

무선 멀티 홉 네트워크에서의 효율적인 핸드오버 결정 알고리즘

편도현, 현도현, 장주욱
서강대학교 전자공학과
e-mail : re20sfree@eeccal.sogang.ac.kr

An Efficiency Handover Decision Algorithm in Wireless Multi-hop Network

Do-Hyun Pyun, Do-Won Hyun, Ju-wook Jang
Dept of Electronic Engineering, Sogang University

요 약

본 논문에서는 무선 멀티 홉 네트워크에서 시스템 성능을 높이기 위한 효율적인 핸드오버 결정 알고리즘을 제안한다. 기존의 핸드오버 결정에 대한 연구들은 대부분 싱글 홉 환경에서 이루어졌고, 802.16 환경에서 중요한 이슈가 되는 사용자의 QoS 요구를 고려하지 않고 있다. 제안하는 알고리즘은 기지국(BS)으로의 전송 시간을 기준으로 하는 경로 결정 방법과 전송 시간, 사용자의 QoS 요구, 기지국의 트래픽 로드를 입력 값으로 하는 퍼지 로직 기반(Fuzzy Logic based)의 핸드오버 알고리즘을 포함한다. 제안하는 핸드오버 결정 알고리즘은 802.16j 환경의 특성을 고려하였으며, 기존의 SINR 기반의 방식에 비해 전송 시간, 세션 당 핸드오버 횟수, 전송 뭉침 횟수가 5%~30% 향상되는 결과를 가진다.

1. 서론

ITF에서는 IEEE 802.16의 전송 거리 및 송수신 효율을 높이기 위하여 멀티 홉 릴레이를 도입한 IEEE 802.16j에 대해서 표준화를 진행하고 있다[1]. 멀티 홉 릴레이를 통해 기지국의 영역 밖에서도 중계국(RS)을 통한 신호 전달이 가능해지는 한편, 기지국 영역 내에 있는 단말에 대해서는 중계국을 통한 높은 수준의 적응변조코딩(Adaptive Modulation and Coding)방식을 가지는 고품질의 경로를 설정할 수 있도록 함으로써 동일한 무선 자원으로 시스템 용량의 향상을 가져올 수 있게 된다.

기존의 싱글 홉 네트워크 환경에서는 고품질의 신호를 가진 기지국이 높은 전송 속도를 보장할 수 있기 때문에, 모바일 단말은 보다 높은 신호 품질을 제공받을 수 있는 기지국을 통해 통신하게 된다. 하지만 멀티 홉 네트워크에서는 기지국과 중계국 사이에 통신하는 과정에서 발생하는 중계 지연시간(Relaying Delay)으로 인해 발생하는 잘못된 경로 선택의 문제 때문에 신호 품질만으로는 적절한 기지국/중계기를 선택할 수 없다. 또한 모바일 단말의 이동성이 증가함에 따라 불필요한 핸드오버를 줄이고, 최적의 기지국/중계국을 선택할 수 있는 핸드오버 결정 알고리즘

의 중요성이 커지고 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2 절에서는 경로 결정/핸드오버와 관련된 기존의 연구 동향을 살펴보고, 3 절에서 중계 지연시간을 고려한 전송 시간 측정 방식과 전송 시간, 사용자의 QoS 요구, 기지국/중계국의 트래픽 양을 입력 값으로 사용한 퍼지 로직 기반의 핸드오버 알고리즘을 제안하였다. 4 절에서는 이러한 방식을 사용한 알고리즘의 성능이 SINR 기반의 방식에 비해 5%~30% 향상됨을 시뮬레이션 결과를 통해 검증하였다. 마지막으로 5 절에서는 결론과 추후 진행할 연구에 대해 설명하였다.

