

UTM 통신을 위한 신호 품질 지도 생성 방안

강군석, 김대호
한국전자통신연구원

kangks@etri.re.kr, daeho@etri.re.kr

Signal quality map generation method for UTM communication

Kunseok Kang, Daeho KIM

Electronics and Telecommunications Research Institute

요약

다수 드론의 안정적인 비가시권 비행을 보장하기 위한 저고도 드론교통관리(UTM, Unmanned Aircraft System Traffic Management) 시스템에서 상공을 비행하는 드론들에 안정된 통신을 제공하는 것은 매우 중요하다. 4G/5G 상용 통신시스템이 높은 고도로 비행 중인 드론에 안정된 통신을 제공할 수 있는 지에 대한 판단은 UTM 통신에 있어 필수적이다. 이에 한국전자통신연구원에서는 국토부의 지원으로 “저고도 드론 교통관리시스템 개발 및 통신 인프라 고도화” 과제를 수행하고 있으며, 이 중 일부 내용으로 4G/5G 상용망을 이용한 UTM 통신의 상공 품질 지도작성을 진행하고 있다.

본 논문에서는 UTM 통신을 위한 3차원 신호 품질 지도의 생성 과정에서 신호 품질 측정을 위한 파라미터화된 측정 방안을 제시하고 측정 소요 시간 및 비용을 고려한 최적 경로 설정을 위한 시뮬레이션 결과를 제시하고자 한다.

I. 서론

한국전자통신연구원에서는 상공 통신시스템의 안정된 UTM 통신 제공 및 상공의 통신 품질 특성을 분석하기 위해, LTE 신호 품질 측정 모델을 장착한 드론을 활용하여 영월드론전용비행시험장에서 통신 품질 측정을 수행한 바 있으며, UTM 통신 서비스 지원이 가능함을 제시한 바 있다^{(1),(2)}.

신호 품질 측정을 바탕으로 UTM 통신을 위한 3차원 신호 품질 지도를 생성하기 위해서는 드론의 비행 특성과 측정 소요 시간 및 비용을 고려한 최적의 측정 경로를 설정하는 것이 중요하다.

이에 신호 품질 시뮬레이션을 수행하여 일정 간격으로 신호 품질의 기준값(Reference values)을 생성하고⁽³⁾, 기준값에서 설정된 품질 측정 방법에 따라 샘플링하여 가상의 측정값(Measurement values)을 구해 이의 보간값(interpolation values)을 생성하여 기준값과 비교를 통해 측정 방식에 따른 품질 지도 신뢰도를 분석하는 방식을 제시한 바 있다⁽⁴⁾.

본 논문에서는 UTM 통신 품질 지도 생성을 위한 파라미터화된 측정 방안을 제시하고, 이에 따라 생성된 신호 품질 지도의 신뢰도를 시뮬레이션을 통해 평가한다. 또한 신뢰도 결과 분석을 통해 측정 소요 시간 및 비용을 고려한 최적 경로 설정 방법에 대해 기술하고자 한다.

II. 신호 품질 지도 측정 방법에 따른 신뢰도 분석

UTM 통신을 위한 상공 통신 품질 지도 생성을 위해서 드론을 이용하여 특정 영역을 고도별 지정된 형태로 비행하며 신호 품질을 수집하는 것이 필요하다. 측정 방법에 따른 파라미터를 고려한다면, 먼저 드론의 비행 속도에 따라 측정 값이 달라질 수 있다. 논문에서 드론의 비행속도는 5m/sec와 10m/sec 두가지를 고려하기로 한다. 측정 방법은 다음의 3가지 방법을 고려하기로 한다.

- 방법 1 : 고도별 위도 또는 경도 방향 이동 측정
- 방법 2 : 고도별 위도 → 경도 이동 방향 교차 측정
- 방법 3 : 고도별 위도와 경도 방향 이동 측정

그리고 측정 파라미터로 (l,m,n) 을 아래와 같이 정의한다.

- l : 위도/경도 방향 샘플 수 / 500m
- m : 경도/위도 방향 샘플 경로 수 / 500m
- n : 고도 방향 샘플 평면 수 / 220m (30m~250m)

위의 3가지 측정 방법을 그림으로 나타내면 그림 1과 같다.

