

드론 스트라이크 방지를 위한 3차원 충돌회피 알고리즘에 관한 연구

한양대학교 미래자동차공학과 백승연
지도교수: 민승재

연구 배경 / 목적

연구 배경

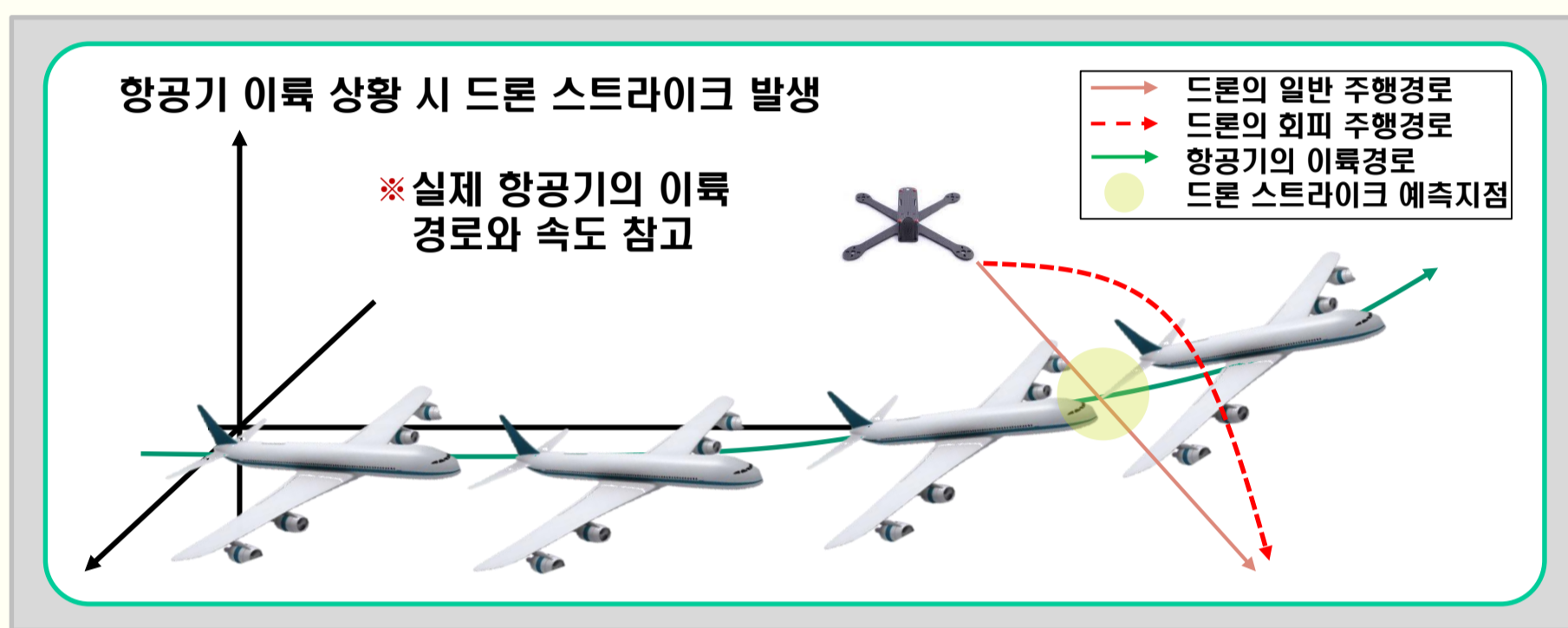
- 드론의 개체 수 급증과 그에 따른 활용도 증가
- 자율주행 드론의 기술이 증가함에 따라 충돌회피 기술 필요
- 이·착륙 상황에서 드론 스트라이크의 빈도수가 매해 증가 (2016년: 1평균 5.3회, 전년 대비 46% 증가)
⇒ 드론 스트라이크 방지를 위한 충돌회피 기술 필요

연구 목적

- 드론 스트라이크 위기 상황 시 항공기의 경로를 변경하는 것이 아닌 드론의 주행 궤적을 변경하는 충돌회피 알고리즘을 적용
- 모의실험을 통한 알고리즘의 실효성 확인

