : 휴대성과 효율성을 갖춘 AI 배구 판정 보조 시스템 개발

1 작품 배경 및 선정이유

현대 스포츠 경기에서 선수들의 위치와 움직임을 정확히 파악하는 것은 경기 운영과 공정성 확보에 있어 중요한 요소로 자리 잡고 있습니다. 특히 **배구 경기**에서는 ****포지션 폴트(Position Fault)****가 경기 결과에 중대한 영향을 미칠 수 있어 이를 판별하는 심판의 정확성과 부담이 크게 요구되고 있습니다.

현재 배구 경기는 심판의 육안 판단에 크게 의존하고 있으나, 경기 속도가 빨라지고 플레이가 복잡해지면서 순간적인 판독의 정확성이 떨어질 가능성이 높아졌습니다. 특히 **서브 직전 선수들의 위치**를 명확히 파악하는 것은 심판에게 큰 부담으로 작용하고 있으며, 이는 공정한 경기 운영을 방해할 소지가 있습니다.

이에 따라, 본 프로젝트는 **인공지능 기반 영상 처리 기술**을 활용하여, **서브 직전에 버튼을 눌러 선수들의 위치를 검출**하고 포지션 폴트를 판별할 수 있는 **보조 시스템**을 개발하고자 합니다. 이 시스템은 완전 자동화가 아닌 심판의 판단을 돕기 위한 도구로 설계되었으며, 심판이 서브 직전 버튼을 눌러 데이터를 수집하면 선수들의 위치를 시각적으로 분석할 수 있도록 지원합니다.

특히, **삼각대와 휴대폰 카메라, 테블릿만으로 어디서든 작동**할 수 있는 간편한 설계를 통해, 경기장뿐만 아니라 훈련이나 아마추어 경기에서도 손쉽게 활용할 수 있는 실용성을 강조하였습니다. 이를 통해 심판의 부담을 줄이고, 경기를 더욱 공정하고 효율적으로 운영할 수 있는 환경을 제공하고자 합니다.

포지션 폴트란 무엇인가?

배구 경기에서 ****포지션 폴트(Position Fault)****는 선수들이 정해진 규칙에 따라 위치를 지키지 않았을 때 발생하는 반칙입니다. 이는 공정한 경기 운영을 위해 필수적으로 준수해야 할 규정으로, 선수들의 위치는 서브가 이루어지기 전 순간에 판별됩니다. 주요 규정은 다음과 같습니다:

1. 전위 선수와 후위 선수의 위치 규정

- 전위 선수는 반드시 후위 선수보다 네트 쪽에 위치해야 합니다.
- 예를 들어, 후위 선수의 발이 전위 선수보다 네트에 더 가까운 경우, 포지션 폴트가 선언됩니다.

