

## 항공기용 채프 운용 시뮬레이터의 구현

채규수<sup>1\*</sup>, 임중수<sup>1</sup>, 김민년<sup>1</sup>

### A Chaff Simulator for an Aircraft

Gyoo-Soo Chae<sup>1\*</sup>, Joong-Soo Lim<sup>1</sup> and Min-Nyun Kim<sup>1</sup>

**요약** 본 논문은 비행체 방어를 위해 널리 사용되고 있는 채프의 효과적인 운용을 위한 시뮬레이터 개발에 관한 것이다. 항공기와 채프 1발당 레이더 반사단면적(RCS : Radar Cross Section)을 기준으로 헬기의 기동시나리오에 따라 미사일에 실제 수신되는 신호세기를 계산하였다. Matlab을 이용해 계산된 입력 파라미터들을 시뮬레이터 입력모듈로 보내고 헬기의 3가지 기동시나리오에 따른 3D 화면을 구성하였다.

**Abstract** This paper presents a simulator developed for effective use of chaff which is widely employing for aircraft protection. We calculate the scattered electric field based on the aircraft and the chaff RCS. Input parameters calculated using Matlab are forwarded to the input module of the presented simulator which provides a three dimensional display for the three different scenarios.

**Key Words** : RCS, Chaff, Simulator, Aircraft

### 1. 서론

레이더로부터 항공기를 보호하기 위한 방법으로 채프가 널리 사용되고 있다[1-4]. 추적 레이더가 항공기 보다는 채프를 추적하도록 항공기에서 채프를 공중에 투하한다. 이때 중요하게 고려해야 할 것은 적절한 채프의 투하량을 예상하는 것이다. 이를 위해 항공기와 채프의 RCS를 계산함으로써 적절한 양의 채프를 투하하게 된다[5-13]. 헬기의 레이더 경보수신기(RWR : Radar warning Receiver)와 채프가 효과적으로 연동되기 위해서는 RWR은 수신된 신호를 분석하여 신속하게 위협을 식별하고, 위협의 방향을 측정된 후에, 항공기의 운용환경을 고려한 채프의 발사방향 및 발사 탄수를 신속하게 결정해서 채프 발사장치를 구동하는 것이다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 RWR과 채프 발사대 사이의 데이터 전송 방법 즉, RWR과 채프 발사대의 연동 인터페이스와 프로토콜에 대한 연구가 필요하다.

### 2. 채프운용 시뮬레이터

채프운용 시뮬레이터를 구현하기 위해서는 항공기의

회피 권고 방향 계산, 위협 당 발사 탄수, 발사방향 및 발사시간 등을 정확히 산출하는 것이 중요하다. 먼저 항공기 또는 헬기의 전장 환경을 분석하고[5-7] 채프 운용에 필요한 풍향, 풍속등의 정보와 항공기의 기동을 고려한 시뮬레이션 프로그램을 구축하고 항공기의 회피 방향과 채프 연동방향 등을 도출하였다.

#### 가. 시뮬레이터의 구성

RWR과 채프 연동 시뮬레이션 소프트웨어는 특정 시나리오에 따라 운동하는 KHP 헬기 모델과 위협신호(미사일, 레이더 감지신호) 사이에 채프가 미치는 효과를 3D 화면으로 시뮬레이션 하기 위한 프로그램이다. 본 연구에서 사용된 소프트웨어의 구현환경은 표 1과 같다. 시뮬레이터의 구성화면은 헬기의 이동과 채프의 발사장면이 잘 나타나고, 헬기와 채프의 RCS를 바탕으로 실제 레이더에 수신되는 신호레벨이 표시되도록 구성하였다.

채프운용 시뮬레이터는 기본적으로 환경변수 설정모듈, 시나리오제어모듈, 채프연산모듈, 3차원 오브젝트모듈, 3D화면 전시모듈로 구성된다. 환경변수설정모듈에서 기본적인 환경변수(공기밀도, 바람, 습도 등)를 입력하고

본 논문은 KHP 사업의 연구과제로 수행되었음.

