

가상 전이중 중계기법과 에너지 하베스팅 기반의 군용 UAV 통신연구

「국방무기체계」와 「컴퓨터네트워크」 강의페어링

국방디지털융합학과, 박재형, 202021170, 신승훈 교수님 지도

군용 무인기 통신의 등장

현재의 군통신망 구조는 지상에서의 무선링크와 우주계층의 위성링크 위주로 이루어져 있으며, 전시상황에서 군통신망은 단말 뿐 아니라 통신인프라를 이동시켜야 하므로 대부분의 링크를 무선 또는 위성으로 구성하게 되며, 무선통신은 상대적으로 전파특성이 좋은 U/VHF 대역에서의 가시선통신을 주로 사용한다. 다수의 간섭신호를 발생시키는 한반도 지형 특성으로 인해 네트워크의 기본구성단위인 링크의 품질이 매우 열악하다. 실제 군작전환경에서 노드간 연결성이 보장될 만큼 노드 밀도가 높지 않고, 또한 연결성이 보장된다 해도 노드수가 증가함에 따라 노드당 전송용량(throughput)이 감소하고 전달시간(delay)이 증가하는 모바일애드혹네트워크(MANET, Mobile Ad-HocNetwork)의 근본적인 문제로 이동성을 지원하는 군통신망의 주요링크 구성으로 지상에서의 무선링크를 활용하는 것은 많은 제약사항이 따른다. 이에, 무인기를 활용한 공중통신중계를 고려하는 연구가 진행되고 있다.

연구 개요

초연결의 네트워크 환경을 구축하기 위해, UAV (Unmanned Aerial Vehicle)를 통신 중계 노드로 사용 하는 방안에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 하지만, UAV는 지상에 있는 중계기와 달리 물리적인 제약조건이 많으며, 그 중 제한된 전력은 가장 큰 장애 요소이다. 이러한 장애를 극복하는 방안 중 통신의 효율성을 높이기 위해 가상 전이중(VFD, Virtual Full-Duplex) 기법이 제안되었다. 그러나, UAV 자체의 비행 유지 목적 외에 통신 중계를 위한 추가 전력 문제는 해결하지 못했다. 이에, 가상 전이중 중계기법을 사용하여 UAV의 통신 중계 효율을 증대하는 환경에서, 에너지 하베스팅 기술을 적용하는 방안을 연구하였다.

「국방무기체계」 강의페어링

무기체계의 종류는 매우 다양하며, 4차산업혁명 시대를 맞이하며 국방분야에서 UAV를 활용할 수 있는 방안에 대해 연구가 활발히 진행되고 있다. AV를 통신 노드로 활용하려는 연구 또한 진행되고 있어, 이를 군용 통신에 도입하는 아이디어를 주제로 선정하게 되었다.

시스템 모델링

그림 1과 같이, 기지국 노드와 목적지 노드 사이의 LOS가 없는 환경에서 반이중 UAV 중계 노드 두 개를 활용하여 중계를 수행하는 VFD 기법을 따른다. 중계전송을 진행하지 않는 중계 노드의 타임슬롯에서는 EH 기술을 적용하여 간섭신호와 기지국 신호의 에너지를 수집하여 다음 타임슬롯의 정보전송에 사용한다. 이를 다이어그램으로 표현하면 그림 2와 같다.

	T0	T1		T2		T3		
R1	EH	ID(S->R1, t2)	EH(R2)	EH(S)	ID(R1->D, t2)	ID(S->R1, t4)	EH(R2)	...
R2	ID(S->R2, t1)	EH(S)	ID(R2->D, t1)	ID(S->R2, t3)	EH(R1)	EH(S)	ID(R2->D, t3)	...

