

論文97-34S-10-4

ATM기반 유무선 통합망에서 이동성으로 인한 핸드오프 QoS보장 방안 (Handoff QoS Guarantee on ATM-based wired/wireless integrated network)

張景訓*, 姜景薰**, 沈哉廷*, 金惠鎮*

(Kyunghun Jang, Kyeonghoon Kang, Jaejeong Shim, and Duckjin Kim)

요 약

ATM기반의 유무선 통합망 모델을 바탕으로 클러스터의 지역 D에서 미리 클러스터간 핸드오프에 대비하여 재라우팅 및 그와 관련된 VPI/VCI를 설정함으로써 Mobile ATM간 핸드오프 시에 소요되는 재라우팅 지연시간을 감소시킬 수 있는 연결재라우팅 방안[1]을 적용시키고 앞으로 예상되는 다양한 서비스 유형에 따른 핸드오프 QoS 중 호의 블러킹 확률의 최소화를 위한 자원예약방식으로 보조예약방식과 분할예약방식을 제안하였다. 이 방식들의 핵심은 제안한 연결재라우팅 방안에 의해 클러스터간 핸드오프 호의 분포를 예상하여 그 정보를 토대로 자원을 동적으로 예약하는 것이다. 또한 이 방식들에 대한 수학적 분석을 통해 비용측면에서 최적의 자원예약량을 결정하는 알고리즘 및 비용함수를 제안하였다. 수치적 분석결과로부터 보조예약방식이 모든 경우($\alpha > \beta$, $\alpha = \beta$, $\alpha < \beta$)에 있어서 자원예약방식을 사용하지 않았을 때보다 비용감소 측면에서 매우 효과적임을 알 수 있다. 반면 분할예약방식은 α 가 β 보다 클 때(즉, 핸드오프 호에 대해 요구되는 강제 종료 확률 B_{QH} 의 만족에 비중을 더 둘 경우) 그리고 총용량이 비교적 적은 경우에 비교적 비용감소에 큰 효과를 볼 수 있지만 그 외의 경우에는 약간의 비용감소 효과밖에는 얻을 수 없음을 알 수 있다. 또한 시간대별로 호분포가 다양하게 변화하는 이동환경하에서도 비교적 안정된 핸드오프 호의 강제종료 확률을 유지하는 보조예약방식이 새로운 호의 블러킹 확률면이나 핸드오프 호의 강제종료 확률면에서 볼때 분할예약방식보다 뛰어난 특성을 갖음을 알 수 있다.

Abstract

On ATM-based wired/wireless integrated network, we apply the connection re-routing method[1] which reduces the inter-cluster handoff delay by reserving VPI/VCI for possible inter-cluster handoff calls in advance. Additionally, we propose wired resource reservation methods, which are auxiliary method and split method, for handoff QoS guarantee of various expected services. The characteristics of these methods reserve wired connection resources based on the information on the possible inter-cluster handoff calls. With mathematical analysis, we also propose each algorithm and cost function for deciding an optimal amount in reserving resources. With numerical examples, we can see that the auxiliary method effectively reduces the cost in all cases($\alpha > \beta$, $\alpha = \beta$, and $\alpha < \beta$). The split method has a little cost-reduction effects, when handoffs call does not have priority over new calls (that is, $\alpha \leq \beta$) and the total capacity is relatively large. In other cases, the split method, however, has effective cost-reduction effects. The numerical results show that these reservation methods can flexibly cope with the time-variant environment and meet the QoS requirements on the inter-cluster handoff calls.

* 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 移動交換研究室

(Mobile Switching Sec., Switching Technology Division, ETRI)

接受日字: 1997年5月23日, 수정완료일: 1997年9月20日

I. 서론

이동망에서의 멀티미디어 응용이 요구됨에 따라 유선 광대역망에서 제공하는 다양한 서비스를 무선에까지 확장하여 제공하는 수십 Mbps급까지의 ATM cell기반 무선 멀티미디어 서비스의 필요성이 증대되고 있다. 따라서 유무선 영역의 제한 없이 ATM cell기반의 다양한 유무선 멀티미디어 서비스를 B-ISDN망에서 통합 제공하는 ATM기반의 유무선 통합망에 대한 연구가 필요하다.

또한 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 것이다. 따라서 핸드오프로 인한 지연시간 최소화 및 자원의 효율적 사용을 위한 연결재라우팅에 관한 연구가 진행되어 왔다. 지금까지의 연결재라우팅 방안으로는 동적 재라우팅 방안^[2], 가상연결트리 개념을 이용한 연결재라우팅 방안^[3] 등이 있고 이들의 단점을 보완하고자 우리는 논문^[1]에서 연결재라우팅 방안을 제안하였다. 또한 유무선 통합망은 기존의 음성과 데이터는 물론 앞으로의 멀티미디어 트래픽을 지원할 것이므로 핸드오프 시의 QoS 유지방안에 대한 연구가 필요할 것이다.

본 논문에서는 지능망 구조^[4]와 결합된 ATM기반의 유무선 통합망 모델을 제시하고 논문^[1]에서 제안한 연결재라우팅 방안을 적용시켜 보다 구체화시킨다. 또한 유무선망에서 제공 가능한 서비스를 유형별로 분류하고 핸드오프 시에도 이러한 서비스 유형에 따른 QoS를 보장할 수 있는 유선망 자원예약 방식을 보완 및 제안하고 자원예약량을 결정하는 알고리즘을 제안한다.

일반적으로 새로운 호가 블럭킹되는 것보다는 진행 중인 호 즉, 핸드오프 호의 강제종료가 가입자를 더 불쾌하게 만들기 때문에 본 논문에서 제안하는 유선망 자원예약 방안은 새로운 호의 블럭킹 확률이 다소 증가되더라도 핸드오프 호의 강제종료 확률을 현저히 감소시킬 뿐만 아니라 다양한 서비스 유형에 따른 QoS 반영 및 시간대 별로 변화하는 이동 사용자 수요에 능동적으로 대처하기 위한 것으로 논문^[1]에서 제안한 방식과 본 논문에서 추가로 제안하는 방식을 수학적

모델링 및 해석을 통해 비교 분석해 보고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 지능망 구조와 결합한 ATM 기반의 유무선 통합망에 대한 모델을 제시하고 III장에서는 논문^[1]에서 제안한 연결재라우팅 방안을 ATM 기반의 유무선 통합망에 적용해 구체화시킨다. IV장에서는 III장에서의 step 4에 언급된 유선망 자원예약방식을 구체화시키고 이를 수학적으로 모델링 및 해석한다. 또한 자원예약량을 결정하는 알고리즘을 제안한다. V장에서는 두 가지 자원예약방안 및 알고리즘을 적용해 수치적으로 비교 분석한다. 마지막으로 VI장에서 결론을 맺는다.

II. ATM기반 유무선 통합망 모델

유선망이 ISDN, B-ISDN으로 발전되고 서비스도 음성 위주에서 데이터, 영상 등의 멀티미디어로 통합 발전되고 있다. 또한 무선망에서도 가입자의 서비스 요구는 음성에서 데이터로 발전되면서 유선망과 대등한 서비스를 필요로 하고 있다. 따라서 이러한 서비스는 FPLMTS/UPT^[5] 개념의 서비스를 제공하면서 궁극적으로는 유무선 통합 멀티미디어 서비스로 발전되어 갈 것이다.

유무선 통합은 기존 망 자원의 활용성, 망 구축 비용, 망 운용 및 유지보수 비용, 망 성능, 경제적인 서비스 제공, 망의 진화 및 향후 서비스 이식성 등을 종합적으로 고려하여 결정하여야 하고, 단순한 무선 액세스 망과의 연동이 아니라 단일화된 유무선 이동성 서비스 및 다양한 서비스의 통합을 요구하므로 망의 핵심인 교환기의 역할은 매우 중요하다. 이러한 관점에서 볼 때 유무선 통합 ATM교환기의 개발이 선행되어야 한다. 즉 유선 ATM교환기에 무선접속 기능, 무선 트래픽 제어 기능, 유무선 단일 이동성 관리 기능을 추가하는 형태가 단기간내 구현 가능하고 경제적인 서비스 제공이 가능하다. 또한 유무선 통합 ATM 교환망은 광대역 서비스의 주요 특징 중의 하나인 사용자 정보 대역폭의 가변성을 효율적으로 제어하고, 핸드오프와 같은 이동성 처리 실현을 용이하게 할뿐만 아니라 망 전송로를 효율적으로 사용할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 그림 1과 같은 ATM 기반의 유무선 통합망을 제안한다.

Mobile ATM^[6] 교환기는 다수의 WATM 교환기들과 Mobile ATM/SSP와의 연결을 담당한다. 그

리고 교환기능 외에도 WATM 교환기간 핸드오프, 즉 셀간 핸드오프, 처리 기능을 갖는다. WATM (Wireless ATM)^[6] 교환기는 하나의 셀을 담당하며 무선망 가입자에게 유선망 액세스를 제공한다. Mobile ATM/SSP는 교환기능 뿐만 아니라 지능망 및 FPLMTS/UPT 서비스에 대한 망 액세스를 제공하며 Mobile ATM 교환기간 핸드오프를 위한 브리저 역할을 하는 노드가 된다. 따라서 Mobile ATM/SSP는 Mobile ATM 교환기간 핸드오프로 인한 ATM셀들의 손실을 막기 위해 순방향 및 역방향의 셀들을 적절한 시기에 버퍼링함으로써 동기화를 맞추는 역할 및 연결 재라우팅에 관련된 유선망 자원예약 및 할당을 수행하게 된다.

AD(ADjunct)는 지능망의 망요소에 해당하는 것으로서 Mobile ATM/SSP와 일대일로 연결되어 필요한 정보를 Mobile ATM/SSP에 제공한다. AD는 Mobile ATM/SSP와 연결된 Mobile ATM들에 대한 토폴로지 정보를 갖고 있고 VLR(Visitor Location Register)를 포함한다. SCP(Service Control Point)는 지능망 서비스 및 FPLMTS/UPT 서비스 로직을 수행하는 지능망 요소로서 여기서는 HLR(Home Location Register)을 포함한다. 그 외에도 Mobile ATM/SSP 간의 핸드오프 처리를 위해 공통 노드를 찾아주는 기능을 가져야 할 것이다.

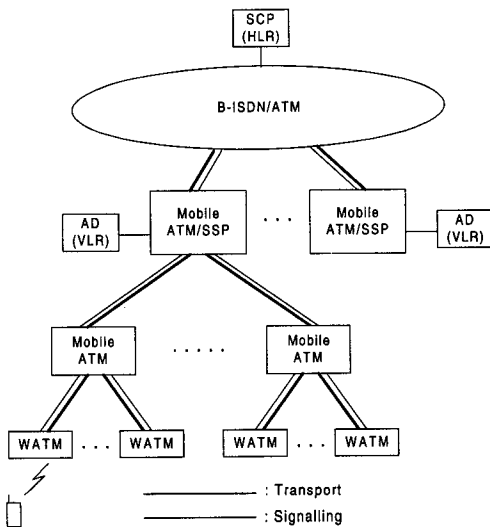


그림 1. ATM 기반의 유무선 통합망 구조
Fig. 1. The architecture of ATM-based wireless/wired integrated network.

III. ATM 기반 유무선 통합망에서의 연결재라우팅 방안

본 논문에서 제안하는 Mobile ATM간 고속 핸드오프를 위한 재라우팅 방안은 논문^[1]에서 제안한 연결재라우팅 방안을 ATM 기반의 유무선 통합망에 적용시킨 것으로서, 이동 호가 인접 클러스터 근처의 셀에 들어가게 될 때 목적 클러스터내의 Mobile ATM으로의 재라우팅을 위한 경로설정 및 VPI/VCI를 등록하게 된다.