2. 기존 연구 동향

멀티 홉 네트워크에서 모바일 단말(MS)은 기지국에 직접 연결이 되거나 중계국을 거쳐서 통신할 수 있다. 이러한 경로 선택에 대한 문제에 대해 많은 연구들이 진행되었다. [2][3]에서는 고정 중계국 환경에서 거리, 패스 로스, SINR 기반 알고리즘을 통한 경로 선택 방법을 제시하고 있다. SINR 기반 알고리즘은 기지국과 중계국 사이에 높은 적응변조코딩(AMC) 모드를 지원하는 것을 가정으로 하고, 기지국/중계국으로부터 수신되는 SINR 값이 가장 큰 노드를 선택하는 방식을 사용한다. 하지만 기지국과 중계국 사이에 높은 적응변조코딩(AMC) 모드를 지원하더라도 중계 지연시간으로 발생하는 잘못된 경로 선택의 문제는 여전히 존재하기 때문에 멀티 홉 환경에 적합한 경로

“본 논문은 서울시가 시행하고 서울시립대학교 지능형 도시 사업단이 주관하는 서울시 산학연 협력 사업에서 지원을 받았습니다.”

선택 알고리즘은 아니다.

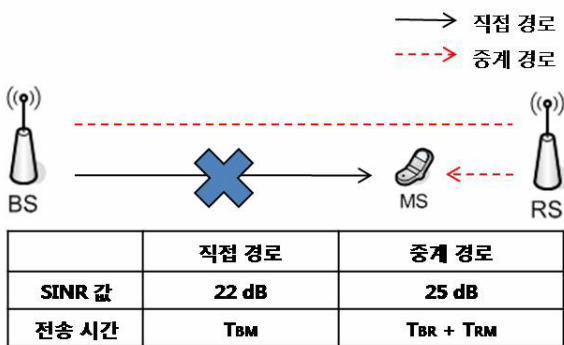
[2]에서는 Shannon 용량 공식을 바탕으로 추정 서비스 시간(ECT)을 계산하여 사용자가 보다 적은 ECT를 가진 노드를 선택하는 알고리즘을 제안하였다. 추정 서비스 시간은 모바일 단말이 중계국을 거쳐서 통신하는 경로가 포함되기 때문에 멀티 홉에 적용할 수 있는 방식이지만, 802.16 환경에서는 <표 1>과 같이 전송 속도가 적응변조코딩 방식에 따라 단계적으로 변화하기 때문에 실제적인 환경에 적합한 방식은 아니다.

기존의 퍼지 로직에 기반한 핸드오버 알고리즘들은 SINR 값, 모바일 단말의 속도, 거리, 트래픽 양 등을 퍼지 입력 값으로 하여 핸드오버 대상과 시점을 결정하였다[4][5]. 하지만 모두 싱글 홉 네트워크에서의 방식으로써 멀티 홉 환경에는 적합하지 않다. 따라서 802.16j 네트워크 환경에서 증가하는 모바일 단말의 이동성을 지원하기 위해서는 새로운 핸드오버 결정 알고리즘이 필요하다.

3. 제안 알고리즘

3.1. 전송 시간 계산

일반적인 싱글 홉 환경의 SINR 값 기반 경로 선택 알고리즘을 사용할 때, 모바일 단말은 보다 큰 SINR 값을 가진 중계국을 통해 통신을 시도하게 된다. 하지만 (그림 1)과 같은 경우 기지국에서 모바일 단말까지의 거리가 기지국에서 중계국까지의 거리보다 짧기 때문에 기지국에서 모바일 단말로 직접 전송하는 것이 보다 빠른 경우가 발생할 수 있다. 즉, 중계국이 더 큰 SINR 값을 가지더라도 기지국에서 중계국까지 전송되는 시간인 중계 지연 시간(T_{BR})을 고려하면 직접 경로가 중계 경로보다 더 빠른 전송 시간을 가질 수 있게 되는 것이다.



