

論文98-35S-1-5

ATM기반 유무선 통합망에서 교환기간 핸드오프 처리를 위한 시그널링 방안

(Signaling for Inter-switch Handoff on ATM-based Wired/Wireless Integrated Network)

張景訓*, 姜景薰**, 朴相炫*, 安鎔華*, 金惠鎮*

(Kyunghun Jang, Kyeonghoon Kang, Sanghyun Park, Younghwa Ahn,
and Duckjin Kim)

요 약

본 논문에서는 클러스터 섹터링을 이용하여 연결중에 있는 이동 가입자의 이동성을 예측하고 이에 따라 교환 기간 핸드오프에 대비해 미리 VPI/VCI를 설정함으로써 교환기간 핸드오프 처리지연시간을 감소시킬 수 있는 연결재라우팅 방안[1]에 대해 보다 정량적인 분석을 위해 망요소들간의 구체적인 시그널링 절차를 제안하였다. 또한 이를 수학적으로 분석하여 클러스터 크기, 망구조, 핸드오프 발생 빈도와 핸드오프 지연시간과의 관계식을 도출하고 도출된 식의 검증을 위해 시뮬레이션을 수행하였다. 그리고 다양한 망 토폴로지 구성에 따른 핸드오프 처리 지연시간과의 관계에 대한 실험으로부터, 각 서비스 지역에 따른 단위 면적 및 단위시간당 평균 핸드오프 요구 호의 수를 고려하여 수학적 해를 적용시켜 클러스터내의 셀의 수(M)과 클러스터 개수(N)를 적절히 조정 하면 핸드오프 처리 요구 지연시간(특히, 교환기간 핸드오프 처리 요구 지연시간)을 충분히 만족시킬 수 있음을 알 수 있었다. 또한 이러한 시그널링 절차 및 해석방법을 이용하여 기존에 제안된 동적 연결재라우팅 방안과 클러스터 섹터링을 이용한 연결재라우팅 방안[1]에서의 교환기간 핸드오프 처리지연시간을 비교해 본 결과, 클러스터 섹터링을 이용한 연결재라우팅 방안이 교환기간 핸드오프 처리지연시간 감소에 보다 뛰어난 특성을 보였다. 따라서, 본 결과는 ATM 기반 유무선 통합망에서 클러스터 섹터링을 이용한 연결재라우팅 방안을 채택했을 시의, 교환기간 핸드오프 처리 요구 지연시간을 만족시키기 위해 망 구조 및 클러스터 크기의 구성을 어떻게 할 것인지에 대한 하나의 해결책이 될 것으로 기대된다.

Abstract

In this paper, we propose signaling procedures among network elements for a connection rerouting method[1] which can reduce inter-switch handoff processing delay. This method reduces the delay in the connection re-routing by reserving VPI/VCI for possible inter-switch handoff calls in advance. Additionally, we mathematically analyze the signaling procedures and then suggest solutions to the relations with cluster size, network topology, handoff-request rate and handoff delay. With simulation, the solutions are validated. From numerical examples, we concluded that handoff delay, one of the handoff QoSs, can be satisfied by adjusting the cluster size and network topology according to the handoff-request rate of service area. With our proposed signaling and analytic methods, we concluded that the connection rerouting method using cluster-sectoring effectively reduces the delay of inter-switch handoff processing than dynamic connection rerouting method. Our solutions are useful in guaranteeing the requested handoff delay (especially, inter-switch handoff delay) when the connection rerouting method[1] is applied to ATM-based wireless/wired integrated network.

* 正會員, 高麗大學校 電子工學科 B-ISDN 研究室
(B-ISDN Lab., Korea Univ.)

** 正會員, 韓國電子通信研究院 交換技術研究團

(Mobile Switching Sec., Switching Tech. Div., ETRI)

接受日字: 1997年9月25日, 수정완료일: 1998年1月5日

I. 서론

개인통신서비스의 수요증대로 인한 마이크로/피코셀 담당영역의 소형화와 다중경로 및 그림자 페이딩 효과와 같은 무선환경에서의 특성으로 인해 마이크로 셀룰라 시스템에서의 핸드오프는 현재의 매크로 셀룰라 시스템에 비해 발생비율이 현저히 높아질 것으로 예상된다. 따라서 핸드오프로 인한 지연시간 최소화 및 자원의 효율적 사용을 위한 연결재라우팅에 관한 연구는 이동통신망에서의 가장 중요한 문제가 되고 있다^[1].

최근 ATM forum^[2,3,4]에서는 ATM 근간망에서 이동성을 지원하면서 이동가입자에게 보다 높은 품질의 서비스를 제공하고자 ATM을 기반으로 하는 유무선 통합망에 대한 연구가 시작되고 있다. 특히 무선 ATM 및 Mobility-enabled ATM과 같은 새로운 망요소에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다^[5]. 따라서 참고문헌^[1]에서는 지능망 구조와 결합된 ATM기반의 유무선 통합망 모델을 토대로 한 연결재라우팅 방안을 제안하고 있다. 이는 기존의 동적 재라우팅 방안^[6], 가상연결트리 개념을 이용한 연결재라우팅 방안^[7,8,9]의 단점을 보완할 뿐만 아니라 기존의 음성과 데이터는 물론 앞으로의 다양한 멀티미디어 트래픽을 지원하기 위한 핸드오프 QoS 보장 문제를 고려한 자원예약방식을 제안하였다. 특히 연결중에 있는 이동가입자의 이동성을 예측해 교환기간 핸드오프에 대비해 미리 VPI/VCI를 설정하는 방법을 제안함으로써 교환기간 핸드오프 처리지연시간을 감소시킬 수 있는 장점을 갖는다.

본 논문은 이러한 장점을 보다 정량적으로 분석하기 위해서 참고문헌^[1]의 ATM 기반의 유무선 통합망 모델을 토대로 한 연결재라우팅 방안을 위한 망요소들간의 구체적인 시그널링 절차를 제시하고 이를 수학적으로 분석하여 클러스터 크기, 망구조, 핸드오프 발생 빈도와 핸드오프 지연시간과의 관계식을 도출하고 이를 시뮬레이션 결과와 비교함으로써 타당성을 검증한다. 또한 다양한 망 토폴로지의 변화에 따른 핸드오프 처리 지연시간과의 관계에 대한 실험 및 분석을 통해 교환기간 핸드오프 처리 요구 지연시간을 만족시키기 위해 해당 서비스 지역의 핸드오프 발생빈도를 토대로 망 구조 및 클러스터 크기를 어떻게 구성해야 될 것인지를 알아본다. 그밖에도 본 논문에서 제안한 시그널링 및 해석방법을 바탕으로 참고문헌^[1]의 클러스터

섹터링을 이용한 연결재라우팅 방안과 기존의 동적 연결재라우팅 방안과의 교환기간 핸드오프 처리지연시간을 비교 분석한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 참고문헌^[1]의 지능망 구조와 결합한 ATM 기반의 유무선 통합망 모델과 교환기간 핸드오프를 위한 연결재라우팅 방안을 소개하고 III장에서는 이를 토대로 한 각 망요소간의 시그널링 절차를 제안하고 유무선 통합망에서의 클러스터 크기, 망구조, 핸드오프 발생 빈도와 핸드오프 처리 지연시간과의 관계에 대한 수학적 해를 도출한다. IV장에서는 시뮬레이션을 통해 수학적 해를 검증하고 수치적 분석에 의해 망구조와 핸드오프 처리 지연시간과의 관계를 분석한다. 또한 본 논문에서 제안한 시그널링 및 해석방법을 바탕으로 참고문헌^[1]의 클러스터 섹터링을 이용한 연결재라우팅 방안과 기존의 동적 연결재라우팅 방안과의 교환기간 핸드오프 처리지연시간을 실험을 통해 비교 검토한다. 그리고 V장에서 결론을 맺는다.

