

무선 ATM 망에서의 핸드오버를 위한 동적 교차 스위치 선택 방안

정회원 전 협우*, 김도현*, 조유제*

A Dynamic Crossover Switch Selection Method for Handover in Wireless ATM Networks

Hyup-Woo Jeon*, Do-Hyun Kim*, You-Ze Cho* *Regular Members*

요약

본 논문에서는 무선 ATM 망의 핸드오버를 위해 제시된 대표적인 동적 교차 스위치 (COS : Crossover Switch) 선택 방식들을 4가지 유형으로 분류하였다. 그리고 ATM 포럼에서 제안된 순방향 및 역방향을 위한 손실 방지 핸드오버와 손실 허용 핸드오버 방식에 대해 COS의 위치에 따른 영향을 핸드오버 지연, 사용자의 서비스 중단 시간, 셀 버퍼링 양 및 셀 손실 관점에서 수학적으로 분석하였다. 이러한 분석을 바탕으로 무선 ATM의 핸드오버에 대한 동적 COS 선택 기준을 각 핸드오버 방식별 및 성능 평가 요소별로 제시하였다.

ABSTRACT

This paper presents a dynamic crossover switch (COS) selection method for various handover schemes in wireless ATM networks. In this paper, we classify the existing various dynamic COS selection schemes into four types. Analytical models for backward lossless and lossy handover procedures are developed in terms of handover delay, service disruption time, the amount of cell buffering and cell loss. Using this model, the impact of COS location on the performance of handover schemes is investigated. In addition, four types of COS selection scheme are compared in performance according to the moving direction of a mobile terminal for various network environments.

1. 서론

미래의 무선 멀티미디어 서비스를 중단간 ATM 기술로 제공하기 위한 차세대 통신망 기술인 무선 ATM은 기존에 유선 구간에서만 적용되던 ATM 기술을 무선 구간까지 확장하여 비교적 저속의 이동성을 제공하면서 옥내외에서 무선을 통해 25Mbps급 이상의 멀티미디어 서비스 제공을 목표로 한다.

핸드오버는 이동하는 단말기의 연결에 대해 협상된 QoS (Quality of Service)를 보장하면서 경로 재설정을 통해 중단 없는 서비스를 제공하는 과정이

다. 경로 재설정은 그 관점에 따라 경로 재라우팅 (path rerouting)과 경로 확장 (path extension)으로 나누어 연구되고 있다^{[1],[2]}. 경로 재라우팅은 기존 연결상의 하나의 교환기를 교차 스위치인 COS (Crossover Switch)로 선택하여 COS에서 새로운 기지국까지의 연결 구간을 새로이 설정하고, 이전 기지국에서 COS까지의 연결 구간을 해제하는 방식이다. 경로 확장은 기존 연결을 이전 기지국에서 새로운 기지국까지 확장해 나가는 방식이다. 경로 재라우팅 방식은 IS (Interim Standard)-41과 GSM (Global System for Mobile Communication) 기반

* 경북대학교 전자전기공학부 (hwcheon@palgong.kyungpook.ac.kr, dikim@infocom.cheonan.ac.kr, yzcho@kyungpook.ac.kr).
논문번호: 00451-1128, 접수일자: 2000년 11월 28일

※ 본 연구는 한국과학재단 핵심전문연구 (과제번호:981-0917-087-2)의 연구비 지원으로 수행되었음.

의 셀룰라 전화망에서는 anchor 교환기를 COS로 선택하는 고정 COS 선택 방식으로부터 발전되었다. 고정 COS 선택 방식은 핸드오버 시간은 짧으나 최적의 경로를 제공하기 어려운 단점이 있다. 현재 핸드오버 시의 경로 최적화를 위해 다양한 동적 COS 선택 알고리즘이 제안되고 있으나, COS 선택 과정이 추가됨으로써 시그널링 오버헤드가 증가하고 핸드오버 지연 시간이 길어지는 문제점을 갖고 있다.

지금까지 무선 ATM에서는 핸드오버에서 중요한 요구사항인 핸드오버 지연의 최소화와 전송 셀의 무결성 보장이라는 관점에서 다양한 손실 방지 핸드오버 (lossless handover) 기법^[2]이 연구되었으며, 신속한 핸드오버의 수행과 시스템 구현의 간소화를 우선시하여 핸드오버 동안 셀 손실을 허용하는 관점에서 손실 허용 핸드오버 (lossy handover) 방식^[1]이 연구되고 있다. 따라서 동적 경로 재라우팅 시 중요한 요소인 COS의 위치를 선정하는 기준이 핸드오버 방식에 따라 결정되어야 한다.

본 논문에서는 ATM 포럼에 제시되어 있는 손실 방지 핸드오버와 손실 허용 핸드오버 방식을 핸드오버 지연, 사용자가 느끼는 서비스 중단 시간, 핸드오버 시 발생하는 셀 버퍼링 양과 손실 관점에서 정량적으로 분석하였다. 그리고 이를 바탕으로 동적 경로 재설정을 수행할 때 COS 위치에 따른 성능을 분석하여 각 방식별로 적합한 COS 위치를 찾았으며 COS 선택 방식을 도출하였다. 또한 확장된 격자 구조의 망에서의 이동을 가정하여 이동 형태에 따른 각 COS 선택 방식의 성능을 비교하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 서론에 이어서 제 2절에서는 무선 ATM의 핸드오버 방식과 동적 COS 선택 방식에 대해 살펴본다. 제3절에서는 ATM 포

럼에 제시된 핸드오버 절차에 대한 핸드오버 지연, 사용자 서비스 중단 시간과 버퍼 요구량, 셀 손실량 등을 분석한다. 끝으로 제4절에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구 고찰

2.1 무선 ATM에서의 핸드오버 방식

손실 방지 핸드오버는 셀 손실 방지와 순서 보장을 통하여 데이터 무결성을 보장하는 방식이다^[2]. 이 방식에서는 inband-marking 셀을 사용하여 경로 전환 시점을 알게 되고 셀의 순서를 보장하며, 셀 버퍼링을 통하여 손실을 방지한다. 그러나 부가적인 시그널링 메시지의 교환과 이로 인한 핸드오버 지연의 증가, 교환기와 단말기에서의 셀 버퍼링에 따르는 추가적인 구현 비용이 요구된다. 교환기 간의 손실 방지 역방향 핸드오버에서의 제어 메시지 흐름도는 다음의 그림 1과 같고, 이와 같은 핸드오버 과정에서의 핸드오버 지연, 사용자 서비스 중단 시간, 셀 버퍼링 그리고 데이터의 흐름 등을 나타낸 핸드오버 절차는 그림 2와 같다.

