

저고도 드론 네트워크 공유 통신 물리 계층 성능에 대한 추가 연구

황현구, 안재민

한국전자통신연구원, 충남대학교

hyungu@etri.re.kr, jmahn@cnu.ac.kr

Additional study on physical layer performance of shared communication of low altitude drone area network

Hwang Hyungu, Ahn Jae-Min

Electronics and Telecommunications Research Institute, Chungnam National University

요약

본 논문은 ISO/IEC JTC 1/SC 6 에서 진행중인 국제표준 LADAN(Low Altitude Drone Area Network : 저고도 드론 네트워크)의 동기 성능과 주파수 성능에 대하여 분석한 것이다. 본 논문은 [1]에서 언급한 복조 성능을 주파수 오프셋과 관련하여 추가적으로 분석하고, 동시에 동기 성능에 대한 분석도 추가하였다. 최근 ISO 국제 표준 기구에서는 LADAN 표준이 Committee Draft 단계로 진행되고 있으며, 본 논문은 국제 회의에서 요구된 추가적 성능 분석을 다루고 있다. 150m 이하에서 운항하는 드론은 최대 속도가 250km/h 이하일 것으로 예상된다. 국제적으로 제어용 드론 통신으로 5.03 GHz 에서 5.09GHz 까지의 주파수가 할당되어 있고, 따라서 이 주파수에서 드론이 경험할 수 있는 최대 도플러 주파수는 약 2300Hz 이다. 본 논문은 이 도플러 주파수에서 복조 성능과 동기 성능의 열화에 대해서 분석한다. 분석의 결과는 2300Hz 의 도플러 주파수에서는 거의 열화가 일어나지 않음을 보여준다.

I. 서론

[1]에서 국제 표준 기구 ISO/IEC 4005 LADAN 표준에 대한 통신 구조와 프레임 구조에 대해서 알아보고, 복조 성능을 멀티 패스에 대하여 조사하였다.

LADAN 에서 공유 통신과 제어 통신은 같은 물리 구조를 가지기 때문에 같은 물리적 성능을 가진다.

본 논문에서는 [1]에서 제시되지 않은 도플러 주파수의 영향에 대해서 알아본다. 또한 본 논문은 추가적으로 동기 관련 성능을 함께 제시한다.

II. 동기 성능

공유 통신의 2ms 한 슬롯에서 하나의 패킷이 전송되며 패킷의 구성은 아래와 같다.

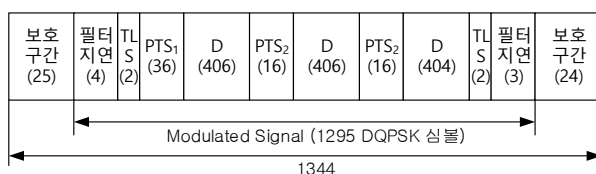


그림 1. 공유 통신의 2ms 슬롯 구성도

여기서, 시간 동기와 주파수 동기를 추정하는 데 사용되는 부분은 PTS₁ 이다. PTS₁ 은 다음과 같다.

<5, 7, 7, 5, 1, 1, 3, 5, 3, 1, 5, 5, 5, 1, 1, 5, 7, 1, 5, 3, 7, 1, 1, 3, 7, 5, 7, 1, 5, 3, 3, 1, 1, 5, 3, 7>

위 값에서, 각 숫자에 $\exp(j\pi/4)$ 를 곱한 값이 본래 시퀀스이다. 각 시퀀스는 차례대로 차등 부호화 된다. 즉, DQPSK 의 변조 심볼이 된다.

위 시퀀스를 이용한 SNR 과 주파수에 따른 동기 성능 시뮬레이션 결과는 다음과 같다.

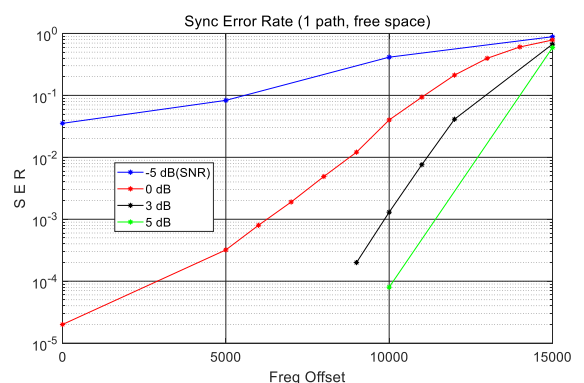


그림 2. SNR 과 주파수에 따른 동기 성능

동기 성능은 SNR 0 dB 와 5kHz 도플러 조건에서 약 0.03%의 매우 낮은 에러율 보이며, 3dB SNR 조건에서는 목표하는 도플러 주파수 2300 Hz 에서 거의 에러가 없다.

III. 도플러 주파수에 따른 복조 성능

[1]에서는 2 패스 시뮬레이션을 수행하였으며, 두 패스의 파워 비율을 달리하면서 성능을 분석했다. 본 논문에서는 한 패스에 대한 시뮬레이션과 두 패스에 대한 시뮬레이션을 수행하였으며, 두 패스 시뮬레이션에서 두 패스의 비율은 9:1로 고정하였다. 실제 드론 통신은 가시 거리 통신을 전제로 하기 때문에 이러한 가정은 합리적이다.

우선 1 패스 시뮬레이션의 UER, FER 성능은 다음과 같다.