2. 전위 및 후위 선수 간의 좌·중간·우 위치 규정

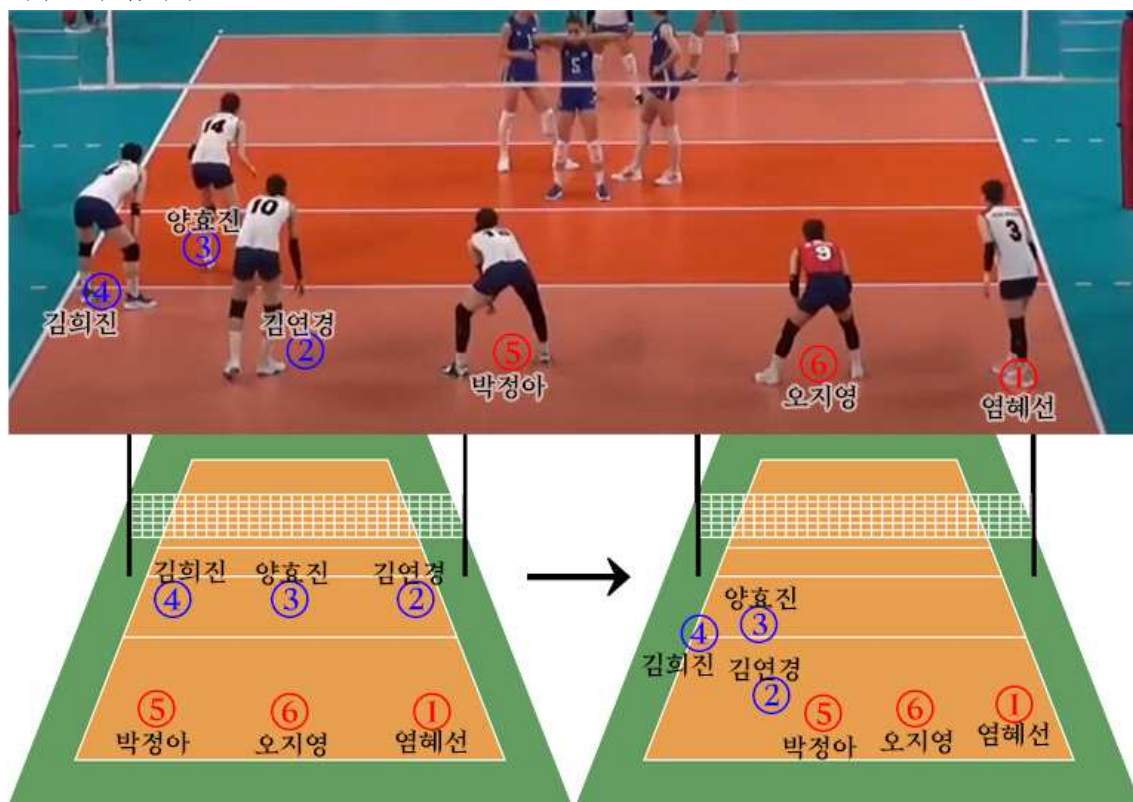
- 전위 선수들끼리는 좌, 중간, 우의 위치를 유지해야 하며, 후위 선수들끼리도 동일한 규정을 따릅니다.
- 예를 들어, 좌측에 있어야 할 선수가 중간이나 우측으로 나가면 규정을 위반한 것으로 간주됩니다.

3. 위치 판별 기준

- 선수의 위치는 발을 기준으로 판단되며, 한 발이라도 정해진 위치에 있으면 규정을 준수한 것으로 인정됩니다.

이러한 규정을 위반할 경우, 상대 팀에게 득점이 부여되며, 이는 경기 흐름에 큰 영향을 미칠 수 있습니다.

본 프로젝트에서 개발한 보조 시스템은 이러한 포지션 폴트 규정을 빠르고 정확하게 판별하여, 심판이 놓칠 수 있는 미세한 위치 변화를 시각적으로 확인할 수 있도록 돕습니다. 이를 통해 경기 운영의 공정성을 높이고, 심판의 부담을 줄이며, 나아가 스포츠 판정 기술의 혁신을 이루고자 합니다.



2 과제 결과물의 기술

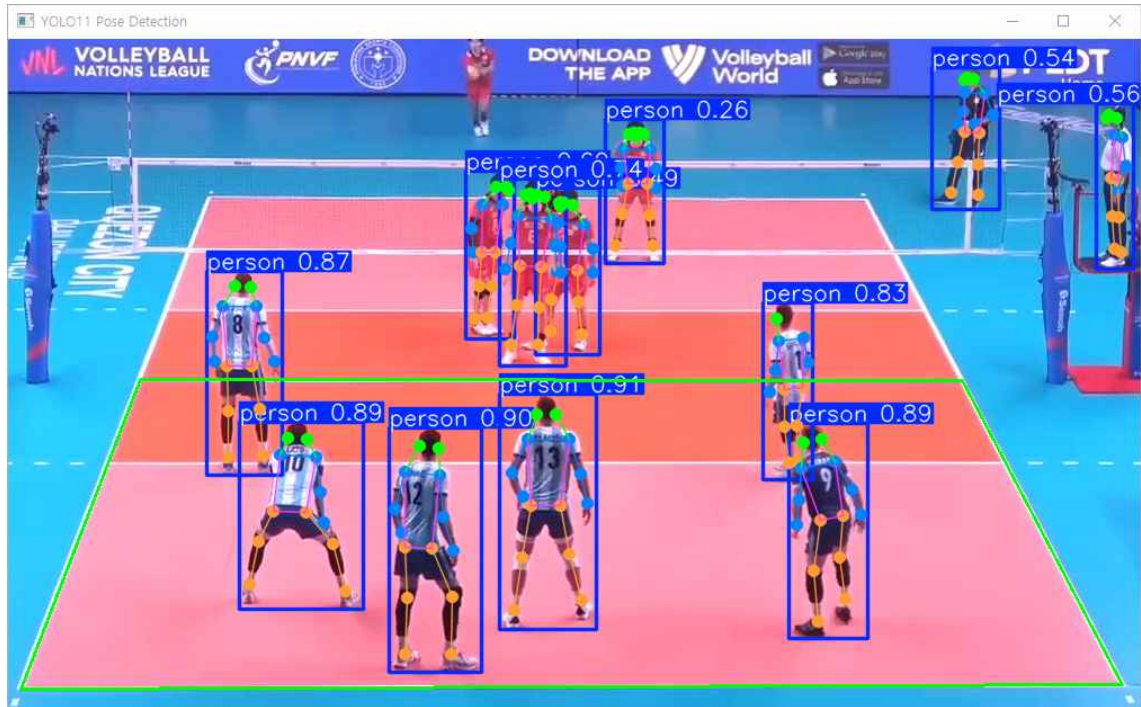
1. 영상의 각도, 거리, 경기장 코트 규격에 따라 코트의 위치가 달라지므로, 시스템 시작 전에 코트의 끝점을 클릭하여 저장하고 디스플레이합니다.