Drone Strike 상황 모델링

충돌 상황 시나리오



※B737-400 그림. 1. 충돌 상황 시나리오

드론, 항공기의 위치벡터, 금지구역 설정

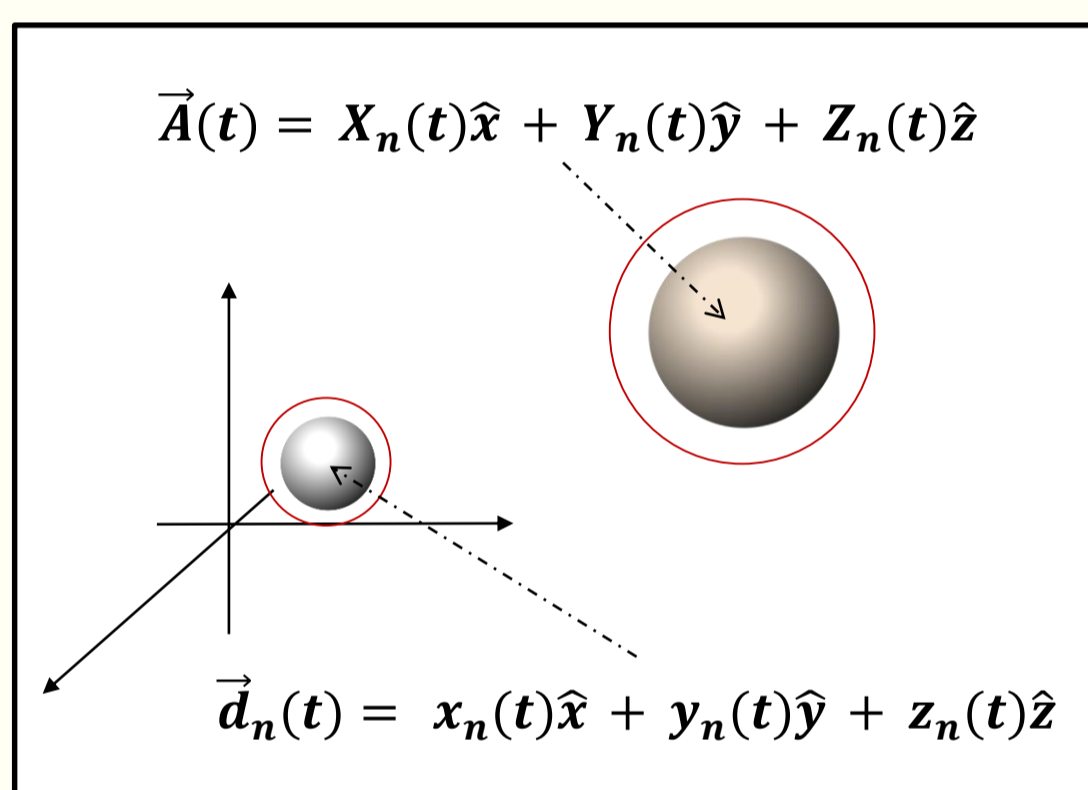


그림. 2. 드론·항공기의 시간별 위치벡터 설정

- ④ 위치벡터 설정 : 시간별 위치 벡터를 $\vec{d}_n(t)$, $\vec{A}(t)$ 로 설정
⇒ $\vec{d}_n(t)$: n번째 드론의 위치
- ⑤ 금지구역 설정 : 드론과 항공기의 금지구역을 구(sphere)로 설정(1)
⇒ 금지구역 침범 시 충돌로 인식 [* Ref. 1: 한수철 외, 2003]