<sup>1</sup>백석대학교 정보통신학부/RDRK KAIST  
접수일 08년 5월 28일      수정일 08년 8월 1일

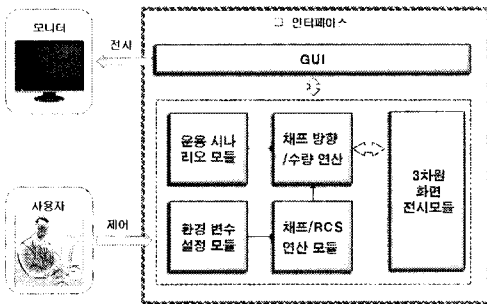
\*교신저자: 채규수(gschae@bu.ac.kr)  
게재확정일 08년 8월 11일

시나리오 제어모듈에서는 시나리오의 시작과 종료를 결정하며 위협신호 및 채프의 발사를 제어한다. 채프연산 모듈에서는 위협신호를 인지하고 투하된 채프의 RCS 값을 계산하고 적절한 발사 탄수를 예측한다. 3차원 오브젝트 모듈에서는 시뮬레이션 모델의 3차원 형상을 생성한다. 3D 화면 전시 모듈에서는 3차원의 오브젝트를 로딩하고 전시하며 전체 모듈의 상태정보를 전시한다.

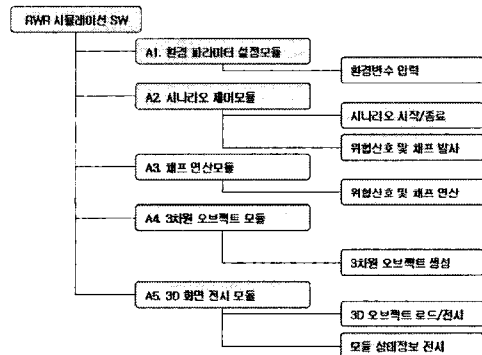
시뮬레이터 전체적인 프로그램 구성은 그림 1과 같고, 각 모듈의 개략적인 구성은 그림 1, 2에 나타나있다. 그리고 미사일에서 보는 헬기와 채프의 RCS값은 26dBsm과 10dBsm으로 CST와 Matlab을 이용하여 계산하였다[7]. 계산된 값을 시뮬레이터 입력으로 사용하여 화면 표시기에 나타내었다.

[표 1] 소프트웨어의 구현환경

구분	구현환경
OS	Windows XP
3D platform	OpenGL, C++(MFC)
UML modeling tool	StarUML 5.0
3D modeling tool	3D MAX



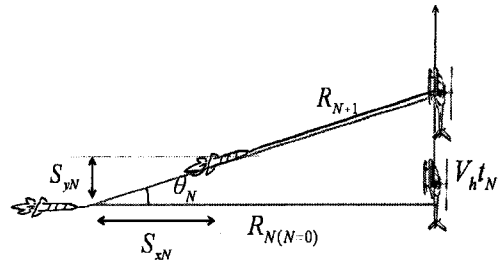
[그림 1] 시뮬레이터 구성



[그림 2] 시뮬레이터 소프트웨어 구성

나. 헬기 기동시나리오

시뮬레이터를 운용하기 위한 시나리오는 크게 3가지로 분류하였다. 첫째, 헬기가 채프방어 없이 비행하다가 미사일에 격추되는 것이다. 둘째, 채프를 발사하였으나 채프 RCS가 헬기 RCS보다 작아 미사일이 헬기를 따라가 격추시키는 시나리오이다. 마지막으로 헬기가 채프를 충분히 발사하여 헬기의 RCS보다 채프의 RCS가 커서 미사일이 채프를 타격하는 시나리오이다. 그림 3, 4는 헬기와 미사일의 궤적을 시간 진행에 따라 나타내고 있다. 미사일과 헬기 사이의 거리를 계산해서 미사일에서 수신되는 헬기와 채프로부터 반사되는 신호를 계산하는 알고리즘을 개발 하기위한 것이다.



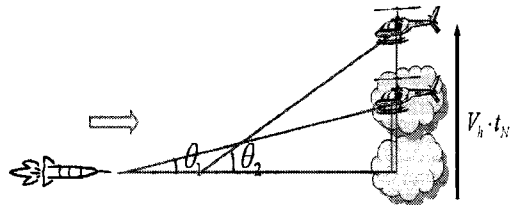
[그림 3] 헬기와 미사일의 이동궤적

식 (1)은 미사일이 헬기를 추적하는 각도, 식 (2)는 미사일이 헬기를 추적할 때의 진행 거리, 식 (3)은 미사일과 헬기사이의 거리이다.

