

# 이종 무선 네트워크 환경에서의 향상된 핸드오버 알고리즘

조진희, 이광조, 양성봉  
연세대학교 컴퓨터과학과  
e-mail : {gurucho, kjlee5435, sbyang}@yonsei.ac.kr

## Enhanced Handover Algorithm in the Heterogeneous Wireless Network Environment

Jin-Hee Cho, Kwang-Jo Lee, Sung-Bong Yang  
Department of Computer Science, Yonsei University

### 요 약

본 연구는 이종 무선 네트워크에서 발생하는 핸드오버 부하를 개선하는 알고리즘을 제안한다. 핸드오버는 단말기의 위치가 네트워크의 구성 단위인 셀을 옮겨갈 때 발생한다. 이 위치 업데이트 비용은 매우 크다. 효과적인 위치 업데이트를 위해서 idle 상태에서는 단말기가 셀 선택 알고리즘에 의해서 셀을 결정한 뒤, 핸드오버 여부를 보고한다. 본 논문에서 제안하는 방식은 셀 내부에 가상의 버퍼 영역을 두어 버퍼 영역 안쪽의 핸드오버를 제한하고, 버퍼 영역 바깥쪽의 핸드오버는 기존 방식을 이용하는 것이다. 실험은 네트워크 시뮬레이터 NS-3에서 수행되었고, 그 결과 제안된 알고리즘이 핸드오버 횟수를 프로파일 기반 네트워크 선택 프레임워크(Profile-based Network Selection Framework, PNSF) 알고리즘 대비 약 7% 감소시켰으며, 위치 정보의 정확성은 PNSF와 동등한 성능을 보여 위치 기반 서비스의 질 향상에 기여함을 확인할 수 있었다.

### 1. 서론

IT 분야에서 현재의 화두는 단연 스마트폰에서 촉발된 모바일 혁명이다. 스마트폰을 시작으로 최근 태블릿 PC까지 새로운 모바일 단말기가 출현함에 따라 이를 안정적으로 서비스할 수 있는 통신망이 요구된다. 각 통신사에서는 급증하는 데이터 트래픽의 분산을 위해서 넓은 영역을 처리하는 3G 방식의 WCDMA와 좁은 영역을 담당하는 Wi-Fi를 이용한다 [1]. 이러한 이종 간의 통신망에서 끊임없는 통신 서비스를 제공하기 위해서는 위치 업데이트가 필요하다.

위치 업데이트는 핸드오버 시 필요하며 핸드오버는 모바일 네트워크의 구성 단위인 셀을 이동할 때 발생한다. Idle 상태에서 위치 업데이트는 단말기에서 결정되며, 알고리즘 종류에 따라 셀 네트워크를 선택하는 방식이 달라진다 [2].

또한, 셀에서 처리할 수 있는 트래픽이 제한되어 있어 네트워크를 효율적으로 이용하는 것이 중요하다. 따라서 한정된 셀들을 최대한 활용하여 데이터를 분산시킬 수 있는 방법이 요구된다 [3].

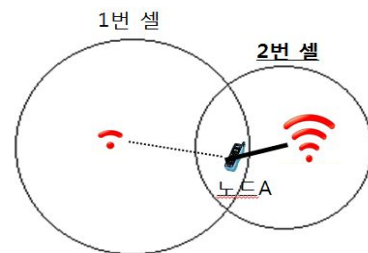
본 논문에서는 네트워크에 단말기를 효율적으로 분산시키면서 셀 간 이동시 발생하는 핸드오버 수를 약 7% 감소시키고, 위치 업데이트 정보의 정확성을 높이는 버퍼링 알고리즘을 제안한다.

### 2. 관련 연구

통신망에서 발생하는 핸드오버를 처리하는 기본적인 알고리즘으로는 SNR(Signal-to-Noise Ratio) 알고리즘과 Coverage 알고리즘이 있다.

#### 2.1 SNR 알고리즘

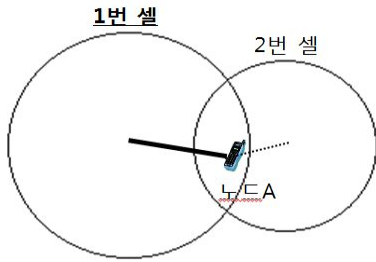
SNR 알고리즘은 셀에서 발생하는 신호 세기를 이용하는 방법이다. 셀의 중심에서 멀어질수록 신호세기는 점점 약해지기 때문에 현재 노드 위치에서 각 셀의 신호세기를 구한다. 만약 셀들이 겹쳐 있는 구간에서는 신호세기가 강한 셀로 핸드오버가 일어나게 된다. SNR 알고리즘의 장점은 셀을 분산시켜 사용할 수 있는 장점이 있지만, 그에 따른 핸드오버 수가 증가하게 된다. 그림 1은 SNR 알고리즘의 동작 모습을 보여준다. 노드A가 1번 셀과 통신을 하던 중 셀이 겹치는 영역에서 2번 셀의 신호세기가 강해져서 2번 셀로 핸드오버가 발생한다.



