

무선 ATM LAN 환경에서 경로 확장 기법의 루프 제거 및 경로 최적화 알고리즘 연구

정회원 최우진, 박영근*

Loop Cancellation and Path Optimization of Path Extension Handover in a Wireless ATM LAN

Woo-Jin Choi*, Young-Keun Park* *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 무선 ATM LAN 환경에서 기지국 기반 경로 확장 기법의 루프 제거 및 경로 최적화 알고리즘을 제안한다. 제안하는 경로 최적화 알고리즘은 다각 루프 제거법과 삼각 루프 제거법의 두 단계로 이루어져 있다. 단말기의 이동각을 고려한 순서쌍의 개념을 도입하여 핸드오버하는 단말기의 위치를 표현하고, 계산된 순서쌍을 이용하여 경로 최적화를 수행한다. 우리는 핸드오버 지연 시간, 통신 단절 시간, 버퍼 요구량, 그리고 총시그널링 교환 시간 등을 이용하여 제안하는 기법과 앵커 재라우팅 기법을 비교하였다. 이러한 비교 평가를 통하여 제안하는 기법이 경로 확장 기법의 장점인 빠른 핸드오버를 보장하면서도 경로 상에서 발생하는 루프의 제거와 경로의 최적화를 효과적으로 수행할 수 있음을 보였다.

ABSTRACT

There has been increasing interest in broadband services to mobile terminals. Wireless ATM will be used to support broadband services for future generation mobile service. We propose an algorithm for handover in wireless ATM LANs. We have studied how to treat the loop cancellation and optimization of path extension handover scheme, and present path optimization algorithms : polyangular loop cancellation and triangular loop cancellation. We express the location of MT(mobile terminal) by direction angle, and the direction angles can be converted into direction vectors. Using direction vectors, we can find the current optimal path of MT. The analysis and the experimental results show that the proposed scheme provides the better performance than that of anchor rerouting scheme in average handover delay, handover disruption delay, and buffer requirements.

I. 서론

이동 단말기를 통해 멀티미디어 서비스를 제공받 고자 하는 소비자들의 요구에 따라, 기존의 음성 트 래픽 전용 무선 통신망은 다양한 광대역 서비스를 수용하는 방향으로 발전하고 있다. 이러한 발전방향 과 무선기술의 발달을 배경으로 무선 ATM이 등장 하게 되었다. 무선 ATM은 무선 채널을 통해 이동

환경에서도 유선 ATM과 접속할 수 있고, 유선 ATM에서 지원하는 다양한 형태의 광대역 서비스를 지원할 수 있는 유선 ATM의 확장된 개념으로써, 크게 Radio ATM과 Mobile ATM으로 나눌 수 있 다^[1]. Mobile ATM은 ATM 단말기의 이동성을 지 원하는 부분으로 위치 관리와 핸드오버 등의 기능 을 포함한다. 핸드오버란 호가 연결된 상태에서 단 말기가 현재의 셀 경계에서 벗어나 다른 셀로 진입 할 때 혹은 무선 환경이 악화되어 현재의 기지국과

* 연세대학교 전기·컴퓨터공학과 컴퓨터통신연구실(ypark@yonsei.ac.kr)
 논문번호: 00037-0121, 접수일자: 2000년 1월 21일

의 연결이 불가능할 때, 현재 서비스를 제공해주는 기지국에서 새로운 기지국으로 채널을 변경하여 진행 중인 호의 연속성을 보장해주는 것이다^[2].

멀티미디어 서비스를 지원하기 위해서는 QoS (Quality of Service)를 보장해 주어야 한다. QoS란 특정 서비스 사용자가 그 서비스에 대하여 만족감을 느끼는 정도를 결정하는 서비스의 총체적 효과를 의미한다^[3,4]. 무선 통신망에서는 단말기의 이동성 때문에 QoS를 보장해주는 것이 쉽지 않다. 여기에 작은 크기의 셀에 바탕을 둔 무선 통신망 때문에 이 문제는 더욱 복잡해진다. 점차로, 무선 통신망을 구성하는데 작은 크기의 셀을 이용하고 있으며, 작은 크기의 셀 구조에서는 핸드오버가 일어날 확률이 더욱 커진다. 따라서, 빈번한 핸드오버를 효율적으로 다룰 수 있는 기법이 필요하다.

지금까지 무선 ATM 핸드오버의 다양한 요구사항들을 만족시키기 위하여 다양한 핸드오버 기법들이 제안되어져 왔다. 본 논문에서는 제안되어진 기법들 중 경로 확장 기법에서의 루프 제거 및 경로 최적화 알고리즘을 제안한다. 이를 통하여 핸드오버를 신속하게 수행하고 무결성을 보장하는 경로 확장 기법의 장점을 보장하면서, 최적의 경로를 획득할 수 있다.

II. 제안하는 핸드오버 기법

2.1 기본가정과 개념

본 논문에서는 LAN 환경에서의 무선 ATM을 적용 대상으로 삼는다. 고려하는 통신망에서 셀의 크기는 room-size의 피코 셀이고, 통신망의 구조는 평면 구조(Flat Network Architecture)이다. 각 셀마다 기지국이 존재하고, 기지국은 스위칭 기능을 갖고 있으며 이웃하는 기지국들과 완벽하게 연결되어 있다고 가정한다. 이러한 가정은 기지국 기반(Base-Station-Based) 핸드오버 기법^[5]을 바탕으로 한 것이다. 기지국에 스위칭 기능을 부가함으로써, 기존의 기지국과 이동하려 하는 기지국, 그리고 단말기만이 핸드오버 시그널링 메시지의 교환에 관여하게 되고, 이를 통하여 보다 빠른 핸드오버를 수행할 수 있게 된다.