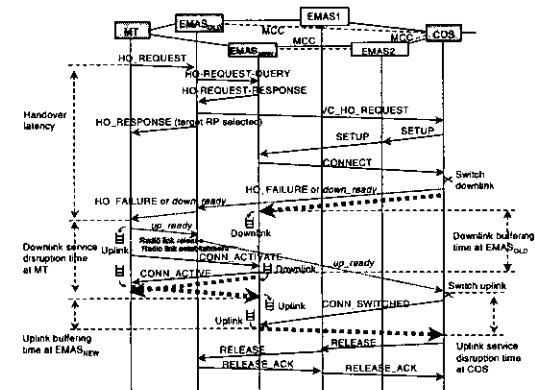


그림 2. 손실 방지 역 방향 핸드오버 절차

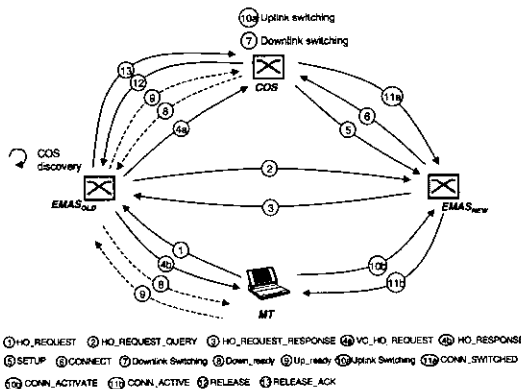


그림 1. 손실 방지 역 방향 핸드오버에서의 제어 메시지 흐름도

손실 허용 핸드오버는 신속한 핸드오버의 지원과 이동 단말기 (MT : Mobile Terminal)나 이동성 지원 ATM 교환기 (EMAS : End user Mobility Supporting ATM Switch)에 버퍼 시스템 구현 비용을 줄이기 위해 어느 정도의 셀 손실을 허용하는 방식이다^[1]. 이 방식에서는 핸드오버 지연 시간과 서비스 중단 시간이 감소되고, 핸드오버 동안 발생하는 셀 손실은 상위의 전송 계층에서 복구하도록 하고 있다. 교환기 간의 손실 허용 역방향 핸드오버에서의 제어 메시지 흐름도는 그림 3과 같고, 이와 같

표 1. 동적 COS 선택 방식 유형 분류

COS선택 유형	설 명	방식의 예
유형 1	EMAS _{NEW} 에서 새로운 경로를 계산하고 이를 기존 경로와 비교하여 기존 경로와 분기되는 교환기를 COS로 선택	Loose Select COS Discovery [5] Backward COS Discovery (BCD) [2]
유형 2	EMAS _{NEW} 에서 기존 경로 상의 각 교환기와의 거리를 계산하여 가장 가까운 교환기를 COS로 선택	Prior Path Knowledge COS Discovery [5] Distributed Hunt COS Discovery [5]
유형 3	EMAS _{OLD} 에서 역방향으로 기존 경로를 거슬러 올라가면서 EMAS _{NEW} 로의 경로가 존재하면 그 교환기를 COS로 선택	Backward tracking COS discovery [5] Nearest Common Node Rerouting (NCRN) [6]
유형 4	EMAS _{NEW} 에서 EMAS _{OLD} 로의 가장 짧은 경로를 계산하고 이를 기존 경로와 비교하여 기존 경로와 분기되는 교환기를 COS로 선택	

무선 ATM의 핸드오버에서 COS 선택 알고리즘은 신속한 핸드오버와 경로 최적화를 위해 매우 중요시되는 부분이다. 지금까지 제안된 대표적인 동적 COS 선택 알고리즘을 COS 선택 유형에 따라 분류해 보면 다음의 표 1과 같이 나눌 수 있다.

III. 핸드오버 성능 분석

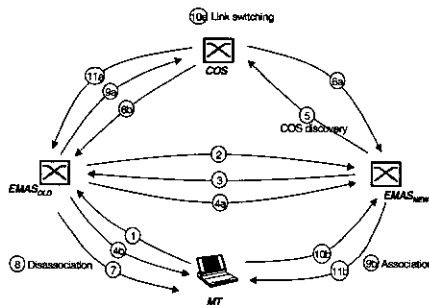
3.1 성능 파라미터

핸드오버의 성능을 평가하기 위한 성능 파라미터로는 핸드오버 지연, 사용자의 서비스 중단 시간, 그리고 셀 버퍼링 양 및 셀 손실량, 경로 재사용 효율 및 중단간 전송 지연 등이 있다^{[3][4]}.

핸드오버 지연은 이동 단말기가 무선 품질의 저하를 감지하고 핸드오버를 요구하는 시점부터 핸드오버를 실행하는 시점까지의 시간이고, 서비스 중단 시간은 두 중단 단말기가 핸드오버로 인해 데이터 셀을 전송 받지 못하는 기간이 된다. 셀 버퍼링 양은 핸드오버 동안 셀 손실을 방지하기 위해 교환기에서 버퍼링하는 셀 양이며, 셀 손실량은 버퍼링을 하지 않을 경우 핸드오버로 인해 발생하는 셀 손실을 나타낸다. 경로 재사용 효율은 새로운 중단간 경로 중 기존 경로가 차지하는 비율을 나타내며, 중단간 전송 지연은 핸드오버 이후 경로 길이와 관련이 된다. 표 2는 본 논문의 분석에서 고려된 지연요소 및 망 파라미터를 나타내고 있다^{[3][4]}.

3.2 COS 위치에 따른 성능 분석

본 소절에서는 손실 방지와 손실 허용 핸드오버의 각 방식별로 성능 평가 요소들에 대한 분석 결과와 각각의 성능 평가 요소 및 핸드오버 방식에 적합한 일반적인 COS 선택 기준을 제시한다. 이를 위해 고



① BW_HO_REQUEST ② HO_REQUEST_QUERY ③ HO_REQUEST_RESPONSE ④ HO_COMMAND ⑤ BW_HO_RESPONSE
⑥ SETUP ⑦ CONNECT ⑧ HO_COMPLETE ⑨ HO_RELEASE ⑩ Disassociation ⑪ RELEASE ⑫ Link Switching
⑬ RELEASE_COMPLETE ⑭ Association ⑮ CONN_ACTIVATE ⑯ CONN_ACTIVE

그림 3. 손실 허용 역 방향 핸드오버에서의 제어메시지 흐름도

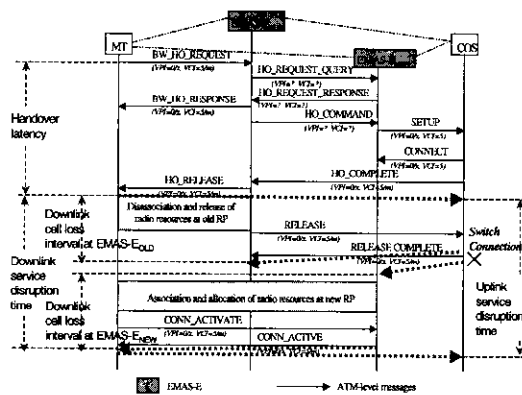


그림 4. 손실 허용 역 방향 핸드오버 절차

은 핸드오버 과정에서의 핸드오버 지연, 사용자 서비스 중단 시간, 셀 손실량 그리고 데이터의 흐름 등을 나타낸 핸드오버 절차는 그림 4와 같다.