(그림 1) SNR 알고리즘

### 2.2 Coverage 알고리즘

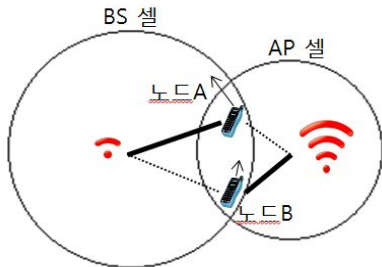
Coverage 알고리즘은 더 큰 영역을 담당하는 셀에 노드를 연결시키는 알고리즘이다. 각 통신망마다 정해진 coverage가 있으며 Access Point(AP)보다는 3G/4G 네트워크의 coverage가 훨씬 크다. 따라서 AP를 활용하지 않고 Base Station(BS)에만 연결되도록 하여 핸드오버 수를 줄인다. 그러나 일반적으로 한정된 공간에서 BS 수보다는 AP 수가 매우 많기 때문에 전반적인 셀 사용률은 낮아지게 된다. 그림 2는 Coverage 알고리즘의 동작 모습을 보여준다. 노드A가 2번 셀과 통신을 하던 중 셀이 겹치는 영역에서 coverage가 큰 1번 셀로 핸드오버가 발생한다.



(그림 2) Coverage 알고리즘

### 2.3 PNSF

PNSF는 통신망에 연결되는 노드들이 다양한 경로와 속도로 움직이는 것을 반영하여, 빠른 속도로 움직이는 노드는 넓은 coverage를 담당하는 BS에, 느린 속도로 움직이는 것은 좁은 coverage를 담당하는 AP에 연결하는 방식이다 [4]. PNSF에서는 현재 접근 가능한 셀의 정보와 노드의 속도를 각각 계산하여 그 차이 값을 활용한다. 셀의 정보는 coverage와 신호세기 값을 사용한다. 셀의 신호세기 대신 노드에서 셀까지의 거리를 계산해서 포함되는 셀들을 찾는다. 그리고 셀의 coverage는 BS를 1.0으로, AP는 0.16의 비율값을 사용하고, 단말 노드에서는 현재 속도/최대 속도 비율값을 사용한다. 그림 3은 PNSF 알고리즘의 동작 방식을 보여준다.



(그림 3) PNSF 알고리즘

예를 들어, 노드의 최대 속도를 5m/s라 할 때, 노드 A의 속도가 4m/s, 노드 B의 속도가 1m/s라고 하면, A와 B는 각각  $4/5=0.8$ ,  $1/5=0.2$ 의 속도 비율값을 갖는다.

셀 정보와 노드 정보 간의 차이값을 맨하탄 거리측정법

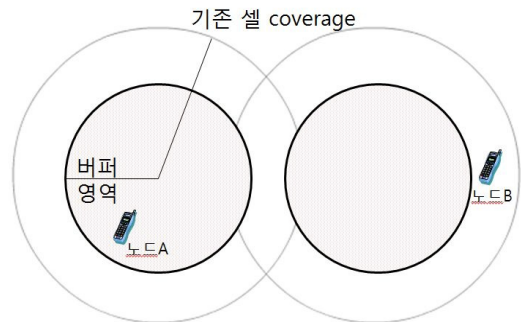
을 사용하여 구하면, BS에서는 A와의 차이가  $1.0-0.8=0.2$ 이고, B와의 차이는  $1.0-0.2=0.8$ 이다. 또한, AP에서는 A와의 차이가  $0.16-0.80=-0.64$ 이고, B는  $0.16-0.20=-0.04$ 이다. 이와 같이 계산한 값의 절대값이 0에 가까울수록 해당 셀과 통신을 하게 된다. 따라서 BS는 속도가 빠른 노드 A를 담당하게 되고, AP는 상대적으로 속도가 느린 B를 선호하게 된다. 그 결과 PNSF 알고리즘은 핸드오버 횟수와 셀 사용률을 향상시키는 결과를 보여준다 [4].