고려하는 통신망의 셀들은 7개의 묶음으로 무리 지을 수 있다. 이때, 한 묶음 안의 셀들을 그림 1(a)와 같이 이롭짓는다면, 이러한 묶음들을 규칙적으로 배열하여 그림 1(b)와 같은 통신망을 구성할 수 있

다. 이러한 규칙적인 배열을 통하여, 통신망 안의 임의의 셀을 고려하여도 그 주변 기지국들의 위치는 항상 동일하게 배열된다.

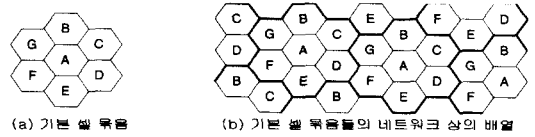


그림 1. 제안하는 기법에서 가정하는 통신망의 셀 배치도

가정된 통신망의 배치도에 따르면, 특정한 셀을 중심으로 서로 구별되는 6개의 셀들이 위치하게 된다. 즉, 어느 한 셀을 중심으로 구별되는 6개의 셀들, 다시 말해 이동할 수 있는 여섯 가지의 방향성이 존재하게 된다.

핸드오버를 수행하는 과정에서 단말기는 자신이 이동하는 방향에 존재하는 단 하나의 기지국을 선택할 수 있는 능력이 있다고 가정하면, 핸드오버는 단말기가 현재 위치하는 셀과 그 이웃하는 서로 구별되는 6개의 셀들 중 어느 하나 사이에서 발생하게 된다. 그림 1(a)에서 셀 A로부터 다른 셀들로의 이동 가능성을 생각해 보면, 단말기는 현재 자신이 위치하는 셀 A를 중심으로 여섯 가지의 방향각을 갖게 된다. 이러한 방향각은 나머지 6개의 셀을 중심으로 놓고 볼 때에도 마찬가지로 존재한다. 이것을 표 1에 정리하였다.

표 1. 한 셀에서 다른 셀로 이동할 경우의 방향각

도착 출발	A	B	C	D	E	F	G
A	x	90°	30°	-30°	-90°	-120°	120°
B	-90°	x	-30°	90°	120°	30°	-120°
C	-120°	120°	x	-90°	30°	90°	-30°
D	120°	-90°	90°	x	-120°	-30°	30°
E	90°	-30°	-120°	30°	x	120°	-90°
F	30°	-120°	-90°	120°	-30°	x	90°
G	-30°	30°	120°	-120°	90°	-90°	x

이 때, 이동 방향이 기준 셀을 중심으로 양각을 이루는 것을 +1, 음각을 이루는 것을 -1이라고 설정한다. 한편, 여섯 가지의 방향각은 각각 반대 방향끼리 묶어 세 쌍을 이루게 된다. 예를 들면, 'A→B'(+1)와 'A→E'(-1)가 한 쌍을 이룬다. 이러한 세 쌍의 방향각을 구별해 주기 위하여 순서쌍의 개념을 도입한다. 예를 들어 +30° / -120° 로의 이동은

$(\pm 1, 0, 0)$ 으로 표현해 준다(그림 2). 이러한 개념을 바탕으로 표 1의 방향각을 표 2의 순서쌍으로 다시 표현하였다.

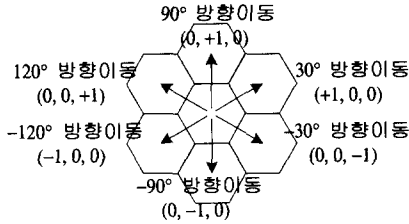


그림 2. 방향각과 순서쌍 사이의 관계

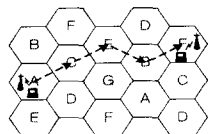
표 2. 한 셀에서 다른 셀로 이동할 경우의 순서쌍

도착 출발	A	B	C	D	E	F	G
A	×	(0, +1, 0)	(+1, 0, 0)	(0, 0, -1)	(0, -1, 0)	(-1, 0, 0)	(0, 0, +1)
B	(0, -1, 0)	×	(0, 0, -1)	(0, +1, 0)	(0, 0, +1)	(+1, 0, 0)	(-1, 0, 0)
C	(-1, 0, 0)	(0, 0, +1)	×	(0, -1, 0)	(+1, 0, 0)	(0, +1, 0)	(0, 0, -1)
D	(0, 0, +1)	(0, -1, 0)	(0, +1, 0)	×	(-1, 0, 0)	(0, 0, -1)	(+1, 0, 0)
E	(0, +1, 0)	(0, 0, -1)	(-1, 0, 0)	(+1, 0, 0)	×	(0, 0, +1)	(0, -1, 0)
F	(+1, 0, 0)	(-1, 0, 0)	(0, -1, 0)	(0, 0, +1)	(0, 0, -1)	×	(0, +1, 0)
G	(0, 0, -1)	(+1, 0, 0)	(0, 0, +1)	(-1, 0, 0)	(0, +1, 0)	(0, -1, 0)	×

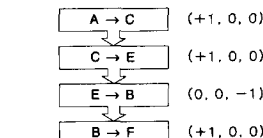
2.2 경로 최적화 알고리즘 I - 다각 루프 제거법

앞서 서술한 기본개념을 바탕으로 한 단말기가 경로 확장 기법에 따라 핸드오버하며 이동하는 경우를 고려한다. 그림 3에서 단말기가 네트워크 상의 한 셀 A에서 출발하여 C와 E, 그리고 B를 경유하여 F에 다다르는 경우를 예시하였다.