2.2 핸드오버를 위한 동적 COS 선택 방식

표 2. 지연요소 및 망 파라미터

파라미터	설명	변수 값
Lw	Propagation delay for the wireless links	2.5 us
Lsw	Propagation delay for the inter-switch links	50 us
Lda	Radio association/ disassociation time	0
Sstp	Processing time of signaling messages in nodes where only Signal Transfer Point (STP) function is required	1 msec
Ssetup	Processing time of SETUP message in various types of network nodes	2 msec
Srelease	Processing time of RELEASE message in various types of network nodes	1 msec
Scos	Processing time of signaling message that require COS discovery function to be executed in switches	1 msec
Sother	Processing time of other messages in various types of network nodes	1 msec
Ssw	Processing time for switching an ATM cell through an ATM switch	10 us
Sm	Signaling message processing time at the MS	1 msec
Tw	Signaling message transmission delay (wireless link)	(Msig/BWsig)+Lsw
Tsw	Signaling message transmission delay (wired link)	(Msig/BWsig)+Lsw
Td_w	Data message transmission delay (wireless link)	(Md/BWd) +Lw
Td_sw	Data message transmission delay (wired link)	(Md/BWd) +Lsw
Msig	Signaling message size	1cell (53bytes)
Md	Data packet size	1cell (53bytes)
BWsig	Signaling channel bandwidth	64kbps
BWd	Data channel bandwidth	1Mbps
Dcell	Diameter of a cell	500m
Dsw	Distance between two switches	10km

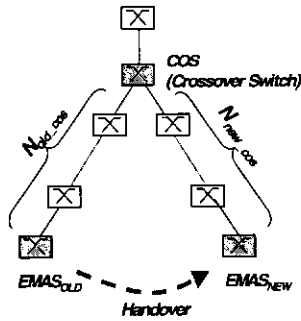


그림 5. COS 위치에 따른 분석을 위한 핸드오버 모델

러한 모델은 그림 5와 같다. 이 그림에서 Nold_cos는 이동 단말기가 EMAS_{OLD}에서 EMAS_{NEW}로 핸드오버 할 경우 선택된 COS에 대해 COS와 EMAS_{OLD} 간의 홉 수를 나타내며, Nnew_cos는 COS와 EMAS_{NEW} 간의 홉 수를 나타낸다. 여기서는 Nold_cos와 Nnew_cos를 가변하여 COS에서 EMAS_{OLD}와 EMAS_{NEW}에 이르는 상대적인 위치에 따른 성능 분석을 수행한다.

(1) 손실 방지 역방향 핸드오버

손실 방지 역방향 핸드오버에서의 성능 평가 요소로는 핸드오버 지연, 사용자의 서비스 중단 시간, 그리고 셀 버퍼링 양 등이 있다. 이들 구간은 그림 2

에 자세히 표시되어 있는데 수학적 분석을 위해 그림 1에 나타난 각 신호 메시지들의 전송과 처리 지연을 계산하면 다음의 식 (1)과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 T_1 &= T_w + S_{other} \\
 T_2 &= N_{old_new} \cdot (T_{sw} + S_{stp}) \\
 T_3 &= N_{old_new} \cdot (T_{sw} + S_{stp}) \\
 T_{4a} &= N_{old_cos} \cdot (T_{sw} + S_{stp}) - S_{stp} + S_{other} \\
 T_{4b} &= T_w + S_m \\
 T_5 &= N_{new_cos} \cdot (T_{sw} + S_{setup}) \\
 T_6 &= N_{new_cos} \cdot (T_{sw} + S_{stp}) - S_{stp} + S_{other} \\
 T_7 &= \text{Downlink Switching Delay} \\
 T_8 &= N_{old_cos} \cdot (T_{d_sw} + S_{tw}) - T_{d_w} + S_m \\
 T_9 &= N_{old_cos} \cdot (T_{d_sw} + S_{tw}) - T_{d_w} + S_{other} \\
 T_{10a} &= \text{Uplink Switching Delay} \\
 T_{11a} &= N_{new_cos} \cdot (T_{sw} + S_{stp}) - S_{stp} + S_{other} \\
 T_{10b} &= T_5 + S_{other} \\
 T_{11b} &= T_w + S_m \\
 T_{12} &= N_{old_cos} \cdot (T_{sw} + S_{release}) \\
 T_{13} &= N_{old_cos} \cdot (T_{sw} + S_{stp}) - S_{stp} + S_{other}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

식 (1)에 나타난 이들 지연 시간을 이용하여 핸드오버 지연, 사용자의 서비스 중단 시간, 그리고 셀 버퍼링 양 등을 수식적으로 표현하면 다음과 같다. 핸드오버 지연은 이동 단말기가 무선 품질의 저하를 감지하고 HO_REQUEST 메시지를 통해 핸드오버를 요구하는 시점에서부터 무선 구간의 핸드오버를 실행하는 시점까지의 시간을 나타내며 식 (2)와 같다.

$$T_{\text{Handover Delay}} = T_1 + T_2 + T_3 + T_{4a} + T_5 + T_6 + T_8$$

$$= N_{\text{old_new}} \cdot (2T_{\text{sw}} + 2S_{\text{stp}}) + N_{\text{new_cos}} \cdot (2T_{\text{sw}} + S_{\text{setup}} + S_{\text{stp}}) + N_{\text{old_cos}} \cdot (T_{\text{sw}} + S_{\text{stp}} + T_{\text{d_sw}} + S_{\text{sw}}) + 4S_{\text{other}} + T_{\text{d_w}} + S_m - 4S_{\text{stp}} \quad (2)$$

핸드오버시 사용자가 느끼는 서비스 중단 시간은 상향 링크와 하향 링크의 두 경우로 나누어 볼 수 있다. 상향 링크의 경우에는 이동 단말기에서의 상향 링크 버퍼링 시간과 EMAS_{NEW}에서의 상향 링크 버퍼링 시간으로부터 구해지며 하향 링크의 경우에는 EMAS_{NEW}에서의 하향 링크 버퍼링 시간이 된다. 이동 단말기에서의 상향 링크 버퍼링 시간은 이동 단말기가 EMAS_{OLD}를 통한 상향 링크로의 셀 전송을 중단한 후 EMAS_{NEW}로 접속하여 상향 링크로 셀 전송을 재개하는 시점까지의 시간이다.