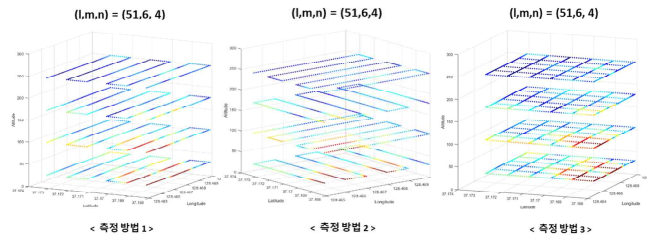


그림 1. 상공 신호 품질 측정 방법

그림 1의 측정 방법 $(l,m,n) = (51, 6, 4)$ 가 의미하는 것은 위도 방향으로 51개의 샘플이 있으므로 5m 간격의 101개 전체 샘플을 고려한다면 위도 방향으로 10m/sec의 속도로 이동하였음을 의미한다. 그리고 경도 방향으로 6개의 경로 수를 나타내고 있으므로 경도 상의 측정 간격은 100m를 나타내고, 고도 상의 평면 수가 4이므로 고도 상으로 30m 부터 73.33m 간격으로 총 4개의 평면이 있음을 의미한다⁽⁴⁾. 신뢰성 분석을 위한 파라미터 및 평균 제곱 오차 (MSE, Mean Square Error)를 이용한 신뢰성 평가방법은 참고문헌 [4]와 동일하게 적용하였으며, 기지국 배치의 경우 KCA 전파누리(spectrummap.kr)의 MNC 08 기지국정보를 사용하였다.

측정 방법에 따른 신호품질 값의 신뢰성 분석을 위해 (l,m,n) 파라미터 중 (l,n) 값을 고정 후 m 값의 변화에 따른 MSE를 분석하였다. 여기서 측정에 소요되는 시간 및 비용을 의미하는 측정 샘플 수를 N_s 로, 그리고 신호 품질 기준 값의 총 샘플 수를 N_t 로 두면, N_s/N_t 의 비율, 즉 전체 기준 값 샘플 수에서 측정 값의 샘플 수가 차지하는 비율에 따라 MSE 결과를 그래프로 나타내었다.

신뢰도 측정 지표로 활용할 수 있는 MSE는 값이 낮을 수록 신뢰도가 높다고 볼 수 있으며, 보간에 사용된 측정 값 샘플 수, N_s 가 작을 수록 측정에 용이하고 비용이 줄어든다고 볼 수 있다. 즉 기준 값의 전체 샘플 수, N_t 대비 측정 값의 샘플 수, N_s 의 비율이 낮을수록 측정이 용이하다.

그림 2에 측정 방법1, 2, 3에 따른 신뢰성 분석 결과를 나타내었다. 드론의 이동 속도를 각각 5m/sec ($l=101$)와 10m/sec ($l=51$)의 두 경우에 대해 나타내었다.

그림 2의 측정방법에 따른 결과에서 측정 방법 1 및 측정 방법 2는

Ns/Nt (기준 값 수 대비 측정 값 수)가 커지면서 측정 방법 2가 약간 더 우수한 결과를 보이지만, 동일한 측정 샘플 수에서 거의 비슷한 MSE 결과를 나타내는 것을 확인 할 수 있다. 측정 방법 3의 경우 다른 측정 방법에 비해 동일한 측정 수 값에서 MSE 성능에서 비교적 큰 차이를 보이는 것을 확인할 수 있다.

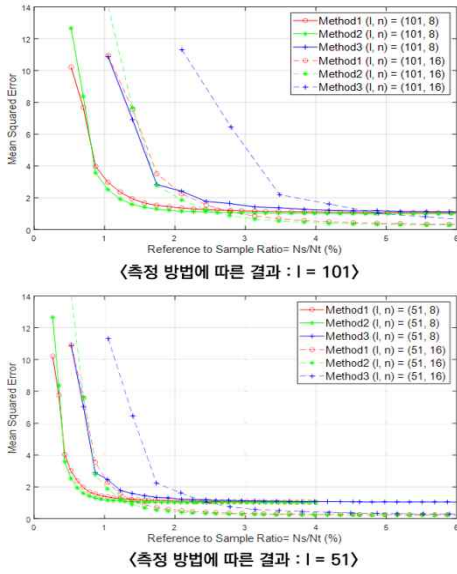


그림 2. 측정 방법에 따른 신뢰도 분석

III. 측정 값의 샘플 수에 따른 신뢰도 분석

측정 값의 샘플 수에 따른 신뢰성 분석을 위해 (l, m, n) 파라미터 중 (l, m) 값을 고정 후 n 값의 변화에 따른 MSE를 분석하였다. 동일하게 m 값은 특정 고도면에서 측정 간격을 나타내므로, m 값이 증가하게 되면 측정 값의 샘플 수가 증가하게 되어, Ns/Nt의 비율이 증가하게 된다. 드론의 이동 속도를 나타내는 l 값은 5m/sec ($l=101$)와 10m/sec ($l=51$)의 두 경우에 대해 분석하였고, 측정 고도 간격을 나타내는 m 값은 8, 12, 16으로 각각 31.4m ($l=8$), 20m($l=12$), 14.7m($l=16$)의 측정 면 고도 간격을 나타낸다.

