

## 이중 무선 네트워크에서의 자원 할당에 관한 연구

임영빈, 류지호, 이호진, 권태경, 최양희  
서울대학교 컴퓨터공학부

{ybim, jhryu, lumiere}@mmlab.snu.ac.kr, {tkkwon, yhchoi}@snu.ac.kr

### A Study on Resource Allocation in Heterogeneous Wireless Networks

Youngbin Im, Jiho Ryu, Hojin Lee, Ted “ Taekyoung” Kwon, and Yanghee Choi  
School of Computer Science and Engineering, Seoul National University

#### 요약

최근 무선 기술의 발달로 우리 주변에는 Wi-Fi, Cellular, Bluetooth, WiMAX 등의 다양한 네트워크가 활용되고 있으며 앞으로도 새로운 무선 네트워크가 계속 등장할 것이다. 개개의 무선 기술들은 대역폭, 에너지 효율 등의 측면에서 발전하고 있지만 아직까지 이러한 다양한 네트워크를 동시에 활용할 때, 여러 사용자의 무선 환경과 전체 자원을 통합적으로 고려하여 효율적으로 자원을 할당하기 위한 기법은 거의 연구된 바가 없다. 이를 위하여 본 논문에서는 여러 자원 할당 정책을 제시하고 시뮬레이션을 통해 이들의 효율성을 비교하여 전체 네트워크 자원을 효율적으로 사용함으로써 각 사용자에게 제공되는 서비스 품질을 향상시킬 수 있는 기법을 찾고자 한다.

#### I. 서론

최근 무선 기술의 발달로 우리 주변에는 Wi-Fi, Cellular, Bluetooth, WiMAX 등의 다양한 무선 네트워크가 활용되고 있다. 이제 사용자들은 집, 회사뿐만이 아니라 이동 중에도 자유롭게 고속으로 인터넷에 접속할 수 있게 되었다. 우리 나라에서 상용화를 앞두고 있는 LTE를 비롯해서 앞으로도 다양한 무선 네트워크가 등장할 것으로 보인다.

개개의 무선 기술들은 대역폭, 에너지 효율 등의 측면에서 발전하고 있고, 한편으로는 다양한 네트워크를 동시에 활용하여 보다 나은 네트워크 서비스를 제공하기 위한 연구도 링크, 네트워크, 전송, 응용 계층에서 진행되고 있다. 특히 여러 개의 하위 연결을 동시에 활용하여 데이터를 전송하기 위한 전송계층 연구가 활발하다. pTCP[1,2]는 하위 연결들의 혼잡 제어 기능과 하위 연결들을 통해 보낼 데이터를 결정하는 기능을 분리하고, 순간적인 대역폭에 기반해 데이터를 분배하며, 경로의 특성에 변동이 큰 경우 패킷을 재할당(restriping)하거나 중복하여 할당하는 등의 특징을 가진 기법이다. 또한 여러 TCP 연결을 동시에 이용하기 위한 목적으로 IETF에서 표준화가 진행중인 multi-path TCP(MPTCP) [3-5]가 있다.

그러나 현재까지는 여러 사용자의 무선 환경과 전체 무선 자원을 통합적으로 고려하여 효율적으로 자원을 할당하기 위한 기법은 거의 연구된 바가 없다. 이를 위하여 본 논문에서는 자원 할당 시점을 결정하는 알고리즘과 할당 시 고려되는 요소를 달리하는 여러 자원 할당 정책을 제시한다. 또한 시뮬레이션을 통해 이들의 효율성을 비교하여 전체적인 자원을 효율적으로

사용하여 각 사용자에게 제공되는 서비스 품질을 향상시킬 수 있는 기법을 찾고자 한다.