$$\tan\theta_V = \frac{V_h \cdot t_V}{R_V} \quad (1)$$

$$S_{x,V} = V_m \cos\theta_V t_V, \quad S_{y,V} = V_m \sin\theta_V t_V \quad (2)$$

$$R_{N+1} = \sqrt{(R_N - S_{x,N})^2 + (V_h \cdot t_N - S_{y,N})^2} \quad (3)$$

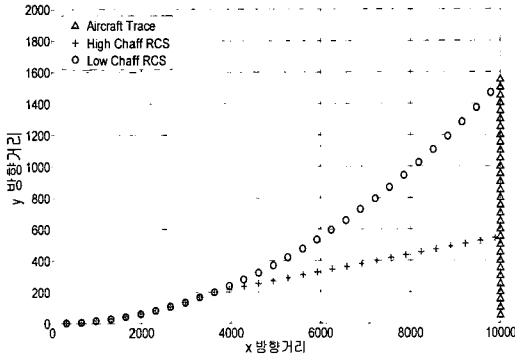


$$\tan\theta_1 = \frac{V_h \cdot t_1}{R - V_m t_0}, \quad \tan\theta_2 = \frac{V_h \cdot t_2}{R - V_m t_1}$$

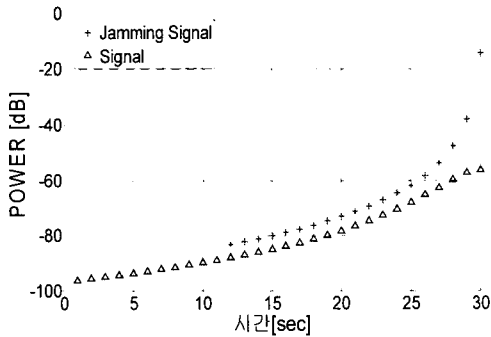
( $t_N$  : 헬기의 회피기동 시간,  $V_h$  : 헬기속도,  $R$  : 헬기와 미사일 사이의 거리,  $V_m$  : 미사일 속도)

[그림 4] 미사일의 헬기 추적상향

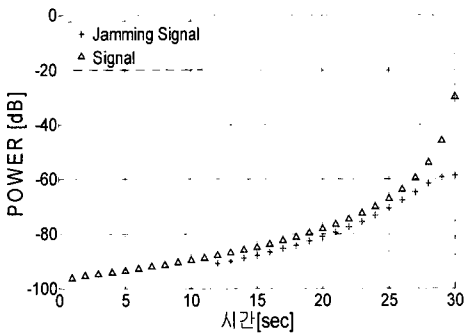
그림 5에서는 채프의 양에 따른 헬기와 미사일의 궤적을 나타내고, 그림 6은 채프를 타격하는 경우이고 그림 7에서는 헬기를 타격하는 경우의 시간에 따른 신호의 세기를 나타내고 있다.



[그림 5] 채프의 양에 따른 헬기와 미사일의 궤적



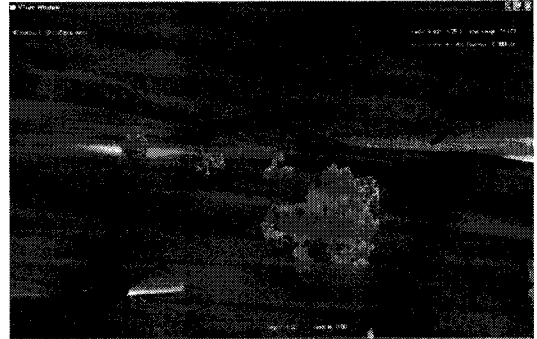
[그림 6] 헬기 RCS(Signal)와 채프 RCS (Jamming)레벨 : 미사일이 채프를 타격



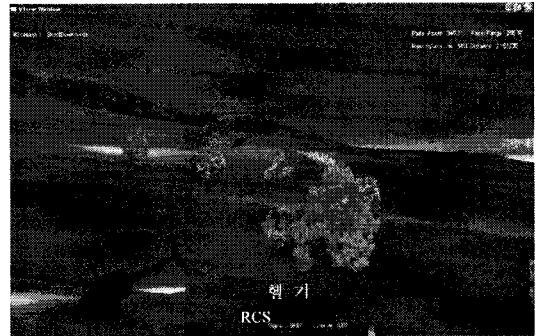
[그림 7] 헬기 RCS(Signal)와 채프 RCS (Jamming) 레벨 : 미사일이 헬기를 타격

### 1) 시나리오 1

그림 8, 9, 10에서 나타난 것과 같이 채프를 발사하지 않고 비행하다가 미사일이 헬기를 추격하여 격추되는 시나리오이다. 미사일에 장착된 수신기에 헬기로부터 반사된 신호가 수신되어 미사일이 헬기를 추적하여 격추하는 경우이다.