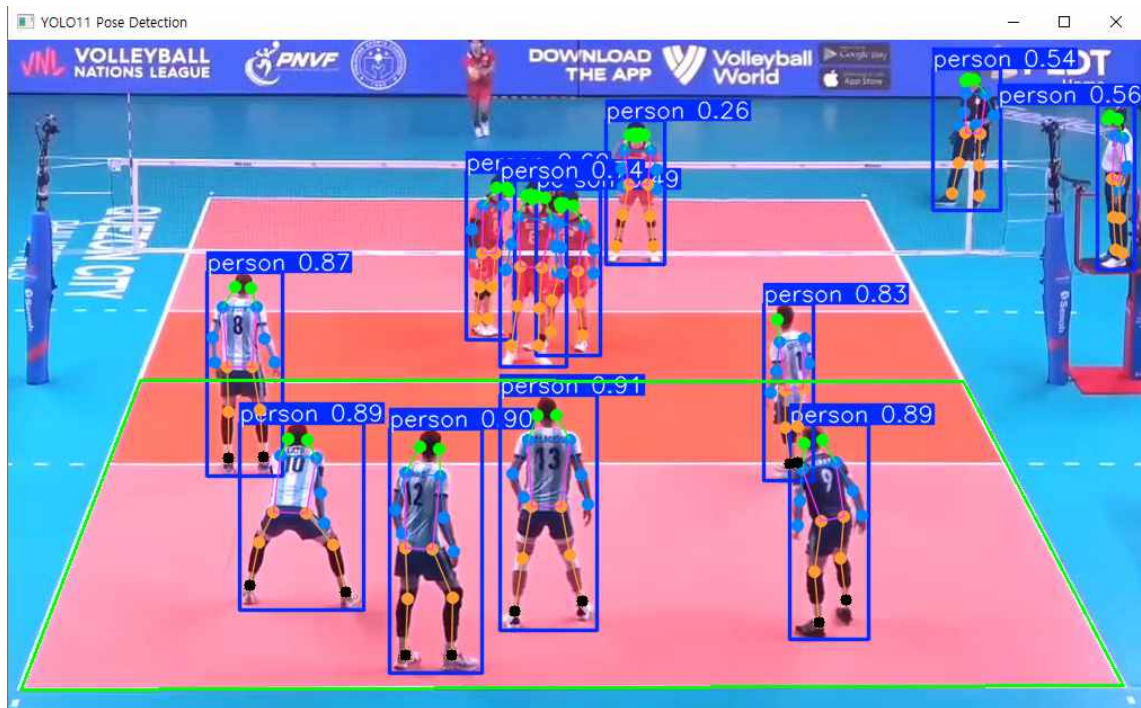
선택된 점: 116, 302
선택된 점: 847, 303
선택된 점: 990, 574
선택된 점: 10, 576

- 코트의 디스플레이는 영상(경기) 진행 중에도 유지되며, 서브 시 코트 안의 선수 발 위치를 판별하는 데 사용됩니다.