#### II. 문제 정의

무선 네트워크는 그 종류에 따라 대역폭, 딜레이, delay jitter 등의 측면에서 큰 차이를 보인다. 또한 사용자의 어플리케이션은 그 종류에 따라 할당된 자원에 따른 만족도의 경향에 있어 차이를 보인다. 예를 들어 VoIP와 같은 어플리케이션은 제공받은 대역폭이 어플리케이션이 필요로 하는 대역폭보다 작으면 만족도가 아주 작으며 제공받은 대역폭이 필요 대역폭보다 커지면 일정한 값을 유지한다. 또한 웹 어플리케이션, FTP 등은 할당되는 자원에 비례하게 만족도가 증가하는 경향을 보인다. 여러 무선 네트워크가 혼재하는 환경에서는 사용자의 무선 환경, 어플리케이션 종류 등의 사용자 측면과 각 네트워크의 용량, 자원의 효율성 등을 동시에 고려하여 사용자의 만족도를 최대화하는 동시에 네트워크 자원을 효율적으로 사용하기 위한 자원 할당 기법이 필요하다. 이 문제는 어플리케이션의 utility 등을 value로, 필요 대역폭 등의 자원 요소를 weight로 하는 multiple knapsack problem으로 볼 수 있는데 이는 NP-complete 문제로 알려져 있다. 따라서 본 논문에서는 고려해야 할 요소 중 일부만을 고려하는 heuristic 알고리즘을 제시한다.

#### III. 제안 알고리즘

##### A. 자원 할당 알고리즘

제안하는 네트워크 자원 할당 알고리즘은 새로운 사용자가 자원을 요청하거나 채널 환경이 변화하여 자원 재할당이 필요하게 될 때 동작한다. 적절한 자원을 할당해 주기 위해서는 무선 채널을 측정하여 사용자에게

제공할 수 있는 남은 자원량을 알 수 있어야 한다. 그런데 무선 환경은 특성상 수시로 변화하며 사용자의 수, 트래픽 양에 따라서도 변화한다. 따라서 복잡한 알고리즘을 사용하여 남은 자원량을 결정한다 해도 정확성을 보장하기 어렵고, 자주 측정하여 자원 할당을 해도 그 효율성을 장담할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 그림 1 과 같이 주기적으로 채널을 측정하고 측정값(idle airtime 등)에 시간 평균을 적용하여 일정 간격으로 이 값을 평가하되 수개의 임계치를 두어 이 임계치를 넘어서는 채널의 변화가 발생 했을 때 네트워크를 재할당 해 주도록 한다.

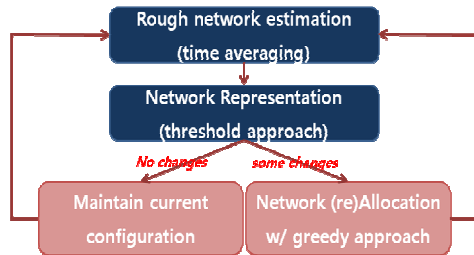


그림 1- 자원 할당 알고리즘

**B. 자원 할당 정책**

II장에서 제시한 바와 같이 자원 할당 시 고려해야 할 요소에는 여러 가지가 있다. 우리가 제시하는 자원 할당 정책의 고려 요소는 표 1 과 같다. Capacity 는 네트워크의 시스템 용량을 고려하여 자원을 할당한다. 예를 들어 802.11a 네트워크의 경우 각 레이어의 오버헤드를 고려하지 않았을 때 최대 54Mbps 의 용량을 가지는데 이러한 시스템 용량이 큰 네트워크로 우선적으로 자원을 할당한다. Remain 은 네트워크의 남은 시스템 용량이 가장 큰 네트워크를 선택하며, Rate 는 각 사용자와 기지국 혹은 AP 간의 거리 및 여러 무선 현상에 따른 SNR 을 기준으로 PHY rate 를 구하고 이 값이 큰 네트워크를 우선으로 자원을 할당한다. Available 은 네트워크의 남은 시스템 용량과 PHY rate 를 동시에 고려한다.

표 1- 자원 할당 정책 및 고려 요소

자원 할당 정책	고려 요소
Capacity	네트워크의 시스템 용량
Remain	네트워크의 남은 시스템 용량(idle airtime 등)
Rate	사용자의 SNR 에 따른 PHY rate
Available	Remain * Rate

**IV. 시뮬레이션**

**A. 구현 및 실험 환경**

리눅스 환경에서 C++ 을 사용하여 시뮬레이터를 직접 구현하였다. 채널 모델을 위해서는 path loss 는 two-way ground 모델을 shadowing 은 lognormal 모델을 적용하였다[6]. 또한 Wi-Fi, WiMAX, 2G, 3G 등의 다양한 네트워크와 VoIP, 파일전송, 웹, 비디오, 메신저 등의 다양한 어플리케이션을 고려하였다. 어플리케이션은 우선순위가 부여되어 있어서 이 값이 높은 어플리케이션에 우선적으로 자원을 할당하였다. 또한 사용자와 기지국 및 AP 는 랜덤하게 배치하였다. 실험 결과는 300 초 동안 20 회를 동작시켜 평균값을 제시하였다.