II. ATM기반 유무선 통합망에서의 클러스터 섹터링을 이용한 연결재라우팅 방안^[1]

ATM과 B-ISDN의 발전으로 서비스도 음성 위주에서 데이터, 영상 등의 멀티미디어로 통합 발전되고 있는 유선망과 함께 무선망에서도 음성에서 데이터로 발전되면서 유선망과 대등한 서비스를 필요로 하고 있다. 이러한 서비스를 충족시키기 위해서는 FPLMTS/UPT^[10,11,12] 개념의 서비스 제공은 물론 궁극적으로는 유무선 통합 멀티미디어의 서비스가 개발 및 제공되어야 할 것이다. 또한 통합망은 유무선 망을 하나로 통합함에 따라 비용 절감외에도 운용/유지 보수의 용이함, 가입자에게 공통의 서비스 실현 등 많은 장점을 갖게 되므로 참고문헌^[1]에서는 ATM 기반의 유무선 통합망을 제안하고 있다.

통합망 요소로는 WATM(Wireless ATM) 교환기, Mobile ATM^[2,3,4] 교환기 및 Mobile ATM/SSP 교환기 그리고 지능망 요소인 AD(ADjunct)와 SCP(Service Control Point)^[13,14]로 구성된다. 하나의 Mobile ATM 교환기와 연결된 다수의 WATM 교환기들이 하나의 “클러스터”를 구성하게 된다.

참고문헌^[1]에서 제안한 Mobile ATM간 핸드오프

를 위한 연결재라우팅 방안은 하나의 클러스터를 섹터링하게 되는데 외부 클러스터와 인접하는 셀들로 구성된 섹터(또는 지역)를 지역 D라고 하고 외부 클러스터와 인접하지 않게 되는 셀들로 구성되는 섹터를 지역 R로 구분한다. 이동 호가 인접 클러스터와 접한 섹터(즉, 지역 D)에 속한 셀에 들어가게 될 때 목적 클러스터내의 Mobile ATM으로의 재라우팅을 위한 경로설정 및 VPI/VCI를 등록함으로써 교환기간 핸드오프 처리 지연시간을 단축시키고 또한 QoS를 고려한 자원예약방식을 통해 핸드오프 호의 강제종료율을 감소시킬 수 있음을 보여주고 있다. 본 논문에서는 편의상 참고문헌^[1]에서 제안된 연결재라우팅 방안을 “클러스터 섹터링을 이용한 연결재라우팅 방안”이라고 명한다. 보다 자세한 연결재라우팅 메카니즘은 참고문헌^[1]을 참조하기 바란다. 다음 절에서는 클러스터 섹터링을 이용한 연결재라우팅 방안을 위한 구체적인 시그널링 절차를 제안하고 ATM기반의 유무선 통합망에서의 클러스터 크기, 망구조, 핸드오프 발생 빈도와 핸드오프 처리지연시간과의 관계에 대한 수학적 해를 도출하고자 한다.

Ⅲ. 연결재라우팅을 위한 시그널링

1. 연결재라우팅을 위한 시그널링 절차

본 절에서는 클러스터 섹터링을 이용한 연결재라우팅을 위한 시그널링 절차에 대해 살펴보기로 한다. 시그널링 절차를 위해 필요한 망요소는 다음과 같다.

- PS(Portable Set)
- WATM_o (Old WATM)
- WATM_n (New WATM)
- Mobile ATM (Current Mobile ATM)
- Mobile ATM_o (Old Mobile ATM)
- Mobile ATM_n (New Mobile ATM)
- Mobile ATM_p (Next Possible Mobile ATM)
- Mobile ATM/SSP (Current Mobile ATM/SSP)
- Mobile ATM/SSP_o (Old Mobile ATM/SSP)
- Mobile ATM/SSP_n (New Mobile ATM/SSP)
- Mobile ATM/SSP_p (Next Possible Mobile ATM/SSP)
- CX (Crossover Exchange)
- AD (ADjunct)
- SCP (Service Control Point)

PS(Portable Set)은 PCS(Personal Communication Services) 단말기, 셀룰라폰, PDA(Personal Digital Assitant) 등과 같은 이동단말에 해당된다. WATM(Wireless ATM)은 하나의 셀을 담당하는 기지국 역할을 담당한다. PS가 통화중에 이전 셀에서 새로운 셀로 핸드오프 될때, 이전 셀을 담당하는 WATM은 WATM_o이 되고 새로운 셀을 담당하는 WATM은 WATM_n이 된다. Mobile ATM은 PS가 속한 셀을 담당하는 WATM을 비롯한 다수의 WATM을 담당하는 교환기로서 하나의 클러스터를 담당한다. 또한 WATM_o와 WATM_n의 각 WATM_ID를 보고 통화 상태에 있는 PS의 이동방향(e.g. 지역 R → 지역 D)을 판단할 수 있는 기능을 갖는다. Mobile ATM간 연결 재라우팅 필요시 이전 연결에 속한 Mobile ATM은 Mobile ATM_o가 되고 새로운 연결에 속한 Mobile ATM은 Mobile ATM_n이 된다.