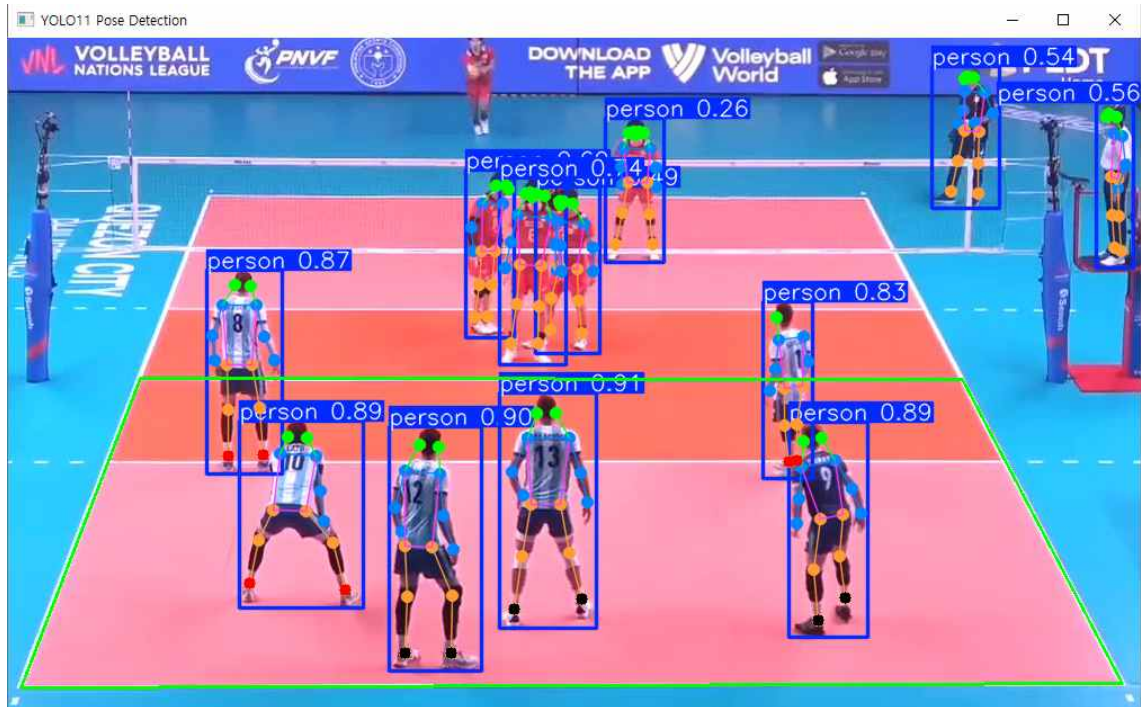
2. AI 기술을 활용하여 YOLO11 모델을 통해 사람을 인식하고, 바운딩 박스와 Pose를 검출합니다.



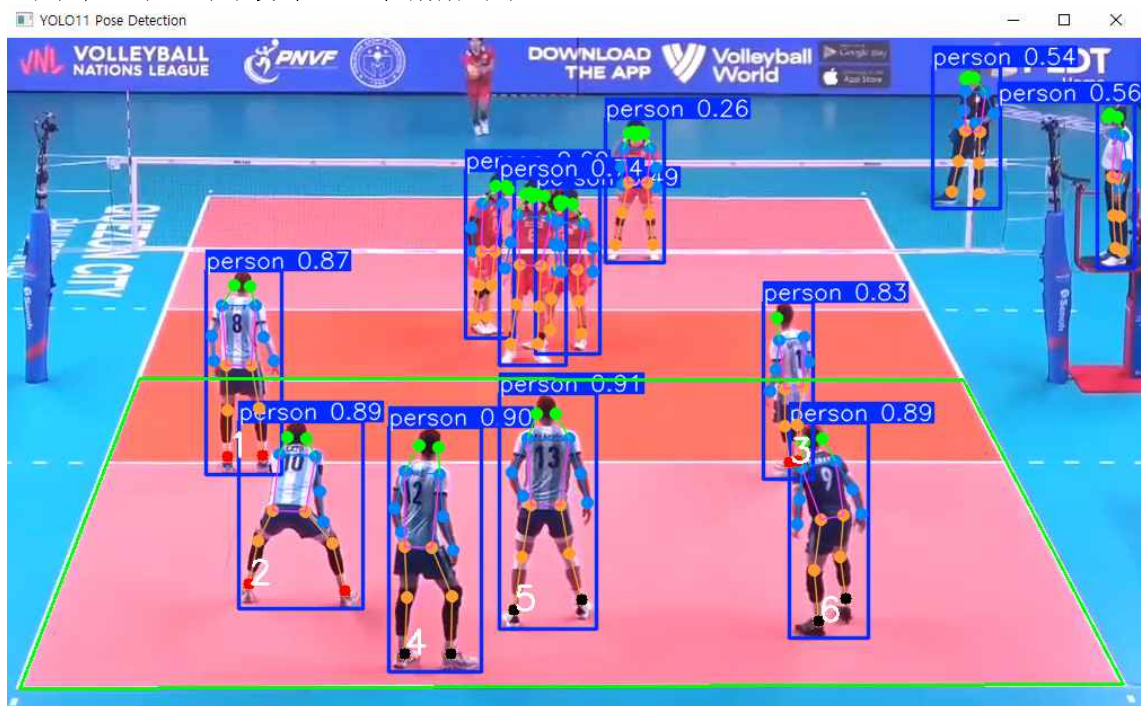
3. 이후 인식된 코트 안의 선수를 분리합니다.
(시각적 효과를 위해 발 위치에 검은색으로 표시합니다.)