하나의 클러스터는 하나의 Mobile ATM과 연결된 다수의 셀룰라 기지국에 해당하는 WATM들이 담당하는 영역으로 정의한다. WATM은 하나의 셀을 담당하고 있으므로 하나의 클러스터 C는 각 셀 c_i 의 집합으로 나타낼 수 있다. 클러스터 C가 N개의 WATM들이 담당하는 셀들로 구성된다 할 때 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$C = \{ c_1, c_2, \dots, c_N \}$$

또한, 그 클러스터가 M개의 클러스터와 인접해 있다고 한다. 우리는 D_i 를 인접 클러스터 i의 근처에 있는 셀들의 집합으로 정의한다.

$$D_i = \{ c_j, c_k, c_l, \dots \} \subset C, i=1,2,\dots,M$$

어떠한 D_i 에도 속해 있지 않은 셀들의 집합을 R이라고 하면 다음과 같다.

$$R = \{ c_j, c_k, c_l, \dots \} \subset C, R \cap D_i = \emptyset \text{ for all } i$$

본 논문에서 제안하는 핸드오프를 위한 연결재라우팅 방안은 다음과 같이 요약될 수 있다.

- Step 1. 핸드오프방식으로 MCHO(Mobile Controlled HandOff)^[7]를 사용한다. 따라서 이동 호의 이동성으로 인해 핸드오프가 발생되면 목적 WATM은 Mobile ATM에게 핸드오프 요구 메시지를 보낸다.
- Step 2. Mobile ATM은 핸드오프 요구 메시지가 들어오면 해당 WATM이 R지역에 속한 것인지 혹은 D지역에 속한 것인지를 판단한다.

1. 해당 WATM이 R지역에 속한 경우
그 이동 호가 속한 클러스터의 Mobile ATM만으

로도 셀간 이동성을 지원할 수 있다. 또한 그 이동 호의 연속될 핸드오프도 클러스터내 핸드오프가 되므로 Mobile ATM은 상위 Mobile ATM/SSP로 연결 재라우팅을 요구할 필요가 없다. (Step 완료)

2. 해당 WATM이 D지역에 속한 경우

그 이동호의 연속된 핸드오프는 Mobile ATM간의 핸드오프, 즉 클러스터간 핸드오프가 될 확률이 커진다. Mobile ATM은 이전 WATM과 목적 WATM이 속한 지역 정보를 통해 다음 경우에 해당하는 경우에만 Mobile ATM/SSP에 연결재라우팅을 위한 VPI/VCI 설정을 요구하게 된다.

- R지역으로부터 해당 D지역으로 들어온 이동호의 경우
- 다른 D지역으로부터 해당 D지역으로 들어온 이동호의 경우

이때 이동호의 TPSI(Temporary Portable Subscriber Identity), 요구대역폭, 최소 허용 요구대역폭, 후보 목적 Mobile ATM 정보를 실어 보낸다.

Step 3. Mobile ATM/SSP는 이동호의 예상되는 클러스터간 핸드오프를 위해 후보 목적 Mobile ATM으로의 연결 재라우팅을 위한 VPI/VCI를 미리 설정한다. 그림 2는 이를 도식화한 것이다. 그림에서 보듯이 TPSI=a인 이동 호는 Mobile ATM-1이 담당하는 클러스터내의 WATM-1이 담당하는 R지역에 속한 셀에 있다고 하자. 또한 이 이동 호가 이동하여 WATM-2가 담당하는 D지역 셀로 들어가기 위해 WATM-2를 통해 핸드오프를 요구하고 있다고 하자. 이 이동 호의 다음 핸드오프는 Mobile ATM-2가 담당하는 클러스터로의 핸드오프가 될 확률이 크므로 Mobile ATM/SSP는 Mobile ATM-2로의 연결 재라우팅을 위한 VPI/VCI를 미리 설정하게 된다. 그림 2는 이러한 과정에서의 라우팅 테이블 관리상태를 보여준다.

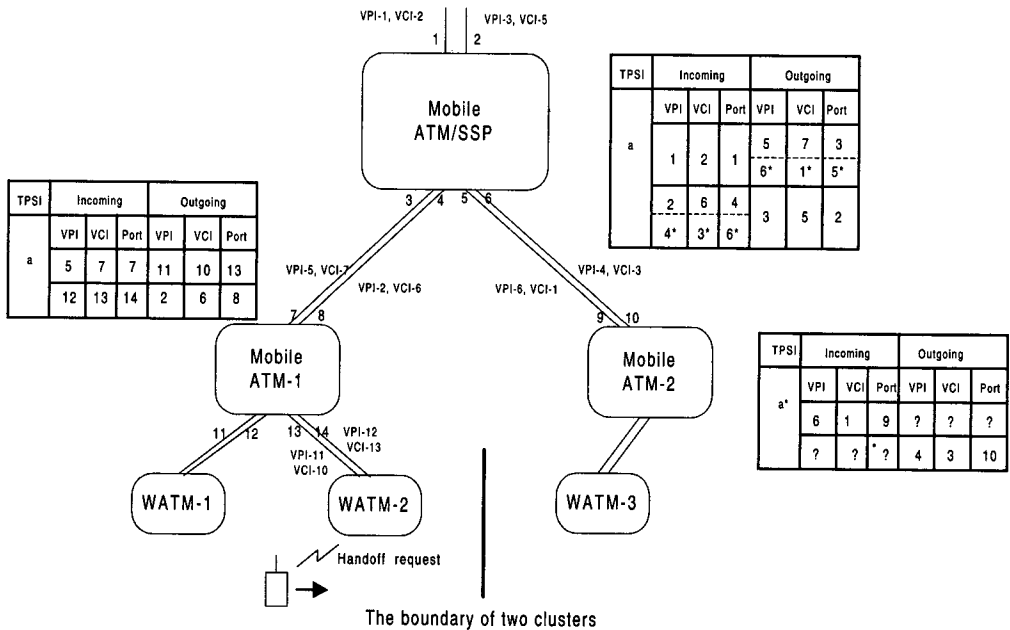


그림 2. D지역에서의 핸드오프 처리시 Mobile ATM간 연결 재라우팅
 Fig. 2. A connection re-routing between Mobile ATMs during handoff processing in region D.

Step 4. Mobile ATM/SSP는 클러스터간 핸드오프 발생 가능한 예상 호들에 대한 정보를 토대로 클러스터간 핸드오프 호를 위해 각 Mobile ATM간의 연결자원을 동적으로 예약한다. 클러스터간 핸드오프가 발생하게 될 예상 호들에 대한 정보는 다음과 같다.

- 각 서비스 유형별 핸드오프 발생 가능한 예상 호들의 평균발생간격
- 각 서비스 유형별 D지역에서의 클러스터간 핸드오프 발생확률
- 각 서비스 유효 대역폭
- 각 서비스 최소 허용 대역폭
- 각 서비스 품질
(새로운 호의 블럭킹 확률, 핸드오프 호의 강제종료 확률 등)

본 논문에서 제안하는 동적 자원예약 방식은 다음 장에서 언급하기로 한다.

Step 5. 이동 호가 예상대로 인접 클러스터내의 셀로 이동하게 되면, 해당 목적 WATM은 무선자원 할당 및 목적 Mobile ATM과의 연결을 위한 VPI/VCI 및 유선자원을 할당하게 된다. 목적 Mobile ATM은 해당 이동 호의 TPSI를 식별해 이미 등록된 VPI/VCI 경로를 따라 Mobile ATM/SSP로의 연결 자원을 할당한다.

Step 6. 이동 호가 목적 클러스터의 지역 R로 들어갈 때까지 이전 연결상의 VPI/VCI를 라우팅 테이블에서 삭제하지는 않는다. 그러나 이전 연결에 할당된 자원들은 해제된다. 만약 이동 사용자가 지역 D로부터 지역 R로 이동하여 들어가게 되면, 이전 연결상의 VPI/VCI를 재라우팅 테이블에서 삭제한다.

본 논문에서 제안한 연결 재라우팅방안은 클러스터의 지역 D에서 미리 클러스터간 핸드오프에 대비하여 재라우팅 및 그와 관련된 VPI/VCI를 설정함으로써 Mobile ATM간 핸드오프 시에 소요되는 재라우팅

지연시간을 감소시킬 수 있다.

IV. 유선망 자원예약방식(step 4)

본 장에서는 Mobile ATM/SSP와 각 Mobile ATM간의 클러스터간 핸드오프 호를 위한 자원예약 방식에 대해서 논하고자 한다. 일반적으로 새로운 호가 블럭킹되는 것보다는 진행중인 호 즉, 핸드오프 호의 강제종료가 가입자를 더 불쾌하게 만든다. 따라서 새로운 호의 블럭킹 확률이 어느 정도 증가되는 것을 감수하더라도 핸드오프 호의 강제종료 확률을 현저히 감소시키기 위해서는 자원예약 방식이 요구된다. 또한 차세대 이동통신에서는 멀티미디어 전송은 필수적 요건이 되고 있으므로 다양한 서비스 유형에 따른 QoS를 반영시킬 수 있는 자원예약방안이 필요하다. 그 밖에도, 시간대 별로 변화하는 이동사용자 수요에 대한 능동적인 대처를 위해서는 예약 자원도 동적으로 변해야 할 것이다.

따라서, 본 논문에서는 핸드오프 호의 강제종료 확률을 현저히 감소시킬 뿐만 아니라 다양한 서비스 유형에 따른 QoS 반영 및 시간대 별로 변화하는 이동 사용자 수요에 능동적으로 대처할 수 있는 두 가지의 동적 자원예약 방식들을 제안한다. 제안하고자 하는 동적 자원예약 방식들은 보조예약방식과 분할예약방식으로서 앞장에서 제안한 연결 재라우팅 방안의 Step 4를 구체화시킨 것이다.

1. 보조예약방식

Mobile ATM/SSP과 하나의 Mobile ATM간의 연결자원 예약 및 할당에 관한 파라미터를 다음과 같이 정의한다. 서비스 k 유형의 유효 대역폭을 $w_E(k)$, 최소 허용 대역폭을 $w_{MN}(k)$ 라고 하고 서비스 k 유형의 통화시간은 평균 $h(k)$ 의 지수분포를 갖는다고 가정한다. 서비스 k 유형의 클러스터간 핸드오프 발생 예상호의 발생간격은 평균 $\lambda_{EH}(k)$ 의 지수분포라고 가정한다. 서비스 k 유형을 갖는 클러스터간 핸드오프 발생 예상호에 대해 실제로 클러스터간 이동이 발생할 확률을 $p_H(k)$ 라고 하자. 또한 하나의 Mobile ATM을 통해 호를 새로이 설정하고자 하는 서비스 k 유형의 새로운 호 도착발생간격은 평균 $\lambda_M(k)$ 의 지수분포를 갖는다고 가정한다.

D지역에 있는 클러스터간 핸드오프 발생 예상호 중에서 서비스 k 유형의 클러스터간 핸드오프 호의 평균 도착발생간격 $\lambda_H(k)$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\lambda_H(k) = \lambda_{EH}(k) \times p_H(k) \quad (1)$$

ρ_k 는 Mobile ATM/SSP와 하나의 Mobile ATM 간의 연결자원을 사용하고자 하는 서비스 k 유형의 offered load로서 클러스터간 핸드오프 호와 새로운 호의 부하를 모두 고려한 것이다. 따라서 $\rho(k)$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\rho(k) = [\lambda_H(k) + \lambda_N(k)]h(k) \quad (2)$$

Mobile ATM/SSP와 하나의 Mobile ATM간에 할당된 총 자원 C_T 는 다음과 같이 구성된다.

$$C_T = C_M + C_R \quad (3)$$

C_M 은 Mobile ATM/SSP와 하나의 Mobile ATM 간의 연결자원 중 핸드오프 호와 새로운 호 모두 사용 가능한 자원으로 정의한다. 예약 자원 C_R 의 용량은 각 서비스 유형별 $\lambda_N(k)$, $\lambda_{EH}(k)$, $h(k)$, $p_H(k)$, $w_E(k)$, $w_{MN}(k)$ 및 각 서비스 품질(핸드오프 호의 강제 종료 확률, 새로운 호의 블러킹 확률)정보를 바탕으로 하는 자원 예약량 결정 알고리즘에 의해 결정된다. 자세한 내용은 뒤에서 논의하기로 한다.