하나의 Mobile ATM내에서 셀간 핸드오프가 발생한 PS의 이동방향이 클러스터의 지역 R에서 지역 D로, 혹은 지역 D에서 다른 지역 D일 경우 Mobile ATM간(또는 클러스터간) 연결 재라우팅이 발생할 가능성이 있다. 이때 새로운 연결 가능성이 있는 Mobile ATM은 Mobile ATM_p가 된다. Mobile ATM/SSP는 PS가 속한 클러스터를 담당하는 Mobile ATM 및 다수의 Mobile ATM들을 담당하는 서비스 교환기로서 AIN(Advanced Intelligent Network) 요소인 SSP(Service Switching Point)의 기능을 갖는다. 또한 Mobile ATM/SSP는 AD(ADjunct)와 일대일로 연결되는데 AD는 위치등록 및 추적에 관련된 VLR(Visitor Location Register)를 포함할 뿐만 아니라 해당 Mobile ATM/SSP가 담당하는 모든 Mobile ATM들의 망 토폴로지 정보를 갖는다. 따라서 각 클러스터의 지역 D들과 인접되어 있는 클러스터 즉, Mobile ATM_p에 관한 정보를 제공한다. Mobile ATM_p가 같은 Mobile ATM/SSP에 속해 있지 않을 경우, 기존 연결로부터 새로운 연결을 분기시켜 주는 최근접 공통 노드는 CX(Crossover Exchange)가 되고 이는 Mobile ATM/SSP들간을 상호 연결시켜 준다. Mobile ATM/SSP는 공통선 신호방식 No.7망을 통해 AIN 망요소인 SCP로부터 Mobile ATM_p와의 새로운 연결을 제공할 수 있는 CX에 관한 정보를 제

공받는다. 이때 새로운 연결 가능성이 있는 Mobile ATM_p를 담당하는 Mobile ATM/SSP는 Mobile ATM/SSP_p가 된다. 또한 실제 클러스터간 핸드오프시, 기존 연결에 속한 Mobile ATM/SSP는 Mobile ATM/SSP_o가 되고 새로운 연결에 속한 Mobile ATM/SSP는 Mobile ATM/SSP_n이 된다. AIN 망요소인 SCP는 연결 재라우팅에 관련된 정보 제공 뿐만 아니라 HLR(Home Location Register)의 기능도 포함한다.

먼저 Mobile ATM_p가 같은 Mobile ATM/SSP에 속한 경우의 클러스터내에서의 셀간 핸드오프 처리 과정은 그림 1과 같다.

통화 상태에 있는 이동 단말기 PS가 핸드오프를 요구하기 위해 HO_req 메시지를 WATM_n으로 보내면 WATM_n은 PS_ID와 WATM_ID 정보를 실어 해당 클러스터내의 교환기인 Mobile ATM에 보내진다. Mobile ATM은 WATM_ID를 보고 이동 호의 이동 방향을 판단하여 만약 이동 호가 지역 R에서 지역 D로 혹은 지역 D에서 다른 지역 D로 이동되었다면 그림 1의 실선으로 표시된 시그널링 절차와 함께 점선으로 표시된 시그널링이 동시에 수행된다.

그러나 이동 호의 이동 방향이 단지 지역 R내에서 또는 같은 지역 D내에서 이루어질 경우엔 그림 1의 실선으로 표시된 시그널링 절차만 수행된다. 실선으로 표시된 시그널링 동작은 기존의 셀간 핸드오프 처리를 위한 시그널링과 동일하다. 그러나 점선으로 표시된 시그널링 절차는 이동 호가 지역 R에서 지역 D로 혹은 지역 D에서 다른 지역 D로 이동했을 경우에 연결 재라우팅을 위해 사용되는 것으로써 다음과 같다. Mobile ATM은 해당 후보 인접클러스터를 담당하는 Mobile ATM_p에 관한 정보를 얻기 위해 Mobile ATM/SSP로 Rerout_req 메시지를 보내게 된다. Mobile ATM/SSP는 AD로부터 관련 Mobile ATM_p의 정보를 얻어 Rerout_ack 메시지를 통해 기존 Mobile ATM에 통보하고 Mobile ATM_p로의 연결 재라우팅을 위한 VPI/VCI를 미리 설정하여 라우팅 테이블에 등록하고 Proc_Rerout 메시지를 Mobile ATM_p에 보냄으로써 Mobile ATM_p에서의 VPI/VCI를 미리 설정하게 한다. 그런 다음, Rerout_complete 메시지가 Mobile ATM_p으로부터 Mobile ATM/SSP로 보내고 이 메시지는 다시 기존 Mobile ATM으로 전달된다.

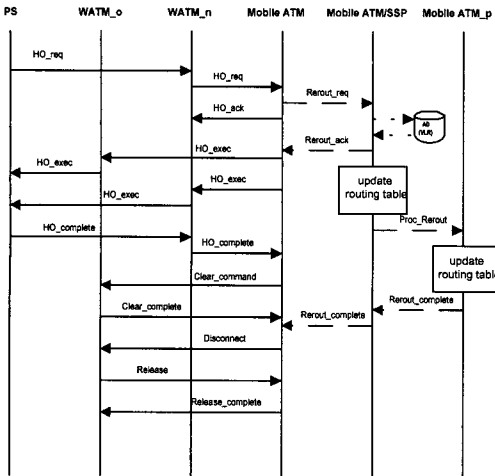


그림 1. 클러스터내의 셀간 핸드오프 관련 시그널링 절차(Mobile ATM_p가 같은 Mobile ATM/SSP에 속한 경우)
 Fig. 1. Signaling procedures for intra-cluster handoff processing. (In case of Mobile ATM_p connected with the same Mobile ATM/SSP)

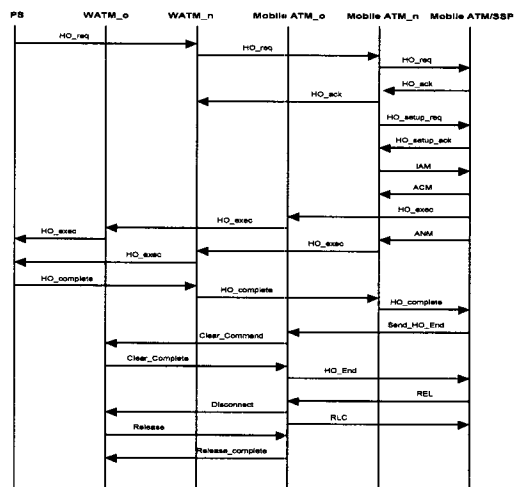


그림 2. 클러스터 간 핸드오프 관련 시그널링 절차 (Mobile ATM_p가 같은 Mobile ATM/SSP에 속한 경우)
 Fig. 2. Signaling procedures for inter-cluster handoff processing. (In case of Mobile ATM_p connected with the same Mobile ATM/SSP)

클러스터내에 존재하는 셀들의 총 개수 M 과 intra-cluster edge들의 총 개수 E_{intra} 와 inter-cluster edge들의 총 개수 E_{inter} 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$M = 3n^2 - 3n + 1 \tag{1}$$

$$E_{intra} = 9n^2 - 15n + 6 \tag{2}$$

$$E_{inter} = 12n - 6 \tag{3}$$

따라서, 핸드오프가 발생되었을 경우, 그 핸드오프가 클러스터내에서의 이동 확률 P_{intra} 와 클러스터간의 이동 확률 P_{inter} 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_{intra} = \frac{E_{intra}}{E_{inter} + E_{intra}} = \frac{3n^2 - 5n + 2}{3n^2 - n} \tag{4}$$

$$P_{inter} = \frac{E_{inter}}{E_{inter} + E_{intra}} = \frac{2(2n-1)}{3n^2 - n} \tag{5}$$

클러스터 내에서 핸드오프가 발생되었을 경우, R지역에서 D지역으로 또는 다른 D지역간의 이동 확률 $P_{explintra}$ 는 다음과 같이 구해진다.

$$P_{explintra} = \frac{\frac{1}{2} E_{R \rightarrow D} + E_{D \rightarrow other D}}{E_{intra}} = \frac{\frac{1}{2} \{12(n-1) - 6\} + 6}{9n^2 - 15n + 6} = \frac{2n-1}{3n^2 - 5n + 2} \tag{6}$$

여기서 $E_{R \rightarrow D}$ 는 클러스터내의 R지역과 D지역의 경계를 이루는 edge들의 총 개수가 되고 $E_{D \rightarrow other D}$ 는 클러스터내의 D지역간의 경계를 이루는 edge들의 총 개수로서 본 논문에서는 인접 클러스터를 6개로 가정하여 $E_{D \rightarrow other D}$ 를 6으로 설정한다.