4. 이후 6명의 선수들 중에서 한 발이라도 앞에 있는 선수가 전위로 인식되며, 거리 계산을 통해 앞에 있는 발을 전위로 표시합니다.
(시각적 효과를 위해 전위는 빨간색, 후위는 검은색으로 표시됩니다.)

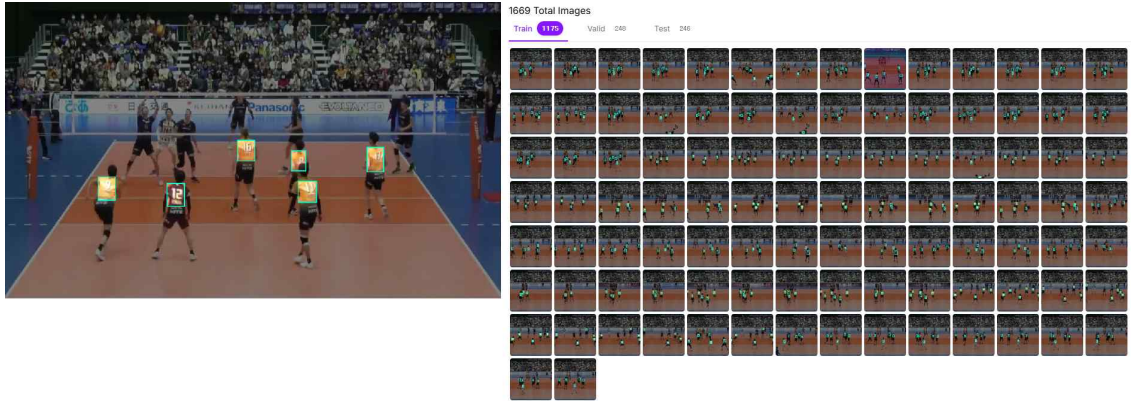


5. 이후 전위 선수와 후위 선수 간의 좌측, 중간, 우측 위치를 구분하기 위해, 한 발이라도 왼쪽 코트에 가까운 선수와 한 발이라도 오른쪽 코트에 가까운 선수를 선별하여 선수들에게 번호를 매깁니다.
(시각적 효과를 위해 숫자로 표시하였습니다.)