Fig. 2. VFD-EH의 순서 다이어그램

성능 평가 결과

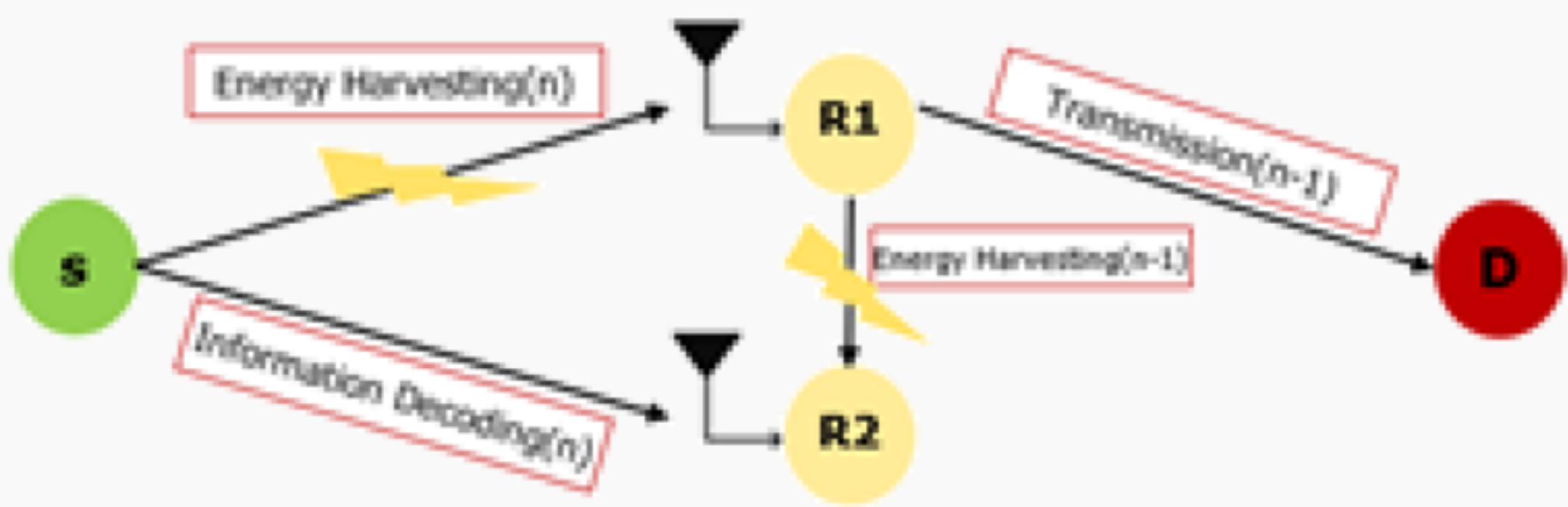


Fig. 1. 제안하는 VFD-EH 모델

Table 1. 시뮬레이션 파라미터

Discriptions	Parameters	Values
경로손실 계수	α	2.5
기지국 송신파워	P_s	1~10(dB)
기지국 타임슬롯 분할계수	θ	0.1, 0.3
간섭신호 타임슬롯 분할계수	τ	0.1, 0.3
목적지 노드 데이터율	R_d	2.2(bps)