클러스터 내의 모든 셀들이 균일한 특성을 갖는다고 가정하고 각 셀에서 발생하는 핸드오프 발생 간격 분포가 평균 $1/\lambda$ 의 지수분포라 할 때, 한 클러스터에서 발생하는 핸드오프 발생 간격 분포는 평균 $1/M\lambda$ 의 지수분포가 된다. 따라서, 클러스터내 핸드오프 요청의 단위시간당 평균 발생률 λ_1 , 클러스터간 핸드오프 요청의 단위시간당 평균 발생률 λ_2 와의 관계는 다

음과 같다.

$$\lambda_1 = P_{intra} M \lambda = \frac{3n^2 - 5n + 2}{3n^2 - n} M \lambda \tag{7}$$

$$\lambda_2 = P_{inter} M \lambda = \frac{2(2n-1)}{3n^2 - n} M \lambda \tag{8}$$

그리고 클러스터내 핸드오프 요청의 단위시간당 평균 발생률 λ_1 과 R지역에서 D지역으로 또는 다른 D지역간의 이동으로 인한 핸드오프 요청의 단위시간당 평균 발생률 λ_3 와의 관계는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\lambda_3 = P_{explintra} \lambda_1 = \frac{2n-1}{3n^2 - 5n + 2} \lambda_1 = \frac{2n-1}{3n^2 - n} M \lambda \tag{9}$$

본 논문에서는 시그널링 해석을 위해 그림 6과 같은 망 토폴로지를 가정한다. 하나의 Mobile ATM/SSP는 N개의 Mobile ATM을 갖고 하나의 Mobile ATM은 $M(=3n^2 - 3n + 1)$ 개의 WATM을 갖는다고 하자. 여기서 하나의 WATM은 한개의 셀을 담당한다.

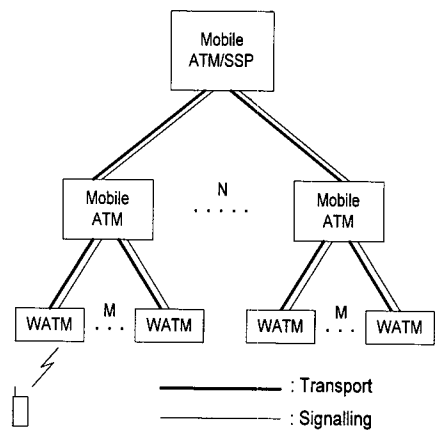


그림 6. 시그널링 해석을 위한 망 토폴로지
Fig. 6. Network topology for analysis of signaling.

그림 6에서 보듯이, 클러스터 및 Mobile ATM/SSP의 담당 영역과 관련된 시그널링 해석을 위해 본 논문에서는 클러스터간 핸드오프의 후보 인접

클러스터가 현재의 Mobile ATM/SSP에 속한 경우만을 고려한다.

그림 1과 그림 2의 시그널링에 근거한 각 노드들(WATM, Mobile ATM, Mobile ATM/SSP)의 큐잉 모델은 그림 7과 같다.

WATM, Mobile ATM 및 Mobile ATM/SSP의 단위 시간당 평균 메시지 처리율을 각각 μ_{WATM} , μ_{MATM} , μ_{SSP} 이라고 하고, 각 노드간 전송서버의 단위 시간당 단위 길이당 평균 메시지 전송율을 다음과 같이 정의한다.

- μ_{PW} : PS와 WATM간 전송서버의 단위 시간당 단위 길이당 평균 메시지 전송율
- μ_{WM} : WATM과 MATM간 전송서버의 단위 시간당 단위 길이당 평균 메시지 전송율
- μ_{MS} : MATM과 MATM/SSP간 전송서버의 단위 시간당 단위 길이당 평균 메시지 전송율

PS와 WATM간의 전송로 길이와 WATM과 MATM간의 전송로 길이 그리고 MATM과 MATM/SSP간의 전송로 길이를 각각 K_{PW} , K_{WM} , K_{MS} 단위 길이이라고 하자.

각 노드에서의 평균 메시지 처리 지연시간은 M/M/1 대기행렬 모델^[15]로부터 구할 수 있고 각

노드간 평균 메시지 전송 지연시간은 $M/E^K/1$ 대기행렬 모델^[15]로부터 구할 수 있다.

따라서, 각 노드에서의 평균 메시지 처리 지연시간 T_{node} 은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$T_{WATM} = \frac{1}{\mu_{WATM} - 8\lambda} \tag{10}$$

$$T_{MATM} = \frac{1}{\mu_{MATM} - (4\lambda_1 + 11\lambda_2 + 3\lambda_3)} \tag{11}$$

$$T_{SSP} = \frac{1}{\mu_{SSP} - 2N(3\lambda_2 + \lambda_3)} \tag{12}$$

각 노드간 평균 메시지 전송 지연시간 $T_{node_1 \rightarrow node_2}$ 을 순방향과 역방향으로 구분하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$T_{PS \rightarrow WATM} = K_{PW} / \mu_{PW} \tag{13}$$

$$T_{WATM \rightarrow PS} = \frac{K_{PW}}{\mu_{PW} - 2K_{PW}\lambda} \left[1 - \frac{K_{PW}\lambda}{\mu_{PW}} \left(1 - \frac{1}{\mu_{PW}^2} \right) \right] \tag{14}$$

$$T_{WATM \rightarrow MATM} = \frac{K_{WM}}{\mu_{WM} - 4K_{WM}\lambda} \left[1 - \frac{2K_{WM}\lambda}{\mu_{WM}} \left(1 - \frac{1}{\mu_{WM}^2} \right) \right] \tag{15}$$

$$T_{MATM \rightarrow WATM} = \frac{K_{WM}}{\mu_{WM} - 6K_{WM}\lambda} \left[1 - \frac{3K_{WM}\lambda}{\mu_{WM}} \left(1 - \frac{1}{\mu_{WM}^2} \right) \right] \tag{16}$$

