

광선 추적시뮬레이터 기반 UAV 채널 모델 구축

이정섭, 김현수, 김광순, 채찬병*, 음수빈**

연세대학교 (전기전자공학과, 글로벌융합공학과*), 국방과학연구소**

(Leejs, hskim)@dcl.yonsei.ac.kr, (ks.kim, cbchae)@yonsei.ac.kr, sbum1989@add.re.kr

UAV Channel modeling using ray-tracing tool

Jung Seop Lee, Hyun Soo Kim, Kim Kwang Soon, Chan Byoung Chae*, Soo Bin Um**

Department of (Electrical & Electronic Engineering, Integrated Technology*)

Yonsei University

Agency for Defense Development**

요약

본 논문은 최근 무인 항공기를 이용한 통신기술 발전 경향에 맞추어 광선 추적시뮬레이터(ray-tracing tool) 기반 무인 항공기 채널 모델에 관한 연구를 진행하였다. 본 논문에서는 시뮬레이션에 필요한 산악지형을 제작하고 무인 항공기 채널 모델 구축에 관해 고찰하였다. 이러한 UAV 채널 구축을 통해 앞으로 SLS를 구축하여 UAV(unmanned aerial vehicle)를 기지국으로 이용한 통신에서 웨이브폼이나 스케줄링 등을 연구하고 연구결과를 평가하는데 이용 할 수 있다.

I. 서론

UAV(unmanned aerial vehicle)는 현재 5 세대 통신에서 새롭게 주목받고 있다. 이전 UAV는 과거 군에서 주로 활용되었으나 최근에는 민간 영역까지 시장이 확대 되고 있다[1]. 현재는 운송 및 배달, 통신중계, 교통감시, 재난대처 등 다양한 분야에서 수요가 증대 되고 있다[2]. 이러한 경향에 발맞춰 UAV 통신에 관한 연구가 활발히 진행 되고 있다. 하지만 기존의 통신채널과는 달리 UAV 통신 채널은 UAV가 고정되어 있는 것이 아니라 상하좌우 3 차원 공간을 움직일 수 있기 때문에 기존 이동통신 채널과는 다른 특성을 가지고 있다. 현재 진행되고 있는 연구들을 보면 참고문헌 [3]에서는 Bristol 지역에서 200MHz, 1GHz, 2GHz, 2.5GHz, 5GHz 대역의 경로 손실(pathloss) 모델을 제시하였고 [4]에서는 0~800m 높이의 소형 UAV의 채널 모델 및 특성을 분석하였다. 따라서 UAV 채널은 기존 채널과는 다르게 높은 LoS(line of sight) 확률을 갖고 강한 LoS 신호를 갖으며 지상에서의 통신보다 다중경로 성분이 적거나 매우 약한 특징이 있다.

기존의 대부분 논문들은 도심, 교외 지역에서 기하학 기반 확률적 채널모델방식이나 실측모델 기반 방식을 이용하고 있다. 하지만 이러한 방식은 시나리오나 환경이 달라짐에 따라 유연하게 대처하지 못하는 단점이 있다.

본 논문에서는 이를 극복하기 위해 UAV 채널 모델의 기초적인 연구로서 시나리오에 맞는 지형을 실제 데이터를 기반으로 직접 제작하고 이를 이용하여 Wireless Insite 라는 3D 광선 추적 시뮬레이터(3D ray-tracing)를 이용해서 시뮬레이션을 한 뒤 A2G(air to ground) 채널 모델의 특징을 분석한다.

II. 본론

1. 지형 구축

본 연구에서는 무인항공기에 적합한 채널을 위해 실측 지형 기반의 광선 추적 시뮬레이터를 사용한다. 실제 지형 모델은 강원도 산악지형을 선택하였다.

기본 데이터 베이스로는 국토지리정보원에서 구할 수 있는 지형 파일을 이용한다. 이 지형 파일은 90m 단위의 가로, 세로, 높이 값으로 이루어져 있는 xyz 파일 포맷이다. 하지만 90m 간격의 지형 파일은 실제 광선 추적 시뮬레이터로 시뮬레이션을 수행 하는데 문제가 있다. 그러므로 이 90m 간격을 적당한 방법으로 보간(interpolation)한 후 광선 추적 시뮬레이터로 시뮬레이션을 해야 한다.