자원 C_M 의 서비스를 받고자 하는 호에 대해 가용자원이 없는 경우, 새로운 호는 블러킹되지만 핸드오프 호는 예약 자원 C_R 의 서비스를 받게 된다. 만약 그 예약 자원도 가용치 않으면 강제 종료된다. 그러나 예약 자원 C_R 의 서비스를 받게 되는 핸드오프 호는 두 가지 클래스로 구분되어 별도의 자원할당 메카니즘을 갖게 된다.

차세대 이동통신망에서 있을 수 있는 서비스 유형은 표 1과 같이 크게 클래스 I, II로 구분할 수 있다^[8]. 표 2는 클래스 분류에 따른 서비스 유형을 나타낸 것이다^[9].

보조예약방식에서는 예약 자원의 서비스를 받게 되는 핸드오프 호 중 클래스 II 서비스를 갖는 호는 서비스 유효 대역폭을 할당받지 못하고 최소 허용 대역폭만 할당받게 된다. 이는 클래스 II 서비스 특성이

지연에 둔감한 반면 데이터 손실이 매우 적어야 하므로 할당 대역폭을 최소로 함으로써 핸드오프 호의 강제 종료로 인한 데이터 손실을 최소로 하고 자원을 보다 효율적으로 사용하기 위한 것이다. 그러나 클래스 I 서비스는 실시간 전송을 요하고 지연에 민감하므로 핸드오프로 인해 할당 대역폭을 유효 대역폭에서 최소 대역폭으로 감소시키는 것은 바람직하지 않으므로 예약자원의 서비스를 받게 되는 클래스 I의 핸드오프 호는 유효 대역폭을 할당받게 된다.

핸드오프 호와 새로운 호 모두 사용 가능한 자원 C_M 의 서비스를 받지 못한 핸드오프 호의 예약 자원 C_R 에 제공되는 offered load $\rho_{BH}(k)$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\rho_{BH}(k) = \lambda_H(k) h(k) B_M(k) \quad (4)$$

여기서 $B_M(k)$ 는 서비스 k 유형의 호(새로운 호+핸드오프 호)들이 자원 C_M 의 서비스를 받지 못하고 블러킹될 확률이다.

본 논문에서 제안하는 Mobile ATM/SSP와 각 Mobile ATM 간의 보조예약방식에 관한 모델을 도식화하면 그림 3과 같다.

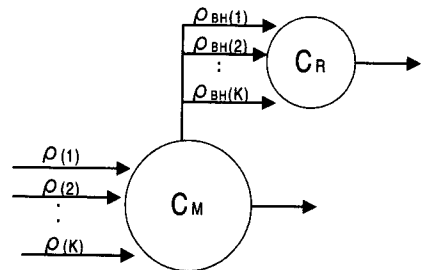


그림 3. 보조예약방식의 수학적 모델링

Fig. 3. The modeling of auxiliary reservation method.

표 1. 클래스 분류

Table 1. Classification of Classes.

클래스	특성	예	핸드오프 QoS 파라미터
I	· 실시간 · 지연 민감	· 음성 · 비디오	· 새로운 호의 블러킹 확률 · 핸드오프 호의 강제종료 확률
II	· 비실시간 · 지연 둔감 · 신뢰성 있는 데이터 전송	· FTP · Remote login · 조회 서비스	· 핸드오프 시의 셀손실율 · 핸드오프 시의 ATM 셀 sequencing

표 2. 클래스 분류에 따른 서비스 유형
Table 2. Types of services according to the classes.

클래스	서비스 유형	예	요구 대역폭	연결지속시간
I	유형 1	· 비디오 서비스 · 오디오 폰	30Kbps (CBR)	1~10min
	유형 2	· 비디오 폰 · 영상회의	256Kbps (CBR)	1~30min
	유형 3	· 주문형 비디오 · 멀티미디어 서비스	1~10Mbps	5min~5hour
II	유형 4	· E-mail · FAX	5~50Kbps	10~120sec
	유형 5	· Remote login · Data on Demand	64~512Kbps	30sec~10hour
	유형 6	· 파일 전송 · 조회 서비스	1~10Mbps	30sec~20min

C_M 과 C_R 이 결정되었다고 가정했을 때, 실제 발생하는 서비스 k 유형의 호(새로운 호+ 핸드오프 호)들에 대한 블럭킹 확률 $B_M(k)$ 및 강제 종료 확률 $B_H(k)$ 를 구해본다. 또한 본 논문에서 제안하는 보조예약방식과 클러스터간 핸드오프로 인한 클래스 II 서비스 호들의 품질 저하 factor $D(k)$ 및 자원의 평균 이용도 U_T 를 구해본다.

C_M 자원의 서비스를 받고 있는 서비스 k 유형의 호들의 개수를 $n(k)$ 라고 하면 State space S 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$S \equiv \{ n \in Z^K : w_E \cdot n \leq C_M \}$$

여기서 Z^K 는 0이 아닌 정수의 집합이고 K 는 서비스 유형의 총 개수이다. n 과 w_E 는 다음과 같다.

$$n \equiv [n(1), n(2), \dots, n(K)]$$

$$w_E \equiv [w_E(1), w_E(2), \dots, w_E(K)]$$

그리고 $w_E \cdot n$ 은 $\sum_{k=1}^K w_E(k) n(k)$ 로 나타낼 수 있다. 임의의 시간 t 에 자원 C_M 의 서비스를 받고 있는 서비스 k 유형의 호의 개수를 랜덤 프로세스 $X_k(t)$ 로 표현하면 이와 관련된 Stationary stochastic process [10] $X(t)$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$X(t) \equiv [X_1(t), X_2(t), \dots, X_K(t)]$$

{ $X(t)$ }는 State space S 상에서 aperiodic,

irreducible 마르코프 프로세스^[11]가 된다.

$n \in S$ 인 모든 n 에 대해 $\pi(n)$ 을 자원 C_M 의 서비스를 받고 있는 호들의 상태 확률이라고 하면 $\pi(n)$ 의 product-form solution은 다음과 같이 구해질 수 있다.

$$\pi(n) = \frac{\prod_{k=1}^K \frac{\rho(k)^{n(k)}}{n(k)!}}{\sum_{n \in S} \prod_{k=1}^K \frac{\rho(k)^{n(k)}}{n(k)!}}, \quad n \in S \quad (5)$$

서비스 k 유형의 호(새로운 호+ 핸드오프 호)들이 C_M 자원의 서비스를 받지 못하고 블럭킹될 확률 $B_M(k)$ 는 위 식으로부터 얻어질 수 있다.

$$B_M(k) = 1 - \sum_{n \in S(k)} \pi(n) \quad (6)$$

$$= 1 - \frac{\sum_{n \in S(k)} \prod_{j=1}^K \frac{\rho(j)^{n(j)}}{n(j)!}}{\sum_{n \in S} \prod_{j=1}^K \frac{\rho(j)^{n(j)}}{n(j)!}}$$

여기서, $S(k) \equiv \{ n \in S : w_E \cdot n \leq C_M - w_E(k) \}$ 가 된다.

서비스 k 유형을 갖는 새로운 호는 자원 C_M 의 서비스를 받지 못하면 바로 블럭킹되므로 서비스 k 유형의 새로운 호 블럭킹 확률 $B_M(k)$ 는 $B_M(k)$ 와 같게 된다.

$$B_M(k) = 1 - \frac{\sum_{n \in S(k)} \prod_{j=1}^K \frac{\rho(j)^{n(j)}}{n(j)!}}{\sum_{n \in S} \prod_{j=1}^K \frac{\rho(j)^{n(j)}}{n(j)!}} \quad (7)$$

자원 C_M 의 서비스를 받지 못한 서비스 k 유형의 핸드오프 호는 예약 자원 C_R 의 서비스를 요구하게 된다. 이때 예약 자원 C_R 에 제공되는 offered load $\rho_{BH}(k)$ 는 식(4-4)에 의해 구해진다.

예약 자원에 제공되는 핸드오프 호를 서비스 유형에 따라 클래스 I과 II로 분류하고 이에 따라 다음과 같이 예약 자원 C_R 에 대한 요구대역폭 $w_B(k)$ 을 재설정한다.

- 클래스 I인 핸드오프 호의 경우는 요구대역폭을 유효 대역폭으로 그대로 설정
 - 클래스 II인 핸드오프 호의 경우는 요구대역폭을 최소 허용 대역폭으로 설정
- 따라서, 요구대역폭 $w_B(k)$ 는 다음과 같이 나타낼

수 있다.

$$w_B(k) \equiv \begin{cases} w_E(k), & \text{if class I} \\ w_{MN}(k), & \text{if class II} \end{cases}$$

자원 C_R 의 서비스를 받고 있는 서비스 k 유형의 핸드오프 호들의 개수를 $m(k)$ 라고 하면 State space S' 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$S' \equiv \{ \mathbf{m} \in Z^K : \mathbf{w}_B \cdot \mathbf{m} \leq C_R \}$$

여기서 $\mathbf{w}_B \equiv [w_B(1), w_B(2), \dots, w_B(K)]$ 이다.

임의의 시간 t 에 자원 C_R 의 서비스를 받고 있는 서비스 k 유형의 핸드오프 호의 개수를 랜덤 프로세스 $Y_k(t)$ 로 표현하면 이와 관련된 Stationary stochastic process $\mathbf{Y}(t)$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\mathbf{Y}(t) \equiv [Y_1(t), Y_2(t), \dots, Y_K(t)]$$

$\{ \mathbf{Y}(t) \}$ 도 State space S' 상에서 aperiodic, irreducible 마르코프 프로세스이므로 $B_M(k)$ 구하는 방식을 유사하게 적용하면 자원 C_R 의 서비스를 받고 있는 핸드오프 호들의 상태 확률 $\pi(\mathbf{m})$ 은

$$\pi(\mathbf{m}) = \frac{\prod_{k=1}^K \frac{\rho_{BH}(k) m(k)}{m(k)!}}{\sum_{\mathbf{m} \in S'} \prod_{k=1}^K \frac{\rho_{BH}(k) m(k)}{m(k)!}}, \quad \mathbf{m} \in S' \quad (8)$$

이 되고 핸드오프 호의 강제 종료 확률 $B_H(k)$ 는 다음과 같이 구해진다.

$$B_H(k) = \left(1 - \frac{\sum_{\mathbf{m} \in S'(k)} \prod_{j=1}^K \frac{\rho_{BH}(j) m(j)}{m(j)!}}{\sum_{\mathbf{m} \in S'} \prod_{j=1}^K \frac{\rho_{BH}(j) m(j)}{m(j)!}} \right) B_N(k) \quad (9)$$

여기서 $S'_k \equiv \{ \mathbf{m} \in S' : \mathbf{w}_B \cdot \mathbf{m} \leq C_R - w_B(k) \}$ 이다.