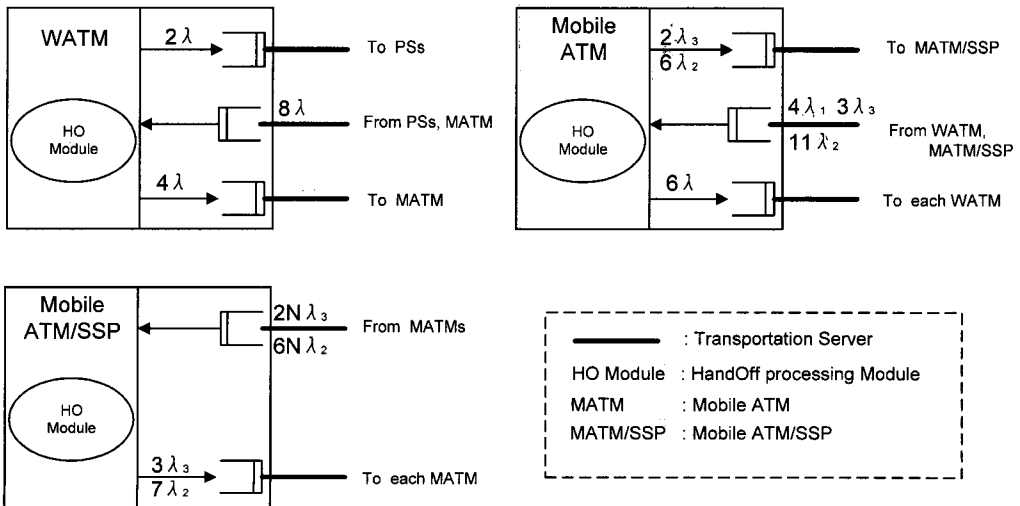


그림 7. 시그널링 해석을 위한 각 노드들의 큐잉 모델
 Fig. 7. Queueing model of each node.

$$T_{MATM \rightarrow SSP} = \frac{K_{MS}}{\mu_{MS} - 2K_{MS}(3\lambda_2 + \lambda_3)} \left[1 - \frac{K_{MS}(3\lambda_2 + \lambda_3)}{\mu_{MS}} \left(1 - \frac{1}{\mu_{MS}^2} \right) \right] \quad (17)$$

$$T_{SSP \rightarrow MATM} = \frac{K_{MS}}{\mu_{MS} - K_{MS}(7\lambda_2 + 3\lambda_3)} \left[1 - \frac{K_{MS}(7\lambda_2 + 3\lambda_3)}{2\mu_{MS}} \left(1 - \frac{1}{\mu_{MS}^2} \right) \right] \quad (18)$$

또한, AD 서버의 단위시간당 평균 메시지 처리율 μ_{AD} 라 하면 AD 서버의 평균 메시지 처리 지연시간 T_{AD} 는 다음과 같이 구해진다.

$$T_{AD} = \frac{1}{\mu_{AD} - N\lambda_3} \quad (19)$$

본 논문에서는 AD가 Mobile ATM/SSP에 속한 것으로 고려하기 때문에 Mobile ATM/SSP와 AD간의 전송 지연시간은 고려하지 않는다.

클러스터내에서 발생하는 핸드오프 호의 처리 지연시간 $D_{HO(intra)}$ 은 다음과 같다.

$$D_{HO(intra)} = 2T_{PS \rightarrow WATM} + 6T_{WATM} + 4T_{WATM \rightarrow MATM} + 4T_{MATM} + 4T_{MATM \rightarrow WATM} + T_{WATM \rightarrow PS} \quad (20)$$

클러스터간의 핸드오프 호 처리 지연시간 $D_{HO(inter)}$ 는 다음과 같다.

$$D_{HO(inter)} = 2T_{PS \rightarrow WATM} + 6T_{WATM} + 4T_{WATM \rightarrow MATM} + 9T_{MATM} + 5T_{MATM \rightarrow SSP} + 5T_{SSP} + 5T_{SSP \rightarrow MATM} + 4T_{MATM \rightarrow WATM} + T_{WATM \rightarrow PS} \quad (21)$$

또한 클러스터간 핸드오프 예상호를 위한 재라우팅 소요시간 D_{rerout} 은 다음과 같다.

$$D_{rerout} = 2T_{MATM \rightarrow SSP} + 3T_{SSP} + T_{AD} + 2T_{SSP \rightarrow MATM} + T_{MATM} \quad (22)$$

결국, 식(20~22)는 핸드오프 처리 지연시간과 망 토폴로지와와의 관계식을 나타낸 것이다.

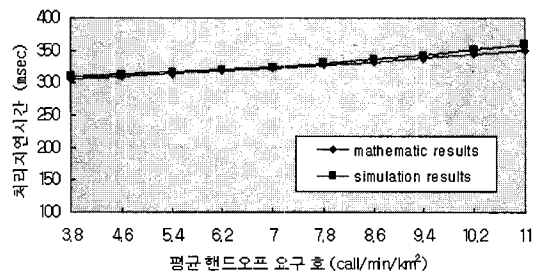
IV. 실험 및 검토

본 절에서는 앞 절에서 얻은 시그널링의 수학적 해석 결과 식(20~22)를 시뮬레이션을 통해 검증하고 이를 이용해 망 토폴로지와 핸드오프 처리 지연시간과의 관계를 살펴보고자 한다.

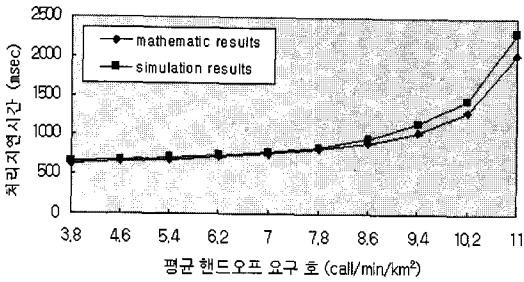
1. 시뮬레이션에 의한 검증

시뮬레이션을 위한 전체 망구조는 그림 6과 같은 망 토폴로지로 가정한다. 하나의 클러스터내에 존재하는 셀들의 총 개수 M은 19, 하나의 Mobile ATM/SSP가 담당하는 클러스터의 총 개수는 6으로 가정한다. 각 셀의 반경을 500m로 가정하면 클러스터의 담당영역은 14.915 km^2 이 되고 Mobile ATM/SSP가 담당하는 영역은 89.49 km^2 가 된다. 또한 식(4)~(6)에 의해 P_{inter} , P_{intra} 와 $P_{ex/intra}$ 는 각각 0.41667, 0.58333, 0.35714의 값을 갖게 된다. 각 무선 접속 교환기가 담당하는 영역의 이동 가입자들의 분포는 동일한 분포를 가지고 이동성으로 인한 핸드오프 요구의 발생빈도는 포이송 분포를 갖는다고 가정한다. 시뮬레이션을 간략하게 하기 위해서 각 노드의 평균 메시지 처리시간을 $1/\mu_{WATM} = 1/\mu_{MATM} = 1/\mu_{SSP} = 1/\mu_{AD} = 20 \text{ msec}$ 로 가정하고 전송 서버의 단위 길이당 평균 메시지 전송시간을 $1/\mu_{PW} = 5 \text{ msec}$, $1/\mu_{WM} = 1/\mu_{MS} = 2 \text{ msec}$ 로 가정한다. 전송로 길이 K_{PW} , K_{WM} 와 K_{MS} 는 모두 3으로 가정한다. 그림 8은 핸드오프 처리 지연시간을 도출하기 위해서 평균 핸드오프 요구호를 $3.8 \text{ call/min/km}^2$ 부터 시작하여 $0.8 \text{ call/min/km}^2$ 씩 증가시키면서 시뮬레이션 값과 수학적 해의 값들을 비교한 것이다. 처리 지연시간으로는 Mobile ATM 내(즉, 클러스터 내)에서의 핸드오프 처리 지연시간 $D_{HO(intra)}$ 와 Mobile ATM 간(즉, 클러스터 간) 핸드오프 처리 지연시간 $D_{HO(inter)}$ 를 측정하였다. 시뮬레이션은 SLAM II^[16] 언어를 사용한다.