보간 법에는 여러가지 방법이 있지만 여기서는 이중 3 차 보간법(bicubic) 방법을 사용하였다. 이중 3 차 보간법은 주로 이미지를 저해상도에서 고해상도로 바꿀 때 사용되는 방법이지만 xyz 파일의 형태가 이미지처럼 매트릭스 형태로 표현될 수 있으므로 이러한 보간법은 충분히 합리적인 방법이라 할 수 있다.

이중 3 차 보간 방법으로 보간하면 다음과 같다.

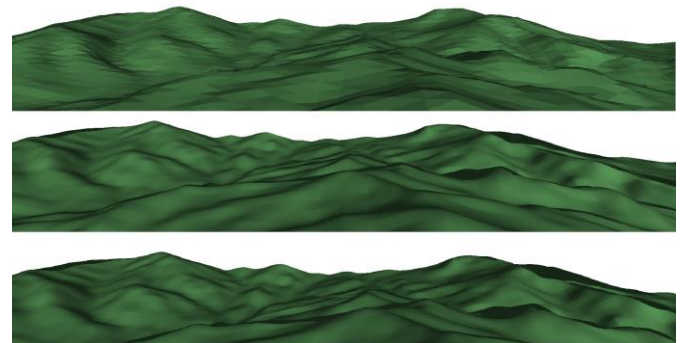


Figure 1 보간된 지형 모습 (90m-10m-1m)

그림 1 은 강원도 산악지형을 국토지리정보원을 통해 10km² 크기의 90m 단위 지형을 얻은 후 10m 간격으로

보간 한 후의 그림과 1m 간격으로 보간한 후의 그림을 나타낸 것이다.

보간한 후의 지형은 매우 매끄러운 표면을 갖고 있다. 하지만 실제 지형은 매끄럽지 못하기 때문에 일정 크기로 보간한 뒤 그 위에 약간의 랜덤한 성분을 섞고 다시 한번 보간 해야 할 필요가 있다. 또한 실제 산악지형의 경우에는 지형뿐만 아니라 나무와 풀, 바위 등 여러 장애물이 있으므로 좀더 현실적인 시뮬레이션을 위해서 나무와 풀, 건물과 길 등을 실제 환경과 비슷하게 배치 해야 한다.

2. 광선 추적 시뮬레이션

시뮬레이션의 시나리오는 다음과 같다. 무인항공기는 100m 높이에 고정되어 있다. 유저의 수는 1000 명이고 1.5m 높이에 고정되어 있다. 안테나는 등방성 안테나(isotropic)를 사용하고 반송파 주파수는 2.4GHz 로 정하였다. 유저의 분포는 237m*98m 의 지형에 균일한 분포(uniform)를 깔도록 배치시켰다.

이러한 시뮬레이션 환경에서 A2G(air to ground) 채널을 분석하였다.

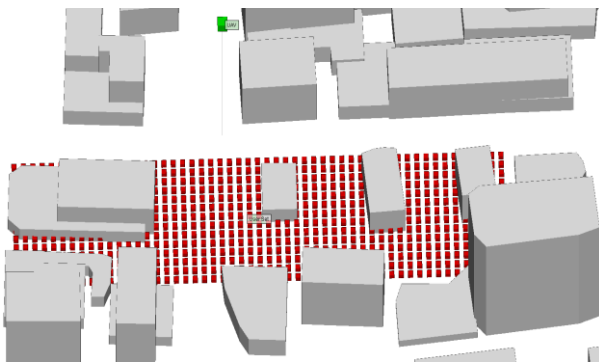


Figure 2 시뮬레이션 (초록색:송신기, 빨간색:수신기)

광선 추적 시뮬레이터를 이용해 시뮬레이션을 하면 각각 송신기-수신기 한 세트마다의 파워, 지연시간, 출발각(AoD: angle of departure), 도래각(AoA: angle of arrival)들이 결과로 나온다. 본 논문에서는 RMS 지연시간의 분포를 구해보도록 한다.

3. 시뮬레이션 결과

2 와 같은 시뮬레이션 환경에서 RMS 지연시간의 분포를 그려보면 다음과 같다.