클래스 II에 속한 서비스를 갖는 핸드오프 호는 자원 C_M 의 서비스를 받지 못할 경우 자원 C_R 의 서비스를 받게 되는데 이때 할당 대역폭이 최소 허용대역폭으로 감소된다. 이로 인해 트래픽 지연이 발생하게 된다. 클래스 II에 속한 서비스 k 유형의 연결 대역폭 감소 확률 $P_{\min}(k)$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$P_{\min}(k) = B_M(k) - B_H(k) \quad (10)$$

서비스 k 유형의 핸드오프로 인한 트래픽의 품질저하 factor $D(k)$ 는 다음과 같이 정의한다.

$$D(k) \equiv \frac{[1 - B_M(k)]w_E(k) + P_{\min}(k)w_B(k)}{[1 - B_H(k)]w_E(k)}, \quad 0 \leq D(k) \leq 1 \quad (11)$$

보조예약방식에서는 클래스 I에 속한 서비스 유형의 핸드오프 호의 $w_B(k)$ 는 $w_E(k)$ 가 되므로 식(4-11)에 식(4-10)을 대입하면 $D(k)$ 는 1이 된다. 즉, 클래스 I에 속한 서비스 유형의 핸드오프 호는 대역폭 감소로 인한 트래픽 품질 저하가 없다는 것을 의미한다. 반면 클래스 II에 속한 서비스 유형의 핸드오프 호의 $w_B(k)$ 는 $w_{MN}(k)$ 이 되므로, $D(k)$ 는 서비스 k 유형의 강제종료되지 않은 핸드오프 호의 실제 할당 대역폭의 평균을 유효 대역폭으로 나눈 값을 의미한다.

이 식에서 알 수 있듯이 품질 저하 factor $D(k)$ 가 1에 가까울수록 핸드오프로 인한 트래픽의 품질저하가 거의 없다는 것을 의미하고 0에 가까울수록 품질저하가 심하게 일어난다는 것을 의미한다.

자원 C_M 의 이용도 $U_M(\mathbf{X})$ 은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$U_M(\mathbf{X}) \equiv \sum_{k=1}^K w_E(k) X_k \quad (12)$$

여기서 X_k 는 평형상태에서의 시스템내에 있는 서비스 k 유형의 호들의 갯수를 의미하며, $\mathbf{X} \equiv [X_1, X_2, \dots, X_K]$ 이다. 따라서 자원 C_M 의 평균 이용도 U_M 은 $E[U_M(\mathbf{X})]$ 가 된다.

마찬가지로, 자원 C_R 의 이용도 $U_R(\mathbf{Y})$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$U_R(\mathbf{Y}) \equiv \sum_{k=1}^K w_B(k) Y_k \quad (13)$$

여기서 X_k 는 평형상태에서의 시스템내에 있는 서비스 k 유형의 호들의 갯수를 의미하며, $\mathbf{Y} \equiv [Y_1, Y_2, \dots, Y_K]$ 이다. 따라서 자원 C_R 의 평균 이용도 U_R 은 $E[U_R(\mathbf{Y})]$ 가 된다. 따라서, 식(3)에 의해 총 자원 C_T 의 평균 이용도 U_T 은 다음과 같이 구해진다.

$$U_T = U_M + U_R \quad (14)$$

※ 자원예약량 결정 알고리즘 (보조예약방식)

예약 자원 C_R 의 용량은 각 서비스 유형별 새로운 호의 평균 발생도착간격 $\lambda_M(k)$, 클러스터간 핸드오프 발생 예상호의 평균 발생간격 $\lambda_{EH}(k)$, 평균 통화시간 $h(k)$, 서비스 k 유형을 갖는 클러스터간 핸드오프 발생 예상호에 대해 실제로 클러스터간 이동이 발생할 확률 $p_H(k)$, 유효 대역폭 $w_E(k)$, 최소 허용 대역폭 $w_{MN}(k)$ 및 각 서비스 품질(핸드오프 호의 강제 종료 확률 $B_{QN}(k)$, 새로운 호의 블러킹 확률 $B_{QH}(k)$) 정보를 바탕으로 결정하게 된다.

총 자원 C_T 에 따른 부하 상태를 분류하면 다음과 같다.

$$\sum_{k=1}^K w_E(k) \rho(k) \begin{cases} = C_T, & \Rightarrow \text{critical loaded case} \\ > C_T, & \Rightarrow \text{overloaded case} \\ < C_T, & \Rightarrow \text{underloaded case} \end{cases}$$

위 세 가지 상태 중에서 저부하 상태(underloaded case)인 경우, 새로운 호든 핸드오프 호든 블러킹 및 강제종료를 당하지 않게 된다. 따라서 이 경우에는 자원을 예약할 필요가 없게 된다.

그러나, 임계 부하 상태(critical loaded case)와 과부하 상태(overloaded case)인 경우는 호가 블러킹 및 강제 종료되는 경우가 발생한다. 이러한 경우, 자원을 예약하지 않아도 블러킹 확률 및 강제종료 확률에 관련된 각 서비스 품질요구사항을 만족시키면 자원을 예약하지 않아도 된다. 자원을 예약하지 않을 경우엔 호의 실제 블러킹 확률과 강제종료 확률은 같게 나타난다. 그러나 대부분의 서비스 QoS 요구사항에서는 강제종료 확률은 블러킹 확률보다 대략 10^{-2} 정도 낮게 유지하기를 요구한다. 따라서 각 서비스 품질요구사항을 만족시키지 못한다는 것은 결국 핸드오프 호의 강제종료 확률을 만족시키지 못한 경우가 된다.

그러므로, 새로운 호의 블러킹 확률은 다소 증가하더라도 핸드오프 호의 강제종료 확률을 감소시키기 위한 자원예약을 수행한다.

먼저 각 서비스의 QoS 요구사항을 최대한 만족시키기 위해 비용함수 $Cost(\cdot)$ 를 정의한다.

$$Cost(B_H, B_N, B_{QH}, B_{QN}, D) \equiv Cost_H(\cdot) + Cost_N(\cdot) \quad (15)$$

여기서 $Cost_H(\cdot)$ 와 $Cost_N(\cdot)$ 는 다음과 같이 정의한다.

$$Cost_H(\cdot) \equiv \sum_{k=1}^K \left[\alpha \cdot g\left(\frac{B_H(k)}{B_{QH}(k)}\right) + \gamma \cdot (1-D(k)) \right] \quad (16)$$

$$Cost_N(\cdot) \equiv \sum_{k=1}^K \beta \cdot g\left(\frac{B_N(k)}{B_{QN}(k)}\right) \quad (17)$$

그리고 B_H 와 B_N 은 각 서비스에 따른 핸드오프 호의 강제종료 확률의 집합과 새로운 호의 블러킹 확률의 집합들이다. B_{QH} 와 B_{QN} 은 각 서비스 QoS에서 요구하는 핸드오프 호의 강제종료 확률과 새로운 호의 블러킹 확률의 집합이다. D 는 각 서비스의 품질저하 factor의 집합이다. 함수 $g(x)$ 은 다음과 같이 정의한다.

$$g(x) \equiv \begin{cases} 0, & \text{if } 0 < x \leq 1 \\ x, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (18)$$

또한 α, β, γ 는 0과 1사이의 임의의 실수값을 갖는 weight constant로서 α 는 핸드오프호의 강제종료를 최소화하는데 상대적으로 어느정도의 weight를 부가할 것인지를 나타내고, β 는 새로운 호의 블러킹 확률 감소에 상대적으로 어느정도의 weight를 부가할 것인지를 나타낸다. γ 는 할당 대역폭 감소로 인한 품질저하 감소에 상대적으로 어느정도의 weight를 부가할 것인지를 나타낸 것이다. 여기서 α, β 와 γ 는 상호간 상대적 weight이므로 값 자체는 의미가 없고 단지 $\alpha:\beta:\gamma$ 의 비율만이 의미를 갖는다. 만약 대역폭 감소로 인한 품질저하 측면은 고려하지 않고자 할 경우 $\gamma=0$ 으로 설정하면 된다. 그리고 핸드오프 호의 강제종료를 최소화하는데 관심이 크다면 $\alpha=0.2$ 로 설정하고 $\beta=0.1$ 로 설정할 수도 있다.

비용함수 $Cost(\cdot)$ 에서 핸드오프 호에 관련된 비용함수는 식(16)의 $Cost_H(\cdot)$ 로서 서비스 k 의 QoS에서 요구하는 핸드오프 호의 강제종료 확률보다 실제 강제종료 확률이 작으면 함수 $g(x)$ 에 의해 첫 항은 0의 값을 갖게 된다. 이는 실제 강제종료 확률이 서비스 k 의 QoS에서 요구하는 핸드오프 호의 강제종료 확률보다 작기만 하다면 그 값은 더이상 비용함수에 영향을 미치지 않게 된다. 그러나 실제 강제종료 확률이 서비스 k 의 QoS에서 요구하는 핸드오프 호의 강제종료 확률보다 클 경우엔 1 이상의 값을 갖게 되므로 비용함수에 영향을 미치게 된다. 그밖에도 핸드오프 발생시 할당 대역폭 감소로 인한 트래픽의 품질

저하 비용은 두번째 항에서 포함한다. 클래스 I에 속한 서비스 유형의 핸드오프 호는 $D(k)=1$ 이 되므로 비용에 영향을 미치지 않지만, 클래스 II에 속한 서비스 유형의 핸드오프 호는 $D(k)$ 가 1이 아닌 0과 1사이의 값을 갖게 되므로 핸드오프 호에 관련된 전체비용에 영향을 미치게 된다.

비용함수 $Cost(\cdot)$ 에서 새로운 호에 관련된 비용함수는 식(7)의 $Cost_M(\cdot)$ 으로서 서비스 k 의 QoS에서 요구하는 새로운 호의 블럭킹 확률보다 실제 블럭킹 확률이 작으면 함수 $g(x)$ 에 의해 0의 값을 갖게 된다. 이는 실제 블럭킹 확률이 서비스 k 의 QoS에서 요구하는 새로운 호의 블럭킹 확률보다 작기만 하다면 그 값은 더이상 비용함수에 영향을 미치지 않게 된다. 그러나 실제 블럭킹 확률이 서비스 k 의 QoS에서 요구하는 새로운 호의 블럭킹 확률보다 클 경우엔 1 이상의 값을 갖게 되므로 비용함수에 영향을 미치게 된다. 반면 새로운 호는 유효 대역폭을 할당받게 되므로 대역폭 감소로 인한 트래픽의 품질저하가 발생하지 않으므로 품질저하에 관련된 비용은 고려하지 않아도 된다.

위의 세가지 항목에 대해 weight 상수들간의 비율 $\alpha:\beta:\gamma$ 을 적절히 조정하여 실제 비용값을 얻게 되므로 비용함수의 비용값은 그 값 자체의 의미보다는 비교 척도로서 다음과 같은 알고리즘에 사용된다.

최적의 예약 자원 C_R 의 용량을 결정하는 알고리즘은 다음과 같다.

- 1) $\sum_{k=1}^K w_E(k) \rho(k)$ 와 C_T 의 값을 비교한다.
 - 1.1) 저부하 상태인 경우엔 예약자원을 갖지 않는다. (goto (7))
 $R = C_R \leftarrow 0, C_M \leftarrow C_T$
 - 1.2) 임계부하 및 과부하 상태인 경우
 - 1.2.1) 예약자원이 없을 경우 ($C_R = 0$)의 B_N, B_H, D 를 구한다.
 - 1.2.2) 주어진 B_{QN}, B_{QH} 를 이용해서 비용함수 $Cost(\cdot)$ 의 값을 구한다.
 - 1.2.3) $T \leftarrow Cost(\cdot), T_H \leftarrow Cost_H(\cdot)$ 로 설정한다.
- 2) $C_R \leftarrow \Delta C, C_M \leftarrow C_T - C_R, R \leftarrow C_R$ 로 각각 설정한다.

여기서 ΔC 는 단위 증가분이다.