### 3. 버퍼링 알고리즘

PNSF 알고리즘이 핸드오버 횟수와 셀 사용률을 어느 정도 개선시키기는 하였지만, 셀들이 겹치는 영역에서 불필요한 핸드오버가 일어나는 것은 해결하지 못하였다. 본 논문에서는 버퍼(buffer) 영역을 셀 영역 안쪽에 두어 핸드오버를 제한하는 버퍼링 알고리즘을 제안한다.

일반적으로 하나의 셀이 주어지고 노드가 셀의 중심에 가까이 있을 때 핸드오버 할 가능성은 상당히 적은 편이다. 반면에 셀의 가장 자리에서는 핸드오버가 일어날 가능성이 높다. 따라서 셀의 일정 영역을 버퍼로 지정하여 그 영역 안에서는 핸드오버를 제한하고, 버퍼 영역을 벗어나면 기존의 PNSF 알고리즘으로 핸드오버를 결정한다. 본 논문에서는 실험을 통하여 제안된 버퍼 영역의 최적 크기를 구하였다.

그림 4에서는 2개의 셀과 2개의 노드가 있는 상황에서 버퍼링 알고리즘을 적용한 것을 보여준다. 노드 A와 노드 B가 각각의 셀 coverage 안에 존재하지만, 노드 A의 경우 버퍼 영역 안에 있기 때문에 기존 셀에 유지시키고 노드 B의 경우 버퍼 영역 밖에 있기 때문에 이웃 셀들과 동일한 조건에서 핸드오버 알고리즘을 수행하게 된다.



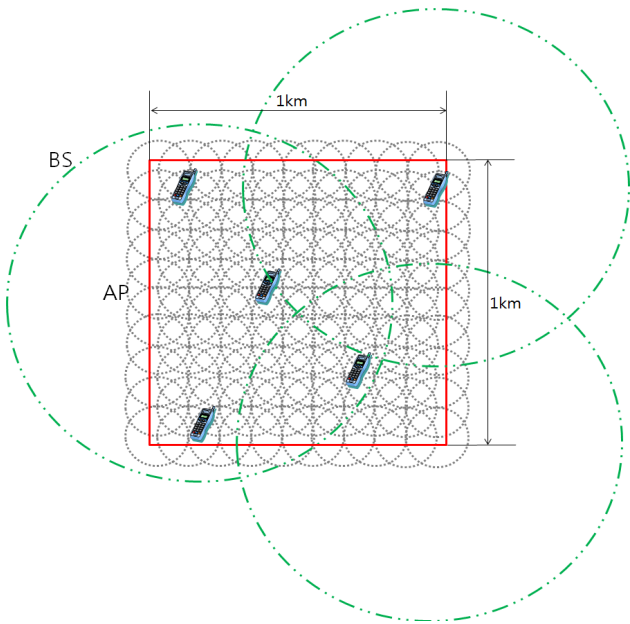
(그림 4) 버퍼링 알고리즘

다음은 버퍼링 알고리즘의 실행 순서이다.

1. 이전에 속해 있던 셀을 확인한다.
2. 현재 노드의 위치를 확인 후 이전 셀의 버퍼 영역에 포함 여부를 조사한다.
- 3-1. 버퍼 영역에 포함되면 해당 셀과 통신을 유지한다.
- 3-2. 포함되지 않으면 PNSF 알고리즘으로 핸드오버를 결정한다.

4. 성능 검증

제안하는 알고리즘의 성능을 검증하기 위해 네트워크 시뮬레이터 NS-3(v3.10)을 이용하였다. 네트워크 영역은 가로 1km \* 세로 1km이고, AP 100개를 네트워크 영역에 일정간격으로 배치시키고, 보다 넓은 영역을 cover하는 BS 3개를 그림 5와 같이 배치한다. 시뮬레이션 수행 시간은 1,000초이며, 총 100개의 노드들이 업데이트 주기인 10초마다 자신의 위치를 업데이트하여 속도를 구하고 핸드오버 알고리즘에 따라 셀 하나와 통신을 하게 된다. 이동 패턴은 Random Way Point(RWP) 모델을 이용하였다. 실험에 쓰인 파라미터 값들은 표 1에 주어진 것과 같다. 이 중 노드와 BS, AP는 NS-3의 설정을 이용하였다 [5]. 실험 결과 수치는 RWP 모델의 5개 데이터 별로 실험하여 평균값을 구한 것이다.