충돌회피 원리 및 알고리즘

충돌회피 원리

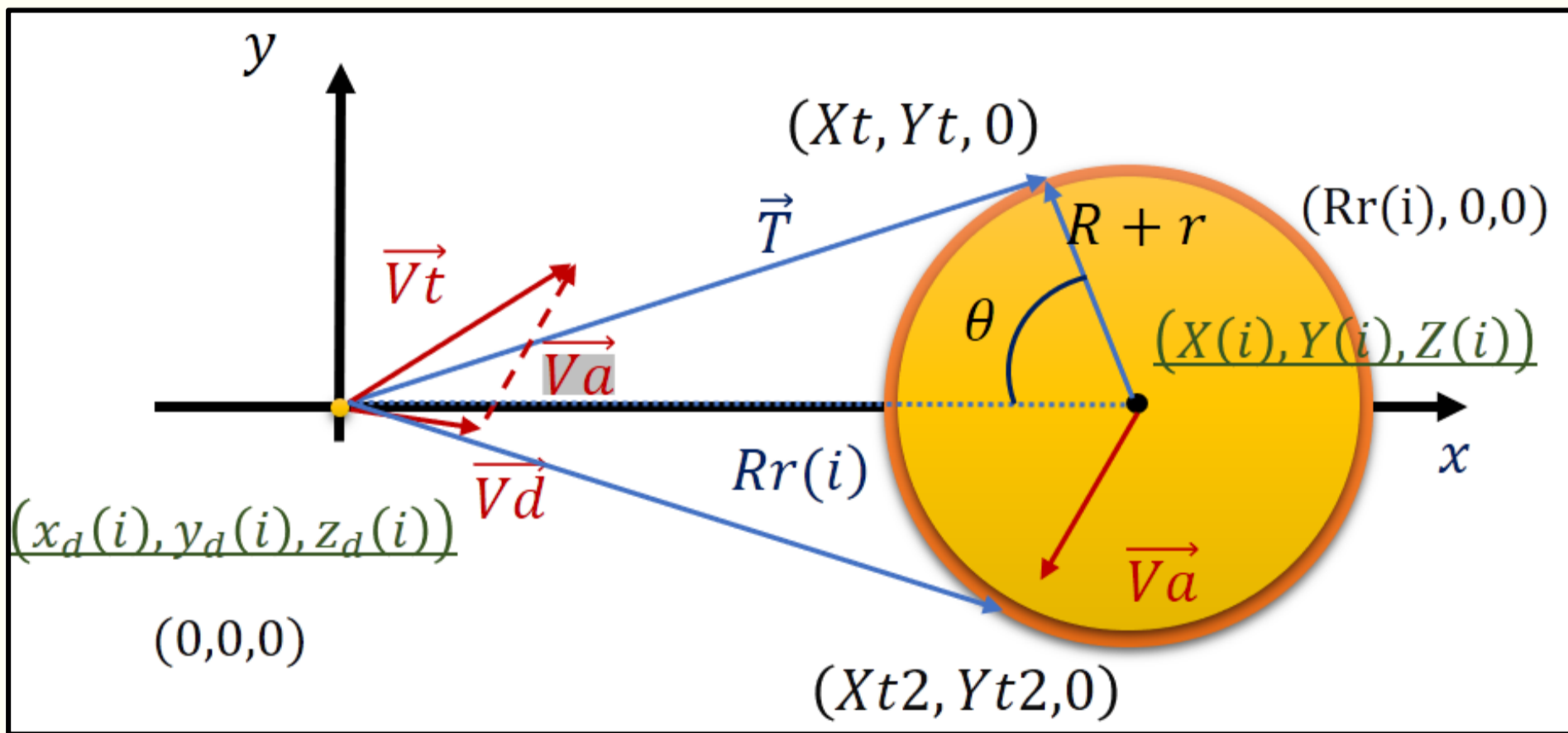


그림. 3. 3차원 접선벡터 설정

- $Rr(i)$: 임의의 시간 i 에서 드론과 항공기 위치의 사이의 거리
- \vec{v}_d : 드론의 속도 \vec{v}_a : 항공기의 속도 \vec{v}_t : 드론-항공기 상대속도
- R : 항공기의 금지구역 반경 r : 드론의 금지구역 반경
- θ : 접점과 항공기의 중심을 이은 선과 $Rr(i)$ 와의 각도
- \vec{T} : 드론과 구의 접선벡터

1. 드론의 위치 좌표 $(x_d(i), y_d(i), z_d(i))$ 를 원점으로 좌표계 생성
⇒ $(x_d(i), y_d(i), z_d(i))$ 와 $(X(i), Y(i), Z(i))$ 가 같은 평면, x축 상에 있도록 좌표계 설정
2. 접선벡터 \vec{T} 를 구하기 위하여, 밑의 식으로 접점 (X_t, Y_t) 를 구함

$$\cos(\theta) = \frac{(R+r)}{\sqrt{(x_a-x_d)^2 + (y_a-y_d)^2 + (z_a-z_d)^2}} \begin{cases} X_t = (Rr(i)) - (R+r)\cos(\theta) \\ Y_t = (R+r)\sin(\theta) \end{cases}$$