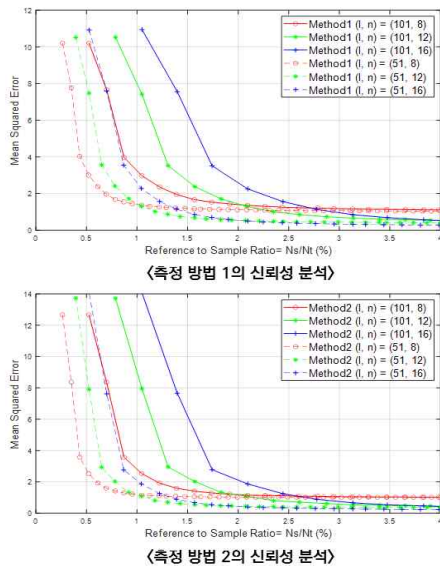


그림 3. 측정 값의 샘플 수에 따른 신뢰도 분석

그림 3의 측정 방법 1 및 측정 방법 2의 결과 모두에서 5m/sec 이동 속도 대비 10m/sec 이동의 경우 동일한 Ns/Nt 비율에서 MSE 가 더 우수한 것을 알 수 있다. 다만 방향 전환에서 시간이 소요되는 것을 감안하면 실제 측정 시간 차이는 줄어들 것이고, 더 빠른 속도로 이동 시 드론의 성능 및 배터리 소모 등을 고려하여 드론의 이동 속도를 설정하여야 할 것이다.

그림 4에는 측정 방법 2에 의한 상공 통신 품질 측정 결과 시뮬레이션 예를 나타내었다.

- $M(l, m, n) = M2(101, 8, 12) \rightarrow$ 샘플 수 10,788
- ✓ 샘플 수/기준 값 수 = $10,788/459,045 = 0.0235 \rightarrow 2.35\%$
- ✓ 기준값 평균/표준편차 : $-2.704915 / 4.86921$
- ✓ 보간 값 평균/표준편차 : $-2.671657 / 4.596406$
- ✓ MSE (Mean square Error) = 0.800137

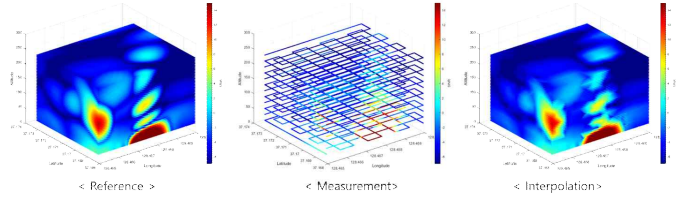


그림 4. Method 2 (101, 8, 12) 신뢰성 분석 예

그림 5에는 측정방법 M2(101, 8, 12)에 의한 고도별 기준 값과 보간 값의 평균 및 하위 5분위 값을 그래프로 나타내었다.

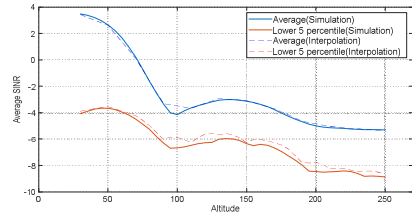


그림 5. Method 2 (101, 8, 12) 고도별 통계적 특성

IV. 결론

UTM 통신을 위한 상공 통신 품질 측정을 통해 3차원 신호 품질 지도 제작에 있어서 품질 측정 값의 수가 클수록 MSE는 낮아져 측정 값의 신뢰성이 높다고 할 수 있다. 품질 측정 값의 수는 드론을 이용한 실제 측정에 소요되는 시간 및 비용과 직접적으로 관련이 있으므로 품질 지도의 신뢰성과 측정의 용이성 및 비용을 모두 고려해야 할 것이다.

시뮬레이션을 통한 신뢰성 분석을 통해 실제 측정 과정에서 효율적인 측정 방법 및 경로 설정이 가능하다. 품질 측정 과정에서 적절한 기준 값 샘플 수 대비 측정 값 샘플 수에서 최소 MSE 값을 가지는 측정 파라미터 선정이 가능하다.

본 논문에서는 드론의 비행 특성과 측정 소요 시간 및 비용을 고려한 최적의 측정 방법을 선택할 수 있도록 시뮬레이션 결과를 제시하였으며, 상공 통신 품질 측정 과정을 효율적으로 수행하고 신뢰성이 높은 3차원 상공 통신 품질 지도 개발을 위해 활용할 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

"본 연구는 국토교통부 / 국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음 (과제번호 RS-2023-00262688).

참고 문헌

- [1] Kang K, Kim H W, Mun G, and Kim D, "3D aerial LTE quality measurement and analysis for UTM communication," Journal of Korean Institute of Communications and Information sciences, Vol. 47, No. 1, 2022, pp. 66~75.
- [2] Kang K, Kim H W, and Kim D, "Measurement of aerial communication quality over 4G/5G network for UTM communication (Daejeon Drone Park)," Proceeding of the 2022 KSAS Fall Conference, 2022.
- [3] Kang K, Kim H W, Mun G, and Kim D, "Measurement and simulation of LTE quality for UTM (Yeongwol drone flight test site)," Proceeding of the 2021 KSAS Fall Conference, 2021.
- [4] Kang K. and Kim D., "Reliability analysis of Aerial LTE Signal Quality Measurement for UTM communication," Proceeding of the 2023 KSAS Fall Conference, 2023.