

실제 지형 기반 ray-tracing 채널과 UAV 시스템 레벨 시뮬레이터 구축 방법

이정섭, 김현수, 채찬병*, 김광순
 연세대학교 전기전자공학과, 글로벌융합공학과*

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

How to build real channel model based on ray-tracing and UAV System Level Simulator

Jung Seop Lee, Hyun Soo Kim, Chan Byoung Chae*, Kim Kwang Soon,
 Department of Electrical & Electronic Engineering, Integrated Technology*
 Yonsei University

요 약

본 논문에서는 UAV 통신에 적합한 채널을 ray-tracing 을 얻기 위하여 실제 지형을 기반으로 한 디지털 맵을 만들고 시나리오를 설정한 뒤 이를 이용하여 채널 정보를 얻는다. 그리고 나서 SINR 을 구하고 이를 채널 용량 식에 넣어 주파수 효율을 구해본다.

I. 서론

UAV(unmanned aerial vehicle)는 차세대 통신에서 새롭게 주목받고 있으며 이에 따른 연구가 활발히 진행되고 있다. 이에 따라 점점 민간과 군에서 UAV 활용도가 높아지고 있다. 하지만 UAV 를 활용한 통신은 기존의 통신방식과는 다르게 UAV 가 높은 곳에 떠 있고 3D 로 움직일 수 있다는 특성 때문에 기존과는 다른 채널 특성을 갖는다[1][2].

그러므로 UAV 통신에서의 통신기술을 검증하기 위한 시스템 레벨 시뮬레이터(system level simulator) 구축은 반드시 필요하다고 할 수 있다.

본 논문에서는 시나리오에 맞춰 지형을 제작하고 노드를 배치 시키고 ray-tracing 시뮬레이션을 통해 채널을 얻고 initial 한 주파수 효율을 구해 보았다.

넓어 실제 환경과 유사한 디지털 맵을 만들기에는 무리가 있다. 따라서 90m 사이를 보간(interpolation)해주는 작업이 필요하다. 여기서는 이중 3 차 보간법(bicubic)을 이용하였다. 하지만 이렇게 만들어진 지형은 매끄러운 표면을 갖고 있기 때문에 이 모습도 실제 지형과 유사하지는 않다. 따라서 약간의 랜덤한 성분을 주고 한번 더 interpolation 한다. 그 다음 만들어진 지형 위에 건물, 도로 등 물체를 추가하는 작업을 해야 한다.

참고한 지역은 구글어스를 통해 얻을 수 있는 강원도의 1Km² 의 개활지 지역이다. 실제 지형을 기반으로 제작하였기 때문에 건물이 위치하는 지역에 미리 몇가지 건물 모형을 만들어두고 모형을 랜덤하게 배치 시키는 작업을 하였다. 건물은 5~12m 사이의 높이 이고 왼쪽의 눈밭은 실제 벽의 크기와 유사한 70~100cm 의 길이 얇고 긴 폴로 모델링 하였다.

위 방식으로 만들어진 디지털 맵은 그림 2 와 같다.

II. 본론

1. 지형 구축

지형 구축 과정은 그림 1 과 같다.



그림 1 지형 구축 과정

지형데이터를 Interpolation 하는 과정은 국토지리정보원에서 x, y, z 좌표 형태로 90m 간격으로 측정된 데이터를 얻을 수 있다. 하지만 90m 간격은 너무



그림 2 실제 지형(좌) 디지털 맵(우)

2. 노드 분포 및 움직임
 노드의 분포 및 움직임은 군 통신 환경을 기반으로 제작하였다. 유저의 수는 20 명으로 균일하게 배치 되어

있고 보병이 1.0m/s~1.1m/s 사이의 속도로 전진하는 상황을 가정하였다. 사람이 앞으로 걸을 때 완전히 똑바로 걷지 않기 때문에 방향에 약간의 변화를 주었다. 사용자가 움직이는 모습은 그림 3 과 같다.