상향 링크 서비스 중단 시간의 경우에도 CONN_SWITCHED 메시지가 이동 단말기로부터의 첫번째 셀보다 새로운 교환기에 먼저 도착하여 이미 상향 링크 전송을 가능하게 한 경우와 CONN_SWITCHED 메시지가 이동 단말기로부터의 첫번째 셀보다 늦게 도착한 경우의 두 가지로 나누어 지며 각각을 다음의 식 (4-1)과 (4-2)와 같이 Case 1과 Case 2로 나타낼 수 있다.

(Case1)

$$T_{\text{uplink Service Disruption}} = S_{\text{other}} + T_{11a} + N_{\text{new_cos}} \cdot (T_{\text{d_sw}} + S_{\text{sw}}) - S_{\text{sw}} \quad (4-1)$$

(Case2)

$$T_{\text{uplink Service Disruption}} = \{L_{\text{da}} + T_{10b} + T_{11b} + N_{\text{new_cos}} \cdot (T_{\text{d_sw}} + S_{\text{sw}}) + T_{\text{d_sw}}\} \quad (4-2)$$

따라서 상향 링크 서비스 중단 시간은 두 경우가운데 큰 값이 되고 식 (5)와 같이 나타낼 수 있다.

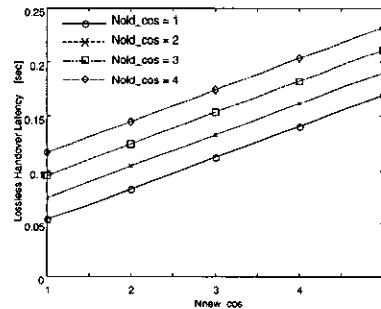
$$T_{\text{uplink Service Disruption}}$$

$$= \text{Max} \{N_{\text{new_cos}}(T_{\text{sw}} + T_{\text{d_sw}} + S_{\text{stp}} + S_{\text{sw}}) + 2S_{\text{other}} - S_{\text{stp}} - S_{\text{sw}}, N_{\text{new_cos}} \cdot (T_{\text{d_sw}} + S_{\text{sw}}) - N_{\text{old_cos}} \cdot (T_{\text{d_sw}} + S_{\text{sw}}) + S_m + S_{\text{other}} + 2T_w + L_{\text{da}}\} \quad (5)$$

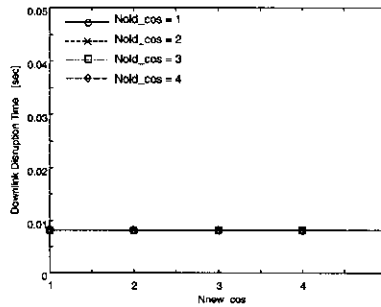
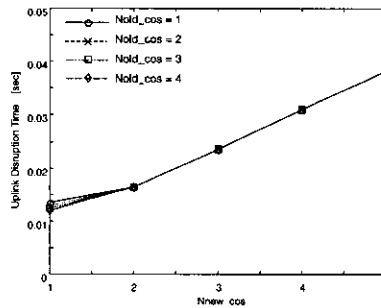
하향 링크 서비스 중단 시간은 이동 단말기가 새로운 교환기와 연결을 초기화 하기 전에 하향 링크 셀이 새로운 교환기에 도착한 경우와, 연결이 초기화된 이후에 하향 링크 셀이 도착한 경우의 두 가지 경우로 나누어 지며 각각을 다음의 식 (6-1)과 (6-2)와 같이 Case 1과 Case 2로 나타낼 수 있다.

(Case1)

$$T_{\text{Downlink Service Disruption}} = S_m + L_{\text{da}} + T_{10b} + T_{\text{d_w}} \quad (6-1)$$



(a) 핸드오버 지연



(b) 서비스 중단 시간

(Case2)

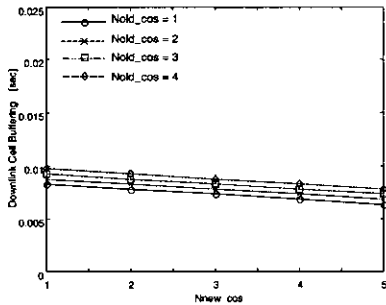
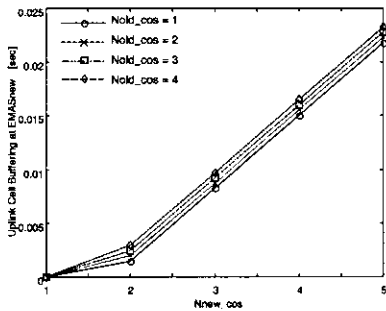
$T_{Downlink\ Service\ Disruption}$

$$= N_{new_cos} \cdot (T_{d_sw} + S_{sw}) + T_{d_w} - (T_g - S_m) \quad (6-2)$$

그러므로 하향 링크 서비스 중단 시간은 두 경우 가운데 큰 값이 되고 식 (7)과 같이 나타낼 수 있다.

$T_{Downlink\ Service\ Disruption}$

$$= \max \{ S_m + L_{da} + T_w + T_{d_w} + S_{other}, N_{new_cos} \cdot (T_{d_sw} + S_{sw}) - N_{old_cos} \cdot (T_{d_sw} + S_{sw}) \} \quad (7)$$



(c) 셀 버퍼링

그림 9. 손실 방지 역방향 핸드오버에서 COS 위치에 따른 핸드오버 성능 비교

EMAS_{NEW}에서의 상황 링크 버퍼링은 EMAS_{NEW}가 이동 단말기에서 전송된 셀을 COS로부터 CONN_SWITCHED 메시지를 받을 때, 즉 이동 단말기에서는 무선 연결의 해제, 재설정, 그리고 연결은 동안 수행되며 EMAS_{NEW}에서는 COS에서의 경로가 전환되었음을 알려줄 때까지 버퍼링 한다.

또한 하향 링크 버퍼링은 COS에서의 경로 전환 후 EMAS_{NEW}에 도달한 하향 링크 셀이 이동 단말기가 올 초기화해 새로운 무선 연결을 초기화 하기 까지 수행한다.