그림 8은 수학적 해에 의한 실험 결과와 시뮬레이션에 의한 실험 결과가 거의 일치함을 보여주고 있다. 따라서, 클러스터 섹터링을 이용한 연결 재라우팅 방안에 관련된 핸드오프 관련 시그널링의 수학적 해석 결과 식(20~22)는 타당하다는 결론을 얻을 수 있다.



(a)



(b)

그림 8. 평균 핸드오프 요구 호 대 처리 지연시간 (M=19, N=6, 셀반경=500m) (a) Mobile ATM교환기내의 핸드오프 지연시간, (b) Mobile ATM교환기간의 핸드오프 지연시간

Fig. 8. Handoff request rate versus delay time (M=19, N=6, Radius of cell=500m). (a) Intra-Mobile ATM switch handoff processing delay (b) Inter-Mobile ATM switch handoff processing delay

2. 수치적 분석

시뮬레이션에 의해 검증된 핸드오프 관련 시그널링의 수학적 해석 결과 식(20~22)를 토대로 클러스터 크기와 핸드오프 지연시간과의 관계를 살펴보고자 한다. 마이크로 셀의 반경을 500m로 가정하면 하나의 셀이 담당하는 영역은 대략 0.785 km^2 가 된다. 따라서, n 개의 Ring으로 구성된 클러스터는 $M = 3n^2 - 3n + 1$ 개의 셀들로 구성되므로 하나의 Mobile ATM이 담당하는 영역은 $0.785M \text{ km}^2$ 이 된다. 만약 Mobile ATM/SSP가 N 개의 Mobile ATM과 연결되어 있다면, Mobile ATM/SSP가 담당하는 영역은 $0.785MN \text{ km}^2$ 이 된다.

본 절에서는 수치적 비교 분석을 위해 $n=3$ 과 $n=4$ 일때를 고려해 보았다. 즉, $n=3$ 이면 $M=19$ 가 되고, $n=4$ 면 $M=37$ 이 된다. 또한 각각의 경우에 대해 $N=5$ 일때와 $N=6$ 일때를 살펴보았다. 표 1은 각각의 경우에 대해 Mobile ATM 및 Mobile ATM/SSP가 담당하는 영역의 크기를 나타낸 것이다. 핸드오프 요구의 발생 빈도는 포아송 분포의 특성을 갖고 그 평균은 단위 면적 1 km^2 에서 분(min)당 발생하는 핸드오프 요구호의 수로서 단위는 $\text{call}/\text{min}/\text{km}^2$ 를 갖는다. 수치적 분석을 위한 표 2의 각 파라미터 값들은 시뮬레이션 환경과 동일하게 가정하였다.

수치적 분석을 위해 평균 핸드오프 요구호를 $3.8 \text{ call}/\text{min}/\text{km}^2$ 부터 시작하여 $0.8 \text{ call}/\text{min}/\text{km}^2$ 씩 증가시키면서 각각의 처리 지연시간을 도출하였다.

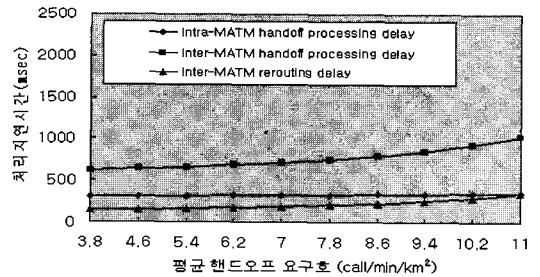
표 1. 수치적 분석을 위한 M과 N의 예

Table 1. Examples of (M, N) for numerical analysis.

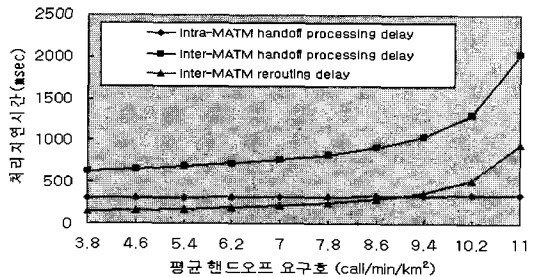
(M,N)	Mobile ATM (클러스터)의 담당 영역(km^2)	Mobile ATM/SSP의 담당 영역(km^2)
(19,5)	14.915	74.58
(19,6)	14.915	89.49
(37,5)	29.045	145.23
(37,6)	29.045	174.27

표 2. 수치적 분석을 위한 파라미터 값의 예
Table 2. An example of parameters for numerical analysis.

파라미터	값	파라미터	값
$1/\mu_{WATM}$	20 msec	$1/\mu_{WM}$	2 msec
$1/\mu_{MATM}$	20 msec	$1/\mu_{MS}$	2 msec
$1/\mu_{SSP}$	20 msec	K_{PW}	3
$1/\mu_{AD}$	20 msec	K_{WM}	3
$1/\mu_{PW}$	5 msec	K_{MS}	3



(a)



(b)

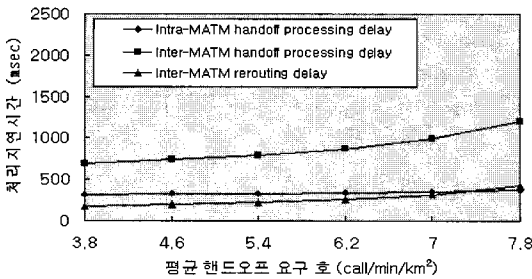
그림 9. 평균 핸드오프 요구 호 대 처리 지연시간 (M=19, 셀반경=500m) (a) M=19, N=5, (b) M=19, N=6

Fig. 9. Handoff request rate versus delay time (M=19, Radius of cell=500m). (a) M=19, N=5, (b) M=19, N=6

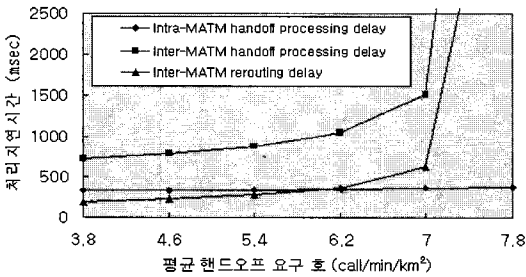
처리 지연시간으로는 Mobile ATM 내(즉, 클러스터 내)에서의 핸드오프 처리 지연시간 $D_{HO(intra)}$,

Mobile ATM 간(즉, 클러스터 간) 핸드오프 처리 지연시간 $D_{HO(inter)}$ 그리고 클러스터간 핸드오프 예상호를 위한 재라우팅 소요시간 D_{rerout} 을 측정하였다.