3. 접점 (X_t, Y_t) 도 같은 방법으로 구하게 되면,

$$\begin{cases} X_{t2} = X_t \\ Y_{t2} = -(R+r)\sin(\theta) = -Y_t \end{cases}$$

4. $(X_t, Y_t, 0), (X_{t2}, Y_{t2}, 0) \rightarrow$ 글로벌 좌표 $(X_t, Y_t, Z_t), (X_{t2}, Y_{t2}, Z_{t2})$ 로 변환

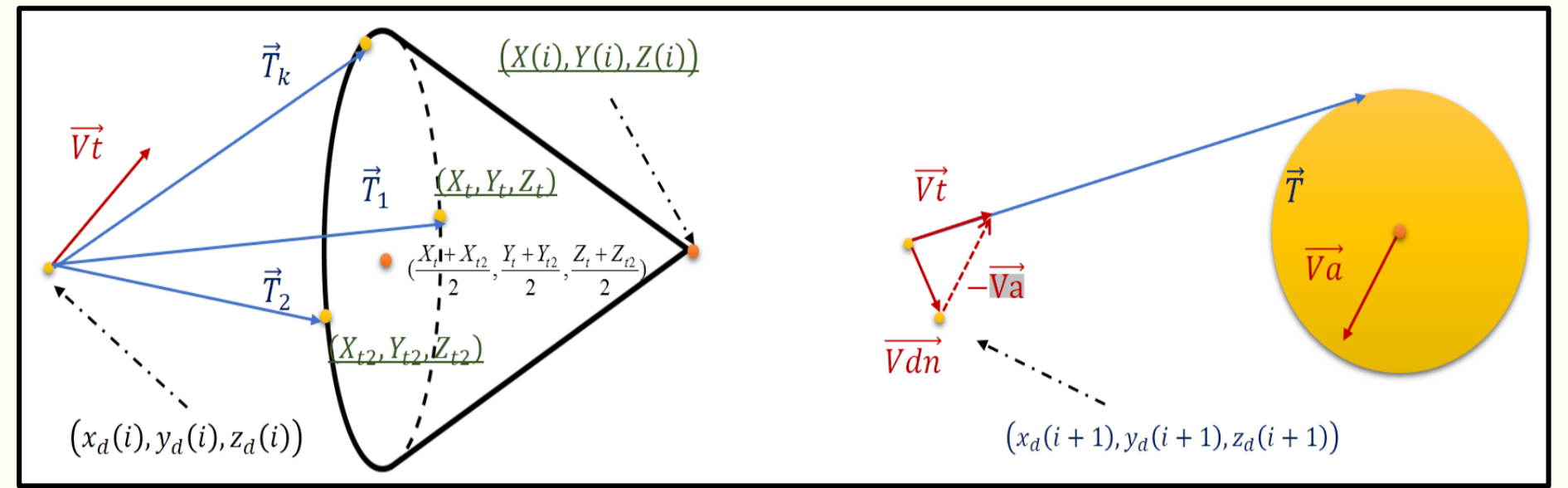


그림. 4. 상대속도 벡터 변경

5. (X_t, Y_t, Z_t) 와 (X_{t2}, Y_{t2}, Z_{t2}) 를 이용하여 다른 점점들을 찾은 뒤, 벡터 \vec{T}_k 설정
6. 벡터 \vec{T}_k 와 상대속도 벡터 \vec{v}_t 의 내적이 최소가 되는 점점 (X_t, Y_t, Z_t) 와 접선벡터 \vec{T} 를 구함 (드론 초기 주행 경로의 변화를 최소화)
7. $\vec{v}_{dn} = \vec{T} - \vec{v}_a$ 가 되도록 하는 \vec{v}_{dn} 의 방향을 설정, 이동속도는 등속운동으로 가정
8. 드론의 다음 경유점 $(x_d(i+1), y_d(i+1), z_d(i+1))$ 을 정함.