단말기가 이동하여 한 번 핸드오버가 일어날 때마다 하나의 순서쌍이 생기게 된다. 이러한 순서쌍들을 합함으로써 전체 이동 경로를 표현할 수 있다. 즉, 예로 든 이동에서 A에서부터 F까지의 이동은 순서쌍 $(+3, 0, -1)$ 으로 표현된다. 경로 확장 기법에 의한 핸드오버에서 최적화 알고리즘의 첫 단계로 소개하는 다각 루프 제거법의 예를 그림 4에 표현하였다.



(a) 예시 그림



(b) 예시 그림의 각 핸드오버에 따른 순서쌍

그림 3. 제안하는 방법으로 표현하는 핸드오버의 예

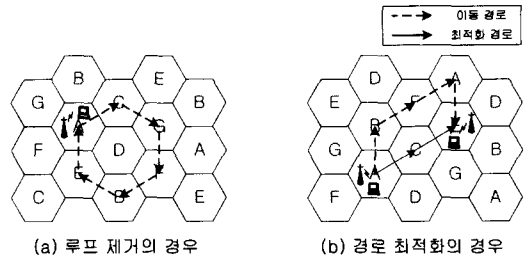


그림 4. 경로 최적화 알고리즘 I의 예

경로 최적화 알고리즘 I은 단말기가 위치했던 기존의 셀에서부터 핸드오버를 한 후에 현재 위치하는 셀까지의 순서쌍을 계산하는 것이다. 단말기가 이동하여 발생한 순서쌍을 계산하여 줄으로써 최적의 경로를 구할 수 있다. 그림 4(a)에서 셀 A에서 출발한 단말기가 육각형을 그리며 다시 셀 A로 돌아왔다. 이 경우, 순서쌍의 합은 $(0, 0, 0)$ 이 된다. 이를 통하여 단말기가 출발한 셀로 되돌아왔음을 알 수 있고, 경로 상에 발생한 루프를 제거하게 된다. 그림 4(b) 경로 최적화의 경우, 핸드오버 순서쌍의 합은 $(+2, 0, 0)$ 이 되고, 이는 출발한 셀로부터 30° 방향으로 두 번 이동한다는 의미이므로, 최적의 경로는 출발한 셀 A와 C, E를 잇는 경로임을 알 수 있다.

2.3 경로 최적화 알고리즘 II - 삼각 루프 제거법

경로 최적화 알고리즘 I은 여러 가지 모양의 다각 루프나 경로 최적화를 수행하는데 효율적인 역할을 수행한다. 하지만 만일 단말기가 핸드오버하며 삼각 루프를 형성하게 되면 경로 최적화 알고리즘 I만 가지고는 루프의 제거를 이룰 수가 없게 된다. 그림 5에 삼각 루프의 예를 들었다.

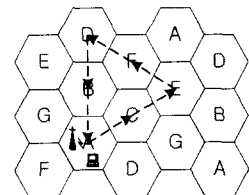


그림 5. 경로 최적화 알고리즘 II의 예

그림 5와 같이 단말기가 셀 A에서 출발하여 삼각형을 그리며 다시 셀 A에 도달할 경우, 핸드오버 순서쌍은 $(+2, -2, +2)$ 으로 표현되어진다. 그러므로, 그림 5에 표현되어진 바와 같은 삼각 루프는 경로 최적화 알고리즘 I을 통하여서는 제거할 수가 없

다. 따라서, 삼각 루프를 제거하는 새로운 경로 최적화 알고리즘을 제안한다. 삼각 루프를 형성하기 위해서는, 단말기가 경로 진행 방향에서 $\pm 120^\circ$ 각인 방향의 셀로 이동하는 과정이 선행된다. 전제된 가정 아래에서 그러한 경우가 발생하는 것은 그림 6의 파선으로 표현한 여섯 가지 경우이다.

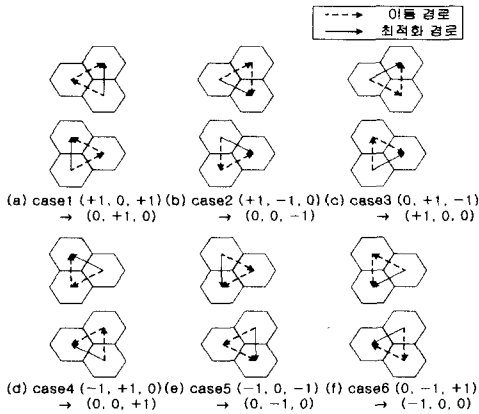


그림 6. 삼각 루프 제거법에 의한 경로 최적화

각각의 경우에 대한 최적화 경로를 그림 6의 파선으로 표현하였다. 그리고 각 경우의 순서쌍 최적화를 표 3에 정리하였다. 그림 6의 어느 한가지 경우가 발생하면 표 3을 통하여 최적의 경로를 찾아내어 해당하는 최적 순서쌍으로 바꾸어 줌으로써 최단 경로를 획득하게 된다.

표 3을 통하여 그림 5의 순서쌍 (+2, -2, +2)는 (+1, -1, +1)(case1), (0, 0, 0)(case2)로 계산되어 단말기가 출발한 셀로 되돌아 왔음을 알 수 있고, 경로 상에서 발생한 루프를 제거하게 된다.