그림 9는 셀반경이 500m이고 M=19 (즉, 하나의 클러스터 담당영역 크기가 14.915 km^2) 인 경우의 평균 핸드오프 요구 호 대 처리 지연시간을 나타낸 것이다. 그림 9-(a)는 N=5인 경우로서, 하나의 Mobile ATM/SSP가 5개의 Mobile ATM을 갖는다.



(a)



(b)

그림 10. 평균 핸드오프 요구 호 대 처리 지연시간 (M=37, 셀반경 = 500m)

(a) M=37, N=5, (b) M=37, N=6

Fig. 10. Handoff request rate versus delay time (M=37, Radius of cell = 500m).

(a) M=37, N=5, (b) M=37, N=6

Mobile ATM간 재라우팅 지연시간 D_{rerout} 는 평균 핸드오프 요구 호가 11 call/min/km^2 로 증가될때까지 Mobile ATM내 핸드오프 처리 지연시간 $D_{HO(intra)}$ 보다 낮게 유지됨을 알 수 있다. 또한 Mobile ATM간 핸드오프 처리 지연시간 $D_{HO(inter)}$ 도 평균 핸드오프 요구호가 증가됨에 따라 비교적 완만하게 증가된다. 그러나 N=6 이 될 경우(그림 9-(b)), 평균 핸드오프 요구호가 9 call/min/km^2 보다 클 경우엔 $D_{HO(inter)}$ 는 급격히 증가되어 처리 지연시간이 1000~2000 msec 의 값을 보이고 있다. 또한 D_{rerout} 도 평균 핸드오프

요구호가 9 call/min/km^2 보다 클 경우 Mobile ATM/SSP의 시그널링 부하의 증가로 인해 $D_{HO(intra)}$ 보다 훨씬 커짐을 알 수 있다.

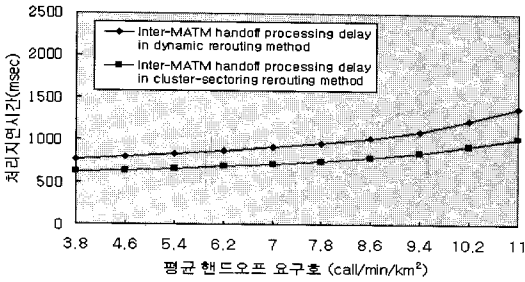
그림 10은 셀반경은 500m이고 M=37 (즉, 하나의 클러스터 담당영역 크기가 20.045 km^2) 인 경우의 평균 핸드오프 요구 호 대 처리 지연시간을 나타낸 것이다. 그림 10-(a)는 N=5인 경우로서 그림 9-(a)와 유사한 그래프 특성을 보이고 있다. 그러나 평균 핸드오프 요구 호가 7 call/min/km^2 보다 커지면 D_{rerout} 가 $D_{HO(intra)}$ 보다 커지기 시작하고 $D_{HO(inter)}$ 의 증가분도 급격히 증가되기 시작한다. N=6인 그림 10-(b)의 경우엔 평균 핸드오프 요구호가 6 call/min/km^2 보다 커지면 $D_{HO(inter)}$ 와 D_{rerout} 는 급격히 증가되어 처리 지연시간이 3000msec이상의 값을 갖게 된다. 그림 9와 그림 10을 통해 D_{rerout} 가 $D_{HO(intra)}$ 보다 적은 상태에서는 Mobile ATM간 핸드오프 처리 지연시간 $D_{HO(inter)}$ 도 비교적 1000msec이하에서 비교적 완만한 증가를 보이는 반면 D_{rerout} 가 $D_{HO(intra)}$ 보다 커지게 되면, Mobile ATM간 핸드오프 처리 지연시간 $D_{HO(inter)}$ 는 급속히 증가되어 핸드오프 처리 요구 지연시간을 만족시킬 수가 없게 된다. 결국 핸드오프 처리 요구 지연시간을 만족시키기 위해서는 각 서비스 지역에 따른 단위 면적 및 단위시간당 평균 핸드오프 요구 호의 수를 고려하여 식(20~22)을 이용하여 M과 N을 적절히 조정해야 할 것이다.

3. 기존의 동적연결재라우팅 방안과의 비교

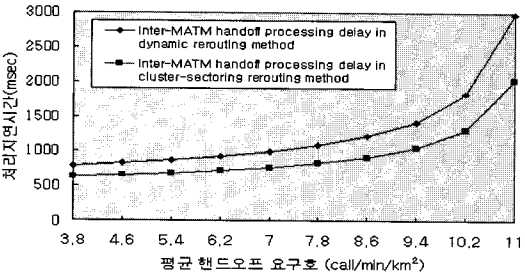
본 논문에서 제안한 시그널링 절차 및 해석방법을 바탕으로 참고문헌^[11]의 클러스터 색터링을 이용한 연결재라우팅 방안과 기존의 동적 연결재라우팅 방안과의 교환기간 핸드오프 처리지연시간을 비교 검토하고자 한다.

두가지 방안에서의 교환기간 핸드오프 처리 지연시간을 비교하기 위해 망 토폴로지는 다음과 같이 가정한다. 하나의 클러스터내에 존재하는 셀들의 총 개수 M은 19, 하나의 Mobile ATM/SSP가 담당하는 클러스터의 총 개수는 5 또는 6이라고 가정한다. 앞에서와 마찬가지로 각 셀의 반경을 500m로 가정하면 클러스터의 담당영역은 14.915 km^2 이 되고 Mobile ATM/SSP가 담당하는 영역은 89.49 km^2 가 된다. 또한 수치적 비교를 위해 표 2의 파라미터 값들을 가정

한다.



(a)



(b)

그림 11. 교환기간 핸드오프 처리 지연시간 비교 (M=19, 셀반경=500m)

(a) M=19, N=5, (b) M=19, N=6

Fig. 11. Inter-MATM handoff processing delay time (M=19, Radius of cell=500m).