(그림 1) 잘못된 경로 선택의 문제

전송 시간 T_{BM} 과 $T_{BR}+T_{RM}$ 을 비교하여 경로를 선택한다면 잘못된 경로 선택의 문제를 해결할 수 있게 된다. [3]에서 Shannon 용량 공식을 기반으로 한 추정 서비스 시간을 사용하여 멀티 홉 환경에서 사용 가능한 경로 선택 알고리즘을 제안하였다. 하지만 실제적인 802.16 통신 환경에서는 전송 시간이 SINR 값에 따라서 선형적으로 증가 또는 감소하지 않는다.

<표 1>과 같이 기준 SINR 값에 따라 상황에 맞는

적응변조코딩 방식이 사용되고[6][7], 해당하는 적응변조코딩 방식은 실제적인 전송 속도를 결정하게 된다.

<표 1> SINR 값에 따른 적응변조코딩 방식

	QPSK 1/2	QPSK 3/4	16-QAM 1/2	16-QAM 3/4
최소 SINR	4 (dB)	6.8 (dB)	10 (dB)	13 (dB)
Data rate (Mbps)	5.65	8.47	11.29	16.94

즉, QPSK 1/2 코딩 방식을 사용하는 4 ~ 6.8 dB의 SINR 값에서는 모두 동일한 전송 속도로 통신하게 된다. 본 논문에서 제안하는 경로 선택 방식은 <표 1>에 명시되어 있는 전송 속도를 기준으로 직접 경로/중계 경로에 따른 전송 시간을 비교하는 방법이다.

직접 경로/중계 경로에 따른 링크 전송 시간 T는 식(1)에 따라서 계산된다.

$$T = \min\{T_{BS}, T_{RS}\} \tag{1}$$

$$T_{BS} = \frac{1}{DATA_RATE_{BM}} \tag{2}$$

$$T_{RS} = \frac{1}{DATA_RATE_{BR}} + \frac{1}{DATA_RATE_{RM}} \tag{3}$$

식 (2)의 $DATA_RATE_{BM}$ 은 기지국과 모바일 단말 사이의 전송 속도이다. 식 (3)의 $DATA_RATE_{BR}$ 은 기지국과 중계국 사이의 전송 속도이고, $DATA_RATE_{RM}$ 은 중계국과 모바일 단말 사이의 전송 속도이다. 이러한 전송 속도는 <표 1>의 값을 따른다.

3.2. 퍼지 로직 알고리즘

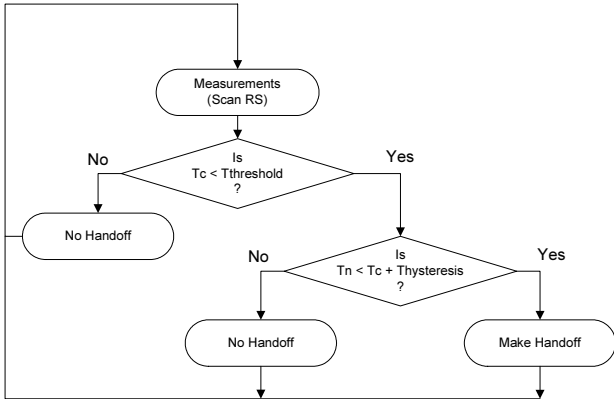
기존의 퍼지 로직에 기반한 핸드오버 알고리즘들은 기지국에서 기지국으로 이동하는 모바일 단말에 대한 핸드오버 방식이기 때문에 중계국을 거쳐 통신하는 멀티 홉 환경에는 적합하지 않다.

본 논문에서는 멀티 홉 환경의 특성을 반영하기 위해, 앞서 언급한 링크 전송 시간을 첫 번째 퍼지 로직 입력 값으로 사용하고, IEEE 802.16j 환경에서 핸드오버 시 Mac-layer에서 알 수 있는 정보인 모바일 단말의 QoS(Quality Of Service)를 두 번째 입력 값, 기지국과 중계국의 트래픽 양을 세 번째 입력 값으로 사용하였다.