- 3) B_N, B_H, D 를 구한다.
- 4) 주어진 B_{QN}, B_{QH} 를 이용해서 비용함수 $Cost(\cdot)$ 의 값을 구한다.
- 5) T 와 $Cost(\cdot)$ 값을 비교한다.
 - 5.1) $T > Cost(\cdot)$ 이면 $T \leftarrow Cost(\cdot), R \leftarrow C_R$ 로 설정한다.
 - 5.2) $T \leq Cost(\cdot)$ 이고 $T_H \geq Cost_H(\cdot)$ 이면 goto (7).
 - 5.3) $T \leq Cost(\cdot)$ 이고 $T_H < Cost_H(\cdot)$ 이면 goto (6).
- 6) $C_R \leftarrow C_R + \Delta C, C_M \leftarrow C_T - C_R$ 로 각각 설정하고 goto (3).
- 7) $C_R \leftarrow R, C_M \leftarrow C_T - R$ 로 최종 결정한다.

2. 분할예약방식

앞 절에서 논의된 보조예약방식은 앞서 제안한 연결 재라우팅 방안에 의해 클러스터간 핸드오프 호의 분포를 예측하여 자원 C_M 의 서비스를 받지 못한 클러스터간 핸드오프 호를 위한 별도의 예약자원 C_R 을 두었다. 분할예약방식도 마찬가지로 예측되는 클러스터간 핸드오프 호의 분포를 근거로 하지만 자원 예약방식은 다르다. 분할예약방식은 클러스터간 핸드오프 호의 전용 자원 및 새로운 호 전용자원을 별도로 두는 것이 특징이다. 또한 클래스 I, II의 특성에 따라 클러스터간 핸드오프 호 전용자원도 두 종류로 분류하여 별도로 관리한다. 분할예약방식에 관한 모델을 도식화하면 그림 4와 같다.

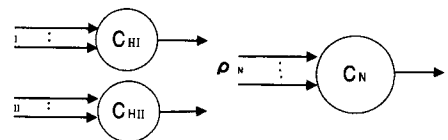


그림 4. 분할예약방식의 수학적 모델링
 Fig. 4. The modeling of split reservation method

위 그림에서 C_{HI} 는 클래스 I 서비스를 갖는 클러스터간 핸드오프 호를 위한 자원이고 C_{HII} 는 클래스 II 서비스를 갖는 클러스터간 핸드오프 호를 위한 자원이다. C_N 는 새로운 호만을 서비스하는 자원이다. 따라서 총 자원 C_T 는 다음과 같다.

$$C_T = C_{HI} + C_{HII} + C_N \tag{19}$$

ρ_{HI} 와 ρ_{HII} 는 각각 클래스 I, II의 서비스 유형을 갖는 클러스터간 핸드오프 호의 offered load 들의 집합이고 ρ_N 은 새로운 호의 offered load들의 집합이다. 편의상 1부터 J 까지를 클래스 I에 속한 서비스 유형이라고 하고 ($J+1$)부터 K 까지를 클래스 II에 속한 서비스 유형이라고 가정하자. 그러면 ρ_{HI} , ρ_{HII} 와 ρ_N 은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \rho_{HI} &\equiv [\rho_H(1), \rho_H(2), \dots, \rho_H(J)] \\ \rho_{HII} &\equiv [\rho_H(J+1), \rho_H(J+2), \dots, \rho_H(K)] \\ \rho_N &\equiv [\rho_N(1), \rho_N(2), \dots, \rho_N(K)] \end{aligned} \quad (20)$$

여기서 $\rho_H(k) = \lambda_{EH}(k) p_H(k) h(k)$ 이고 $\rho_N(k) = \lambda_N(k) h(k)$ 이다.

자원 C_{HI} , C_{HII} 과 C_N 의 용량은 각 서비스 유형별 $\lambda_N(k)$, $\lambda_{EH}(k)$, $h(k)$, $p_H(k)$, $w_E(k)$, $w_{MN}(k)$ 및 각 서비스 품질(핸드오프 호의 강제 종료확률, 새로운 호의 블럭킹 확률)정보를 바탕으로 하는 자원 예약 결정 알고리즘에 의해 결정된다. 자세한 내용은 뒤에서 논의하기로 한다.

자원 C_{HI} 의 서비스를 받는 클래스 I의 클러스터간 핸드오프 호는 실시간 전송을 요하고 지연에 민감하므로 유효 대역폭을 할당받게 된다. 그러나 자원 C_{HII} 의 서비스를 받는 클래스 II의 클러스터간 핸드오프 호는 지연에 둔감한 반면 데이터 손실이 매우 적어야 하므로 다음과 같은 규칙을 따른다.

- C_{HII} 총 용량 중 사용되고 있는 자원의 비율이 x ($0 < x \leq 1$) 이하인 경우, 서비스 받고자 하는 클러스터간 핸드오프 호에 유효 대역폭을 할당한다.
- C_{HII} 총 용량 중 사용되고 있는 자원의 비율이 x 이상인 경우, 서비스 받고자 하는 클러스터간 핸드오프 호에 최소 허용 대역폭을 할당한다.

그리고, 자원 C_N 의 서비스를 받는 새로운 호는 클래스에 관계없이 모두 유효 대역폭을 할당받는다.

식 (6)의 유도 과정과 마찬가지로 새로운 호의 블럭킹 확률 $B_N(k)$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$B_N(k) = 1 - \frac{\sum_{n \in S_N(k)} \prod_{j=1}^K \frac{\rho_N(j)^{n(j)}}{n(j)!}}{\sum_{n \in S_N} \prod_{j=1}^K \frac{\rho_N(j)^{n(j)}}{n(j)!}} \quad (21)$$

여기서, $S_N \equiv \{ n \in Z^K: w_E \cdot n \leq C_N \}$

$$S_N(k) \equiv \{ n \in S_N: w_E \cdot n \leq C_N - w_E(k) \}$$

이다.

클래스 I의 서비스를 갖는 클러스터간 핸드오프 호의 강제 종료 확률 $B_H(k)$ 도 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$B_H(k) = 1 - \frac{\sum_{m \in S_{HI}(k)} \prod_{j=1}^J \frac{\rho_H(j)^{m(j)}}{m(j)!}}{\sum_{m \in S_{HI}} \prod_{j=1}^J \frac{\rho_H(j)^{m(j)}}{m(j)!}}, \quad 1 \leq k \leq J \quad (22)$$

여기서, $S_{HI} \equiv \{ m \in Z^J: w_E \cdot m \leq C_{HI} \}$

$$S_{HI}(k) \equiv \{ m \in S_{HI}: w_E \cdot m \leq C_{HI} - w_E(k) \}$$

이다.

클래스 II의 서비스를 갖는 클러스터간 핸드오프 호의 강제 종료 확률 $B_H(k)$ 는 다음과 같이 구해질 수 있다.

$$\begin{aligned} B_H(k) &= \left(1 - \frac{\sum_{i \in S_{HI}(k)} \prod_{j=J+1}^K \frac{\rho_H(j)^{i(j)}}{i(j)!}}{\sum_{i \in S_{HI}} \prod_{j=J+1}^K \frac{\rho_H(j)^{i(j)}}{i(j)!}} \right) \cdot \\ &\left(1 - \frac{\sum_{i \in S_{HII}(k)} \prod_{j=J+1}^K \frac{\rho_{HII}(j)^{i(j)}}{i(j)!}}{\sum_{i \in S_{HII}} \prod_{j=J+1}^K \frac{\rho_{HII}(j)^{i(j)}}{i(j)!}} \right) \\ &= B_{TMP}(k) \left(1 - \frac{\sum_{i \in S_{HII}(k)} \prod_{j=J+1}^K \frac{\rho_{HII}(j)^{i(j)}}{i(j)!}}{\sum_{i \in S_{HII}} \prod_{j=J+1}^K \frac{\rho_{HII}(j)^{i(j)}}{i(j)!}} \right), \quad J+1 \leq k \leq K \quad (23) \end{aligned}$$

여기서, $S_{HII} \equiv \{ l \in Z^{(K-J)}: w_E \cdot l \leq x C_{HII} \}$

$$S_{HII}(k) \equiv \{ l \in S_{HII}: w_E \cdot l \leq x C_{HII} - w_E(k) \}$$

$$S_{\phi} \equiv \{ i \in Z^{(K-J)}: w_{MIN} \cdot i \leq (1-x) C_{HII} \}$$

$$S_{\phi}(k) \equiv \{ i \in S_{\phi}: w_{MIN} \cdot i \leq (1-x) C_{HII} - w_{MIN}(k) \}$$

$$w_{MIN} \equiv [w_{MIN}(1), w_{MIN}(2), \dots, w_{MIN}(K)]$$

$$B_{TMP}(k) = 1 - \frac{\sum_{i \in S_{HI}(k)} \prod_{j=J+1}^K \frac{\rho_H(j)^{i(j)}}{i(j)!}}{\sum_{i \in S_{HI}} \prod_{j=J+1}^K \frac{\rho_H(j)^{i(j)}}{i(j)!}}, \quad J+1 \leq k \leq K$$

$$\rho_{HI}(k) = \rho_H(k) \left(1 - \frac{\sum_{i \in S_{HI}(k)} \prod_{j=J+1}^K \frac{\rho_H(j)^{i(j)}}{i(j)!}}{\sum_{i \in S_{HI}} \prod_{j=J+1}^K \frac{\rho_H(j)^{i(j)}}{i(j)!}} \right), \quad J+1 \leq k \leq K$$

식 (12)~(14)와 유사한 방식으로 총 자원의 이용도를 구하면 다음과 같다.

$$U_T = U_N + U_{H1} + U_{Hn} \quad (24)$$

또한 클러스터간 핸드오프로 인한 클래스 II에 속한 서비스, k 유형의 연결 대역폭 감소 확률 $P_{\min}(k)$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$P_{\min}(k) = B_{TMP}(k) - B_H(k), \quad J+1 \leq k \leq K \quad (25)$$

그리고 서비스 k 유형의 핸드오프로 인한 트래픽의 품질저하 factor $D(k)$ 는 식(11)과 마찬가지로 다음과 같이 정의된다.

$$D(k) = \begin{cases} 1, & 1 \leq k \leq J \\ \frac{[1 - B_{TMP}(k)]w_E(k) + P_{\min}(k)w_{MN}(k)}{[1 - B_H(k)]w_E(k)}, & J+1 \leq k \leq K \end{cases} \quad (26)$$

분할예약방식에서는 클래스 I에 속한 서비스 유형의 핸드오프 호는 어떠한 경우에도 유효대역폭을 할당 받게 되므로 핸드오프시에 대역폭 감소로 인한 트래픽 품질저하가 발생되지 않으므로 $D(k) = 1$ 로 설정한다. 반면 클래스 II에 속한 서비스 유형의 핸드오프 호의 경우, $D(k)$ 는 서비스 k 유형의 강제종료되지 않은 핸드오프 호의 실제 할당 대역폭의 평균을 유효대역폭으로 나눈 값을 의미한다.

※ 자원예약량 결정 알고리즘 (분할예약방식)

예약 자원 C_{H1} 과 C_{Hn} 의 용량도 마찬가지로 각 서비스 유형별 새로운 호의 평균 발생도착간격 $\lambda_M(k)$, 클러스터간 핸드오프 발생 예상호의 평균 발생간격 $\lambda_{EH}(k)$, 평균 통화시간 $h(k)$, 서비스 k 유형을 갖는 클러스터간 핸드오프 발생 예상호에 대해 실제로 클러스터간 이동이 발생할 확률 $p_H(k)$, 유효 대역폭 $w_E(k)$, 최소 허용 대역폭 $w_{MN}(k)$ 및 각 서비스 품질(핸드오프 호의 강제 종료확률 $B_{QN}(k)$, 새로운 호의 블럭킹 확률 $B_{QH}(k)$) 정보를 바탕으로 결정하게 된다.