표 3. 삼각 루프 제거법에 의한 순서쌍 최적화

	case1	case2	case3	case4	case5	case6
경로 최적화 이전	(+1, 0, +1)	(+1, -1, 0)	(0, +1, -1)	(-1, +1, 0)	(-1, 0, -1)	(0, -1, +1)
경로 최적화 이후	(0, +1, 0)	(0, 0, -1)	(+1, 0, 0)	(0, 0, +1)	(0, -1, 0)	(-1, 0, 0)

2.4 제안하는 기법에 의한 핸드오버 처리 동작

최초로 상대방 단말기와 연결이 설정되면 해당 셀의 스위치는 SON(Switch Over Node)이 되어 단말기의 ID와 순서쌍 (0, 0, 0)을 테이블에 저장한다. SON이란 기존 연결 경로 상의 스위치 중에서 경로 최적화의 중심이 되는 스위치를 가리키고, SON의

테이블에는 단말기의 ID와 순서쌍, 그 단말기의 핸드오버 수행횟수가 저장된다. 핸드오버 수행횟수는 각 경로 최적화 주기마다 리셋시켜 준다. 핸드오버가 발생하면, 기존의 기지국은 이동하려고 하는 기지국으로 경로 확장 기법에 의해 연결을 구축하고, 새롭게 발생한 순서쌍의 값을 SON에게 전송한다. 이 과정에서 이루어지는 시그널링 메시지의 교환을 그림 7에 제시하였다.

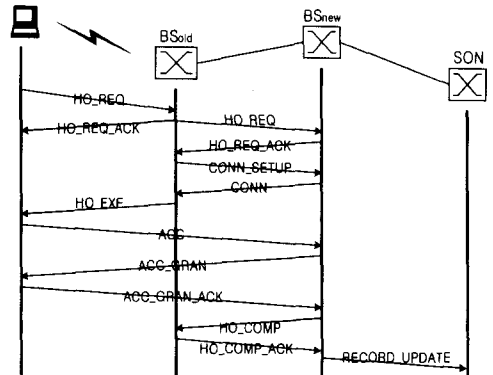


그림 7. 제안하는 기법에서의 핸드오버 과정

경로 확장 기법에 의한 핸드오버는 루프가 발생하고 경로가 최적이지 못할 가능성을 지니고있다. 따라서 주기적으로 경로를 최적화 시켜주어야 한다. 경로를 최적화 시켜주기 위하여 SON은 일정 수준의 순서쌍이 축적된 후에 경로 최적화 알고리즘을 가동하여 그 동안 발생한 루프를 제거하고 경로를 최적화 시킨다. 경로 최적화 과정에서 이루어지는 시그널링 메시지의 교환은 그림 8에 나타내었다.

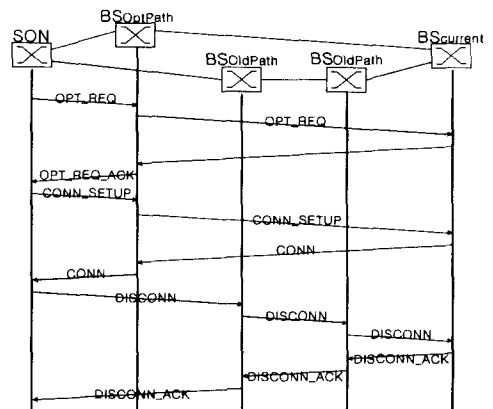


그림 8. 제안하는 기법에서의 경로 최적화 과정

2.5 경로 최적화 처리 순서도

제안하는 기법의 경로 최적화 처리 순서도를 살펴보면, 그림 9와 같다.

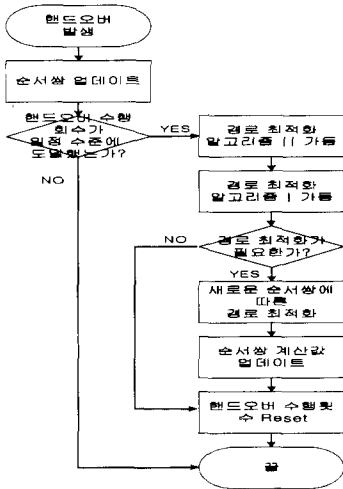


그림 9. 경로 최적화 과정 처리 알고리즘

SON은 핸드오버가 발생할 때마다 새롭게 추가된 순서쌍들을 테이블에 저장한다. 핸드오버 발생 횟수가 일정 수준이 되면 SON은 경로 최적화 알고리즘을 가동시켜 최적의 순서쌍을 계산한다. 계산된 결과값이 기존의 순서쌍과 같다면 경로 최적화 과정은 필요가 없으므로 더 이상의 단계를 밟지 않고 경로 최적화 처리를 끝낸다. 만일 계산된 결과값과 기존의 순서쌍이 다르다면 이는 경로 최적화가 필요하다는 의미이므로 그림 8과 같은 과정을 밟아서 경로를 최적화시키고 계산된 순서쌍을 SON의 테이블에 저장한다.

III. 수학적 분석 및 결과 고찰

수학적 분석에 사용한 파라미터들을 표4에 소개한다.

이러한 파라미터들을 이용하여 표 5의 메시지 전송 시간을 구할 수 있다.