상향 링크 셀 버퍼링은 이동 단말기와 EMAS_{NEW}에서 수행되며 이동 단말기에서의 셀 버퍼링은 식 (8-1)로 표현되며, EMAS_{NEW}에서의 상황 링크 셀 버퍼링은 식 (8-2)와 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} \text{CellUplink Buffering at MT} &= \{L_{da} + T_{10b} + T_{11b}\} \times BW_d \\ &= \{L_{da} + 2T_w + S_{other} + S_m\} \times BW_d \quad (8-1) \end{aligned}$$

CellUplink Buffering at EMASnew

$$\begin{aligned} &= \max \{0, (T_g + T_{11a}) - (L_{da} + T_{10b} + T_{11b} + T_{d_w})\} \times BW_d \\ &= \max \{0, N_{old_cos} \cdot (T_{d_sw} + S_{sw}) + N_{new_cos} \cdot (T_{sw} + S_{stp}) - S_{stp} + S_{other} - S_m - 2T_w - L_{da}\} \times BW_d \quad (8-2) \end{aligned}$$

하향 링크 셀 버퍼링은 식 (9)와 같으며, 여기에서 셀 버퍼링이 발생하지 않는 경우는 EMAS_{NEW}에 하향 링크 셀이 도달하는 시점보다 이동 단말기의 연결 초기화가 먼저 일어나는 경우이다.

CellDownlink Buffering

$$\begin{aligned} &= \max \{0, T_g + L_{da} + T_{11b}\} - (N_{new_cos} \cdot (T_{d_sw} + S_{sw}) - S_{sw}) \times BW_d \\ &= \max \{0, N_{old_cos} \cdot (T_{d_sw} + S_{sw}) - N_{new_cos} \cdot (T_{d_sw} + S_{sw}) + S_{sw} + T_{d_w} + T_w + S_m + S_{other} + L_{da}\} \times BW_d \quad (9) \end{aligned}$$

이와 같은 방식으로 지금까지의 분석 결과식을 요약하면 표 3과 같으며 이러한 분석 결과식을 바탕으로 주요 성능 평가 요소에 대해 COS 위치에 따른 핸드오버 성능을 그림 9에서 비교하였다. 이 그림에서는 COS와 EMAS_{NEW} 간의 거리에 따른 성능을 COS와 EMAS_{OLD} 간의 거리별로 나타내었다. 각각의 성능을 향상시키기 위한 COS의 위치는 서로 다르게 나타나며, 전체적으로 어떤 성능 요소가 더 중요하게 작용하는가에 따라 적절한 COS 위치는 달라질 수 있으나, 성능 평가 요소별 최적의 COS 위치는 기본적으로 다음과 같다.

① 핸드오버 지연

그림 9(a)는 핸드오버 지연을 나타내고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 핸드오버 시작 시 EMAS_{OLD}와 EMAS_{NEW} 간의 신호 교환이 많기 때문에 EMAS_{OLD}와 EMAS_{NEW} 간의 거리가 최소화 되도록 하며 거리가 고정된 경우 EMAS_{NEW}에 가깝게 COS를 선택해야 한다.

② 서비스 중단 시간

그림 9(b)는 서비스 중단 시간을 나타내고 있다.

표 3. 손실 방지 역방향 핸드오버 과정에 대한 분석 결과 식

성능 평가 요소	분석 식
핸드오버 지연	$N_{old_new}(2T_{sw}+2S_{stp})+N_{new_cos}(2T_{sw}+S_{setup}+S_{stp})+N_{old_cos}(T_{sw}+S_{stp}+T_{d_sw}+S_{sw})+4S_{other}+T_{d_w}+S_m-4S_{stp}$
하향 링크 서비스 중단 시간	$\max\{S_m+L_{da}+T_w+T_{d_w}+S_{other}, N_{new_cos}(T_{d_sw}+S_{sw})-N_{old_cos}(T_{d_sw}+S_{sw})\}$
상향 링크 서비스 중단 시간	$\max\{N_{new_cos}(T_{sw}+T_{d_sw}+S_{stp}+S_{sw})+2S_{other}-S_{stp}-S_{sw}, N_{new_cos}(T_{d_sw}+S_{sw})-N_{old_cos}(T_{d_sw}+S_{sw})+S_m+S_{other}+2T_w+L_{da}\}$
하향 링크 버퍼링 양	$\max\{0, N_{old_cos}(T_{d_sw}+S_{sw})-N_{new_cos}(T_{d_sw}+S_{sw})+S_{sw}+T_{d_w}+T_w+S_m+S_{other}+L_{da}\} \times BW_d$
상향 링크 버퍼링 양	MT: $\{L_{da}+2T_w+S_{other}+S_m\} \times BW_d$ EMASNEW: $\max\{0, N_{old_cos}(T_{d_sw}+S_{sw})+N_{new_cos}(T_{sw}+S_{stp})-S_{stp}+S_{other}-S_m-2T_w-L_{da}\} \times BW_d$

상향 링크의 경우 COS와 EMAS_{NEW} 간의 거리가 멀 때는 EMAS_{OLD}와의 거리가 영향을 미치지 못하지만 EMAS_{NEW}와의 거리가 가까운 경우에는 COS와 EMAS_{OLD}와의 거리가 멀수록 서비스 중단이 조금씩 감소하게 된다. 따라서, COS는 EMAS_{NEW}에서 기존 경로상의 교환기에 이르는 거리가 최소가 되는 교환기 중 EMAS_{OLD}에서 먼 것을 COS로 선택해야 하고, 하향 링크의 경우 무선 링크의 설정과 전송 지연에 종속되는데, 만약 COS와 EMAS_{OLD} 간의 거리가 짧고 EMAS_{NEW} 외의 거리가 길 경우 그 차에 의해 증가하게 된다. 따라서 이 경우 EMAS_{NEW}와 기존 경로상의 교환기 간의 거리가 최소인 교환기를 COS로 선택해야 한다.

③ 셀 버퍼링

그림 9(c)는 셀 버퍼링 양을 나타내고 있다. 상향 링크의 경우 EMAS_{NEW}를 통해 전송된 셀이 COS에 도달하는 시간이 주 요인으로 작용하므로 EMAS_{NEW}에서 기존 경로상의 교환기에 이르는 거리가 최소가 되는 교환기 중 EMAS_{OLD}에 가까운 교환기를 COS로 선택해야 하고 하향 링크의 경우는 이전 경로를 통해 전송된 마지막 셀이 COS에

도달할 때 비로소 하향 링크 전환이 일어나며, 이 시간을 단축해야 하기 때문에 EMAS_{OLD}에 가깝게 COS를 선택해야 한다.