먼저 각 서비스의 QoS 요구사항을 최대한 만족시키기 위해 비용함수 $Cost(\cdot)$ 를 정의한다.

$$Cost(B_H, B_N, B_{QH}, B_{QN}, D) \equiv$$

$$Cost_{H1}(\cdot) + Cost_{Hn}(\cdot) + \sum_{k=1}^K \beta \cdot g\left(\frac{B_M(k)}{B_{QN}(k)}\right) \quad (27)$$

위 식에서 $Cost_{H1}(\cdot)$ 와 $Cost_{Hn}(\cdot)$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$Cost_{H1}(\cdot) \equiv \sum_{k=1}^J \alpha \cdot g\left(\frac{B_H(k)}{B_{QH}(k)}\right) \quad (28)$$

$$Cost_{Hn}(\cdot) \equiv \sum_{k=J+1}^K \left[\alpha \cdot g\left(\frac{B_H(k)}{B_{QH}(k)}\right) + \gamma \cdot (1 - D(k)) \right] \quad (29)$$

여기서 α , β 와 γ 는 0과 1사이의 임의의 실수값을 갖는 weight constant로서 α 는 핸드오프호의 강제종료를 최소화하는데 상대적으로 어느정도의 weight를 부가할 것인지를 나타내고, β 는 새로운 호의 블럭킹 확률 감소에 상대적으로 어느정도의 weight를 부가할 것인지를 나타낸다. γ 는 할당 대역폭 감소로 인한 품질저하 감소에 상대적으로 어느정도의 weight를 부가할 것인지를 나타낸 것이다. 물론 α , β 와 γ 는 상호간 상대적 weight이므로 값 자체는 의미가 없고 단지 $\alpha : \beta : \gamma$ 의 비율만이 의미를 갖는다.

식(27)의 비용함수 $Cost(\cdot)$ 의 세번째 항은 식(15)의 $Cost_M(\cdot)$ 와 같고 첫번째 항과 두번째항은 식(15)의 $Cost_H(\cdot)$ 을 클래스 I과 II의 경우로 분리시킨 것과 같다.

따라서 weight 상수들간의 비율 $\alpha : \beta : \gamma$ 을 적절히 조정하여 실제 비용값을 얻게 되므로 비용함수의 비용값은 그 값 자체의 의미보다는 비교 척도로서 다음과 같은 알고리즘에 사용된다.

최적의 C_{H1} 과 C_{Hn} 용량을 결정하는 알고리즘은 다음과 같다.

- 1) $\sum_{k=1}^J w_E(k) \rho_H(k) : \sum_{k=J+1}^K w_E(k) \rho_H(k) : \sum_{k=1}^K w_E(k) \rho_M(k)$ 의 비율에 따라 C_T 을 C_{H1} , C_{Hn} 및 C_N 로 나눈다.
- 2) B_N, B_H, D 를 구한다.
- 3) 주어진 B_{QN}, B_{QH} 를 이용해서 비용함수 $Cost(\cdot)$ 의 값을 구한다.
- 4) $T \leftarrow Cost(\cdot), T_{H1} \leftarrow Cost_{H1}(\cdot), T_{Hn} \leftarrow Cost_{Hn}(\cdot)$ 로 설정한다.
- 5) $R_N \leftarrow C_N, R_{H1} \leftarrow C_{H1}, R_{Hn} \leftarrow C_{Hn}$ 로 각각 설정한다.
- 6) $C_{H1} \leftarrow R_{H1} + \Delta C, C_{Hn} \leftarrow R_{Hn} + \Delta C$ 로 각각 설정한다.

다.

7) B_H, D 와 B_{QH} 를 이용해서 비용함수 $Cost_{H1}(\cdot)$ 와 $Cost_{HM}(\cdot)$ 의 값을 구한다.

8) $A1 \leftarrow T_{H1} - Cost_{H1}(\cdot), A2 \leftarrow T_{HM} - Cost_{HM}(\cdot)$

8.1) $A1 < 0$ 이고 $A2 < 0$ 이면 goto (11).

8.2) $A1 > A2$ 이면

$C_N \leftarrow R_N - \Delta C, C_{H1} \leftarrow R_{H1} + \Delta C, C_{HM} \leftarrow R_{HM}$ 로 설정한다.

8.3) $A1 < A2$ 이면

$C_N \leftarrow R_N - \Delta C, C_{H1} \leftarrow R_{H1}, C_{HM} \leftarrow R_{HM} + \Delta C$ 로 설정한다.

9) B_N 과 B_{QN} 를 이용해서 전체 비용함수 $Cost(\cdot)$ 의 값을 구한다.

10) T 와 $Cost(\cdot)$ 값을 비교한다.

10.1) $T > Cost(\cdot)$ 이면 goto (4).

10.2) $T \leq Cost(\cdot)$ 이면 goto (11).

11) $C_N \leftarrow R_N, C_{H1} \leftarrow R_{H1}, C_{HM} \leftarrow R_{HM}$ 로 최종 결정한다.

V. 수치적 비교 분석

1. 총용량의 변화에 따른 자원예약방식들의 비교분석
본 절에서는 본 논문에서 제안한 두 가지 유선망 자원예약 방식들과 이러한 자원예약 방식을 채택하지 않은 기존의 방식을 앞에서 기술한 수학적 분석방법을 이용하여 분석해 보도록 한다.

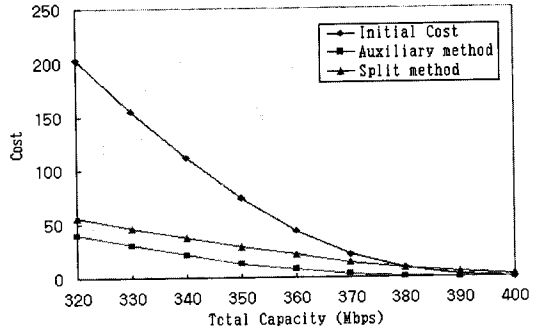
표 3. 수치적 분석을 위한 데이터 가정

Table 3. The data assumption for numerical analysis.

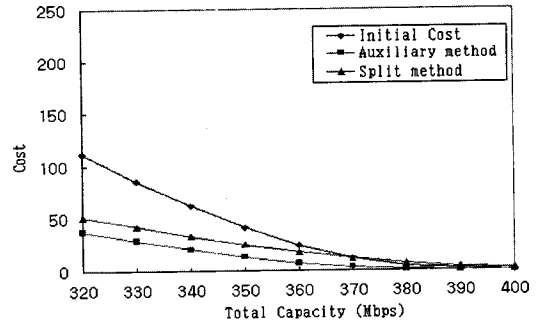
클래스 유형	클래스 I			클래스 II		
	유형 1	유형 2	유형 3	유형 4	유형 5	유형 6
w_E (bps)	30K	256K	1M	100K	256K	1M
w_{MN} (bps)	30K	256K	1M	10K	64K	500K
$1/\mu$ (min)	3	5	10	0.5	3	2
λ_N (1/min)	40	25	15	40	15	10
λ_H (1/min)	20	17	9	20	9	6
B_{QN}	0.0005	0.005	0.01	0.0001	0.001	0.01
B_{QH}	0.0005	0.0002	0.001	0.0001	0.0001	0.001

표 2에서 제시한 서비스 분류 기준을 바탕으로 수학적 분석을 위해 Mobile ATM/SSP와 하나의

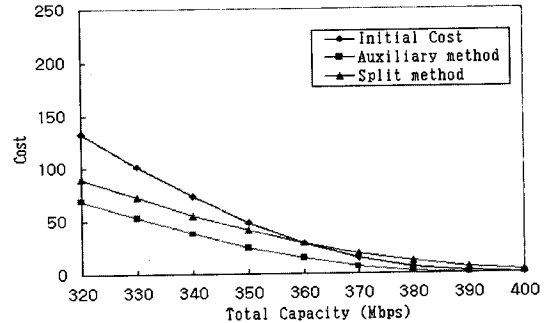
Mobile ATM간의 연결자원을 이용하고자 하는 호들에 관한 데이터를 표 3과 같이 가정한다. 또한 분할예약방식에서의 클래스 II 서비스를 갖는 클러스터간 핸드오프 호에 대해 유효대역폭을 할당할 것인지 또는 최소 허용 대역폭을 할당할 것인지에 대한 기준이 되는 x 는 0.1로 가정하였다.



(a)



(b)



(c)

그림 5. 자원예약방식에 따른 총용량 대 비용

(a) $\alpha = 0.2, \beta = 0.1$, (b) $\alpha = 0.1, \beta = 0.1$, (c) $\alpha = 0.1, \beta = 0.2$

Fig. 5. Total capacity versus cost according to resource reservation methods.

(a) $\alpha = 0.2, \beta = 0.1$, (b) $\alpha = 0.1, \beta = 0.1$, (c) $\alpha = 0.1, \beta = 0.2$

그림 5는 Mobile ATM/SSP와 Mobile ATM간 연결자원의 총용량을 320Mbps에서 400Mbps로 변화 시켜가면서 제안한 유선망 자원예약방식들을 적용시켰을 때와 적용시키지 않았을 때의 비용을 그래프로 나타낸 것이다. 또한 weight 상수인 α 와 β 를 (0.2, 0.1), (0.1, 0.1), (0.1, 0.2)로 각각 변화시킴으로써 weight 상수가 미치는 영향을 분석하였다. 이 값들은 $\alpha > \beta$, $\alpha = \beta$, $\alpha < \beta$ 의 세가지 경우에 대해 수치적 비교분석을 위해 임의로 설정된 값이다. 이때 대역폭 감소로 인한 품질저하에 관련된 상수 γ 는 0.01로 고정시켰다. 그림 5-(a)는 α 가 0.2이고 β 가 0.1일 때의 유선망 자원예약 방식에 따른 총용량 대 비용 관계를 나타낸 것이다. α 와 β 의 값에서 알 수 있듯이 그림 5-(a)는 새로운 호에 대해 요구되는 블럭킹 확률 B_{QH} 를 만족시키는 것보다는 핸드오프 호에 대해 요구되는 강제종료 확률 B_{QV} 를 만족시키는 것에 비중을 더 두고 있다. 그래프에서 알 수 있듯이 총용량이 비교적 적은 부분에서는 본 논문에서 제안한 유선망 자원예약방식들을 사용할 경우 사용하지 않았을 때보다 현저히 비용을 감소시킴을 보이고 있다. 특히 총용량이 320Mbps인 경우엔 비용을 대략 75%정도 감소시킴을 알 수 있다. 총용량이 비교적 많은 부분, 즉 380Mbps 이상, 에서는 분할예약방식을 사용했을 경우의 비용이 초기비용값보다 약간 커지는 특성을 보인다. 이는 용량이 충분할 경우엔 자원을 분할하여 사용하는 분할예약방식이 오히려 비용감소 측면에서 도움이 않된다는 것을 보여준다. 반면 보조예약방식을 사용할 경우엔 여전히 자원예약방식을 사용하지 않았을 경우에 비해 비용감소 효과를 얻을 수 있다. 따라서 전체적으로 볼 때, 두 가지 제안된 유선망 자원예약방식들 중 보조예약방식이 분할예약방식보다 비용절감에 있어 뛰어난 특성을 갖는다고 할 수 있다.

그림 5-(b)는 α 와 β 를 둘다 0.1로 설정함으로써 새로운 호에 대해 요구되는 블럭킹 확률 B_{QH} 의 만족과 핸드오프 호에 대해 요구되는 강제종료 확률 B_{QV} 의 만족에 동일한 비중을 두고 있다. 그림에서 보듯이 총용량이 320Mbps인 경우 제안한 유선망 자원예약방식들을 사용할 경우 사용하지 않았을 때보다 비용을 대략 60%정도 감소시킴을 알 수 있다. 반면 370Mbps 이상에서는 분할예약방식을 사용했을 경우의 비용이 초기비용값보다 약간 커지는 특성을 보인다.

그러나 보조예약방식을 사용할 경우엔 여전히 자원에 예약방식을 사용하지 않았을 경우에 비해 비용감소 효과를 얻을 수 있다. 따라서 이 경우에도 두 가지 제안된 유선망 자원예약방식들 중 보조예약방식이 분할예약방식보다 비용절감에 있어 뛰어난 특성을 갖는다고 할 수 있다.