(그림 2)는 본 논문에서 제안하는 멀티 홉 환경을 위한 퍼지 로직 기반 핸드오버 알고리즘의 동작을 나타내고 있다. 기지국으로부터 MOB_NBR-ADV 메시지를 받은 모바일 단말은 주변의 기지국/중계국에 대한 업데이트를 할 것인가에 대한 결정을 내린다[8]. 만일 업데이트를 하고자 한다면 Scanning 과정을 수행하고, 주변 기지국/중계국을 Scanning 하는 과정 안에서 모바일 단말은 핸드오버에 필요한 정보들을 수집한다.

모바일 단말 Scanning 과정에서 기지국/중계국에 대한 SINR 값을 얻을 수 있으며, 식 (2) 또는 식 (3)을

통해서 현재 자신이 통신하고 있는 기지국/중계국으로의 전송시간 T_c 를 계산한다.

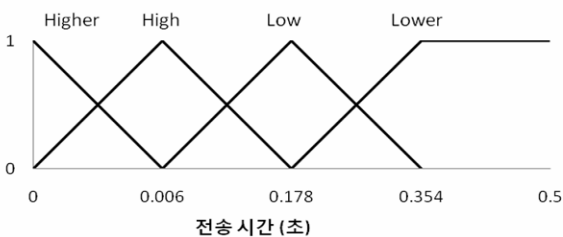


(그림 2) 제안된 핸드오버 결정 알고리즘

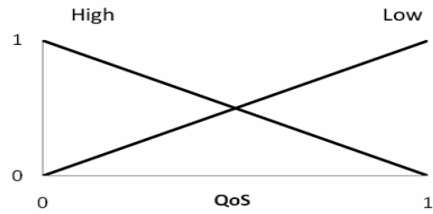
<표 2> 제안된 퍼지 로직 시스템 Rules

Rule No.	Time	QoS	Traffic load	$T_{threshold}$	$T_{hysteresis}$
1	Higher	High	High	Normal	Normal
2	Higher	High	Low	Lower	Higher
3	Higher	Low	High	Lower	Higher
4	Higher	Low	Low	Lowest	Highest
5	High	High	High	High	Low
6	High	High	Low	Low	High
7	High	Low	High	Low	High
8	High	Low	Low	Lower	Higher
9	Low	High	High	Higher	Lower
10	Low	High	Low	High	Low
11	Low	Low	High	High	Low
12	Low	Low	Low	Low	High
13	Lower	High	High	Highest	Lowest
14	Lower	High	Low	Higher	Lower
15	Lower	Low	High	Higher	Lower
16	Lower	Low	Low	Normal	Normal

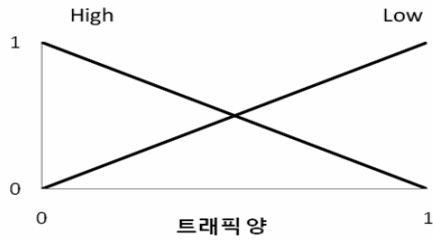
모바일 단말의 현재 T_c 가 <표 2>를 바탕으로 추정할 수 있는 $T_{threshold}$ 보다 작다면 핸드오버를 위한 다음 단계로 넘어간다. <표 2>의 $T_{threshold}$ 값과 $T_{hysteresis}$ 값은 모바일 단말과 해당 기지국/중계국 사이의 전송 시간, QoS, 해당 기지국/중계국의 트래픽 양을 바탕으로 추정되는 퍼지 로직 시스템의 규칙들이다. 다음 단계에서 모바일 단말은 핸드오버가 가능한 모든 기지국/중계국에 대해 $T_c + T_{hysteresis}$ 값과 해당 노드와의 전송시간인 T_n 을 비교하게 되며, $T_n < T_c + T_{hysteresis}$ 값을 만족한다면 T_n 값을 갖는 기지국/중계국으로 통신한다. 만일 이 값을 만족하는 경로가 다수 발생할 경우, 가장 낮은 T_n 값을 갖는 경로를 선택한다.