알고리즘 순서도

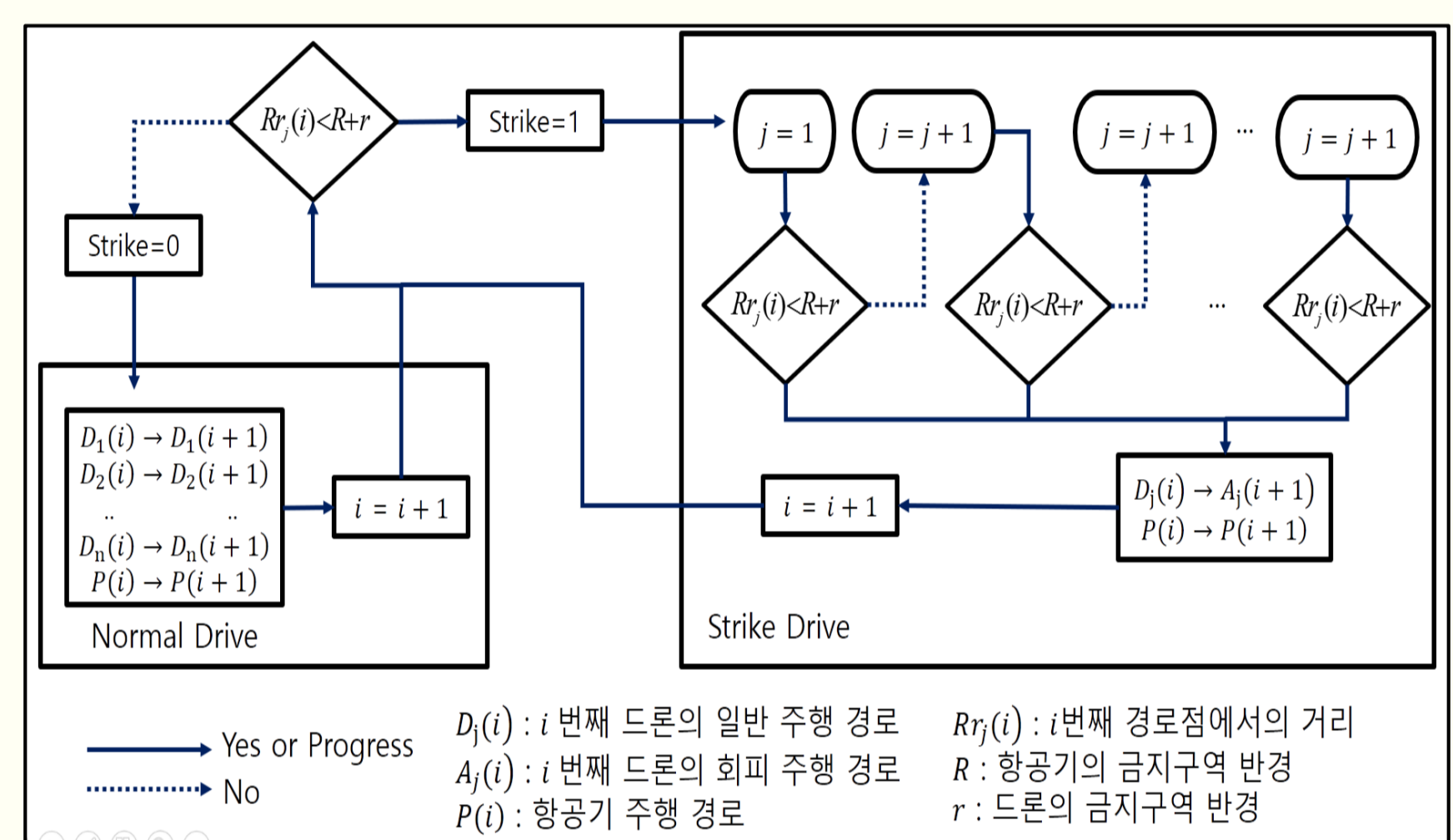


그림. 5. 충돌회피 알고리즘 [2]

- i 번째 경로점에서 항공기와 드론 사이의 거리 $Rr(i)$ 가 금지반경의 합 $R+r$ 보다 작아진다면 충돌 인지 스칼라 Strike가 1로 바뀌고, 충돌 상황임을 판단하여 일련의 알고리즘을 수행 [* Ref. 2: 이시현 외, 2016]