(그림 5) AP와 BS 배치도

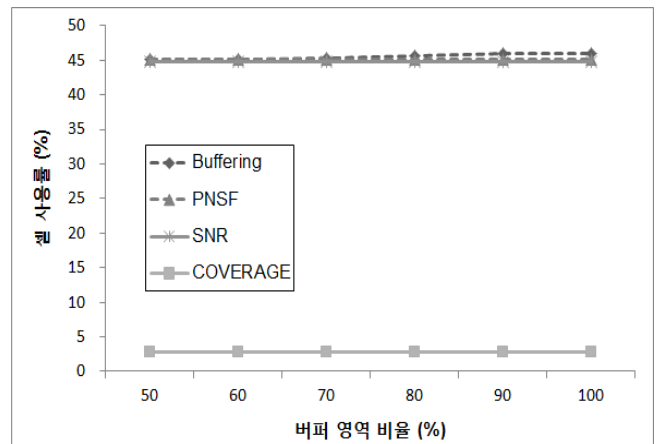
BS	Wimax	NqosWifiMacHelper
		MobilityHelper
		WimaxHelper
AP	Wifi	NetDeviceContainer
		MobilityHelper
		WifiHelper
		NetDeviceContainer
		YansWifiPhyHelper
		YansWifiChannelHelper
		NqosWifiMacHelper
		MobilityHelper

(표 1) NS-3 실험 환경

성능 평가를 위해 핸드오버 횟수와 셀 사용률, 그리고 정확성 총 3가지를 이용하였다. 먼저, 핸드오버 횟수는 셀을 이동한 횟수이고, 셀 사용률은 전체 셀 중에 모바일 노드가 1개라도 붙어있을 경우 사용 중으로, 1개도 안 붙어있는 경우 사용 안함으로 카운트하여 사용 중인 노드의 개수를 비율로 표현한 것이다. 정확성은 실제로 네트워크에 보고한 위치가 정확한지를 나타낸다. 셀을 잘못 결정하게 되면 네트워크 상 단말 노드의 위치를 잘못 파악하게 되는 것이다 [6].

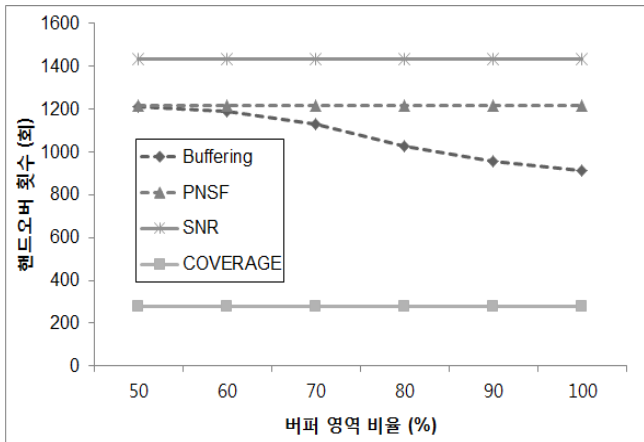
버퍼링 알고리즘의 최적 버퍼 크기를 찾기 위해 버퍼 크기를 셀 크기의 50%~100%까지 10%단위로 변경해가면서 실험하였다.

변수		값
실험 영역		1km * 1km
총 실험 시간		1,000sec
업데이트 주기		10sec
셀 수	AP	100개
	BS	3개
노드		100개
이동 패턴 모델		RWP
Node	Wimax	WimaxHelper
		NetDeviceContainer
		MobilityHelper
	Wifi	WifiHelper
		NetDeviceContainer
		YansWifiPhyHelper
		YansWifiChannelHelper



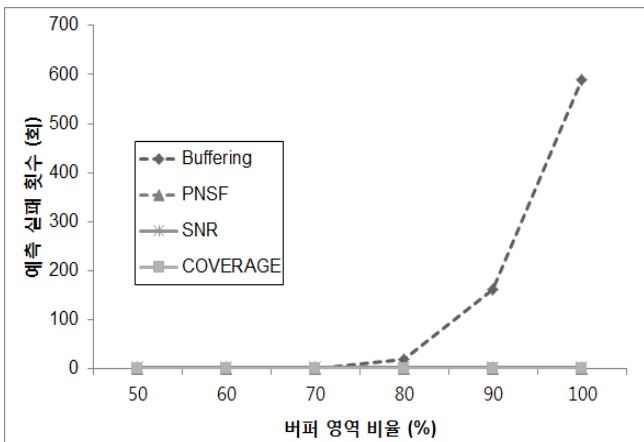
(그림 6) 셀 사용률

그림 6은 셀의 사용률을 보여주는 그래프이다. 버퍼링 알고리즘의 셀 사용률은 PNSF, SNR 알고리즘과 거의 비슷하거나 1.0% 정도 높은 수치를 나타내고 있다. Coverage 알고리즘은 전체 셀 중 BS만 사용하므로 2.9%의 매우 낮은 사용률을 보이고 있다.