제안하는 핸드오버 기법의 성능평가를 위하여 이동후 경로의 최적화와 핸드오버 지연 시간, 통신 단절 시간, 버퍼 요구량 등을 측정한다. 이러한 값들은 표 4와 표 5를 이용하여 유도할 수 있다. 핸드오버 지연 시간과 통신 단절 시간을 구하기 위하여 시그널링 메시지의 처리 시간이 필요하다. 참고문헌

표 4. 수학적 분석에 사용한 파라미터

파라미터	설명	크기
M_{sig}	시그널링 메시지의 크기	50Bytes
M_{data}	데이터 패킷의 크기	8KBytes
BW_{sig}	시그널링 채널의 대역폭	64Kbps
BW_{data}	데이터 채널의 대역폭	1Mbps
$L_{wireless}$	무선 링크의 전달 지연 시간(Propagation Delay)	$3 \mu s$
L_{sw}	스위치 간의 전달 지연 시간	$50 \mu s$
$S_{setup-sig}$	SETUP 메시지의 처리에 걸리는 시간	8ms
$S_{other-sig}$	다른 시그널링 메시지의 처리에 걸리는 시간	3ms
S_{sig}	스위치에서 시그널링 메시지 통과 시간	0.3ms
S_{data}	스위치에서 ATM 셀의 처리에 걸리는 시간	$10 \mu s$
S_{mobile}	단말기에서 시그널링 메시지 처리에 걸리는 시간	5ms
$N_{optPath}$	제안하는 기법에서 최적화 경로 안의 스위치 수	
$N_{oldPath}$	제안하는 기법에서 기존 경로 안의 스위치 수	
$N_{old-Anchor}$	앵커 재라우팅에서 단말기가 존재하던 기존 기지국과 앵커 스위치 사이의 스위치 수	
$N_{new-Anchor}$	앵커 재라우팅에서 단말기가 이동하는 새로운 기지국과 앵커 스위치 사이의 스위치 수	

표 5. 메시지 전송 시간

전송 시간	메시지 종류	설명	크기
$T_{sig-wireless}$	시그널링	무선 링크간 전송시간	$M_{sig}/BW_{sig} + L_{wireless}$
T_{sig-sw}	시그널링	스위치 사이의 전송시간	$M_{sig}/BW_{sig} + L_{sw}$
$T_{data-wireless}$	데이터	무선 링크간 전송시간	$M_{data}/BW_{data} + L_{wireless}$
$T_{data-sw}$	데이터	스위치 사이의 전송시간	$M_{data}/BW_{data} + L_{sw}$

[6]을 참고하여 시그널링 메시지들의 처리 시간을 계산하였다.

모의 실험을 위하여 그림 10과 같은 평면 통신망 구조를 고려한다. 이 통신망은 2.1절에서 제시한 것과 같이 각 셀마다 존재하는 ATM 스위치는 이웃하는 스위치들과 완벽하게 연결되어 있다고 가정한다. 단말기는 0번 셀에서 최초로 호를 설정하고, 그 셀을 출발하여 화살표 방향을 따라 다각 루프를 그리며 다시 출발점으로 돌아온다.

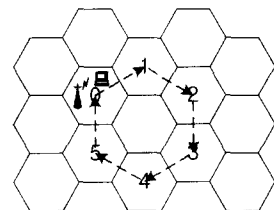


그림 10. 모의실험을 위한 상황 설정

제안하는 기법의 성능을 평가하기 위하여 같은 상황에서 단말기가 앵커 재라우팅 기법에 따라 핸드오버할 경우의 성능과 비교한다. 앵커 재라우팅

기법에서는 그림 10의 0번 셀에 존재하는 ATM 스위치를 앵커 스위치로 설정한다.

3.1 이동 후 경로 최적화

제안하는 기법에서 경로 최적화 과정을 수행하기 위하여서는 그림 8에서 보인 것과 같은 시그널링 메시지들이 사용되고, 이에 따른 망 자원의 소모가 발생한다. 만일 핸드오버가 발생할 때마다 경로 최적화를 시켜주게 되면 많은 양의 망 자원이 소모될 것이다. 한편, 경로 최적화 과정을 도입하지 않는다면, 경로의 길이가 길어지고 연결을 유지하기 위한 망 자원의 소모가 커지게 된다. 따라서, 핸드오버가 발생할 때마다 경로를 최적화시켜 주는 경우와 2회당 한번씩 경로 최적화를 시켜주는 경우, 3회당 한번씩 경로를 최적화시켜 주는 경우를 비교하여 보았다. 그 결과는 그림 11과 같다.

단말기가 1번 셀에 위치하는 경우(순서쌍 (+1, 0, 0))와 2번 셀에 위치하는 경우(순서쌍 (+1, 0, -1))에는 경로 최적화가 필요없다. 경로 최적화 과정은 단말기가 3번 셀로 이동한 후부터 이루어지게 되며, 그림 11에서 보는 바와 같이 핸드오버가 발생할 때마다 경로 최적화 과정을 수행할 경우에는 이동 후의 홉 수가 최소값을 갖음을 알 수 있다. 그에 비하여 2회당 혹은 3회당 경로 최적화를 시켜 주는 경우는 경로 최적화 과정이 수행되지 않는 셀에서는 최적의 경로를 따르지 못함을 알 수 있다. 한편, 앵커 재라우팅 기법에 따라 핸드오버를 하는 경우는 그림 11의 1회당 경로 최적화를 시켜주는 경우와 같은 결과를 나타내었다.

