

바람의 영향을 고려한 탄도 시뮬레이션 개발 Development Of Trajectory Simulation With The Wind Effect

*박우성¹, #박강², 강환일³

*W.S. Park¹, #K. Park(kang@mju.ac.kr)², H.I. Kang³

¹명지대학교 기계공학과 석사과정, ²명지대학교 기계공학과, ³명지대학교 정보통신공학과

Key words : Trajectory, Ballistics, Wind, Simulation, Collision, Anti-Aircraft

1. 서론

대공포의 명중률을 높이기 위해서는 정확한 표적의 미래위치가 획득되어야 하고, 항력과 바람의 영향을 고려한 방위각(ϕ)과 고각(θ) 계산이 이루어져야 한다.

이 논문에서는 표적의 미래위치, 대기의 항력과 바람의 영향을 수학적으로 정의하고, 이를 OpenGL 라이브러리를 통해 포탄의 항력과 바람의 영향을 적용한 포탄의 궤적을 표현하는 시뮬레이션을 수행할 것이다.

2. 표적의 미래위치와 대공포의 사정권

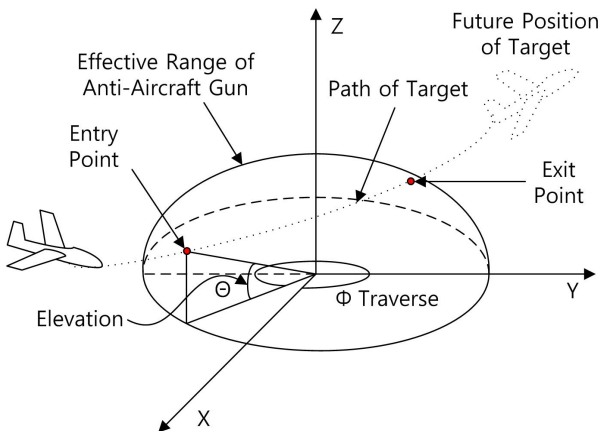


Fig. 1 Future Position of Target and Effective Range of Anti-Aircraft Gun

표적을 명중시키기 위한 첫 단계로 표적의 미래위치를 예측해야 한다. 표적의 미래위치를 파악하기 위한 정보로 표적의 초기위치, 속도, 가속도를 레이더로부터 얻는다. 레이더로부터 얻어진 표적의 정보를 D. Kumar가 제시한 미래위치식에 대입하여 계산하면 표적의 미래위치를 예상할 수 있다. 표적의 미래위치에 관한 식은 다음과 같다.[1]

$$X(t) = X_0 + V_x t + \frac{1}{2} a_x t^2$$

$$Y(t) = Y_0 + V_y t + \frac{1}{2} a_y t^2$$

$$Z(t) = Z_0 + V_z t + \frac{1}{2} a_z t^2$$

다음단계로, 예상되는 표적의 미래위치가 대공포의 유효사거리(R)이내에 있는가를 판단해야 한다. 대공포의 유효사거리 공간은 Fig.1에서 보는 바와 같이 구(球)형태로 생겼다고 가정했다. 유효사거리(R)를 표현하는 구(球)의 식과 미래위치식을 연립하면, 표적이 유효사거리(R)에 진입하는 진입시간과 탈출해나가는 탈출시간을 알아낼 수 있다. 시뮬레이션 시 여기서 알아낸 표적의 사정권 진입시간과 포탄이 미래위치까지 도달하는 시간과의 차이를 고려하여 발포되어야 한다.[2]

$$X_{range}^2 + Y_{range}^2 + Z_{range}^2 = R^2$$

3. 항력과 바람의 영향

포탄이 대기를 비행하는 동안 공기의 저항과 바람의 영향을 받는다. 이러한 공기의 저항력을 항력이라고 한다. 항력은 포탄의 진행방향과는 반대되는 방향으로 작용하며, 질량중심점을 중심으로 작용한다. 이러한 항력 때문에 포탄의 비행운동이 저해되어 비거리가 짧아지고 더 낮게 날게 된다. 또한 포탄은 부는 바람의 방향에 따라 휘게 된다. 바람에 의한 영향은 대기의 항력과 밀접한 관계가 있고 그 관계를 서술하면 다음과 같이 쓸 수 있다.[3]

$$D = m \frac{dV}{dt} = -\frac{\rho S C_D}{2} |\vec{V} - \vec{W}| (\vec{V} - \vec{W}) - mg$$

항력은 포탄의 형상과 크기(S), 대기의 밀도(ρ), 포탄의 속도(\vec{V}), 바람(\vec{W}), 항력계수(C_D)에 의해

결정된다. 그리고 대기의 밀도(ρ)는 절대 온도(T), 증기분압(h), 대기 압력(B)에 의한 함수이다.[3]

$$\rho = \frac{1.2929(273.13/T)}{(B - 0.3783h)/760}$$

항력과 바람에 의한 영향을 수식에 적용하여 최종적으로 발사해야 할 방위각(ϕ)과 고각(θ)을 계산하면 다음과 같다.

