

# 효율적인 위성통신을 위한 위성 인지 통신환경에서의 스펙트럼 센싱 기법 조사

이동현, 송치현, 전용인, 조성래

중앙대학교 컴퓨터공학과

{dhlee, chsong, yijeon}@uclab.re.kr, srcho@cau.ac.kr

## Spectrum Sensing Techniques in Satellite Cognitive Communication Environment for Efficient Satellite Communications

Donghyun Lee, Chihyun Song, Yongin Jeon, Sungrae Cho

Chung-Ang Univ. Department of Computer Science and Engineering

### 요 약

저궤도위성의 기하급수적인 증가함에 따라 스펙트럼 자원이 점차 부족해지고 있다. 인지 무선 통신은 2차 사용자가 기본 사용자 네트워크에 영향을 주지 않고 사용 가능한 스펙트럼 리소스에 액세스할 수 있도록 함으로써 무선 통신에서 유망한 기술로 여겨지고 있다. 최근에는 이러한 인지 무선 통신 기술이 위성 통신 시스템에서도 잘 사용될 수 있다는 사실이 알려졌다. 본 논문에서는 위성 인지 무선 통신에서 스펙트럼을 측정하여 채널의 이용여부나 채널 사용자를 식별하는 기술인 스펙트럼 센싱 기술을 조사한다.

### I. 서 론

위성통신은 최근 몇 년 동안 기하급수적으로 성장했다. 스페이스X에서 전 세계 대상의 위성 인터넷망 구축 프로젝트에 따르면 최종적으로 사용될 위성의 총합은 42000개에 달하며, 원웹의 위성 인터넷망 또한 총합 7000기 정도의 인터넷 위성군으로 이루어질 것으로 보인다.

여러 위성이 통신에 사용되며 위성-지상과 협력링크가 점점 더 중요해지고 있다. 현재 위성 스펙트럼 할당은 고정되어 있으며, 사용자의 요구와 통신위성 수가 증가함에 따라 스펙트럼 자원이 점차 부족해지고 있다. 인지 무선 통신(Cognitive Radio, CR)은 2차 사용자(Secondary User, SU)가 기본 사용자(Primary User, PU) 네트워크에 영향을 주지 않고 사용 가능한 스펙트럼 리소스에 액세스할 수 있도록 함으로써 무선 통신에서 유망한 기술로 여겨지고 있다. 최근에는 CR기술이 위성 통신 시스템에서도 잘 사용될 수 있다는 사실이 알려졌다.

본 논문에서는 위성 인지 무선 통신에서 스펙트럼을 측정하여 채널의 이용 여부나 채널 사용자를 식별하는 기술인 스펙트럼 센싱 기술 중 에너지 검파를 사용하여, 대상 신호의 사전 정보 없이 수신되는 에너지의 양으로 채널 상태를 판단하여 PU의 채널 상태를 보장하고 SU가 사용 가능한 주파수 채널을 식별함으로써 PU의 네트워크 안정성을 보장하고 스펙트럼의 활용성 최대화를 목표로 하는 최근 연구들을 조사한다. II-1에서 위성 인지 무선 통신에서의 비협력 센싱을 조사하고, II-2에서 위성 인지 무선 통신에서의 협력 센싱을 조사한 뒤 III에서 정리하며 마무리한다.

### II. 본 론

스펙트럼 센싱은 스펙트럼을 측정하여 채널 사용자를 식별하거나 채널의 이용 여부를 식별하는 기술을 뜻한다. 스펙트럼 센싱은 비협력 센싱과 협력 센싱으로 구분된다. 위성 네트워크는 크게 정지궤도 위성 네트워크와 비정지궤도 위성 네트워크로 나눌 수 있다. Radio Regulations에 따르면 정지궤도 위성 시스템은 비정지궤도 위성 시스템에 유해한 간섭을 받

지 않아야 한다 [1]. 따라서 대부분의 연구에서 정지궤도 위성 시스템을 PU, 비정지궤도 위성 시스템을 SU로 규정하고, SU에서 과거 SU와 PU의 에너지 검파 데이터를 기반으로 PU신호를 센싱하여 SU의 사용 채널을 결정하게 된다.

#### II-1. 위성 인지 무선 통신에서의 비협력 스펙트럼 센싱

비협력 스펙트럼 센싱은 크게 정합 필터, 주기적 정상성, 에너지 검파 방법으로 나눌 수 있다. 에너지 검파는 수신되는 에너지의 양을 통해 채널의 상태를 판단하며, 주기적 정상성 검파 방법은 대상 신호를 식별하는 데 사용한다. 특히 위성 네트워크 사이의 주파수 공존 시나리오에서 스펙트럼 감지는 유망한 솔루션으로써 광범위하게 적용된다. 정지궤도 위성 간섭하는 비정지 궤도의 다중 전송 전력 레벨을 고려하여 비정지 궤도 시스템이 정지궤도 스펙트럼에 접속할 수 있는 스펙트럼 감지 전략을 제안한 연구가 있다 [2]. 제안된 연구에서는 잡음과 신호를 구별하고, 신호가 있다면 정지궤도 시스템의 존재를 확인 후 정지궤도 시스템의 특정 전력 수준을 인식하여 정지궤도 위성의 상태를 확인하는 임계값과 그 전력 수준을 도출한다. 여기서 에너지 검파의 임계치는 MAP(maximum a posterior) 기준을 통해 도출하여 스펙트럼 효율성을 높였다.