모의실험 결과

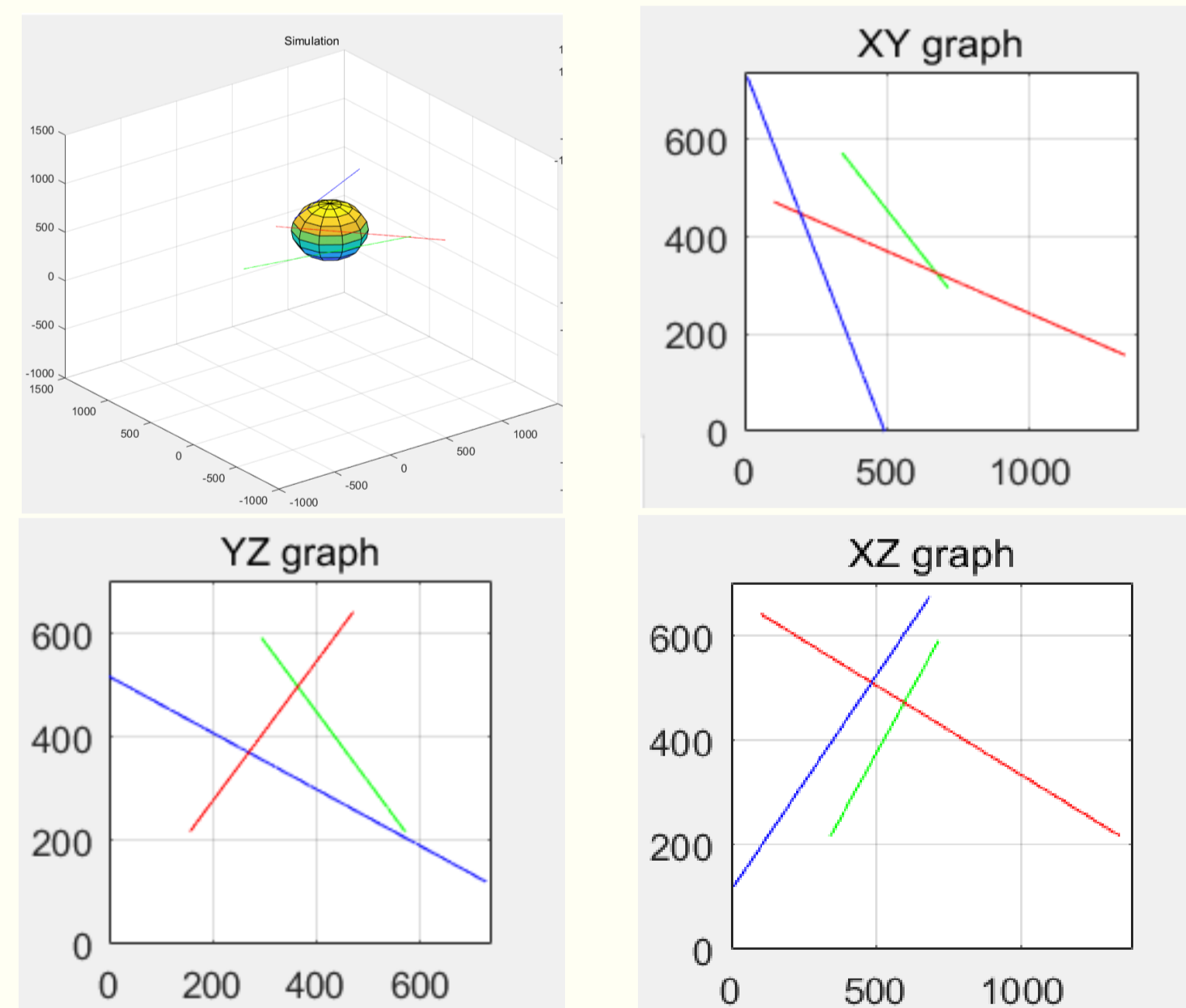


그림. 6. 모의실험 결과

- Normal mode와 Strike mode 모두 드론의 시작점과 도착점은 같으나 Strike mode의 경우 항공기를 회피하기 위하여 경로가 변경된 것을 확인

결론

- 기존의 2차원에서의 연구를 확장, 3차원에서의 충돌회피 알고리즘을 고안
- 모의실험을 통해 드론 스트라이크를 방지하기 위한 드론의 회피 주행 경로 생성 확인