손실 방지 역방향 핸드오버의 경우에는 상향 링크 서비스 중단 시간과 상향 링크 셀 버퍼링 양이 하향 링크에 비해 상대적으로 크다. 따라서 이를 우선적으로 줄이는 것이 필요하다. 따라서 이 방식에 대해 서비스 중단 시간과 셀 버퍼링 양 관점에서 적절한 COS 선택 방법으로는 먼저 새로 설정할 경로를 최소화하도록 EMAS_{NEW}와 기존 경로 간의 거리가 가장 가까운 기존 경로상의 교환기를 찾는 것이다. 그리고 이러한 교환기가 여러 개 존재할 때 그 중에서 EMAS_{OLD}에 가까운 교환기를 COS로 선택하도록 한다. 그러나 이 경우 하향 링크 셀 버퍼링 양은 다소 증가하게 된다.

(2) 손실 허용 역방향 핸드오버

손실 허용 역방향 핸드오버에서의 성능 평가 요소로는 핸드오버 지연, 사용자의 서비스 중단 시간, 그리고 셀 손실량 등이 있다. 이들 구간은 그림 4에 자세히 표시되어 있는데 각각에 있어서 지연 요소

표 4. 손실 허용 역방향 핸드오버 과정에 대한 분석 결과 식

성능 평가 요소	분석 식
핸드오버 지연	$N_{old_new}(3T_{sw}+3S_{stp})+N_{new_cos}(T_{sw}+S_{setup})+N_{old_cos}(T_{sw}+S_{stp})+2T_w+5S_{other}-4S_{stp}$
하향 링크 서비스 중단 시간	$\max\{[S_{other}+L_{da}+T_w+T_{d_w}], [N_{old_cos}(T_{sw}+S_{release})+N_{new_cos}(T_{d_sw}+S_{sw})+L_{d}]\}$
상향 링크 서비스 중단 시간	$(N_{new_cos}-N_{old_cos})(T_{d_sw}+S_{sw})+L_{da}+2T_w+S_m+S_{other}$
하향 링크 셀 손실	$\{N_{old_cos}(T_{sw}+S_{release}+T_{d_sw}+S_{sw})+L_{d}+T_{d_w}\} \times BW_d$
상향 링크 셀 손실	$\max\{L_{da}+2T_w+S_{other}+S_m, N_{old_cos}(T_{sw}+S_{release})-N_{new_cos}(T_{d_sw}+S_{sw})-T_{d_w}\} \times BW_d$

인 시그널링 지연과 데이터 전송 지연 시간 등을 고려하여 핸드오버 지연, 사용자의 서비스 중단 시간, 그리고 셀 손실량 등을 수식적으로 표현하였다. 각 구간에 대한 자세한 설명은 다음과 같으며 표 4에서 이를 정리하였다. 핸드오버 지연은 이동 단말기가 무선 품질의 저하를 감지하고 BW_HO_REQUEST 메시지를 통해 핸드오버를 요구하는 시점으로부터 HO_RELEASE 메시지를 받고 무선 구간의 핸드오버를 실행하는 시점까지의 시간을 나타낸다. 상향 링크 서비스 중단 시간은 COS가 이동 단말기로부터 EMAS_{OLD}를 통해 전송된 마지막 셀을 수신한 시점에서 EMAS_{NEW}를 통해 전송한 첫 번째 셀을 수신하는 시점까지의 시간을 나타내고, 하향 링크 서비스 중단 시간은 이동 단말기가 EMAS_{OLD}를 통해 받은 마지막 셀과 EMAS_{NEW}와의 연결 설정 후 받은 첫 번째 셀 간의 시간 간격을 말한다. 셀 손실은 핸드오버 동안 연결이 완전히 설정되지 않은 동안에 전송된 셀에 대해 발생한다.

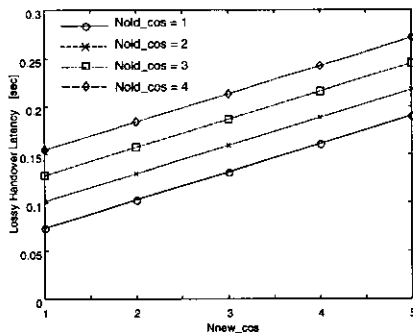
이러한 분석 결과식을 바탕으로 주요 성능 평가 요소에 대해 COS 위치에 따른 핸드오버 성능을 그림 10에서 비교하였다. 그림에서는 COS와 EMAS_{NEW} 간의 거리에 따른 성능을 COS와 EMAS_{OLD} 간의 거리별로 나타내었으며 각 성능 평가 요소별 최적의 COS 위치는 기본적으로 다음과 같다.

① 핸드오버 지연

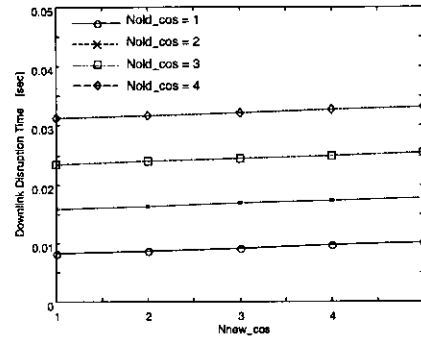
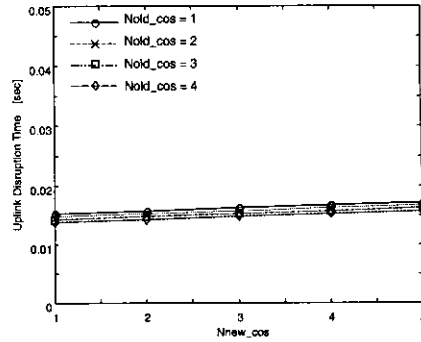
그림 10(a)는 핸드오버 지연을 나타내고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 핸드오버 시작 시 EMAS_{OLD}와 EMAS_{NEW} 간의 신호 교환이 많기 때문에 EMAS_{OLD}와 EMAS_{NEW} 간의 거리가 최소화 되도록 COS를 선택해야 한다.