(그림 3) 퍼지 입력 값의 멤버십 함수 - 전송 시간



(그림 4) 퍼지 입력 값의 멤버십 함수 - QoS



(그림 5) 퍼지 입력 값의 멤버십 함수 - 트래픽 양

4. 성능 측정 및 결과

제안된 알고리즘의 성능은 SINR 값에 기반한 알고리즘과 비교하여 측정하였다. 성능 측정을 위해 C++로 제작한 자체 시뮬레이터를 이용하였으며 시스템에 모바일 단말의 수가 늘어날 때의 평균 전송 시간, 세션당 평균 핸드오버 횟수, 통신이 끊긴 횟수를 성능 평가 지표로 사용하였다. 시뮬레이션의 기본 환경은 <표 3>과 같으며 거리에 따른 손실 값은 LOS/NLOS 모델을 사용하였다[9]. 또한 기본 네트워크 환경은 기지국 하나와 중계국 8 개로 구성된 3-hop Manhattan Topology로 구축하였다.

<표 3> 시뮬레이션 환경 변수

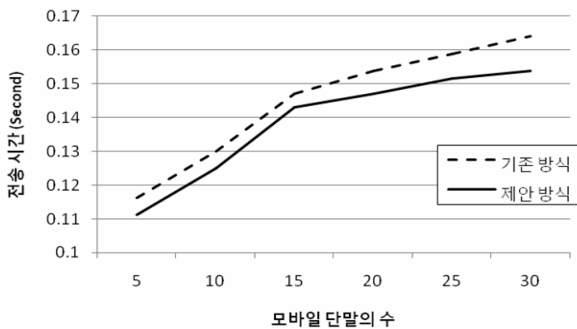
환경 변수		값
모바일 단말의 분산도		Uniform
중계국 거리		400 m
반송파 주파수		5 GHz
대역폭		10 MHz
전송 파워	기지국	40 dBm
	중계국	30 dBm
모바일 단말의 속도		5 ~ 40 km/h (무작위) 2 초마다 3 km/h 범위 내에서 변화
모바일 단말의 이동 방향		0~360° (무작위) 2 초마다 90° 범위 내에서 변화

(그림 6)은 시뮬레이션 과정에서 측정된 평균 전송 시간을 보여주고 있으며, 1Mb의 데이터를 전송할 경우 제안된 알고리즘이 기존의 SINR 기반의 방식에 비해 평균적으로 약 4.6% 빠른 전송 시간을 가지는 것을 알 수 있다. (그림 7)은 세션당 핸드오버 횟수를 측정된 결과이다. 제안된 알고리즘은 퍼지 로직 입력 값에 따라 핸드오버의 기준을 유동적으로 변화시켜주

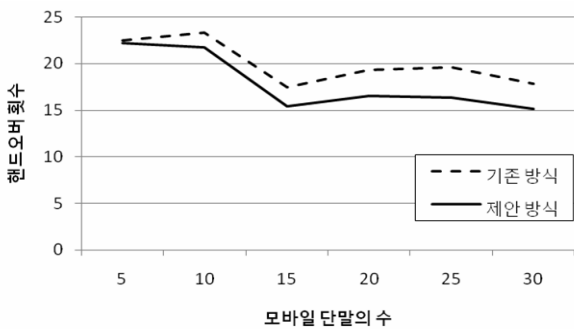
므로 불필요한 핸드오버 횟수를 줄일 수 있고, 결과적으로 전체 핸드오버 수를 평균 11.7% 정도 감소시키는 역할을 하게 된다. (그림 8)은 세션당 전송 끊김 횟수를 측정한 결과이다. 제안된 알고리즘은 현재 통신하고 있는 기지국/중계국의 트래픽 양을 고려하기 때문에 높은 트래픽을 가지고 있을 경우, 보다 적은 트래픽을 가진 노드로 이동하려는 성향을 가진다. 또한 적응변조코딩 방식에 따라 적절한 통신 상태를 유지하기 때문에 기존의 방식에 비해 접속이 끊기는 횟수를 최대 2/5 정도까지 줄여주는 것을 확인할 수 있다.