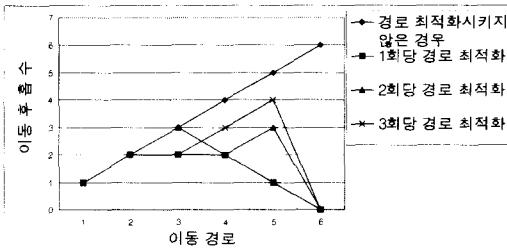


그림 11. 경로 최적화 후의 홉 수

3.2 핸드오버 지연 시간(Handover Delay)

핸드오버 지연 시간은 QoS와 스위치의 버퍼링을 결정하는 중요한 파라미터 중 하나이다. 핸드오버에 걸리는 시간이 최소화되어야 사용자가 핸드오버의 영향을 적게 받는다. 핸드오버 지연 시간 $T_{HO-Delay}$ 는

단말기가 HO_REQ 메시지를 보내는 순간부터 HO_EXE 메시지를 받는 순간까지로 정의한다. 따라서 $T_{HO-Delay}$ 는 이러한 두 메시지를 주고 받는 동안의 모든 시그널링 메시지의 처리와 전송에 걸리는 시간들을 합함으로써 얻을 수 있다. 그러므로 제안하는 기법의 핸드오버 지연 시간은

$$\begin{aligned}
 T_{HO-Delay} &= T_{HO_REQ[MT]} + T_{HO_REQ[BS]} + T_{HO_REQ_ACK} \\
 &+ T_{CONN_SETUP} + T_{CONN} + T_{HO_EXE} \\
 &= 2T_{sig-wireless} + 4T_{sig-sw} + S_{mobile} + 4S_{other-sig} \\
 &+ S_{setup-sig} \quad (1)
 \end{aligned}$$

로써 표현된다.

같은 방법으로 앵커 재라우팅 기법에서의 핸드오버 지연 시간을 계산하면 식 (2)와 같다.

$$\begin{aligned}
 T_{HO-Delay} &= T_{HO_REQ[MT]} + T_{HO_REQ[BS]} + T_{HO_REQ[Anchor]} \\
 &+ T_{HO_REQ_ACK[BS]} + T_{CONN_SETUP} + T_{CONN} \\
 &+ T_{HO_REQ_ACK[Anchor]} + T_{SN} + T_{HO_EXE} \\
 &= 2T_{sig-wireless} + 3T_{sig-sw}(N_{Old-Anchor} - 1) \\
 &+ 4T_{sig-sw}(N_{New-Anchor} - 1) + S_{mobile} \\
 &+ S_{other-sig}(N_{New-Anchor} + 5) + S_{setup-sig}(N_{New-Anchor} - 1) \\
 &+ 3S_{stp}(N_{Old-Anchor} - 2) + 2S_{stp}(N_{New-Anchor} - 2) \quad (2)
 \end{aligned}$$

표 4로부터 주어진 파라미터들을 이용해 제안하는 핸드오버 기법에서의 핸드오버 지연 시간과 앵커 재라우팅 기법에서의 핸드오버 지연 시간을 구하여 그림 12에서 비교하였다.

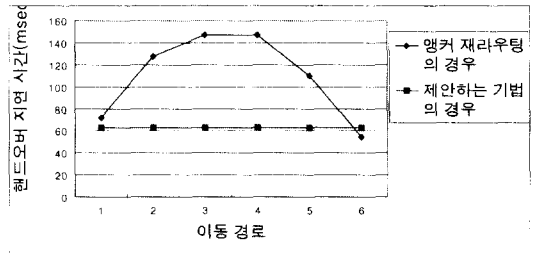


그림 12. 핸드오버 지연 시간

제안하는 핸드오버 기법은 $T_{HO-Delay}$ 가 62.706ms로써 일정한 값을 갖었다. 앵커 재라우팅 기법의 경우, 54.406ms에서 147.206ms 사이의 값을 갖았는데, 핸드오버하려는 셀과 앵커 스위치 사이의 홉 수가 많을수록 더욱 큰 값을 갖게 된다.

3.3 통신 단절 시간

(Communication Disruption Delay)

통신 단절 시간 $T_{Disruption-Delay}$ 는 핸드오버를 수행하는 단말기가 핸드오버로 인하여 상대방 단말기와 통신을 하지 못하는 시간이다. 점차로 수요가 증가되고 있는 실시간 멀티미디어 서비스를 제공하기 위하여 $T_{Disruption-Delay}$ 를 최소화시켜야 한다.

$T_{Disruption-Delay}$ 는 HO_EXE 메시지부터 HO_COMP 메시지까지 주고받는 동안 걸리는 시간과 핸드오버 이후 최초의 데이터를 전송받는 시간의 합으로써 구할 수 있다. 제안하는 기법의 통신 단절 시간은

$$\begin{aligned}
 T_{Disruption-Delay} &= T_{HO_EXE} + T_{ACC} + T_{ACC_GRAN} \\
 &+ T_{ACC_GRAN_ACK} + T_{HO_COMP} + S_{data} \\
 &+ T_{data-wireless} + T_{data-sw} \\
 &= 4T_{sig-wireless} + T_{sig-sw} + T_{data-wireless} \\
 &+ T_{data-sw} + 2S_{mobile} + 3S_{other-sig} \\
 &+ S_{data} \tag{3}
 \end{aligned}$$

이다.