**B. 실험 목적 및 결과**

실험에서는 일정 간격으로 사용자를 순차적으로 네트워크에 진입시키면서 각 자원 할당 정책에 따라 자원 할당이 어떻게 달라지는지 살펴 보고자 한다.

그림 2 는 30, 50, 70 명의 사용자에게 자원을 할당했을 때 각 정책에 따른 네트워크의 자원 사용 총량을 나타낸

것이다. 전반적으로 사용자가 증가함에 따라서 전체 시스템의 자원 사용이 증가함을 알 수 있다. 시스템 용량 혹은 남은 시스템 용량을 고려한 Capacity 와 Remain 은 같은 사용자에게 대해 더 많은 자원을 사용한 반면 사용자의 PHY rate 를 고려한 Rate 와 시스템의 남은 용량과 PHY rate 를 동시에 고려한 Available 은 자원을 보다 효율적으로 사용하였음을 볼 수 있다. PHY rate 가 높으면 같은 트래픽을 보내는데 보다 작은 시스템 자원을 사용하게 되므로 시스템 전체적인 관점에서 효율적인 자원 사용이 가능하다. 따라서 본 연구에서 제시된 간단한 자원할당 정책을 통해서 자원 이용의 효율성을 30~40% 향상시킬 수 있음을 알 수 있다. 그래프에 나타나 있지 않는 않지만 Available 과 같이 시스템의 남은 용량이 큰 네트워크를 우선적으로 선택하면 여러 네트워크간에 균형적인 자원 사용이 가능하게 된다.

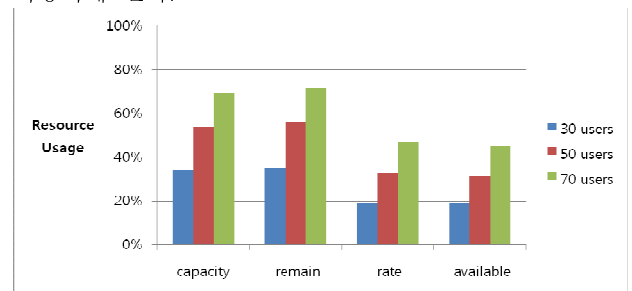


그림 2- 자원 할당 정책에 따른 자원 사용량

**V. 결론**

본 논문에서는 이중 무선 네트워크가 혼재하는 환경에서 자원 할당을 위한 알고리즘과 자원 할당 시 고려되는 요소에 따른 여러 자원 할당 정책을 제시하였다. 또한 시뮬레이션을 통해 제시된 여러 할당 정책의 효율성을 비교하여 효과적인 자원 할당을 위한 고려 요소를 밝혔다. 앞으로 보다 실제에 가까운 실험 환경에서 좀 더 다양한 요소를 고려한 할당 정책을 통해 실험해 보고자 한다.

**ACKNOWLEDGMENT**

본 연구는 기초기술연구회의 NAP 과제 지원으로 수행되었습니다. 이 연구를 위해 연구장비를 지원하고 공간을 제공한 서울대학교 컴퓨터연구소에 감사 드립니다.

**참 고 문 헌**

[1] Hung-Yun Hsieh, Raghupathy Sivakumar, "pTCP: An End-to-End Transport Layer Protocol for Striped Connections," Network Protocols, IEEE International Conference on, p. 24, 10th IEEE International Conference on Network Protocols (ICNP'02), 2002

[2] Hung-Yun Hsieh and Raghupathy Sivakumar, "A Transport Layer Approach for Achieving Aggregate Bandwidths on Multi-homed Mobile Hosts," in Proc. of ACM MobiCom, 2002

[3] Ford, A., Raiciu, C., and M. Handley, "TCP Extensions for Multipath Operation with Multiple Addresses", draft-ietf-mptcp-multiaddressed-02 (work in progress), October 2010.

[4] Raiciu, C., Handley, M., and D. Wischik, "Coupled Multipath-Aware Congestion Control", draft-ietf-mptcpcongestion-00 (work in progress), July 2010.

[5] Scharf, M. and A. Ford, "MPTCP Application Interface Considerations", draft-scharf-mptcp-api-02 (work in progress), July 2010

[6] Theodore Rappaport, "Wireless Communications: Principles and Practice," Prentice Hall PTR, 2001