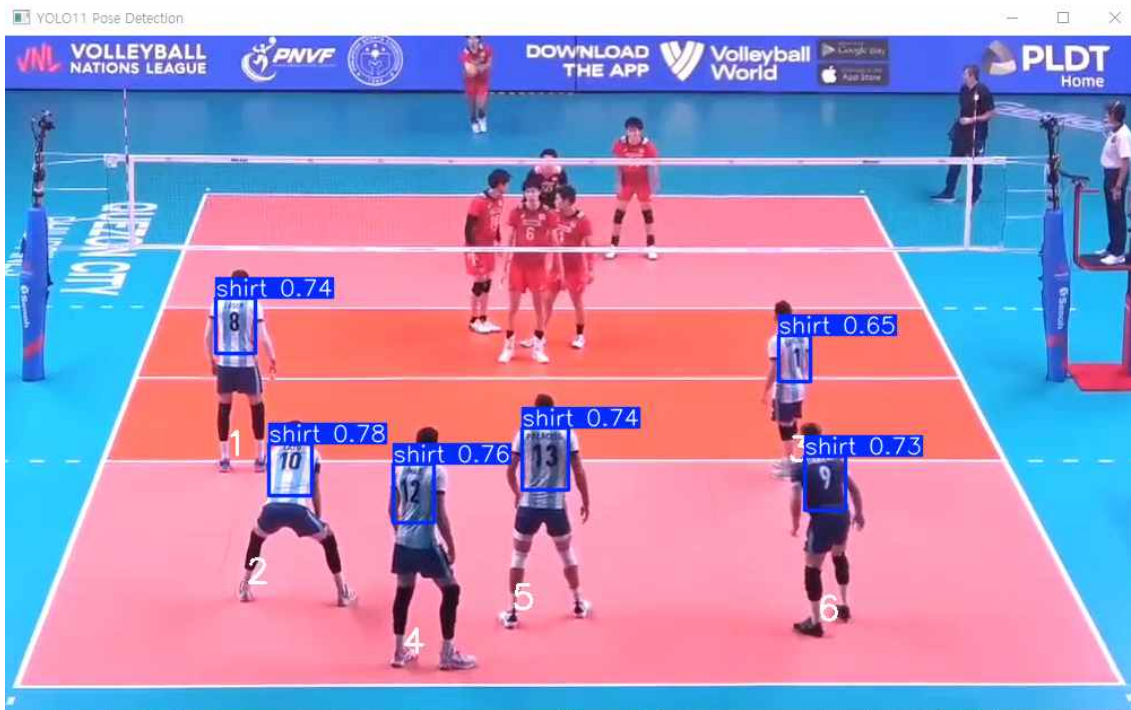


6. 이후 등번호의 위치를 라벨링한 데이터를 기반으로 약 1700장의 이미지를 학습시켜 등번호 위치를 탐지하는 AI 모델을 개발합니다. 이를 활용하여 등번호가 존재할 위치를 정확히 찾습니다.

- 모델의 학습/검증/테스트 라벨링이미지의 예시



- 실제 모델을 적용하여 검출된 이미지



7. 이후 추출된 위치의 이미지를 잘라내어 저장한 뒤, 약 7200장의 데이터를 활용해 등번호 0~99번을 학습하는 AI 모델을 개발 하였고, 이 모델을 통해 잘라낸 이미지를 숫자로 변환합니다.

• 모델의 학습/검증/테스트 라벨링이미지의 예시



• 실제 모델을 적용하여 추출된 정보

1번	포지션의	등	번호:	8
2번	포지션의	등	번호:	10
3번	포지션의	등	번호:	1
4번	포지션의	등	번호:	12
5번	포지션의	등	번호:	13
6번	포지션의	등	번호:	9

8. 마지막으로 선수의 위치, 발 위치, 추출한 등번호를 조합하여, 포지션 폴트 판정에 중요한 선수의 위치와 등번호를 간단히 확인할 수 있는 화면을 구성합니다.



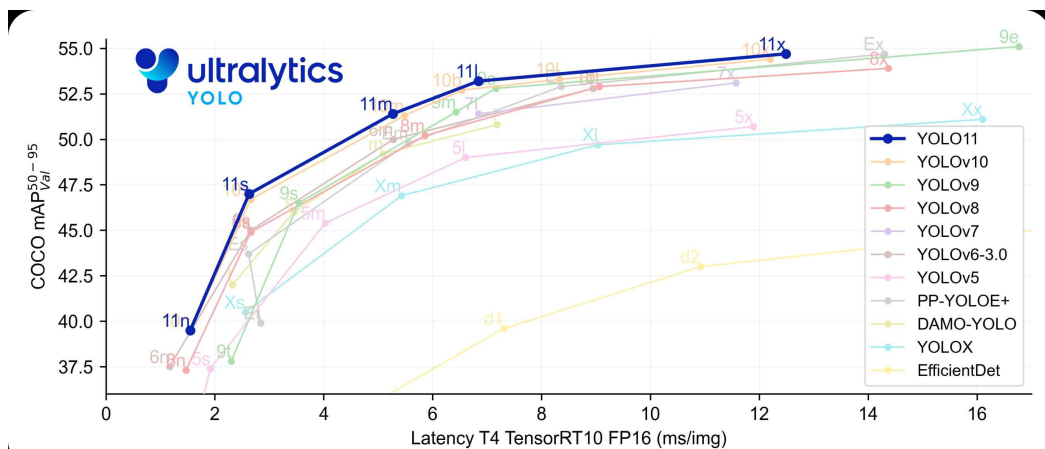
3 AI 기술 적용 및 모델 구성

물체 검출(Object Detection)