앵커 재라우팅 기법에서의 통신 단절 시간은 식 (4)와 같다.

$$\begin{aligned}
 T_{Disruption-Delay} &= T_{HO_EXE} + T_{ACC} + T_{ACC_GRAN} \\
 &+ T_{ACC_GRAN_ACK} + T_{HO_COMP} + S_{data} + T_{data-wireless} \\
 &+ T_{data-sw} \\
 &= 4T_{sig-wireless} + T_{sig-sw}(N_{New-Anchor} - 1) \\
 &+ T_{data-wireless} + T_{data-sw}(N_{New-Anchor} - 1) \\
 &+ 2S_{mobile} + 3S_{other-sig} + S_{stp}(N_{New-Anchor} - 2) \\
 &+ S_{data}S_{stp}(N_{New-Anchor} - 1) \tag{4}
 \end{aligned}$$

제안하는 기법과 앵커 재라우팅 기법에서의 통신 단절 시간은 그림 13과 같다.

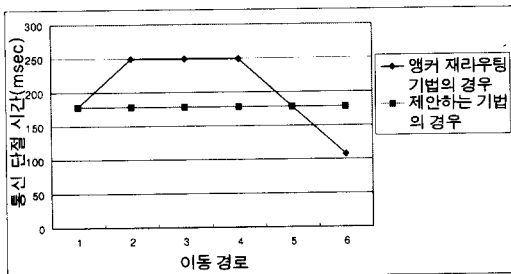


그림 13. 통신 단절 시간

앵커 재라우팅 기법에서의 통신 단절 시간은 평균 201.978ms를 갖는다. 이에 비해, 제안하는 기법에서의 통신 단절 시간은 178.375ms로써 일정한 값을 유지하였다.

3.4 버퍼 요구량(Buffer Requirement)

버퍼 요구량은 무선 통신망의 비용을 결정하는 중요한 요소이다. 만일 버퍼의 크기가 충분하지 않다면, 사용자의 데이터가 손실될 수도 있다. 경로 확장 기법에서는 버퍼링이 단말기와 기존의 기지국에서 이루어지고, 앵커 재라우팅 기법에서는 앵커 스위치에서 버퍼링이 이루어진다. 모의 실험 환경 하에서 단말기에서의 버퍼 요구량은 제안하는 기법과 앵커 재라우팅 기법이 같은 값을 지니므로, 기존 기지국에서의 버퍼 요구량 BR_{BSold} 와 앵커 스위치에서의 버퍼 요구량 BR_{Anchor} 을 비교하기로 한다. 기존의 기지국에서는 핸드오버가 수행되는 동안에 단말기로 전달되어야 할 데이터를 저장한다. 기존 기지국에서의 버퍼 요구량은 단말기에게 마지막 데이터를 전송한 순간부터 핸드오버가 완료된 시점까지의 데이터의 총량으로써 구해진다. 따라서, 기존 기지국에서의 버퍼 요구량은

$$\begin{aligned}
 BR_{BSold} &= (T_{HO_EXE} + T_{ACC} + T_{ACC_GRAN} \\
 &+ T_{ACC_GRAN_ACK} + T_{HO_COMP})BW_{data} \\
 &+ [(T_{data-wireless} + S_{data})BW_{data}/M_{data}] M_{data} \\
 &= (4T_{sig-wireless} + T_{sig-sw} + 2S_{mobile} \\
 &+ 3S_{other-sig})BW_{data} \\
 &+ [(T_{data-wireless} + S_{data})BW_{data}/M_{data}] M_{data} \tag{5}
 \end{aligned}$$

와 같다.

한편 앵커 스위치에서의 버퍼 요구량 BR_{Anchor} 은 식 (6)으로써 표현되어 진다.

$$\begin{aligned}
 BR_{Anchor} &= (T_{HO_EXE} + T_{ACC} + T_{ACC_GRAN} \\
 &+ T_{ACC_GRAN_ACK} + T_{HO_COMP})BW_{data} \\
 &+ [\{ (N_{Old-Anchor} - 1)(T_{data-sw} + S_{data}) \\
 &+ T_{data-wireless} + S_{data} \} BW_{data}/M_{data}] M_{data} \\
 &= \{ 4T_{sig-wireless} + 2S_{mobile} + 3S_{other-sig} \\
 &+ T_{sig-sw}(N_{New-Anchor} - 1) \\
 &+ S_{stp}(N_{New-Anchor} - 2) \} BW_{data} \\
 &+ [\{ (N_{Old-Anchor} - 1)(T_{data-sw} + S_{data}) \\
 &+ T_{data-wireless} + S_{data} \} BW_{data}/M_{data}] M_{data} \tag{6}
 \end{aligned}$$

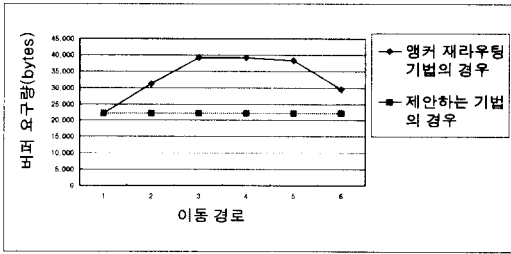


그림 14. 버퍼 요구량

제안하는 기법에서의 버퍼 요구량과 앵커 재라우팅 기법에서의 버퍼 요구량은 그림 14와 같다.

제안하는 기법의 경우 BR_{BSold} 가 22,289bytes로써 일정한 값을 갖는다. 한편, 앵커 재라우팅 기법의 경우에는 22,289bytes에서 39,114bytes 사이의 값을 갖고, 셀 손실을 방지하기 위해서는 최대값인 39,114bytes를 사용하여야 한다.