(그림 7) 핸드오버 횟수

그림 7은 핸드오버 횟수를 비교하는 그래프이다. 버퍼 영역이 커질수록 핸드오버 횟수가 점차 감소되고 있음을 알 수 있다. SNR 알고리즘과 비교하면, 버퍼 영역이 있을 때 핸드오버 횟수가 점점 차이가 벌어지고 있다. 버퍼 영역의 비율이 70%일 때 20.9%, 100%일 때는 36.1%까지 향상되고 있다. PNSF 알고리즘에 대해서도 비율이 70%일 때 6.9%, 100%일 때 24.8% 향상된 결과가 나온다. 즉, 통신 중인 셀에서 핸드오버를 제한하는 것이 보다 좋은 성능을 보인다.



(그림 8) 정확성

그림 8은 정확성을 보여준다. 그림 7과 함께 비교해 보면, 버퍼 영역이 100%에 가까울수록 핸드오버 횟수는 줄어들지만 반대로 정확성은 떨어짐을 알 수 있다. 본 논문에서 정확성은 네트워크가 현재 단말 노드의 위치를 얼마나 정확하게 파악하고 있는지에 대한 것으로서 LBS와 같이 위치 정보를 이용하는 서비스에서 매우 중요한 요소이다. 결과에서는 버퍼 영역의 크기가 셀 크기의 70%까지 기존 PNSF 알고리즘과 비슷한 성능을 보인다.

지금까지 결과를 정리해 볼 때, 셀 사용률과 핸드오버 횟수 그리고 정확성 측면을 모두 고려하면 본 논문에서

제안한 버퍼링 알고리즘이, 버퍼 영역의 크기가 70%일 때 가장 우수한 성능을 보임을 알 수 있다.

### 5. 결론

본 연구를 통하여 관련 연구에서 제시한 PNSF 알고리즘에 버퍼 영역이라는 새로운 아이디어를 도입하여 셀이 겹치는 영역에서의 핸드오버 횟수를 감소시키는 효과를 얻을 수 있었다. 또한 셀에서 단말 노드들의 위치 정보를 파악하여 이러한 영역에서 정확성 측면에서의 성능을 높일 수 있었다.

현재 실험에서 사용된 SNR, PNSF, 버퍼링 알고리즘 모두 신호를 사용하고 있다. 특히 Wi-Fi의 경우 특정 장애물에 의한 방해나 신호 간섭 현상이 발생할 수 있기 때문에 이를 고려하기가 쉽지 않다. 따라서 이러한 문제 요소를 반영하여 보다 정확한 셀 선택 알고리즘이 향후 고려되어야 한다.

아울러 Levy와 Fuzzy 같은 다양한 이동 패턴 도입과 노드의 이동 방향에 대한 추세를 반영한 연구를 진행할 예정이다.

### 6. 사사

본 연구는 한국과학재단(KOSEF) 일반 연구자 지원사업(2009-0073072) 지원으로 수행되었음

### 참고문헌

- [1] J. Cho, J. Hwang, N. Kim, "Novel FMC network composition methods in 3W (WiBro, WiFi and WCDMA) environments", *IEEE 12th International Conference on Advanced Communication Technology*, Vol 2, 2010
- [2] J. Liu, "A Peer-Tree Based Location Lookup Service in Mobile Wireless Networks", *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, Vol 2010, April 2010, 2010
- [3] Q. Wang, T. Zhang, I. Balasingham, "Characterizing the Traffic Load Distribution in Dense Wireless Sensor Networks", *Academy Publisher Journal of Networks*, Vol 6, No 2, 2011
- [4] 강준석, 한승재, "Idle 상태 단말을 위한 이중 무선 통신망 환경에서의 네트워크 선택 알고리즘", *한국정보처리학회 춘계학술대회 학술발표논문집*, 제17권, 2호, 2010
- [5] NS-3 Tutorial, <http://www.nsnam.org/>
- [6] A. Kupper, "Location-based Services: Fundamentals and Operation", Wiley, 2006