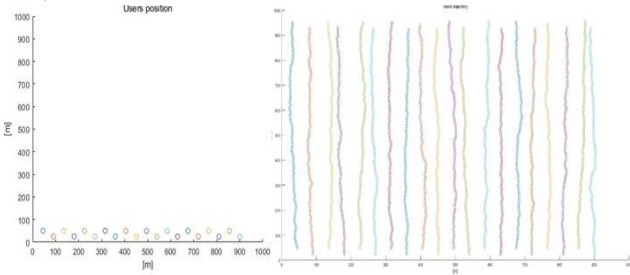


그림 3 노드의 시작 위치(좌) 움직임 궤적 (우)

그리고 또다른 중요한 문제는 UAV 를 기지국으로 활용한 통신 시나리오에는 Tx 또한 움직일 수 있으므로 UAV 의 움직임을 생각해야 한다는 것이다. UAV 는 2.43m/s 의 속도로 지그재그로 움직이는 모습을 가정하였다.

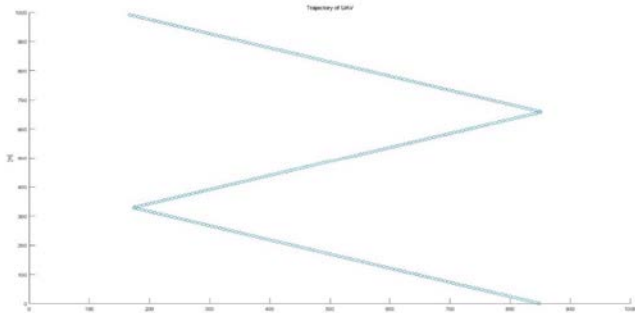


그림 4 UAV 움직임 궤적

3. Ray-tracing 데이터

본문 1 에서 만든 디지털 맵 위에 본문 2 에서 가정 한 움직임 시나리오를 WirelessInsite 라는 3D ray-tracing 툴에 넣어 각 시간 탭 별로 채널 데이터를 얻는다.

ray tracing 의 결과로 나오는 데이터는 그림 5 와 같다. ray 당 파워, 지연시간, 출발각에 대한 양각과 방위각, 도래각에 대한 양각과 방위각, 총 6 개의 정보를 얻을 수 있고 각 ray 가 반사 되거나 회절 되는 점의 좌표 또한 얻을 수 있다.

하지만 위 결과로 나온 raw data 를 직접 채널 coefficient 에 넣을 수는 없고 클러스터링 작업을 거쳐야 한다. 본 논문에서는 [3]의 클러스터링 방법을 이용하여 클러스터링을 하였다.

클러스터링 한 데이터를 3GPP 의 3D SCM[4]의 채널 모델에 넣어서(식 1) 채널 coefficient 를 구한다.

$$\begin{aligned}
 H_{n,r,t}(t) &= \frac{1}{\sqrt{K_R+1}} H_{n,r,t}(t) + \delta(n-1) \sqrt{\frac{K_R}{K_R+1}} \begin{bmatrix} F_{n,r,t}(\theta_{LOS,200}, \phi_{LOS,A01}) \exp(j\Phi_{LOS}) & 0 \\ 0 & -\exp(j\Phi_{LOS}) \end{bmatrix} \\
 &\quad \begin{bmatrix} F_{n,r,t}(\theta_{LOS,200}, \phi_{LOS,A00}) \\ F_{n,r,t}(\theta_{LOS,200}, \phi_{LOS,A01}) \end{bmatrix} \exp(j2\pi\lambda_0^{-1} \vec{r}_{n,r,t}^T \vec{a}_{n,r,t}) \exp(j2\pi\lambda_0^{-1} \vec{r}_{n,r,t}^T \vec{a}_{n,r,t}) \cdot \exp(j2\pi\lambda_0^{-1} \vec{r}_{n,r,t}^T \vec{a}_{n,r,t}) \\
 H_{n,r,t}(t) &= \sqrt{P_t/M} \sum_{m=1}^M \begin{bmatrix} F_{n,r,t}(\theta_{n,r,t,200}, \phi_{n,r,t,A01}) \exp(j\Phi_{n,r,t}^{200}) & \sqrt{\kappa_{n,r,t}^{-1}} \exp(j\Phi_{n,r,t}^{200}) \\ F_{n,r,t}(\theta_{n,r,t,200}, \phi_{n,r,t,A01}) \exp(j\Phi_{n,r,t}^{200}) & \exp(j\Phi_{n,r,t}^{200}) \end{bmatrix} \\
 &\quad \begin{bmatrix} F_{n,r,t}(\theta_{n,r,t,200}, \phi_{n,r,t,A00}) \exp(j2\pi\lambda_0^{-1} \vec{r}_{n,r,t}^T \vec{a}_{n,r,t}) \exp(j2\pi\lambda_0^{-1} \vec{r}_{n,r,t}^T \vec{a}_{n,r,t}) \exp(j2\pi\lambda_0^{-1} \vec{r}_{n,r,t}^T \vec{a}_{n,r,t}) \\ F_{n,r,t}(\theta_{n,r,t,200}, \phi_{n,r,t,A00}) \exp(j2\pi\lambda_0^{-1} \vec{r}_{n,r,t}^T \vec{a}_{n,r,t}) \exp(j2\pi\lambda_0^{-1} \vec{r}_{n,r,t}^T \vec{a}_{n,r,t}) \exp(j2\pi\lambda_0^{-1} \vec{r}_{n,r,t}^T \vec{a}_{n,r,t}) \end{bmatrix} \\
 \vec{r}_{n,r,t} &= \begin{bmatrix} \sin \theta_{n,r,t,200} \cos \phi_{n,r,t,A01} \\ \sin \theta_{n,r,t,200} \sin \phi_{n,r,t,A01} \\ \cos \theta_{n,r,t,200} \end{bmatrix} \quad \vec{a}_{n,r,t} = \begin{bmatrix} \sin \theta_{n,r,t,200} \cos \phi_{n,r,t,A00} \\ \sin \theta_{n,r,t,200} \sin \phi_{n,r,t,A00} \\ \cos \theta_{n,r,t,200} \end{bmatrix} \quad \gamma_{n,r,t} = \frac{\vec{r}_{n,r,t}^T \vec{a}_{n,r,t}}{\lambda_0} \\
 &=> \text{식 1}
 \end{aligned}$$