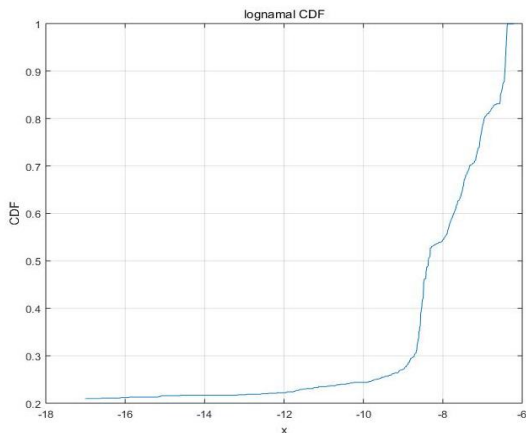


Figure 3 RMS 지연 시간의 CDF

그림 3 은 시뮬레이터를 이용한 UAV A2G 채널의 로그노말 RMS 지연시간의 누적 분포의 모습이다. 3D-

SCM 에서 RMS 지연시간의 분포를 알고 다른 파라미터(AoA, AoD, SF, K-factor)간의 공분산을 알면 채널에서 PDP 를 발생시킬 수 있다[6]. 따라서 UAV 채널 도 같은 방법론을 이용하여 채널의 PDP 를 발생시킬 수 있다. 하지만 3D-SCM 의 RMS 은 평균 -7.03 이고 분산은 0.66 을 갖는 가우시안 분포를 따르며 시뮬레이션 데이터는 평균이 -7.8575 이고 분산은 1.89 인 가우시안 분포를 따르므로 3D-SCM 방법론을 통해 UAV 채널 모델을 발생할 때는 UAV 환경에 맞는 파라미터를 사용해야 한다는 것을 알 수 있다.

III. 결론

본 논문에서는 실제 지형과 유사한 산악지형을 직접 제작한 후 이를 기반으로 광선 추적 시뮬레이션을 수행해 UAV 의 A2G 채널에 대해 알아보았다.

90m 간격의 지형을 보간법을 통해 필요한 간격으로 매우고 위에 건물 등을 추가한 후 자체 제작한 지형을 제작한 뒤 이를 기반으로 채널 구축을 진행하면 특정 시나리오에서 실제 환경과 유사한 채널을 구축할 수 있다.

앞으로 연구를 진행하면서 RMS 지연시간의 분포 만이 아니라 출발각(AoD), 도래각(AoA), K-factor 들의 분포와 각각의 공분산을 구해 3D-SCM 의 방법론이 적용 가능한지 확인하는 연구를 진행하려고 한다. 또한 이러한 채널 구축을 통해 SLS 를 구축하여 UAV 를 이용한 통신환경에서 웨이브폼이나 스케줄링 방법 등을 연구하고 연구결과를 검증하는데 이용할 수 있다. 본 논문은 기존의 논문들과는 다르게 기존의 방식은 시나리오나 환경이 달라지면 유연하게 대처하기 어렵지만 실측지형을 기반으로 지형을 제작하고 광선추적 시뮬레이터를 사용하면 좀더 현실적인 채널을 얻을 수 있음을 보이고 있다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 방위사업청과 국방과학 연구소가 지원하는 미래 전투체계 네트워크 기술 특화연구센터 사업의 일환으로 수행 되었습니다. (UD160070BD)

참 고 문 헌

- [1] Market Profile and Forecast, "World Unmanned Aerial Vehicle Systems," Teal Group, 2014.
- [2] 김희욱, 강군석, 장대익, & 안재영. (2015). 무인기 제어용 무선통신 기술 및 표준화 동향.
- [3] Feng, Qixing, et al. "Path loss models for air-to-ground radio channels in urban environments." Vehicular Technology Conference, 2006. VTC 2006-Spring. IEEE 63rd. Vol. 6. IEEE, 2006.
- [4] Daniel, Kai, et al. "Three dimensional channel characterization for low altitude aerial vehicles." Wireless Communication Systems (ISWCS), 2010 7th International Symposium on. IEEE, 2010.
- [5] 3GPP TR 36.873 (V1.2.0), "Study on 3D channel model for LTE," Sep. 2013.