그림 5-(c)는 α 와 β 를 각각 0.1, 0.2로 설정함으로써 핸드오프 호에 대해 요구되는 강제종료 확률 B_{QV} 를 만족시키는 것보다는 새로운 호에 대해 요구되는 블럭킹 확률 B_{QH} 를 만족시키는 것에 비중을 더 두고 있다. 이 경우엔 제안한 유선망 자원예약방식들을 사용할 경우와 사용하지 않을 경우간의 비용차이가 별로 나지 않음을 알 수 있다. 특히 가장 비용차이가 크게 나타나는 총용량이 320Mbps인 경우에도 대략 30%정도의 비용절감 효과밖에 나지 않는다. 또한 360Mbps 이상에서 보조예약방식을 사용할 경우엔 자원예약방식을 사용하지 않았을 경우에 비해 비용을 감소시킬 수 있지만 분할예약방식을 사용했을 경우의 비용은 초기비용값보다 약간 커지는 특성을 보인다. 따라서 이 경우에도 두 가지 제안된 유선망 자원예약방식들 중 보조예약방식이 분할예약방식보다 비용절감에 있어 뛰어난 특성을 갖는다고 할 수 있다.

결론적으로 보면, 보조예약방식은 모든 경우($\alpha > \beta$, $\alpha = \beta$, $\alpha < \beta$)에 있어서 자원예약방식을 사용하지 않았을 때보다 비용감소 측면에서 보다 효과적임을 알 수 있다. 반면 분할예약방식은 α 가 β 보다 클 때(즉, 핸드오프 호에 대해 요구되는 강제 종료 확률 B_{QH} 의 만족에 비중을 더 둘 경우) 그리고 총용량이 비교적 적은 경우에 비교적 비용감소에 큰 효과를 볼 수 있지만 그 외의 경우에는 약간의 비용감소 효과밖에는 얻을 수 없음을 알 수 있다. 따라서 제안한 두 가지 방식 중 보조예약방식이 분할예약방식보다 비용 감소에 보다 효과적임도 알 수 있다.

또한 보조예약방식과 분할예약방식의 자원 이용도(Utilization)를 비교해 보면 그림 6에서 알 수 있듯이 보조예약방식의 자원 이용도가 더 높음을 알 수 있다. 특히 보조예약방식의 자원 이용도는 분할예약방식에 비해 weight 상수의 변화에 둔감함을 보인다. α 와 β 가 각각 0.2, 0.1인 경우, 분할예약방식의 자원 이용도는 보조예약방식에 비해 약 2% 정도의 차이를 보이는 반면 α 와 β 가 각각 0.1, 0.2인 경우엔, 약 4% 정

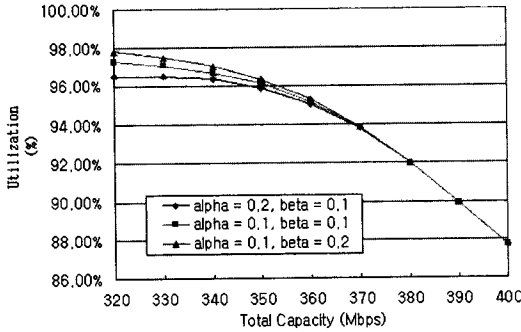
도의 차이를 보인다. 이러한 결과는 분할예약방식이 핸드오프 호의 강제종료 확률을 낮추는 데에 비중을 더 둘 경우엔 적합하지만 그렇지 않을 경우엔 보조예약방식에 비해 효율 면에서 다소 떨어짐을 알 수 있다.

착간격 $\lambda_H(k, t)$ 와 $\lambda_N(k, t)$ 를 다음과 같이 변화한다고 가정한다.

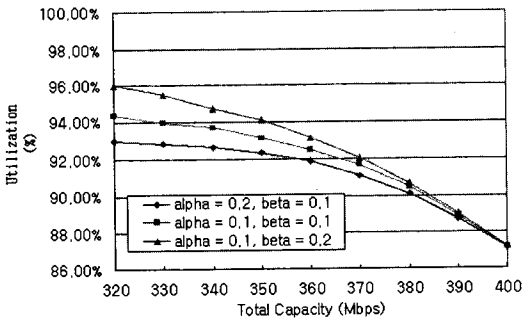
$$\lambda_H(k, t) = \lambda_H(k) \times \nu(t) \quad (30)$$

$$\lambda_N(k, t) = \lambda_N(k) \times \nu(t) \quad (31)$$

수치해석을 위해 $\nu(t)$ 는 그림 7과 같이 가정하고 시간 t 에 대해 $\nu(t)$ 는 $16\Delta\tau$ 마다 같은 값을 갖는다고 가정한다. 여기서 $\Delta\tau$ 는 단위 측정시간이다.



(a)



(b)

그림 6. 자원예약방식에 따른 총용량 대 자원이용도
(a) 보조예약방식, (b) 분할예약방식

Fig. 6. Total capacity versus utilization according to resource reservation methods.

(a) Auxiliary method, (b) Split method

2. 시간대 호분포 변화에 따른 자원예약 방식들의 비교 분석

본 절에서는 시간대 별로 이동가입자(호)의 분포가 변화하는 상황에서 본 논문에서 제안한 두가지 유선망 자원예약 방식들과 이러한 자원예약 방식을 채택하지 않은 기존의 방식을 적용했을 경우에 대해 앞에서 기술한 수학적 분석방법을 이용하여 비교 분석해 보고자 한다.

표 3에서 가정된 각 서비스별 핸드오프 호 및 새로운 호의 평균 도착간격 $\lambda_H(k)$ 와 $\lambda_N(k)$ 를 기준으로 하여 시간대 별 핸드오프 호 및 새로운 호의 평균 도

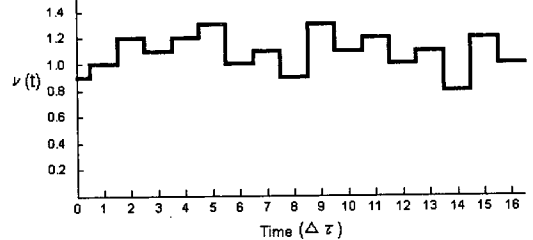


그림 7. 시간대 호분포 변화를 나타내는 샘플 함수 $\nu(t)$

Fig. 7. A sample function $\nu(t)$ for time-variant call density.

또한 Mobile ATM/SSP와 하나의 Mobile ATM 간의 연결자원의 총용량 C_T 를 360Mbps라고 가정하고 weight 상수를 각각 $\alpha=0.2$, $\beta=0.1$ 로 설정하였다. 서비스 유형 1~3은 클래스 I에 속하는 서비스들이고 서비스 유형 4~6은 클래스 II에 속하는 서비스들이다. 그림 8은 시간대 호분포 변화를 나타내는 샘플 함수 $\nu(t)$ 를 적용했을 경우, 클래스 I에 속하는 서비스 유형 1에 관한 새로운 호 및 핸드오프 호의 블럭킹 및 강제종료 확률의 시간대별 변화를 그래프로 나타낸 것이다. 그림 8-(a)는 서비스 유형 1을 갖는 호의 경우, 유선망 자원예약방식을 채택하지 않은 경우 (No scheme)가 보조예약방식(Auxiliary method) 또는 분할예약방식(Split method)을 채택한 경우보다 새로운 호의 블럭킹 확률이 전반적으로 낮음을 보여준다. 특히, $\nu(t)$ 가 1 이상의 값에서는 채택 방식에 따른 차이가 크지 않지만 $\nu(t)$ 가 1 미만의 값에서는 분할예약방식을 채택한 경우가 다른 경우에 비해 10^1 배 이상의 높은 블럭킹 확률을 갖는다. 그림 8-(b)는 서비스 유형 1을 갖는 핸드오프 호의 강제종료 확률이 자원예약방식을 채택한 경우가 채택하지 않은 경우보다 훨씬 낮게 유지됨을 보여준다. 특히 $\nu(t)$ 가 1 이상의 값에서는 보조예약방식을 채택한 경우가 분할예약방식

을 채택한 경우보다 10^{-1} 배 정도의 낮은 강제종료 확률을 유지하고 $\nu(t)$ 가 1 미만의 값에서는 훨씬 낮은 강제종료 확률을 갖는다. 그러나, $\nu(t)$ 가 1 이상의 값에서 호분포가 변화할 경우, 보조예약방식 또는 분할예약방식을 채택하면 호분포 변화에 관계없이 비교적 안정된 핸드오프 호의 강제종료 확률을 유지함을 알 수 있다. 클래스 I에 속하는 서비스 유형 2와 유형 3에 관한 새로운 호 및 핸드오프 호의 블럭킹 및 강제종료 확률의 시간대별 변화도 그림 8과 유사한 특성을 가지므로 서비스 유형 2와 3에 관한 그래프는 생략하기로 한다.

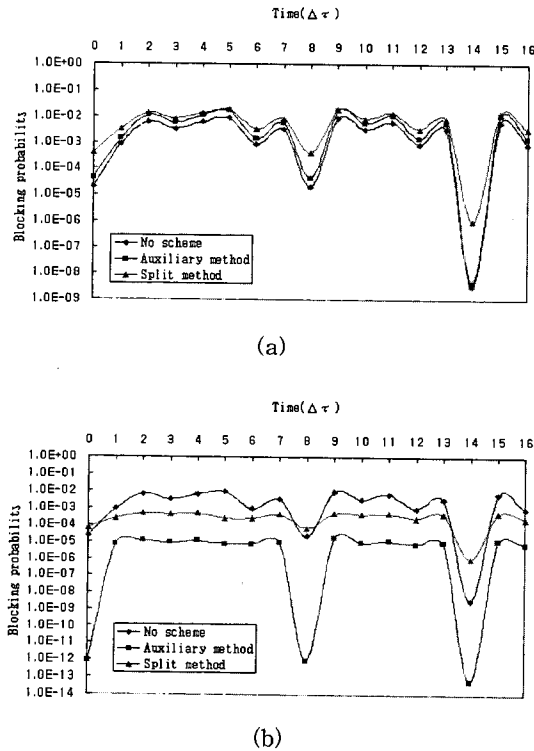


그림 8. 샘플함수 $\nu(t)$ 에 따른 서비스 유형 1의 블럭킹 확률
(a) 새로운 호의 블럭킹 확률, (b) 핸드오프 호의 강제 종료 확률

Fig. 8. Blocking prob. of service type 1 according to the sample function $\nu(t)$.
(a) Blocking prob. of new calls, (b) Blocking prob. of handoff calls

클래스 I의 서비스 호인 경우엔 자원예약방식을 채택하지 않았을 경우보다 자원예약방식을 채택하는 것이 $10^{-1} \sim 10^{-2}$ 배의 낮은 핸드오프 호의 강제종료 확률을 유지할 수 있다. 비록 자원예약방식을 채택한 경

우 보다 채택하지 않은 경우가 비교적 낮은 새로운 호의 블럭킹 확률을 갖지만 그 차이가 10^{-1} 이하로써 비교적 작으므로 자원예약방식을 채택하는 것이 비용측면에서 보다 효율적임을 알 수 있다. 또한 클래스 I의 경우엔 새로운 호의 블럭킹 확률면이나 핸드오프 호의 강제종료 확률면에서 볼때, 보조예약방식이 분할예약방식보다 뛰어난을 그래프를 통해 알 수 있다.