4. SINR 및 Throughput

앞의 방법으로 채널 coefficient 를 구한 후 이를 이용해 각 sub-carrier 별 SINR 를 계산한 모습과

그리고 나서 SINR 값을 샤논의 채널 용량 식에 넣어 주파수 효율을 구한 모습은 그림 5 에 나와 있다.

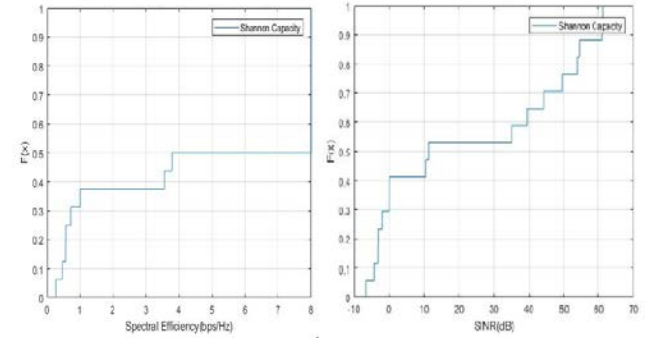


그림 5 주파수 효율(좌) SINR(우)

그림 5 를 통해 실제 지형을 기반으로 지형을 제작하고 SLS 를 구축하면 좀더 현실적인 시뮬레이터를 만들 수 있다.

III. 결론

본 논문에서는 UAV 를 이용한 시스템 레벨 시뮬레이터를 구축을 위해 지형과 노드를 배치하고 ray-tracing 을 이용해 채널 coefficient 를 구한 후 SINR 과 주파수 효율을 구해 보았다. 이를 통해 앞으로 실제 트래픽 특성을 반영하여 실제 통신 방식과 결합해서 좀 더 사실적인 SLS 구축에 도움이 될 수 있다.

ACKNOWLEDGMENT

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

참고 문헌

[1] 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.

[2] Daniel, Kai, et al. "Three dimensional channel characterization for low altitude aerial vehicles." Wireless Communication Systems (ISWCS), 2010 7th International Symposium on. IEEE, 2010.

[3] N. Czink, P. Cera, J. Salo, E. Bonek, J.-P. Nuutinen, and J. Ylitalo, "Improving clustering performance using multipath component distance," Electron. Lett. vol. 42, no. 1, Jan. 2006.

[4] 3GPP TR 36.873 (V1.2.0), "Study on 3D channel model for LTE," Sep. 2013.