② 서비스 중단 시간

그림 10(b)는 서비스 중단 시간을 나타내고 있다. 상향 링크의 경우 우선 EMAS_{OLD}에서 멀도록 COS



(a) 핸드오버 지연

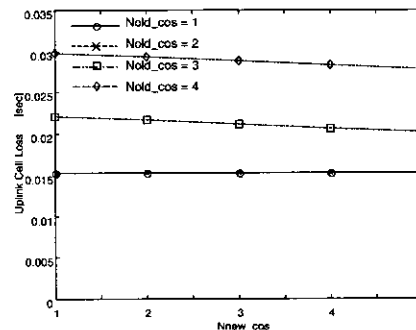


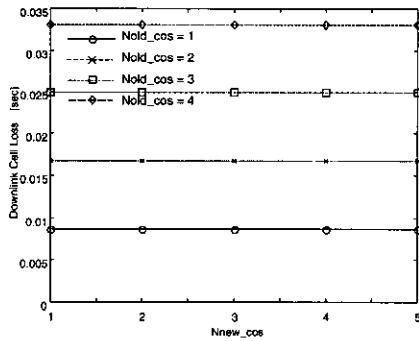
(b) 서비스 중단 시간

를 선택해야 하고 EMAS_{NEW}에 가깝게 COS를 선택해야 하지만 COS 위치에 따른 성능 차이는 크지 않다. 하향 링크의 경우에는 무선 연결과 기존 경로의 해제 후 경로 전환이 일어나게 되어 EMAS_{OLD}와 COS 간의 거리가 매우 큰 영향을 미치므로 이를 우선적으로 최소화 되도록 COS를 선택해야 하며, EMAS_{NEW}와 COS 간의 거리가 감소하도록 선택해야 한다.

③ 셀 손실량

그림 10(c)는 셀 손실량을 나타내고 있다. 기존 경로의 해제 이후 경로 전환을 하게 되므로 이 기간 동안 손실이 주로 발생한다. 따라서 상향 링크와





(c) 셀 손실

그림 10. 손실 허용 역방향 핸드오버에서 COS 위치에 따른 핸드오버 성능 비교

하향 링크 모두 해제할 경로가 최소화 되도록 EMAS_{OLD}에 가깝게 COS를 선택해야 한다.

손실 허용 역방향 핸드오버의 경우에는 기존 경로를 해제하는데 걸리는 지연 시간이 전체 성능에 큰 영향을 미치게 되므로 이 해제할 기존 경로를 최소화하는 것이 필요하고 이를 위해 EMAS_{OLD}에 가깝도록 COS를 선택해야 한다. 따라서 EMAS_{OLD}에서부터 기존 경로를 거쳐 가면서 EMAS_{NEW}에 이르는 경로가 존재하는지를 검색하여 존재하는 경우 그 교환기를 COS로 선택한다. 이 경우 상향 링크 서비스 중단 시간은 다소 증가하게 되지만 경로 재사용 효율은 향상된다.

(3) 손실 방지 순방향 핸드오버

손실 방지 순방향 핸드오버 과정에 대한 분석 결과식은 다음 표 5와 같다. 손실 방지 순방향 핸드오

버의 경우 시그널링 과정에서 EMAS_{OLD}와 EMAS_{NEW} 간의 메시지 교환, COS와 EMAS_{NEW} 간의 연결 설정, 그리고 COS와 EMAS_{OLD} 간의 기존 연결 해제 등의 과정이 있으며 이들에 의한 지연이 전체 성능에 영향을 미친다. 따라서 이 경우에는 모든 성능 평가 요소에 공통적으로 EMAS_{OLD}와 COS, EMAS_{NEW}와 COS 간의 거리가 모두 최소화 되도록 COS를 선택해야 한다. 즉 EMAS_{OLD}에서 EMAS_{NEW}에 이르는 경로를 계산하여 최소 홉 수를 가지는 경로를 선택하고 이 경로가 기존 경로와 분기하는 교환기를 COS로 선택한다. 이 경우 경로 재사용 효율은 향상될 수 있으나 종단간 경로는 길어진다.

(4) 손실 허용 순방향 핸드오버

손실 허용 순방향 핸드오버 과정에 대한 분석 결과식은 다음의 표 6과 같다. 손실 허용 순방향 핸드오버의 경우는 모든 성능 평가 요소에 있어서 새로운 부분 경로를 설정하는 부분이 가장 큰 영향을 미치는 반면 COS와 EMAS_{OLD} 간의 해제할 부분 경로는 상향 링크 서비스 중단 시간에 약간의 영향을 줄 뿐 거의 영향을 주지 않는다. 따라서 새로운 부분 경로를 최소화 할 수 있도록 기존 경로 상의 교환기 중에서 EMAS_{NEW}와의 거리가 최소가 되는 교환기를 COS로 선택해야 한다.

지금까지의 분석 결과를 앞에서 분류한 동적 COS 선택 유형에 따라 요약하면 다음의 표 7과 같다. 표에서 ○ 표시를 한 것은 가장 적합한 COS 선택 기준을 나타내고 △ 표시를 한 것은 그 다음으로 적합한 기준을 나타낸다.

표 5. 손실 방지 순방향 핸드오버 과정에 대한 분석 결과 식

성능 평가 요소	분석 식
핸드오버 지연	$N_{old_new}(4T_{sw}+4S_{stp})+N_{new_cos}(2T_{sw}+S_{sw_setup}+S_{other})+N_{old_cos}(2T_{sw}+S_{stp}+S_{release})+8S_{other}+2T_w-5S_{stp}-S_{other}-S_{release}$
하향 링크 서비스 중단 시간	$L_a+S_m+3T_w+8S_{other}+T_{d_w}+N_{old_new}(4S_{stp}+4T_{sw})+N_{old_cos}(S_{stp}+S_{release}+2T_{sw})+N_{new_cos}(S_{setup}+S_{other}+2T_{sw})-5S_{stp}-S_{release}$
상향 링크 서비스 중단 시간	$L_a+S_m+3T_w+8S_{other}+T_w+S_m+N_{old_new}(4S_{stp}+4T_{sw})+N_{old_cos}(S_{stp}+S_{release}+2T_{sw}-S_{sw}-T_{d_sw})+N_{new_cos}(S_{setup}+S_{other}+2T_{sw}+S_{sw}+T_{d_sw})-5S_{stp}-S_{release}$
하향 링크 버퍼링 양	$\{N_{old_cos}(S_{release}+T_{sw})+N_{old_new}(S_{stp}+T_{sw})-N_{new_cos}(S_{sw}+T_{d_sw})+3S_{other}+2T_w+S_m-S_{release}-S_{stp}-S_{sw}\} \times BW_d$
상향 링크 버퍼링 양	$\{L_a+2S_m+4T_w+8S_{other}+N_{old_new}(4S_{stp}+4T_{sw})+N_{old_cos}(S_{stp}+S_{release}+2T_{sw})+N_{new_cos}(S_{setup}+S_{other}+2T_{sw})-5S_{stp}-S_{release}\} \times BW_d$