(a) M=19, N=5, (b) M=19, N=6

그림 11은 클러스터 섹터링을 이용한 연결재라우팅 방안에서의 교환기간 핸드오프 처리지연시간과 기존에 제안된 동적 연결재라우팅 방안에서의 교환기간 핸드오프 처리 지연시간을 비교한 것이다. 그림 11-(a)는 클러스터의 개수 N이 5일 경우를 나타낸 것이다. 평균 핸드오프 요구호 발생빈도가 커질수록 동적 연결재라우팅 방안에서의 교환기간 핸드오프 처리 지연시간이 클러스터 섹터링을 이용한 연결재라우팅 방안에서의 교환기간 핸드오프 처리 지연시간에 비해 200~300msec 정도 커짐을 알 수 있다. 클러스터의 개수 N이 6인 그림 11-(b)의 경우는 평균 핸드오프 요구호가 8 call/min/km² 이하인 경우는 그림 11-(a)와 비슷한 특성을 보이지만 8 call/min/km² 이상인 경우에는 평균 핸드오프 요구호 발생빈도가 커질수록 동적 연결재라우팅 방안에서의 교환기간 핸드오프 처리 지연시간이 클러스터 섹터링을 이용한 연결재라우팅 방안에서의 교환기간 핸드오프 처리 지연시간에 비해

400~900msec 정도 커짐을 알 수 있다.

따라서, 클러스터 섹터링을 이용한 연결재라우팅 방안은 기존에 제안된 동적연결재라우팅 방안보다 교환기간 핸드오프 처리 지연시간 감소 측면에서 보다 뛰어난 특성을 나타냄을 알 수 있다.

V. 결론

본 논문은 참고문헌^[1]의 클러스터 섹터링을 이용한 연결재라우팅 방안에 대해 ATM 기반 유무선 통합망 모델을 토대로 구체적인 시그널링 절차를 제시하고 이를 수학적으로 분석하여 클러스터 크기, 망구조, 핸드오프 발생 빈도와 핸드오프 지연시간과의 관계를 나타내는 수학적 해를 도출하였다. 또한 시뮬레이션을 통해 수치적 결과와 비교하여 일치함을 확인함으로써 수학적 해를 검증하였다.

각 서비스 지역에 따른 단위 면적 및 단위시간당 평균 핸드오프 요구 호의 수를 고려하여 수학적 해를 적용시켜 클러스터 내의 셀의 수(M)과 클러스터 개수(N)를 적절히 조정하면 핸드오프 처리 요구 지연시간(특히, 교환기간 핸드오프 처리 요구 지연시간)을 충분히 만족시킬 수 있음을 실험결과로부터 알 수 있다. 또한 이러한 시그널링 절차 및 해석방법을 이용하여 기존에 제안된 동적 연결재라우팅 방안과 클러스터 섹터링을 이용한 연결재라우팅 방안^[1]에서의 교환기간 핸드오프 처리지연시간을 비교해 본 결과, 클러스터 섹터링을 이용한 연결재라우팅 방안이 교환기간 핸드오프 처리지연시간 감소에 보다 뛰어난 특성을 나타냄을 알 수 있었다.

따라서 본 논문의 결과는 ATM 기반 유무선 통합망에서 클러스터 섹터링을 이용한 연결재라우팅 방안을 채택했을 시의, 교환기간 핸드오프 처리 요구 지연시간을 만족시키기 위해 망 구조 및 클러스터 크기의 구성을 어떻게 할 것인지에 대한 하나의 해결책이 될 것으로 기대된다.

참고 문헌

[1] 장경훈, 강경훈, 심재정, 김덕진, "ATM기반 유무선 통합망에서 이동성으로 인한 핸드오프 QoS 보장 방안", 대한전자공학회 논문지, 제34권 S편 제10호, 1997. 10

[2] Ruixi Yuan, Kenneth Chao and Allen Levesque, "An Extended Reference Model for Wireless/Mobile ATM Networks," ATM-Forum/96-0688, June, 1996.

[3] Takumi Ohba, Shin-ichi Kuribayashi and Hideo Sekiguchi, "Requirements and service Scenarios to Provide Mobile ATM," ATM-Forum/96-0757, June, 1996.

[4] Yoichi Matsumoto and Masahiro Umehira, "Physical Layer Requirements for Wireless ATM Systems," ATM-Forum/96-0705/PLEN, June, 1996.

[5] 장경훈, 심재정, 김덕진, 강경훈, "ATM-based PCN에서의 연결 재라우팅을 위한 유선망자원 예약방안", 대한전자공학회 논문지, 제34권 S편 제2호, 1997. 2

[6] L. Van Hauwermeiren, et all., "Requirements for Mobility Support in ATM," IEEE GLOBECOM, pp1691-1695, 1994.

[7] Anthony S. Acampola and Mahmoud Naghshineh, "An Architecture and Methodology for Mobile-Executed Handoff in Cellular ATM Networks," IEEE Journal on Selected Area in Comm. Mag., pp1365-1375, 1994.

[8] Anthony S. Acampola and Mahmoud Naghshineh, "Control and Quality-of-Service Provisioning in High-Speed Microcellular Networks", IEEE Personal Comm. Mag., pp36-43, 1994.

[9] Carlos Oliveira, Jaime Bae Kim and Tatsuya Suda, "Quality-of-Service Guarantee in High-Speed Multimedia Wireless Networks", IEEE ICC, pp728-734, 1996.

[10] ITU-R Recommendation M.687, Future Public Land Mobile Telecommunication Systems (FPLMTS).

[11] ITU-R Recommendation M.817, FPLMTS Network Architectures.

[12] ITU-T Draft Q.FNA, FPLMTS Network Architectures.

[13] ITU-T Recommendation Q.1211, Introduction to Intelligent Network Capability Set 1.

[14] ITU-T Recommendation Q.1213, Global Functional Plane for Intelligent Network CS-1.

[15] Leonard Kleinrock, *Queueing Systems, volume 1*, John Wiley & Sons, 1975.

[16] A.Alan B. Pritsker, *Introduction to Simulation and SLAM II*, John Wiley & Sons, 1986.

저 자 소 개



張景訓(正會員)

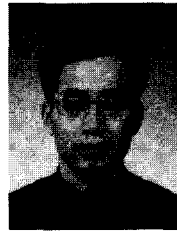
1970년 2월 28일생. 1993년 2월 고려대학교 전자공학과 졸업 (공학사). 1995년 2월 고려대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학석사). 1998년 2월 고려대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학박사). 1997년 3월~현재 고려대학교 부설 정보·통신기술공동연구소 선임연구원. 주관심 분야는 개인이동통신망, IMT-2000, AIN, B-ISDN/ATM

姜景薰(正會員) 第 34卷 S編 第 2號 參照



朴相炫(正會員)

1972년 2월 27일생. 1995년 2월 고려대학교 전자공학과 졸업 (공학사). 1997년 2월 고려대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학석사). 1997년 3월~현재 고려대학교 대학원 전자공학과 박사과정. 주관심 분야는 개인이동통신망, IMT-2000, AIN, B-ISDN/ATM



安鎔華(正會員)

1959년 11월 18일생. 1982년 2월 고려대학교 전기공학과 졸업 (공학사). 1984년 2월 고려대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학석사). 1997년 2월 고려대학교 박사과정 수료. 1984년 1월~1994년 2월 LG전자 책임연구원. 1994년 3월~현재 수원전문대학 전산학과 전임강사. 주관심 분야는 개인이동통신망, 프로토콜, B-ISDN/ATM

金惠鎮(正會員) 第 30卷 A編 第 12號 參照

현재 고려대학교 전자공학과 교수