물체 검출은 이미지 내에서 물체의 위치를 Bounding Box로 표시하고, 해당 영역에 어떤 물체가 있는지 레이블(Label)을 분류하는 기술입니다. 이를 통해 이미지 내에서 물체의 위치와 종류를 동시에 파악할 수 있습니다.

YOLO 모델의 장점

YOLO 모델은 이미지를 한 번만 분석하여 빠른 속도로 물체를 검출할 수 있는 장점이 있습니다. 이러한 특성은 특히 실시간 Object Detection이 요구되는 **동영상 분석**에서 뛰어난 성능을 발휘하며, 본 프로젝트에서도 **선수 위치와 등번호 검출**에 활용되었습니다.



YOLOv11 모델의 구조적 특징

Backbone 구조 차이

- YOLO 11: C3k2 사용
 - C3k2는 여러 경량 합성곱 레이어로 구성된 블록으로, 깊이를 증가시키고 정보 손실을 최소화하여 작은 객체 탐지에 유리합니다.

Backbone 최종 레이어

- YOLO 11: C2PSA
 - 두 개의 독립적인 브랜치를 통해 공간적 정보와 채널 상호작용을 분리 처리하며, 작은 객체 탐지에 강점이 있습니다.

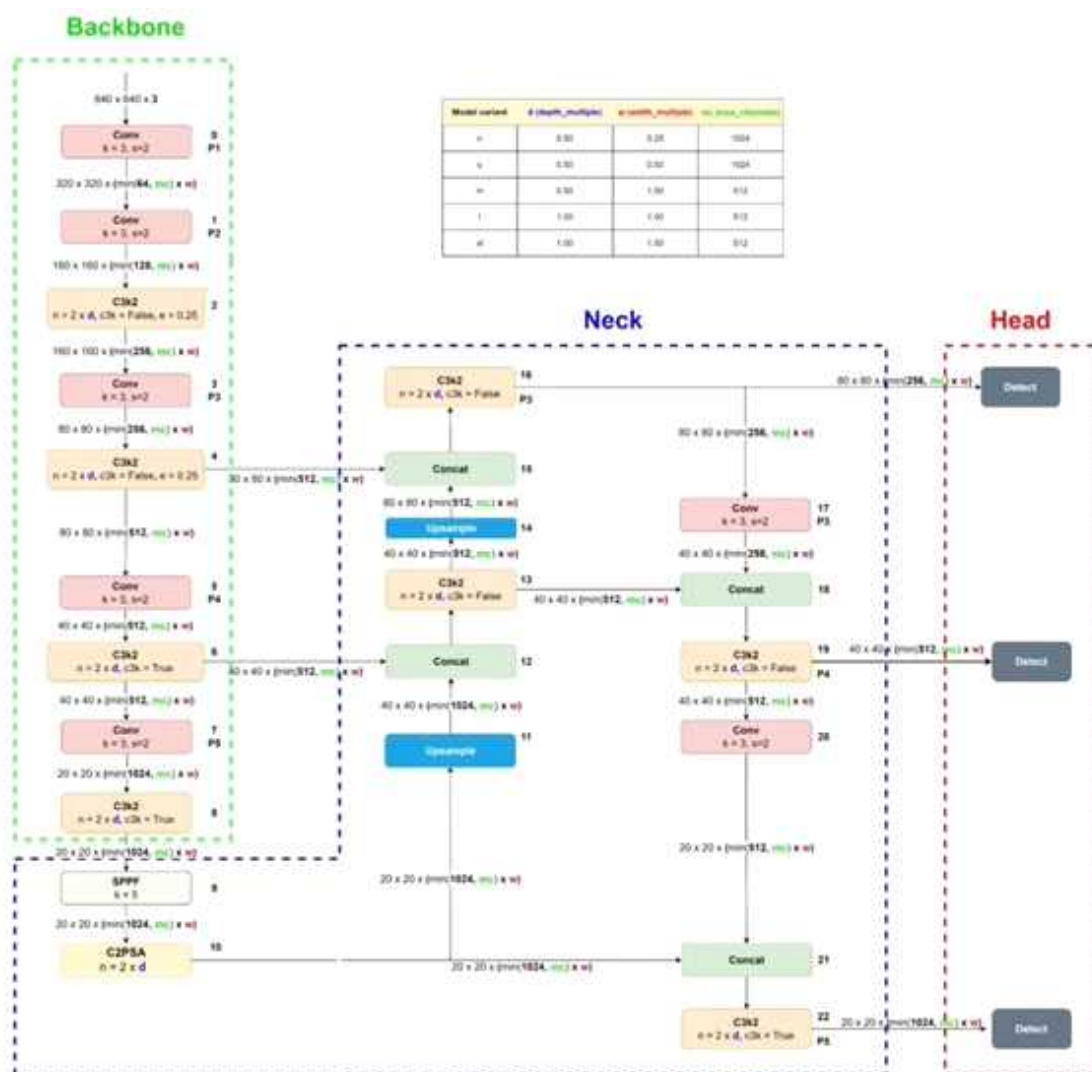
Head 구조 차이

- 모듈 구성
 - YOLO 11: C3k2 모듈 기반
 - 작은 커널 크기로 효율성을 높이고, P5 단계에서 C2PSA 모듈 추가로 전역적 중요성을 반영합니다.
- 탐지 전략
 - YOLO 11은 YOLOv8에서 사용하던 Detect 모듈을 기반으로 합니다.

- YOLO 11: C3k2 블록의 반복 횟수를 줄여 경량화와 효율성을 강조한 구조.

종합 분석

11 모델은 경량화된 구조와 새로운 모듈 도입으로 성능과 속도를 최적화하였으며, 본 프로젝트에서는 이를 활용해 **실시간으로 선수의 위치와 등번호를 탐지하는 시스템**을 구현하였습니다.