표 6. 손실 허용 순방향 핸드오버 과정에 대한 분석 결과 식

성능 평가 요소	분석 식
핸드오버 지연	$2T_w + S_{other} + N_{new_cos}(S_{setup} + S_{other} + 2T_{sw})$
하향 링크 서비스 중단 시간	$L_{da} + T_w + S_{other} + T_{d_sw} - S_{sw} + N_{new_cos}(S_{setup} + T_{sw} + S_{sw} + T_{d_sw})$
상향 링크 서비스 중단 시간	$L_{da} + 2T_w + S_{other} + N_{new_cos}(S_{setup} + S_{other} + 2T_{sw} + S_{sw} + T_{d_sw}) - N_{old_cos}(S_{sw} + T_{d_sw})$
하향 링크 버퍼링 양	$\{L_{da} + T_w + S_{other} + T_{d_sw} - S_{sw} + N_{new_cos}(S_{setup} + T_{sw} + S_{sw} + T_{d_sw})\} \times BW_d$
상향 링크 버퍼링 양	$\{L_{da} + 2T_w + S_{other} + N_{new_cos}(S_{setup} + S_{other} + 2T_{sw})\} \times BW_d$

표 7. 핸드오버 방식의 성능 평가 요소별 COS 선택 기준

성능 평가 요소		COS 선택 기준			
		유형1	유형2	유형3	유형4
역방향 손실방지 핸드오버 (Backward Lossless Handover)	핸드오버 지연				○
	상향링크 서비스 중단 시간		○		△
	하향링크 서비스 중단 시간		○		
	상향링크 셀 버퍼링		○		△
	하향링크 셀 버퍼링			○	△
	경로 재사용			○	
	중단간 전송지연	○			
전체 성능		○			
역방향 손실허용 핸드오버 (Backward Lossy Handover)	핸드오버 지연			△	○
	상향링크 서비스 중단 시간	○	△		
	하향링크 서비스 중단 시간			○	
	상향링크 셀 손실			○	△
	하향링크 셀 손실			○	△
	경로 재사용			○	
	중단간 전송지연	○			
전체 성능			○		
순방향 손실방지 핸드오버 (Forward Lossless Handover)	핸드오버 지연			△	○
	상향링크 서비스 중단 시간			△	○
	하향링크 서비스 중단 시간			△	○
	상향링크 셀 버퍼링			△	○
	하향링크 셀 버퍼링			○	△
	경로 재사용			○	
	중단간 전송지연	○			
전체 성능				○	
순방향 손실허용 핸드오버 (Forward Lossy Handover)	핸드오버 지연		○		△
	상향링크 서비스 중단 시간		○		△
	하향링크 서비스 중단 시간		○		△
	상향링크 셀 손실		○		△
	하향링크 셀 손실		○		△
	경로 재사용			○	
	중단간 전송지연	○			
전체 성능		○			

IV. 결론

본 논문에서는 무선 ATM의 핸드오버 방식으로 제시된 손실 방지 및 손실 허용 역방향/순방향 핸드오버 방식에 대해 COS 위치에 따른 각 방식의 성

능을 사용자 서비스 중단 시간, 교환기에서의 버퍼 요구량, 셀 손실량, 핸드오버 지연 등의 관점에서 분석하여 각각의 경우 적당한 COS 위치를 제시하였다. 이러한 결과를 바탕으로 서비스 종류에 따라

더 우선시 되는 성능 요소에 대해 이를 향상시키도록 COS 선택 기준을 적용할 수 있다.

예를 들면 실시간 서비스의 경우 서비스 중단 시간이 더 중요한 요소가 될 것이고 데이터 서비스의 경우 셀 손실이나 버퍼링 양이 더 우선시되는 성능 평가 요소가 될 것이다. 현재 ATM 포럼에서 고려되고 있는 손실 허용 핸드오버의 경우에는 유형 2와 유형 3을 이용할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] R. R. Bhat, "Draft Baseline Text for Wireless ATM Capability Set 1 Specification5C ATM Forum BTD-WATM-01.10, Dec. 1998.

[2] K. Rauhala, Living List Document of Wireless ATM Working Group, ATM Forum LTD-WATM-1.07, Apr. 1998.[3] I. Widjaja, "Cell Loss Behavior in Lossy Handover,5C ATM Forum 98-0562, July 1998.

[3] I. Widjaja, "Cell Loss Behavior in Lossy Handover,5C ATM Forum 98-0562, July 1998.

[4] B. A. J. Banh, "Handover Rerouting Schemes for Connection Oriented Services in Mobile ATM Networks,5C Proc. of IEEE INFOCOM '98, pp. 1139-1146, Apr. 1998

[5] C-K. Toh, "Performance Evaluation of Cross-over Switch Discovery Algorithm for Wireless ATM LANs,5C Proc. of IEEE INFOCOM '96, San Francisco, California, pp.1380~1387, 1996.

[6] B. A. Akyol, D. C. Cox, "Rerouting for Handover in a Wireless ATM Network,5C IEEE Personal Communications, pp.26~33, Oct. 1996.

[7] M. Barton and T. R. Hsing, "Architecture for Wireless ATM Networks,5C Proc. of the 6th IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, pp. 778-782, Sept. 1995.

[8] <http://www.marconi.com/html/solutions/asx200bxaasx1000andasx1200technicalspecifications.htm>

전 협 우(Hyup-Woo Jeon)

정회원



1997년 2월 : 경북대학교
전자공학과 졸업(공학사)
1999년 2월 : 경북대학교
전자공학과 석사
(공학석사)
2001년 2월 : 경북대학교
전자공학과 박사과정
수료

2001년 2월~현재 : (주) 넷나루 통신연구소 연구원
<주관심 분야> 이동 통신, 무선 ATM, IMT-2000

김 도 현(Do-Hyon Kim)

정회원



1988년 2월 : 경북대학교
전자공학과 졸업(공학사)
1990년 2월 : 경북대학교
전자공학과 졸업
(공학석사)
2000년 2월 : 경북대학교
전자공학과 졸업
(공학박사)

1990년 3월~1995년 3월 : 국방과학연구소 연구원
1999년 3월~현재 : 천안대학교 정보통신학부 조교수
<주관심 분야> 무선 ATM, 멀티미디어 통신, 차세대 이동 통신망

조 유 제(You-Ze Cho)

정회원



1982년 2월 : 서울대학교
전자공학과 졸업(공학사)
1983년 2월 : 한국과학기술원
전기 및 전자 공학과
졸업(공학석사)
1988년 3월 : 한국과학기술원
전기 및 전자 공학과
졸업 공학박사

1989년 3월~현재 : 경북대학교 공과대학 전자 전기공학부 교수
1992년 8월~1994년 : 1월 Univ. of Toronto, 객원교수
<주관심 분야> ATM 트래픽 제어, 차세대 이동통신망, 광 인터넷, 차세대 인터넷 프로토콜