

해상 무선통신 네트워크에서 2.4 GHz 대역의 해수면 경로손실 예측 모델 연구

양승철* · 변승규* · 이성호** · 김종덕*

*부산대학교 · **국방과학연구소

The Path Loss Estimation Model over the sea at 2.4 GHz Wireless Network

Seung-Chur Yang* · Seung-Kyu Byun* · Sung-Ho Lee** · Jong-Deok Kim*

*Pusan National University · **Agency for Defense Development

E-mail : kimjd@pusan.ac.kr

요 약

경로손실 예측 모델은 무선 네트워크 설계를 위한 기본 척도이며, 적용 환경과 적용 시스템에 영향을 받는 특징이 있다. 대부분의 기존 연구는 도심, 교외와 같은 육상 환경을 기반으로 한다. 일반적으로 해수면 경로 손실은 전파의 잦은 굴절로 인해 지표면 보다 크며, 주파수에 비례한 경로손실이 있다고 알려져 있다. 하지만 해상 환경의 관련 연구는 자유공간에 적용하기 때문에 예측 모델의 정확성을 낮춘다. 본 논문은 해상 무선통신 서비스를 위한 2.4 GHz 대역의 해수면 경로손실 예측 모델을 제안한다. 이를 위해 육상과 해상에서 각각 수신신호 세기를 측정하고, 다양한 예측 모델과 비교 분석하여 실용성과 정확성을 입증한다.

키워드

경로손실 예측 모델, 링크 버짓, 유효 대역폭, 해상 메쉬 네트워크

I. 서 론

본 연구의 기본 취지는 해상 환경에서 디지털 무선 네트워크를 구성하는 것이다. 전통적인 해상 무선 시스템은 장거리 통신에 장점이 있다. 하지만, 낮은 전송 대역폭과 높은 통신비용이 문제 되고 있다. 최근의 TRITON 프로젝트는 WiMAX 기술을 이용하여 수십 Km 거리에 수 Mbps 대역폭을 제공하는 하는 것을 목표로 한다. 하지만 이것은 기지국 기반의 통신 방식으로 연안 근처에 추가의 기지국을 설치해야 하는 단점이 있다. 이에 본 논문은 독자적인 무선 네트워크 구축이 가능한 무선랜 기술을 이용하여 해상 환경에서 무선 네트워크 성능을 예측하고자 한다.

경로손실 모델은 전파가 공간을 지나면서 반사, 회절 그리고 산란에 의한 전파 세기 감소량을 모델링하며, 무선 성능을 분석하거나 최적의 기지국을 선정할 때 이용된다. 대부분의 모델들은 도심과 교외와 같은 육상 환경에 기반하고 있다. 본 논문은 실제 무선랜 기반의 실험을 통해 해수면 경로손실 모델의 유도 및 검증과정을 수행한다.

II. 경로손실 모델 및 배경 연구

다양한 경로손실 모델이 존재한다. 이 모델의 주요 입력 입자는 거리, 주파수, 송수신 안테나 높이 그리고 적용 장소 등이 있다. 그리고 각각의 모델은 적용 조건을 명시한다. 조건에 맞지 않는 모델을 선택할 경우, 실측값과 예측값 사이 오차가 커진다. 본 논문에서는 관련 연구들을 통해 해상 환경에서 적용 가능 모델로 Plane earth 모델과 Green 모델을 선택하였다 [1].

Plane earth 모델은 직접파와 반사파 사이의 위상의 차이를 고려한다. 그 위상 차이는 안테나의 높이와 관련 있으며, 식 1과 같다.

$$L = 40\log(d) - 20\log(h_T^* h_R) \quad (1)$$

Green 모델은 2.4 GHz 대역에서 안테나 높이가 1~2.5 m 에 적용 가능한 모델로 식 2와 같다.