3.5 총시그널링 교환 시간

3.2절과 3.3절에서 핸드오버 지연 시간과 통신 단절 시간을 측정하여 보았고, 3.4절에서는 COS 스위치에서의 버퍼 요구량을 다루어 보았다. 본 절에서는 핸드오버를 수행하면서 경로 최적화 과정을 도입하는 경우의 영향을 고려해보기 위하여, 총시그널링 교환시간을 측정해 보았다. 총시그널링 교환 시간은 핸드오버에 관련된 메시지(그림 7)와 경로 최적화 과정에서 교환되는 메시지(그림 8)를 이용하여 계산하였다. 단말기가 1번 셀이나 2번 셀에 위치할 경우에는 경로 최적화 과정이 필요하지 않으므로 제안하는 기법에서의 총시그널링 교환 시간은 핸드오버에 관련된 메시지의 교환 시간으로만 이루어진다. 따라서 총시그널링 교환 시간은 111.065ms로써 일정한 값을 갖게 되고, 이는 앵커 재라우팅 기법의 총시그널링 교환 시간보다 낮은 수치임을 확인할 수 있었다.

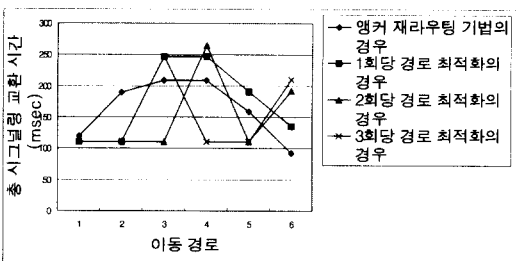


그림 15. 총 시그널링 교환 시간

만일 경로 최적화 알고리즘이 가동될 경우 추가적인 시그널링 메시지들의 교환이 이루어져 시그널링 메시지들을 처리하는 데 소요되는 시간은 앵커 재라우팅의 경우보다 더 높은 수치를 나타낸다. 따라서 핸드오버가 발생할 때마다 경로 최적화 과정을 수행하는 경우에는 총시그널링 교환 시간의 평균이 173.632ms로써 앵커 재라우팅 기법의 경우(평균 162.582ms)보다 높은 값을 나타내었다. 이에 비하여 제안하는 기법의 실현되어진 나머지 경우는 각각 150.132ms(2회당 경로 최적화), 150.132ms(3회당 경로 최적화)로써 앵커 재라우팅 기법의 경우보다 낮은 값을 나타내었다(그림 15).

IV. 결론

본 논문에서는 room-size의 피코 셀로 이루어진 평면 통신망 구조에서 기지국 기반 경로 확장 핸드오버 기법의 경로 최적화 알고리즘을 제안하였다. 단말기 이동의 방향성을 고려한 순서쌍 개념을 도입함으로써 경로 확장 기법의 단점이었던 경로 최적화와 경로 상에서 발생한 루프의 제거를 효과적으로 수행할 수 있었다.

제안하는 기법의 수학적 분석을 통하여 핸드오버 지연 시간과 통신 단절 시간 및 총시그널링 교환 시간을 분석하였다. 한편 제안하는 경로 최적화 알고리즘에 의한 이동 후 경로의 홉 수를 최적화 알고리즘을 도입하는 주기별로 구분하여 분석해 보았다.

이상의 결과를 통하여 제안하는 핸드오버 기법은 경로 확장 기법의 장점인 빠른 핸드오버를 보장하면서도 루프의 제거와 경로의 최적화를 효과적으로 수행할 수 있음을 보였다. 끝으로, 본 논문에서는 제안하는 기법의 적용범위를 평면 통신망 구조로 한정하였다. 이를 계층적 통신망 구조나 비대칭적인 통신망 구조로 확대하였을 경우의 연구가 추가적으로 요구된다.

참고 문헌

- [1] L. Dellaverson, "Proposed Charter, Work Plan and Schedule for Wireless ATM Working Group," ATM Forum/96-0712, Jun. 1996
- [2] Marco Ajmone Marsan, Carla-Fabiana Chiasserini, Renato Lo Cigno, and Maurizio

Munafo "Local and Grobal Handovers for Mobility Management in Wireless ATM Networks," *IEEE Personal Communications*, Oct. 1997

[3] Gregory P. Pollini, "Trends in Handover Design," *IEEE Communications Magazine*, May 1996

[4] John Naylon, Damian Gilmurray, John Porter, and Andy Hopper, " Low-Latency Handover in a Wireless ATM LAN," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 16, No. 6, Aug. 1998

[5] M. Veeraraghavan, M. J. Karol, and K. Y. Eng, "Handover Sheme for Mobile ATM Networks," *ATM Forum/96-1499*, Dec. 1996

[6] Bui A. J. Banh, Gary J. Anido, and Eryk Dutkiewicz, "Handover Re-routing Schemes for Connection Oriented Services in Mobile ATM Networks," *Proceedings of the IEEE INFOCOM'98 the Conference on Computer Communications*, Vol. 3, Mar. 1998

최 우 진(Woo-Jin Choi)

준회원



1998년 2월 : 연세대학교 전기 공학과(학사)

2000년 2월 : 연세대학교 대학원 전기컴퓨터공학과(석사)

<주관심 분야> 무선 ATM 네트워크

박 영 근(Young-keun Park)

정회원

1986년 2월 : 연세대학교 전기공학과(학사)

1990년 8월 : University of Minnesota 전기공학과 (석사)

1993년 12월 : University of Minnesota 전기공학과 (박사)

1994년 1월~1996년 2월 : University of Minnesota 전기공학과(Post Doc.)

1996년 3월~현재 : 연세대학교 기계전자공학부 조교수

<주관심 분야> 컴퓨터 네트워크, 멀티미디어 통신 망, ATM 교환기, 신경회로망 응용