[그림 8] 헬기 출현 장면



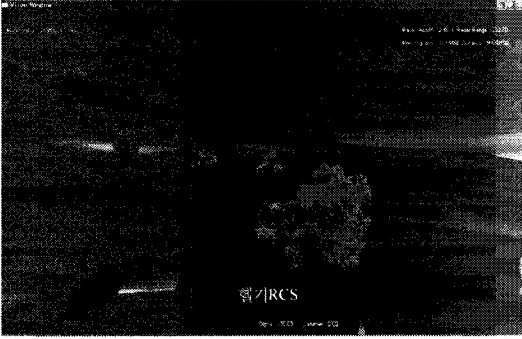
[그림 9] 미사일에 탐지된 헬기 (헬기에서 채프를 발사 하지 않은 경우)



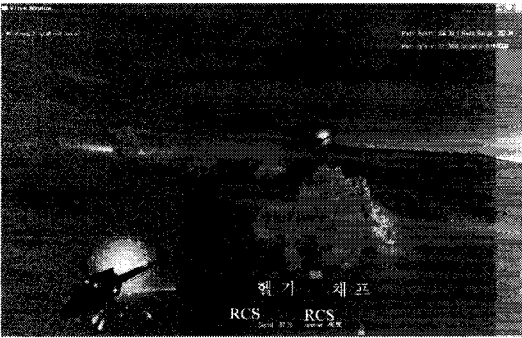
[그림 10] 미사일이 헬기를 격추하는 장면

## 2) 시나리오 II

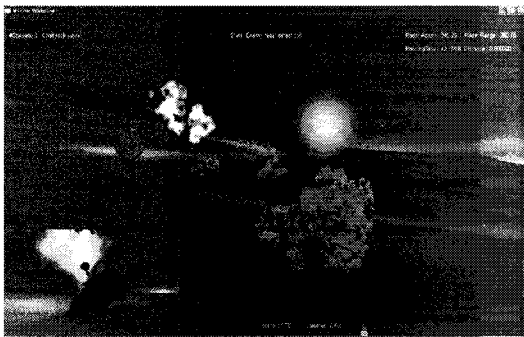
그림 11, 12, 13에서 나타난 것과 같이 헬기가 채프를 발사했으나 헬기 RCS가 채프 RCS보다 커서 헬기를 계속해서 추적하여 헬기가 격추되는 시나리오이다.



[그림 11] 미사일 수신기 헬기탐지



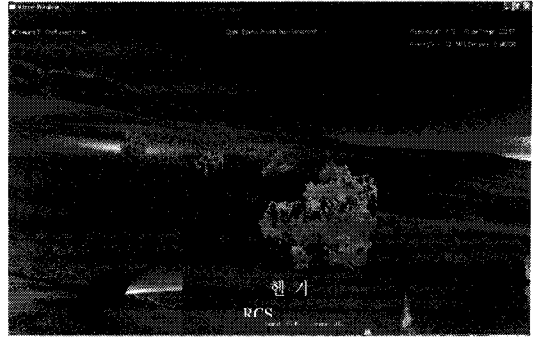
[그림 12] 채프를 발사장면  
(헬기 RCS와 채프 RCS가 비슷한 경우)



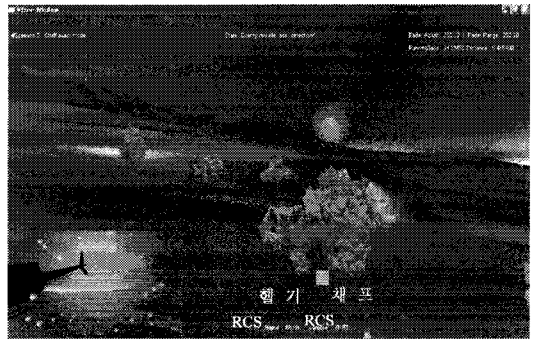
[그림 13] 미사일이 헬기를 격추하는 장면

## 3) 시나리오 III

그림 14, 15, 16에서 나타난 것과 같이 헬기가 채프를 충분히 발사하여 적 미사일 공격을 피하여 안전하게 기동하는 시나리오이다.



[그림 14] 미사일 수신기 헬기탐지



[그림 15] 채프 발사장면  
(헬기 RCS보다 채프 RCS가 큰 경우)



[그림 16] 미사일이 채프를 타격하는 경우

## 3. 결론

본 논문에서는 RWR이 수신된 신호를 분석하여 신속하게 위협을 식별하고, 위협의 방향을 측정 한 후에, 위협에 대한 정보를 채프 발사대로 전송하여 채프의 발사방향 및 발사 탄수를 효과적으로 계산하고 헬기의 기동 상태를 보여주는 시뮬레이터를 개발 하였다.