<표 4> 기존 알고리즘과의 성능 비교

	SINR 기반	제안 알고리즘	성능 비교
전송 시간 (avg.)	144.95 (ms)	138.56 (ms)	4.6% 향상
핸드오버 횟수 (avg.)	20.0	17.9	11.7% 향상
전송 끊김 횟수 (avg.)	50.3	37.2	35.1% 향상



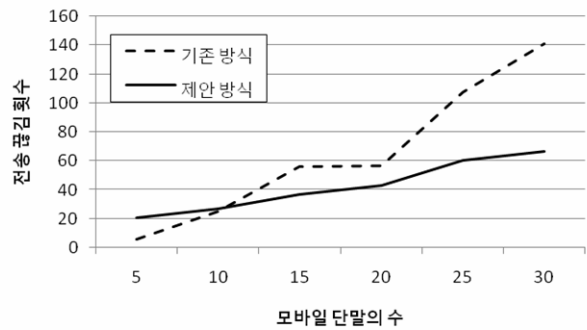
(그림 6) 사용자 수에 따른 평균 전송 시간



(그림 7) 사용자 수에 따른 세션당 핸드오버 횟수

5. 결론

멀티 홉 환경에서 중계 전송 시에 발생하는 중계 지연시간은 잘못된 경로를 선택하게 되는 문제를 발생시킨다. 이러한 문제는 기존의 핸드오버 알고리즘을 멀티 홉 환경에 적용할 수 없게 하는 큰 이유가 된다.



(그림 8) 사용자 수에 따른 전송 끊김 횟수

제안된 알고리즘은 기지국/중계국으로 직접 또는 중계 전송하는 시간을 사용하여, 이러한 문제를 해결하였다. 그리고 전송 시간, 사용자의 QoS 요구, 트래픽 양을 입력 값으로 하여 IEEE 802.16j 환경에 적합한 퍼지 로직 기반의 핸드오버 알고리즘을 제안하였다. 성능 측정을 통해 제안된 알고리즘이 기존의 방식에 비해 약 4.6% 빠르게 통신한다는 결과를 얻을 수 있었다. 그리고 핸드오버 횟수가 약 11.7% 적어짐에 따라 핸드오버 시 발생하는 오버헤드를 줄일 수 있다. 또한 네트워크에 사용자가 많아짐에 따라 전송 끊김 횟수는 최대 2/5 정도 까지 줄어든다. 이러한 결과들은 제안된 알고리즘을 사용함으로써 시스템의 전체적인 성능을 향상시키는 결과를 기대할 수 있도록 한다.

현재 본 논문에서 제안한 핸드오버 알고리즘을 NS-2 로 구현된 802.16j 시뮬레이터 환경에 적용하는 연구를 진행하고 있다. 이러한 연구를 통해 핸드오버 시에 얻을 수 있는 향상된 결과들이 전체적인 시스템의 성능 향상에 미치는 영향에 대해서 알 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] IEEE 802.16j-MMR. "Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems – Multihop Relay Specification"
- [2] Jong-Wuk Son. "Serving Node Selection in Wireless Multi-hop Cellular System"
- [3] Won-Hyoung Park. "Resource Management Policies for Fixed Relays in Cellular Networks"
- [4] Linlin Yang. "Fuzzy Logic Based handover in MC-CDMA System"
- [5] Manpreet Singh Dang. "Fuzzy Logic Based handoff In Wireless Networks"
- [6] Ioutfi Nuaymi. "WiMAX – Technology for Broadband Wireless Access"
- [7] H.Hu. "Performance Analysis of Cellular Networks with Digital Fixed Relays"
- [8] IEEE 802.16e. "Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems, Amendment 2"
- [9] D.Baum. "An interim channel model for beyond-3G systems"