$$\phi = \text{atan} \left(\frac{(Y_t + \frac{1}{2}\rho * W_Y t_p^2)}{(X_t + \frac{1}{2}\rho * W_X t_p^2)} \right)$$

$$\theta = \text{atan} \left(\sqrt{\frac{(Z_t + \frac{1}{2}\rho * W_Z t_p^2 - \frac{1}{2}gt_p^2)^2}{(X_t + \frac{1}{2}\rho * W_X t_p^2)^2 + (Y_t + \frac{1}{2}\rho * W_Y t_p^2)^2}} \right)$$

4. 시뮬레이션 결과

포탄의 초기 속도는 포구초속과 같으며, 시간에 따라 변하지 않는다고 가정하였으며, 대기의 밀도 및 온도와 항력의 세기, 바람의 세기, 중력가속도 또한 고도에 따라 변하지 않는다고 가정하였다. 시뮬레이션의 초기 값은 Table 1에 제시된 값들을 넣어 실행하였다.

Table 1 The Initial Condition of the Trajectory Simulation

Table legend			
포구초속 (m/s)	1000		
대기밀도 (kg/m ³)	1.226		
항력계수	0.375		
포탄의 질량 (kg)	0.235		
포탄 직경 (m)	0.03(30mm)		
	X	Y	Z
바람의 세기 (m/s)	10	0	0
표적의 위치 (m)	-1000	-17000	1000
표적의 속도 (m/s)	0	510	
표적의 가속도 (m/s ²)	3	0.01	0.001

실행된 결과는 Fig2와 같다. Fig2에서 가장 위에 보이는 선은 중력가속도만을 고려했을 때의 탄도이고, 바로 아래에 지나가는 선은 바람이 안 불고 항력만 작용했을 때의 탄도이다. 왼쪽으로 휘어있는 선은 바람이 불고 항력이 작용했을 때의 탄도이다. 바람과 항력을 고려했을 경우, 항력만을 고려했을 때와는 달리 바람이 부는 방향으로 휘게 되며, 중력가속도만을 고려했을 때 보다 더 낮고 짧은

거리로 비행하는 것을 시뮬레이션을 통해 확인해 볼 수 있다.

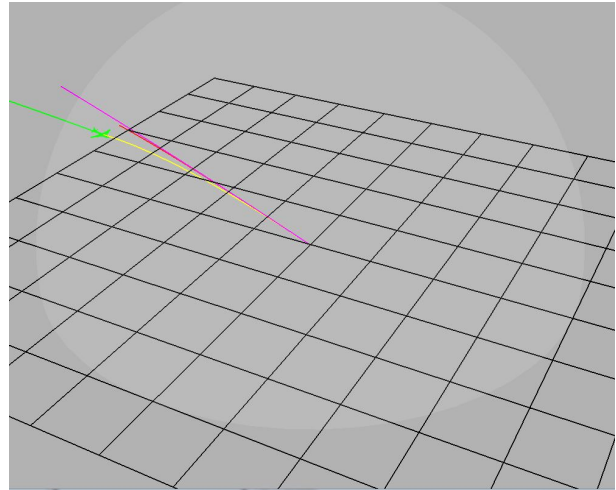


Fig. 2 The Result of the Shell Trajectory Simulation

5. 결론

포탄의 무게, 형상, 크기, 바람의 세기, 항력과 같은 요소들이 결합되어 포탄의 궤적에 영향을 준다는 것을 알게 되었다.

감사의 글

본 연구는 국방과학연구소의 일반 연구 지원 사업(ADD-11-01-03-04)으로 수행되었으며 관계기관에 감사의 말씀을 전합니다.

참고문헌

1. D. Kumar and R.N. Mishra "Modeling of Anti Aircraft Gun Orientation". XXXII National Systems Conference, NSC 2008, Dec. 17, 2008
2. 박우성, 박 강, 강환일, 신동일, "대공포 명중률 개선을 위한 탄도 시뮬레이터 개발", 2012 한국 CAD/CAM 학술발표회, Feb. 2, 2012
3. Robert L. McCoy, "The Effect of Wind on Flat-Fire Trajectories", USA Ballistic Research Laboratories, ADB 012872, Aug. 18, 1976
4. 이홍주, 전운학, 곽윤근, "압력, 온도 및 습도의 변화가 소총탄도에 미치는 영향", 대한기계학회 논문집 3권, 제 1호, pp.10 - 17, Jan. 31, 1975
5. 이홍주, "총과 탄도학", pp. 158 - 164, 청문각, 1975
6. 서진범, 신철, "전투기에서 투하된 재래식 폭탄의 탄도 모델", 한국항공우주학회 학술발표회 논문집, pp.65 - 70, 1984