$$L = 40\log(d) + 20\log(f) - 20\log(h_T^* h_R) \quad (2)$$

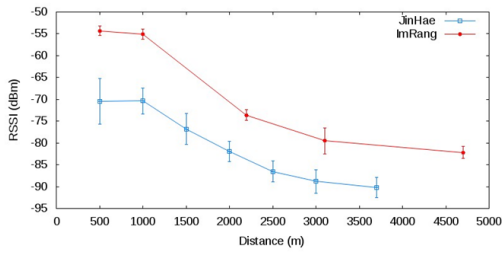


그림 1. 해상 환경에서 수신신호 세기 측정

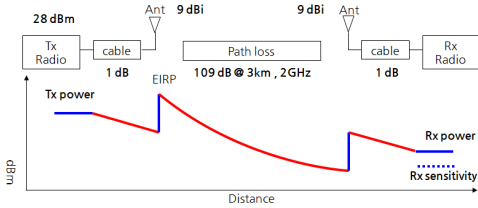


그림 2. 링크 버짓 해석 방법

III. 해수면 경로손실 실험 분석 방법

해수면 경로손실 모델을 분석하기 위해 진해 해군사관학교(이하 진해)와 임랑 해수욕장(이하 임랑)에서 실험을 수행하였다. 시작점에서 고정 출력의 무선 프레임을 전송 시키고, 거리를 이동하면 수신신호 세기를 측정한다. 그림 1은 거리에 따른 수신신호 세기를 나타낸다. 두 값의 차이가 나는 이유는 안테나의 이득이 서로 다르다. 진해의 경우 9 dBi 무지향성 안테나, 임랑의 경우 13 dBi 무지향성 안테나를 사용하였다.

감소된 수신신호 세기는 경로손실 모델의 영향이다. 따라서 링크 버짓을 통해 경로손실 양을 계산할 수 있다. 링크 버짓은 예상 수신신호 세기 (P_{RX})를 의미하며, 송신 출력(P_{TX}), 송신 케이블 손실(L_{TX}), 송신 안테나 이득(G_{TX}), 경로손실 양(L), 수신 안테나 이득(G_{RX}) 그리고 수신 케이블 손실(L_{RX})을 입력한다.

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} - L_{TX} - L + G_{RX} - L_{RX} \quad (3)$$

그림 2는 진해 실험 환경으로 3 Km 거리의 링크 버짓을 나타낸다. 식 3을 통해 예상 수신신호 세기는 -65 dBm 이다. 결과적으로 측정 수신신호 세기를 예상 수신신호 세기로 치환한다면, 경로손실 양을 계산할 수 있다.

그림 3은 위의 과정으로 진해와 임랑 실험의 경로손실 양과 다양한 예측 모델을 나타낸다. 기존 연구에서 해수면의 경로손실은 전파의 짝은 굴절과 주파수에 비례한 손실이 추가로 발생한다고 알려져 있다 [2]. 그래서 Plane earth 모델에 측정값의 오차를 보정하는 방식이다. 본 연구에서는 Green 모델과 유사도가 높임을 확인하였다.

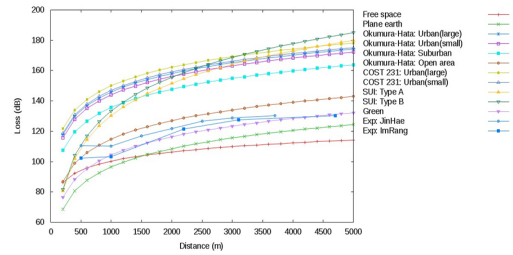


그림 3. 실험값과 예측 모델간의 비교

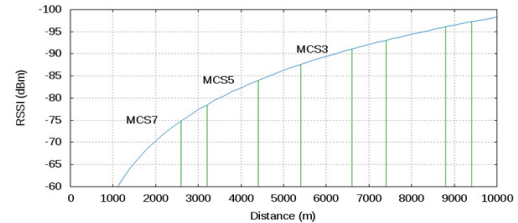


그림 4. Green 모델을 적용한 링크 버짓

측정 지점에서 4 dB 오차를 확인했다. 그리고 식 1과 식 2에서 알 수 있듯이 두 모델의 차이는 주파수 성분의 포함 유무이다. 해당 환경에서는 Green 모델이 Plane earth 모델보다 7.8 dB가 큰 것을 확인했다.

그림 4는 Green 모델과 적용한 환경 변수들을 이용하여 거리에 따른 링크 버짓을 나타낸다. 해당 하드웨어는 IEEE 802.11n 라디오(HT 20 채널)를 이용하였으며, MCS 3은 26 Mbps 그리고 MCS 5는 52 Mbps를 의미한다. 프로토콜 오버헤드와 실측값의 오차등을 고려한다 하더라도 현 시스템에서 5 Km에 10 Mbps의 무선 링크를 구축할 수 있다고 예상한다.

IV. 결론

본 논문은 해상 환경의 실험을 통해 경로손실 모델을 유도하는 과정을 나타낸다. 그리고 추정 모델의 정확성을 위해 기존 모델과 비교분석을 진행하였다. 이를 통해 해상 환경에서 정확한 무선 성능을 예측할 수 있다.

참고문헌

[1] Phillips, Caleb, Douglas Sicker, and Dirk Grunwald. "Bounding the error of path loss models." *New Frontiers in Dynamic Spectrum Access Networks (DySPAN), 2011 IEEE Symposium on*. IEEE, 2011.

[2] Yang, Kun, et al. "A quasi-deterministic path loss propagation model for the open sea environment." *Wireless Personal Multimedia Communications (WPMC), 2011 14th International Symposium on*. IEEE, 2011.