위성 통신 시스템에서의 스펙트럼 오염 문제를 GMNP(Generalized Multi-hypothesis Neyman Pearson)를 사용하여 문제를 모델링한 연구가 있다 [3]. 제안된 연구에서 결정 임계값은 GLRT(Generalized Likelihood Ratio Test) 및 MAP 기준을 통해 도출되며 결과적으로 높은 확률로 스펙트럼 센싱에 성공했다.

#### II-2. 위성 인지 무선 통신에서의 협력 스펙트럼 센싱

협력 스펙트럼 센싱은 센싱 장치 즉, 비정지 궤도 시스템과 정지궤도 시스템의 정보를 종합하여 판단하는 기술이다. 정지궤도 위성 및 비정지 궤도 위성 한 쌍으로 구성된 스펙트럼 공유 프레임워크를 제안한 연구가 있

다 [4]. 제안된 연구에서 하나의 비정지 궤도 위성은 정지궤도 위성의 스펙트럼 점유 상태를 감지하는데 사용되며, 다른 하나의 비정지 궤도 위성은 앞선 비정지 궤도 위성의 도움으로 공유된 스펙트럼에 접속할 수 있다. 스펙트럼 감지 시간을 공동으로 최적화하여 감지 간격 및 비정지궤도 시스템이 전력을 전송하여 간섭 영역에서 비정지궤도 시스템의 처리량을 최대화한다.

위성 간 협력이 아닌 위성 지상과 망과 분산형 스펙트럼 센싱 망을 통합한 센싱 기반 인지 위성 지상과 망을 제안한 연구가 있다 [5]. 제안된 연구에서는 평균 처리량과 평균 에너지 소비 간의 균형을 맞추어 인지 위성 네트워크의 에너지 효율을 최대화하는 에너지 효율적인 협력 스펙트럼 센싱을 연구했으며 최대 에너지 효율을 달성하기 위해 감지 노드의 에너지 감지 임계값과 융합 규칙 임계값을 식별하기 위한 알고리즘을 제안해 위성 단말의 배터리 수명을 늘릴 수 있음을 증명했다.

스펙트럼 센싱 결과에 따라 지상과 단말이 인지 위성 통신의 주파수 대역을 추천하는 시나리오를 제안한 연구가 있다 [6]. 제안된 연구에서 가용 자원을 합리적으로 활용하기 위해 각 주파수 대역에서 서비스를 제공할 수 있는 빔 호핑 방식을 제안하여 빔 호핑 체계를 기반으로 처리량 최대화 및 수요-공급 분산 최소화를 목표로 시간, 주파수, 전력 및 전용 영역 빔 기반 자원할당 체계가 제안됐다.

### III. 결론

본 논문에서는 기하급수적으로 증가하는 저궤도 위성으로 인한 스펙트럼 자원 부족 문제에 대한 해결책 중 하나인 인지 위성 무선 통신에서의 스펙트럼 센싱 연구에 대해 조사했다. 위성 인지 무선 통신에서의 스펙트럼 센싱은 크게 두 가지로 협력 센싱과 비협력 센싱으로 나눌 수 있었고, 협력 센싱에서는 위성 간 협력뿐만이 아닌 위성-지상간 협력이 진행된 연구도 있었다. 다만, 빠르게 증가하는 위성 네트워크 시스템에 비해 진행된 연구는 부족해 보이며, 다양한 환경에서 다양한 시스템을 고려하여 스펙트럼 자원 부족 문제를 해결하고, 자원 할당 문제를 보완하고 발전하기 위한 다양한 노력과 연구가 필요해 보인다.

### ACKNOWLEDGMENT

- 본 연구는과학기술정보통신부 및 정보통신기술진흥센터의 SW중심대학지원사업의 연구결과로 수행되었음"(20170001000021001)

### 참 고 문 헌

- [1] Radio Regulations, Geneva, Switzerland, 2012.
- [2] C. Zhang, C. Jiang, J. Jin, S. Wu, L. Kuang and S. Guo, "Spectrum Sensing and Recognition in Satellite Systems," in IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 68, no. 3, pp. 2502-2516, March 2019, doi: 10.1109/TVT.2019.2893388.
- [3] Y. Liu, B. Zhang, D. Guo, L. Zhang, B. Zhao and G. Ding, "Detection of Spectrum Misuse Behavior in Satellite-Terrestrial Spectrum Sensing Based on Multi-Hypothesis Tests," in IEEE Access, vol. 8, pp. 50399-50413, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2980418.
- [4] Y. Wang, X. Ding and G. Zhang, "A Novel Dynamic Spectrum-Sharing Method for GEO and LEO Satellite Networks," in IEEE Access, vol. 8, pp. 147895-147906, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3015487.

- [5] J. Hu, G. Li, D. Bian, S. Shi, R. Ge and L. Gou, "Energy-Efficient Cooperative Spectrum Sensing in Cognitive Satellite Terrestrial Networks," in IEEE Access, vol. 8, pp. 161396-161405, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3020846.
- [6] P. Zuo, T. Peng, W. Linghu and W. Wang, "Resource Allocation for Cognitive Satellite Communications Downlink," in IEEE Access, vol. 6, pp. 75192-75205, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2882795.