채프 운용효과를 극대화하기 위해서 항공기에서의 채프의 운용모드를 조사하였으며, 레이더와 미사일로부터 항공기를 보호하기위한 채프의 발사시간과 발사거리를 분석하였다. 제안된 채프의 운용시뮬레이터는 조사된 채프운용 조건들을 고려하여 구현 되었다. 그러나 헬기나 미사일의 다양한 이동궤적, 외부전파환경(풍향, 지형 등)은 고려되지 않았다.

현재 개발된 시뮬레이터는 입력 파라미터들을 Matlab으로 계산하여 시뮬레이터 입력으로 제공하는 방식이지만 추후에는 입력 파라미터를 시뮬레이터의 환경변수모듈에서 바로 계산 되도록 개발 할 것이다.

### 참고문헌

[1] B. R. Mahafza, Radar Systems Analysis and Design Using Matlab, Chapman and Hall/CRC, NY, 2000.

[2] G. D. Curtis Schleher, A Electronic Warfare in the Information Age, Artech House, Boston, 1999.

[3] Filippo Neri, Introduction to Electronic Defense Systems, Artech Huse, Boston, 1991.

[4] Leroy B. Van Brunt, Applied ECM, Volume 3, EW Engineering, Inc. VA, 1982.

[5] CST of America, "An Integral Equation solver for Military Applications," Military Microwaves, Microwave Journal, pp. 52-54, Aug. 2007.

[6] D. B. Davidson, Computational Electromagnetics for RF and Microwave Engineering, Cambridge University Press, 2005.

[7] T. D. Shirman, Computer simulation of Aerial Target Radar Scattering, Recognition, Detection, and Tracking, Artech House, 2002.

[8] 임중수, 김민년, 채규수, "항공기용 다이폴 채프의 RCS에 관한 연구," 한국산학기술학회논문지, 9권, 3호, pp. 690-694, June 2008.

[9] P. Pouliguen, O. Bechu and J. L. Pinchot, "Simulation of chaff cloud radar cross section," IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, vol. 3A, pp. 80-83, July 2005.

[10] Sherman W. Marcus, "Dynamics and radar cross section density of chaff clouds," IEEE Trans. on Aerospace and Electronic System, vol. 40, no. 1, pp. 93-102, Jan. 2004.

[11] Z. D. Zaharis and J. N. Sahalos, "On the electromagnetic scattering of chaff cloud," Electrical Engineering 85, pp. 129-135, 2003.

[12] T. A. Winchester, "Pulsed radar return from a chaff cloud," IEE proceedings-F, vol. 139, no. 4, pp. 315-320, Aug. 1992.

[13] R. A. Hessemer, Jr., "Scatter communication with radar chaff," IRE Trans. on Antenna and Propagation, pp. 211-217, March 1961.

### 채 규 수(Gyoo-Soo Chae)

[종신회원]



- 1993년 2월 : 경북대학교 전자공학과(공학사)
- 1995년 2월 : 경북대학교 전자공학과(공학석사)
- 2000년 12월 : Virginia Tech (공학박사)
- 2001년 1월 ~ 2003년 2월 : Amphenol Mobile(RF manager)
- 2003년 3월 ~ 현재 : 백석대학교 정보통신학부 교수

<관심분야>  
안테나 설계, 초고주파 이론

### 임 중 수(Joong-Soo Lim)

[정회원]



- 1978년 2월 : 경북대학교 전자공학과(공학사)
- 1987년 8월 : 충남대학교 전자공학과(공학석사)
- 1994년 3월 : Auburn University (공학박사)
- 1980년 8월 ~ 1989년 12월 : 국방과학연구소, 선임연구원
- 1998년 3월 ~ 2002년 8월 : 충남대학교 전파공학과 겸임교수
- 1994년 1월 ~ 2003년 12월 : 국방과학연구소, 전자탐지 탐장
- 2003년 3월 ~ 현재 : 백석대학교 정보통신학부 교수

<관심분야>  
전자파 이론, 광대역 주파수 소자 설계, 레이다 및 전자전 장비 설계/분석

김민년(Min-Nyun Kim)

[종신회원]



- 1993년 2월 : 홍익대학교 전자공학과(공학사)
- 1995년 2월 : 홍익대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
- 1995년 : 대우전자 전략기술연구소
- 2003년 6월 : 홍익대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
- 2002년 3월 : 백석대학교 정보통신학부 전임강사

<관심분야>

초고주파, 레이더, 전파산란, 광파