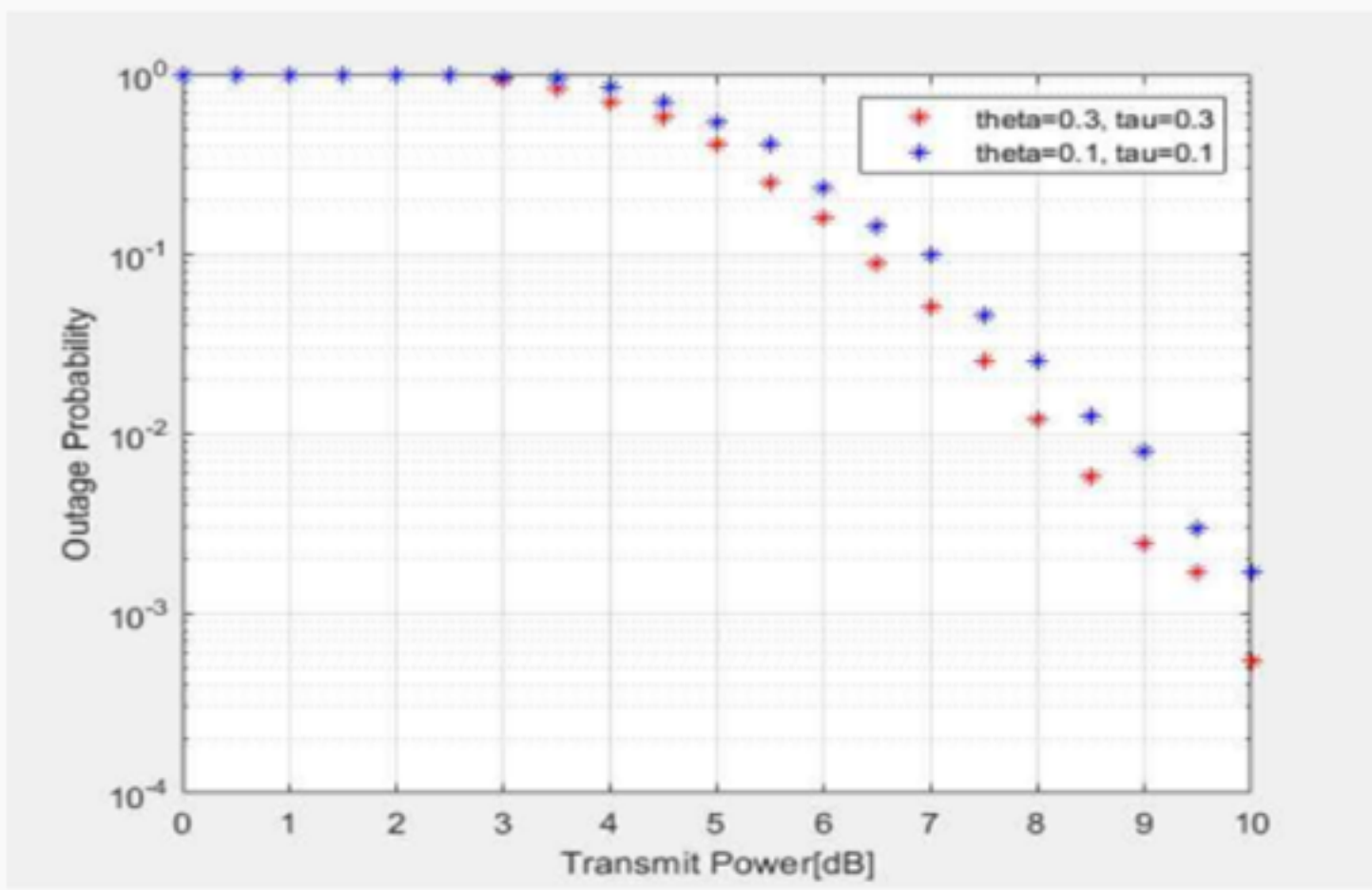


Fig. 3. VFD-EH 중계 아웃티지 성능 평가

제안하는 모델의 타임슬롯 분할계수를 다르게 설정하며 아웃티지 성능을 비교하였다. 가로축은 송신전력의 파워, 세로축은 아웃티지 성능으로 설정하여 제안 기법의 성능을 도출하였다. 기지국 타임슬롯 분할계수와 간섭신호 타임슬롯 분할계수를 각각 0.3, 0.1로 설정한 후, 송신전력의 파워에 따른 아웃티지 성능은 그림 3과 같다. 수집하는 에너지가 많을수록 아웃티지 성능 또한 좋아짐을 확인할 수 있다. 본 연구를 통해 제안하는 VFD-EH 운용모델의 타임슬롯 분할계수에 따른 통신성능을 도출하였다. 군용 UAV는 민수용 UAV와 다르게 작전환경, 긴급상황과 같은 특수한 환경에서의 연구의 필요성이 존재하며, 특수환경에서의 군용 UAV 활용성을 극대화하기 위해, 중계효율을 유지하면서 에너지 효율적인 통신을 수행하는 시나리오를 제안한 것에 의의가 있다.

결론

본 연구에서는 통신성능과 중계노드의 배터리 수명을 함께 고려한 중계기 운용모델이 제안하였다. 본 연구는 제안하는 VFD-EH 운용모델의 타임슬롯 분할계수에 따른 통신성능을 도출하는데 그 의의가 있다. 향후 기지국의 송신 파워에 따른 최적 기지국신호 분할계수 및 간섭신호 분할계수를 도출한 후, 중계노드 수명 분석에 활용할 예정이다. 또한, TDMA, TDD등 다양한 통신환경과 Uplink, Downlink등을 고려한 상황에서의 성능검증을 진행할 예정이다.

향후 계획

해당 주제로 2페이지 논문을 작성하여 6월 15일에 제주도에서 개최하는 군사과학기술종합학술대회에 참가하게 되었고, 추후 기존 UAV 통신 기법과의 비교를 통해 해당 방식의 우수성 검증 또는 최적의 타임슬롯 분할계수를 도출하는 연구를 진행할 예정이다.

참고 자료

[1] J. S. Yeom, Y. B. Kim and B. C. Jung, "UAV-Assisted Cooperative Downlink NOMA with Virtual Full-Duplex Operation," Eleventh International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN), Zagreb, Croatia, pp. 4-6, 2019.
[2] V. Aswathi and B. A. V., "Outage and Throughput Analysis of Full-Duplex Cooperative NOMA System With Energy Harvesting," IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 70, no. 11, pp. 11648-11664, Sep. 2021.
[3] 서난솔, 이재문 외, "무인기 활용 공중통신망 발전방향 및 효과도 분석," 전자공학회지, 2017.4