

효율적 주파수 자원 할당을 위한 휴리스틱 알고리즘 연구

김혜원, 채찬병*

연세대학교

{hyewon1013, cbchae}@yonsei.ac.kr

요 약

무선 통신 기반 서비스의 확산과 사용자 수의 증가에 따라, 제한된 주파수 자원을 효율적으로 관리하기 위한 주파수 자원 할당 기술의 중요성이 커지고 있다. 주파수 자원 할당 문제는 주어진 주파수 대역 내에서 사용자 간 간섭을 최소화하면서 통신 효율을 극대화하는 것을 목표로 한다. 본 논문에서는 사용자 간 간섭 제약을 만족하며 실시간 자원 할당이 가능한 휴리스틱 기반 주파수 자원 할당 방식에 대해 연구하였다. 휴리스틱 알고리즘의 성능 확인을 위해 랜덤 할당 방식과 비교를 통해 효율성을 분석하고자 한다.

I. 서 론

활용 가능한 주파수 대역은 한정되어 있는 반면, 무선 통신 서비스의 확산과 사용자 증가로 인해 주파수 자원에 대한 요구는 지속적으로 증가하고 있다. 이에 주파수 자원을 효율적으로 할당해 통신 성능을 극대화하는 ‘주파수 자원 할당 문제’의 중요성 역시 커지고 있다. 기존 연구들에서는 이 문제를 그래프 색칠 문제로 모델링하여 접근해 왔다 [1]. 그러나 그래프 색칠 문제가 NP-hard로 분류되는 조합 최적화 문제이기 때문에, 일반적으로 최적의 해를 찾으려는 시도는 연산량과 시간 복잡도 측면에서 현실적으로 어렵다 [2]. 따라서 그래프 색칠 문제에서는 휴리스틱 알고리즘을 사용하여 준최적 (local-optimal) 해를 찾곤 하였으며, 많은 연구에서 주파수 자원 할당 문제 역시 휴리스틱 알고리즘을 사용하여 접근하였다 [3].

주파수 자원 할당의 주요 목표는 할당된 전체 주파수의 대역폭, 그리고 주파수 블록의 개수를 최소화하는 것이다. 할당된 주파수의 전체 대역폭을 줄이는 것은 시스템 장애나 재구성 상황에서 다른 대역으로의 이동에 유리하며, 주파수 블록의 개수를 줄이는 것은 향후 새로운 사용자나 장치에 추가 주파수 할당이 필요한 상황에 유리하다. 이러한 이유로, 제한된 주파수 자원의 효율적 활용을 위한 자원 할당 기법의 설계는 무선 통신 시스템의 안정성과 확장성을 확보하는데 중요한 역할을 한다.

II. 본론

본 논문에서는 통신 시스템을 그래프로 모델링하고, 그래프의 노드에 주파수를 할당하는 문제로 변환하여 접근하였다. 이때 그래프의 노드는 두 기기 사이의 통신 링크를 의미 하며, 노드 간 간섭은 해당 통신 링크들 사이에서 발생하는 간섭을 회피하기 위한 주파수 이격량을 의미한다. 주어진 주파수 대역을 일정한 크기의 채널 블록으로 분할한 후, 각 블록에 번호를 부여하여 노드에 할당하였다. 주파수 할당을 위해 다양한 휴리스틱 알고리즘을 적용하였으며 본 논문에서는 노드의 순서, 그리고 노드에 할당할 주파수 블록을 결정하는 데 있어 greedy 방식의 다양한 변형을 적용, 랜덤 할당 방식과 비교하였다.

랜덤 할당 방식은 제약조건을 만족하는 주파수 블록을 랜덤하게 할당하는 방식으로, greedy 방식은 노드 순서, 할당 주파수 모두 할당 가능한 가장 작은 주파수 블록을 할당, BCG (Binary Conflict Graph) 방식은 간섭 정보를 이진 그래프로 변환해 도출한 노드 순서를 기반으로 greedy 할당을 수행하는 방식이다. 또한 priority 방식은 그래프의 상위 노드 순서의 중요도를 반영한 뒤 greedy

방식으로 할당 하는 방식이다. 시뮬레이션 결과, 랜덤 방식과 비교해 모든 greedy 기반 방식의 결과들이 전체 대역폭과 주파수 블록의 수 모두에서 우수한 성능을 보였다. 특히 전체 대역폭의 경우 priority 방식이, 주파수 블록의 경우 기본 greedy 방식이 다른 방식이 가장 효과적인 것으로 나타났다.

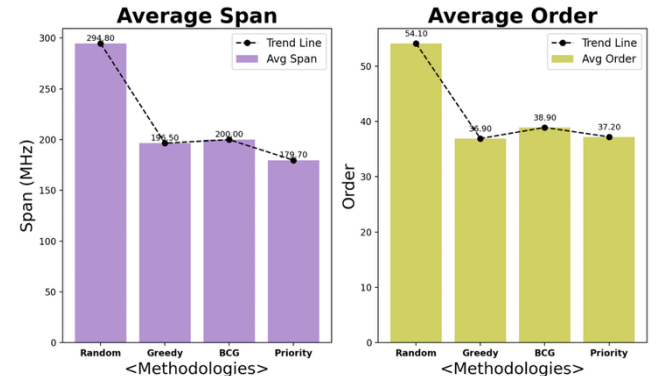


그림 1 알고리즘 별 할당된 주파수의 (좌) 대역폭, (우) 주파수 블록 개수를 나타낸 결과

III. 결론

본 논문에서는 여러 사용자 환경에서의 주파수 자원 할당 문제를 시뮬레이션을 통해 분석 했으며, 랜덤 할당 방식과 여러 휴리스틱 기법을 비교하며 휴리스틱 기반 할당 방식의 유효성과 성능 우수성을 검증하였다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2024 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. RS-2024-00428780, 6G-클라우드 리더십구축을 위한 교육 연구 오픈 허브)

참 고 문 헌

- [1] Zoellner, J. A. "Frequency assignment games and strategies," IEEE Trans. Electromagn. Compat. EMC-15, pp. 191-196, Nov. 1973.
- [2] Hale, W. K. "Frequency assignment: Theory and applications," Proc. IEEE, vol. 68, no. 12, pp. 1497-1514, Dec. 1980.
- [3] Yilmaz, H. B. et al., "Frequency assignment problem with net filter discrimination constraints," IEEE/KICS J. Commun. Netw. vol. 19, no. 4, pp. 329-340, Aug. 2017.