활용 방안

본 시스템은 서브 직전 버튼 클릭으로 선수의 위치와 등번호를 인식하여 반환하는 AI 기반 보조 판정 시스템입니다.

- **경기 심판 보조 도구:** 실시간으로 선수의 위치와 등번호를 확인하여 **포지션 폴트** 여부를 신속하게 판단할 수 있습니다.
- **훈련 및 경기 분석:** 아마추어 경기나 훈련 중에서도 활용 가능하며, 선수들의 위치 데이터를 통해 전술 분석 및 훈련 효율성을 높일 수 있습니다.
- **휴대성과 간편성:** 삼각대와 휴대폰 또는 태블릿을 이용한 간단한 구성으로, 어디서든 손쉽게 사용할 수 있습니다.

개선 방향

현재 시스템은 **단일 카메라**를 사용하여 영상을 분석하고 있습니다. 그러나 다음과 같은 문제를 개선할 필요가 있습니다:

1. 등번호 인식 한계:

- 선수들이 등을 완전히 맞대거나 등번호가 가려지는 경우, 등번호를 인식하지 못하는 한계가 있습니다. 이를 해결하기 위해, **다중 카메라 시스템**을 도입하여 다양한 각도에서 영상을 촬영하면 인식률을 높일 수 있습니다.
- 다만, 다중 카메라 시스템의 도입은 비용과 설치의 복잡성을 증가시켜 실용성을 저하시킬 수 있다는 점도 고려해야 합니다.

2. 위치 데이터의 정확도:

- 단일 카메라로 인해 거리와 깊이 정보가 제한적입니다. **3D 위치 추적 기술** 또는 **스테레오 카메라**를 활용하면 더 정확한 위치 데이터를 제공할 수 있습니다.

3. 완전 자동화 시스템 개발:

- 현재는 서브 직전 버튼을 눌러야 작동하는 **반자동 시스템**이지만, 미래에는 **경기 진행을 실시간으로 분석하는 완전 자동화 시스템**으로 발전시킬 수 있습니다.

이와 같은 개선을 통해 본 시스템은 더욱 신뢰성과 효율성을 갖춘 배구 경기 보조 도구로 자리 잡을 수 있을 것입니다.