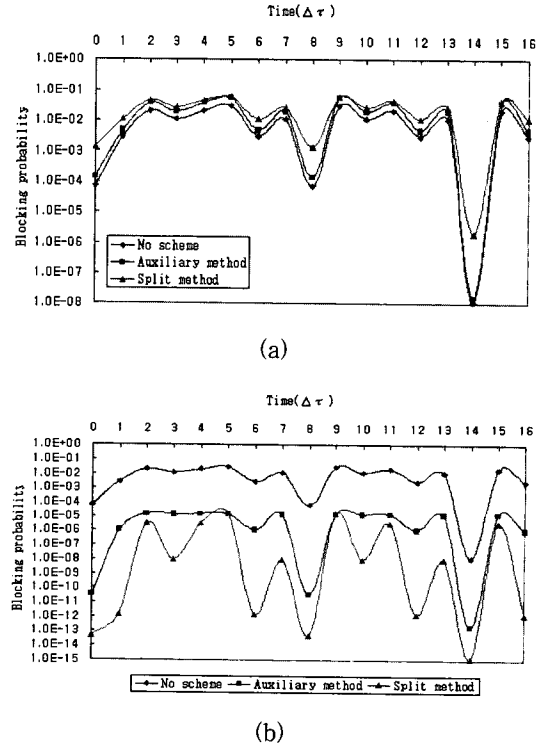


그림 9. 샘플함수 $\nu(t)$ 에 따른 서비스 유형 4의 블럭킹 확률
(a) 새로운 호의 블럭킹 확률, (b) 핸드오프 호의 강제 종료 확률

Fig. 9. Blocking prob. of service type 4 according to the sample function $\nu(t)$.
(a) Blocking prob. of new calls, (b) Blocking prob. of handoff calls

그림 9는 시간대 호분포 변화를 나타내는 샘플함수 $\nu(t)$ 를 적용했을 경우, 클래스 II에 속하는 서비스 유형 4에 관한 새로운 호 및 핸드오프 호의 블럭킹 및 강제종료 확률의 시간대별 변화를 그래프로 나타낸 것이다. 그림 9-(a)는 서비스 유형 4를 갖는 호의 경우, 우선망 자원예약방식을 채택하지 않은 경우가 보조예약방식 또는 분할예약방식을 채택한 경우보다 새로운 호의 블럭킹 확률이 전반적으로 낮음을 보여준다.

이는 클래스 I에 속한 서비스 유형을 갖는 호의 경우와 유사한 특성을 갖는다. 즉, $\nu(t)$ 가 1 이상의 값에서는 채택 방식에 따른 차이가 크지 않지만 $\nu(t)$ 가 1 미만의 값에서는 분할예약방식을 채택한 경우가 다른 경우에 비해 10^1 배 이상의 높은 블럭킹 확률을 갖는다. 그림 9-(b)는 서비스 유형 1을 갖는 핸드오프 호의 강제종료 확률이 자원예약방식을 채택한 경우가 채택하지 않은 경우보다 훨씬 낮게 유지됨을 보여준다. 또한 $\nu(t)$ 가 1.2 이하의 값에서는 보조예약방식을 채택한 경우보다 분할예약방식을 채택한 경우가 낮은 핸드오프호의 강제종료 확률을 유지함을 알 수 있다. 반면 $\nu(t)$ 가 1.3 이상의 값에서는 오히려 분할예약방식보다 보조예약방식을 채택하는 것이 낮은 강제종료 확률을 갖을 수 있다. 또한 분할예약방식을 채택한 경우, 핸드오프 호의 강제종료 확률은 호분포 변화에 다소 민감하게 변화함을 알 수 있다. 반면 보조예약방식의 경우엔 핸드오프 호의 강제종료 확률이 호분포 변화에 비교적 안정된 값을 유지한다. 클래스 II에 속하는 서비스 유형 5와 유형 6에 관한 새로운 호 및 핸드오프 호의 블럭킹 및 강제종료 확률의 시간대별 변화도 그림 9와 유사한 특성을 가지므로 서비스 유형 5와 6에 관한 그래프는 생략하기로 한다.

즉, 클래스 II의 서비스 호인 경우엔 자원예약방식을 채택하지 않았을 경우보다 자원예약방식을 채택하는 것이 $10^{-2} \sim 10^{-4}$ 배의 낮은 핸드오프 호의 강제종료 확률을 유지할 수 있다. 비록 자원예약방식을 채택한 경우 보다 채택하지 않은 경우가 비교적 낮은 새로운 호의 블럭킹 확률을 갖지만 그 차이가 10^{-1} 이하로써 비교적 작으므로 자원예약방식을 채택하는 것이 비용 측면에서 보다 효율적임을 알 수 있다. 특히 클래스 II에 속한 서비스 호의 경우, 적당한 부하를 갖는 범위내에서는 분할예약방식을 채택한 것이 보조예약방식을 채택한 것보다 낮은 핸드오프 호의 강제종료 확률을 갖지만 부하가 클 경우엔 오히려 보조예약방식이 낮은 강제종료 확률을 갖게 된다. 따라서, 적당한 부하를 갖는 범위에서 또한 요구되는 핸드오프 호의 강제종료 확률이 매우 낮은 값을 가질 경우엔 분할예약방식이 보조예약방식보다 적합할 것이다. 그러나 이동환경은 시간대별로 호분포가 다양하게 변화하므로 비교적 안정된 핸드오프 호의 강제종료 확률을 유지하는 보조예약방식이 새로운 호의 블럭킹 확률면이나 핸드

오프 호의 강제종료 확률면에서 볼때 분할예약방식보다 뛰어난 특성을 갖는다고 볼 수 있다.

시간대 호분포 변화를 나타내는 샘플 함수 $\nu(t)$ 를 적용했을 경우, 표 3을 고려하여 비용측면에서 각 자원예약방식을 비교해 보면 그림 10과 같다. 자원예약방식을 채택하지 않은 경우에 비해 자원예약방식을 채택한 경우가 비용측면에서 훨씬 뛰어난 특성을 보여준다. 또한 보조예약방식이 분할예약방식에 비해 대략 20정도 낮은 비용을 갖으며 특히 부하가 큰 경우에는 대략 60정도 낮은 비용을 갖는다. 따라서 전반적으로 볼때, 보조예약방식이 분할예약방식보다 우수함을 알 수 있다.

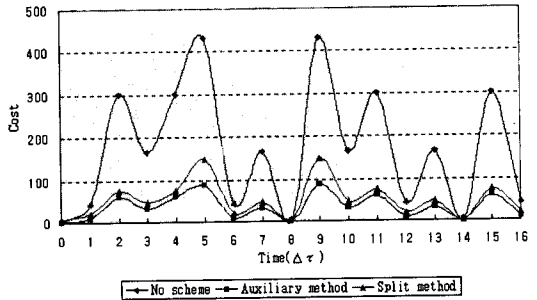


그림 10. 샘플함수 $\nu(t)$ 에 따른 시간 대 비용
Fig. 10. Cost versus time according to the sample function $\nu(t)$.

VI. 결 론

본 논문에서는 지능망 구조와 결합된 ATM기반의 유무선 통합망 모델을 제시하고 논문^[1]에서 제안한 연결재라우팅 방안을 적용시켜 보다 구체화시켰다. 본 연결 재라우팅방안은 클러스터의 지역 D에서 미리 클러스터간 핸드오프에 대비하여 재라우팅 및 그와 관련된 VPI/VCI를 설정함으로써 Mobile ATM간 핸드오프 시에 소요되는 재라우팅 지연시간을 감소시킬 수 있다.

이러한 연결재라우팅 방안은 지연시간 감소뿐만 아니라 유선망 자원의 효율적 사용에 관한 문제를 고려해야 한다. 따라서 본 논문에서는 유무선망에서 제공 가능한 서비스를 유형별로 분류하고 Mobile ATM간 핸드오프 시에도 이러한 서비스 유형에 따른 핸드오프 QoS 중 호의 블럭킹 확률을 보장할 수 있는 유선망 자원예약 방식으로서 보조예약방식과 분할예약방식을

제안하였다. 또한 이를 수학적으로 분석하여 비용측면에서 최적의 예약 자원량을 결정하는 알고리즘 및 비용함수를 제안하였다.

표 3을 근거로 수치적 분석결과를 토대로 볼때, 보조예약방식은 모든 경우($\alpha > \beta$, $\alpha = \beta$, $\alpha < \beta$)에 있어서 자원예약방식을 사용하지 않았을 때보다 비용감소 측면에서 보다 효과적임을 알 수 있다. 반면 분할예약방식은 α 가 β 보다 클 때(즉, 핸드오프 호에 대해 요구되는 강제 종료 확률 B_{QH} 의 만족에 비중을 더 들 경우) 그리고 총용량이 비교적 적은 경우에 비교적 비용감소에 큰 효과를 볼 수 있지만 그 외의 경우에는 약간의 비용감소 효과밖에는 얻을 수 없음을 알 수 있다. 따라서 제안한 두 가지 방식 중 보조예약방식이 분할예약방식보다 비용 감소에 보다 효과적임도 알 수 있다. 또한 시간대별로 호분포가 다양하게 변화하는 이동환경하에서도 비교적 안정된 핸드오프 호의 강제 종료 확률을 유지하는 보조예약방식이 새로운 호의 블럭킹 확률면이나 핸드오프 호의 강제종료 확률면에서 볼때 분할예약방식보다 뛰어난 특성을 갖음을 알 수 있다.

본 논문에서 제시한 지능망 구조와 결합된 ATM기반의 유무선 통합망 구조에서, 제안한 연결재라우팅 방안은 Mobile ATM간 핸드오프 지연시간을 감소시킬 수 있을 뿐만 아니라 제안한 자원 예약 방식 및 예약 자원량 결정 알고리즘에 의해 다양한 서비스 유형에 따른 핸드오프 QoS 중 호의 블럭킹 확률을 최대한 보장할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

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

[2] L. Van Hauwermeiren, et all., "Require-

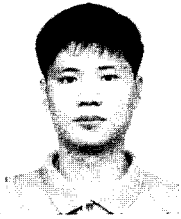
ments for Mobility Support in ATM," IEEE GLOBECOM, pp1691-1695, 1994.

- [3] 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.
- [4] R.K.Berman, S.F.Knapp, and R.F.Baruzzi, "Evolution of the Advanced Intelligent Network," ICC '91, pp622-626.
- [5] ITU-R Recommendation M.817, Future Public Land Mobile Telecommunication Systems (FPLMTS) Network architectures, 1992.
- [6] Lou Dellaverson, "Proposed Charter, Work Plan and Schedule for a Wireless ATM Working Group," ATM-Forum/96-0721/PLEN, June 1996.
- [7] Willian C. Y. Lee, *Mobile Cellular Telecommunications*, 2nd edition, McGraw-Hill, Inc, 1995.
- [8] Anthony S. Acampola and Mahmoud Naghshineh, "Control and Quality-of-Service Provisioning in High-Speed Microcellula 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] Athanasios Papoulis, *Probability, Random Variables, and Stochastic Processes*, 3rd Edition, McGraw-Hill, Inc, 1990.
- [11] Leonard Kleinrock, *Queueing Systems*, volume 1, John Wiley & Sons, 1975.

저 자 소 개

張 景 訓(正會員)

姜 景 薰(正會員) 第 34卷 S編 第 2號 參照



1970년 2월 28일생. 1993년 2월 고려대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1995년 2월 고려대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 1997년 2월 고려대학교 대학원 전자공학과 박사과정 수료 1997년 3

월 ~ 현재 고려대학교 부설 정보·통신기술공동연구소 연구원. 주관심분야는 개인이동 통신망, FPLMTS, AIN, B-ISDN/ATM

沈 哉 廷(正會員)

金 惠 鎮(正會員) 第 30卷 A編 第 12號 參照



1971년 9월 22일생. 1995년 2월 고려대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1997년 8월 고려대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 1997년 9월 ~ 현재 고려대학교 대학원 전자공학과 박사과정 재학.

1997년 9월 ~ 현재 고려대학교 부설 정보·통신기술 공동연구소 연구원. 주관심분야는 개인이동 통신망, FPLMTS, B-ISDN/ ATM

현재 고려대학교 전자공학과 교수