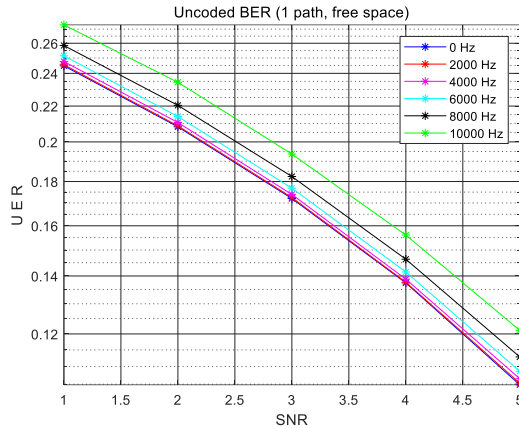


그림 3. 1 path에서 주파수에 따른 UER

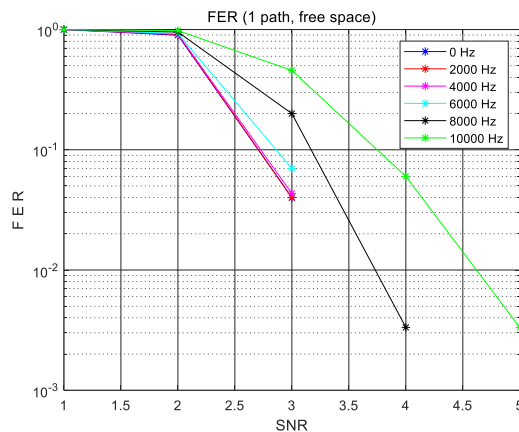


그림 4. 주파수에 따른 FER

지상 150m 이하에서 운항하는 드론들은 주로 LOS가 가정되며, 그림 4로부터 4kHz까지는 FER의 성능저하가 거의 없는 것으로 판단할 수 있다. 150m 이하에서 운항하는 드론은 최대 속도가 250km/h 이하일 것으로 예상된다. 또, 운용 주파수는 약 5GHz 대역이다. 만약 두 드론이 반대 방향에서 250km/h로 접근한다면, 이때의 도플러는 약 2300Hz가 된다. 따라서, 목표 도플러를 약 2kHz로 했을 때, 1 패스 시뮬레이션에서 도플러에 따른 성능 저하는 거의 없다고 할 수 있다. 여기서, 드론들은 GPS를 사용하여 클럭 동기를 맞추기 때문에, 거의 정확한 클럭 동기를 유지하고 있다고 가정된다.

2 패스 시뮬레이션의 UER과 FER 성능은 다음과 같다.

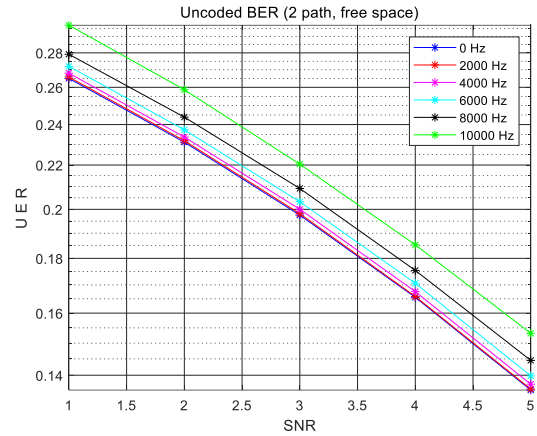


그림 5. 2 path에서 주파수에 따른 UER

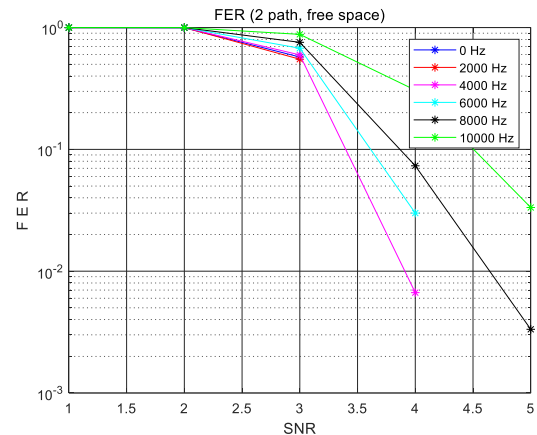


그림 6. 2 path에서 주파수에 따른 FER

2 패스 성능은 1 패스 성능보다 약 1dB 더 열화되는 것으로 보여지지만, 주파수 오프셋 특성은 4kHz까지 거의 성능 열화가 없는 것을 알 수 있다.

IV. 결론

저고도 드론 네트워크 공유 통신과 제어 통신에 사용되는 물리 계층의 동기 성능과 복조 성능은 도플러 4kHz까지는 거의 성능 열화가 없으며, 이는 250km/h의 드론 속도를 가정했을 때의 도플러 주파수 2300Hz보다 크기 때문에, 실질적으로 LADAN의 물리 계층은 도플러 주파수의 영향이 거의 없다고 할 수 있다. 동기와 복조의 주요 동작 지점은 0dB와 4dB로 볼 수 있다.

ACKNOWLEDGMENT

이 연구는 2021년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임 ('20006885', 저고도 드론 네트워크 기반 상호 충돌 회피 센서 국제표준 개발)

참고 문헌

- [1] 황현구, "드론 충돌 회피 통신 센서의 물리 계층 구조와 성능에 대한 연구" 한국통신학회 하계종합학술대회, Aug. 2020.