

# 무선 ATM 망에서 페이징 트래픽 부하의 감소를 위한 동적 페이징 영역 관리 기법

이 태 로<sup>†</sup> · 이 성 원<sup>††</sup> · 한 치 근<sup>†††</sup> · 유 인 태<sup>††††</sup>

## 요 약

본 논문은 ATM-Forum의 WATM 기반 제3세대 무선 멀티미디어 망 환경에서 하나의 M.E.SW(Mobility Enabled ATM Switch)가 단순화된 많은 AP들을 관리하는 방안에 대하여 고려하였다. 또한 WATM 망 환경에서 가변 그룹 크기와 동적인 그룹 페이징 순서 방법을 사용하는 효율적인 페이징 방안을 제안하였다. 그리고 제안한 방안과 기존의 방안에 대해 성능을 평가 및 분석하였다. 여기서는 blanket-polling, sequential-polling 그리고 고정크기 그룹화 방안과 같은 대부분의 기존 방안들을 제안한 가변적이면서 동적인 그룹화 방안과 비교 분석하였다. 분석결과 offered-load가 낮은 환경에서는 단순한 blanket-polling paging 방안이 약간 더 우수한 성능을 보였다. 그러나 트래픽 밀도가 높아지면서 제안한 방안이 기존의 방안들 보다 더 우수한 성능을 보였다. 성능개선은 주로 가변적인 그룹 크기와 MS(Mobile Station) 기반 동적인 페이징 순서 방안에 기인한다. 또한 제안한 방안은 MS에 대한 아주 간단한 이력정보와 최종적으로 통신한 AP 정보만이 필요하다. 따라서 이 방안은 효율적으로 구현하는 것이 가능하다.

## Paging Area Mechanism based on Variable Size Group and Dynamic Polling Sequence for Wireless ATM Network

Tae-Ro Lee<sup>†</sup> · Sung-Won Lee<sup>††</sup> · Chi-Geun Han<sup>†††</sup> · In-Tae Ryoo<sup>††††</sup>

## ABSTRACT

In this paper, we consider ATM-Forum's WATM(Wireless Asynchronous Transfer Mode) based third generation wireless multimedia network environments, where many simplified AP(Access Point)s are managed by one M.E.SW(Mobility Enabled ATM Switch). Also, we propose an efficient paging mechanism for WATM network environments using variable grouping size and dynamic group paging sequence method. Then, we evaluate and analyze the performance of the proposed and conventional methods. That is, most of conventional algorithms such as blanket-polling, sequential-polling, and fixed size grouping method are compared with the proposed variable and dynamic grouping method. Analysis results show that simple blanket-polling paging method shows slightly better performance at low overload environments. However, as the traffic density increases, the proposed method shows better performance than the conventional methods. Main reason of the performance improvements is due to the variable grouping size and MS(Mobile Station) based dynamic paging sequence mechanism. Moreover, the proposed method requires very simple history information about MS, and only last AP information is required. Thus, it is possible to implement efficiently in real world.

† 정 회 원 : 고려대학교 병설 보건대학 교수  
†† 정 회 원 : 삼성전자 cdma2000시스템개발 그룹 연구원  
††† 정 회 원 : 경희대학교 전자계산공학과 교수

†††† 총신회원 : 경희대학교 전자정보학부 교수  
논문접수 : 2000년 5월 26일, 심사완료 : 2000년 7월 20일

## 1. 서 론

ATM-Forum의 WATM(Wireless ATM)과 같은 제3세대 이동 통신망에서는 점차 고속화되고 멀티미디어화 되어 가는 서비스의 지원을 위하여 ATM(Asynchronous Transfer Mode)과 같은 초고속 백본망을 이용하며, 보다 작은 셀 구조를 가정하고 있다. 특히, 이러한 구조에서는 지금의 BS(Base Station)과 비교하여 매우 단순화된 AP(Access Point)구조를 고려하여, 이동성 지원 기능이 추가된 M.E.SW(Mobility Enabled Switch)가 수십~수백여개의 AP들을 제어하도록 하고 있다. 이 경우 LA(Location Area)와 PA(Paging Area)가 동일시되던 예전의 방안들과 달리 제3세대 이동 통신망에서는 LA가 M.E.SW 단위로 매핑되면서, PA는 LA내에서 다양하게 구성하는 방안이 거론되어 왔다 [1-3].

지금까지 거론되어진 기존의 연구들을 살펴보면 크게 세 가지로 나뉘어지는 것을 볼 수 있다. 첫번째 방안은 동일한 페이징 시스템 하단의 모든 BS들을 하나의 LA/PA로 보는 방안이다. 두번째 방안은 페이징 시스템 하단의 BS들을 각각 독립된 PA로 동작시키는 방안이며, 세번째 방안은 페이징 시스템 하단의 BS들을 몇 개의 페이징 그룹으로 구성한 후, 순서적으로 호출해 가는 방안이다. 이와 함께, MBS 및 일부 연구에서 여러 방안들이 고려되었으나, 아직까지 개념적인 방안들이 몇몇 있을 뿐이고, 객관적인 방안은 제시되지 않고 있는 실정이며, 이동성 추적을 위해서 매우 지능화 된 기능과 대량의 데이터 베이스를 요구하는 방안들이 대부분이므로 실현성에도 문제가 있는 것으로 인식되고 있다.

표준안과 관련하여 현재 ATM-Forum의 WATM은 위치관리 절차에 대하여 LR(Location Registration)과 M-PNNI(Mobile-Private Network-to-Network Interface)를 정의하고 있으며, 위치관리와 관련된 AI(Air Interface)단의 등록 및 페이징 방안의 정의가 언급되지 않고 있는 실정이다. 구조면에서 현재 ATM-Forum의 WATM은 단말의 이동에 대한 위치 등록이 M.E.ATM SW 단위로 이루어지고, 이러한 구조를 따르는 경우에 있어서 LA는 M.E.ATM 스위치 단위로 구성되게 된다.

기존의 방안들을 기반으로 하여 LA와 PA의 매핑 관계를 고려하였을 때 몇 가지 방안을 고려할 수 있다. 첫번째로 LA/PA가 M.E.ATM 스위치로 매핑되는 경우로서, LA와 PA의 1:1 매핑이 고려될 수 있으나, 이

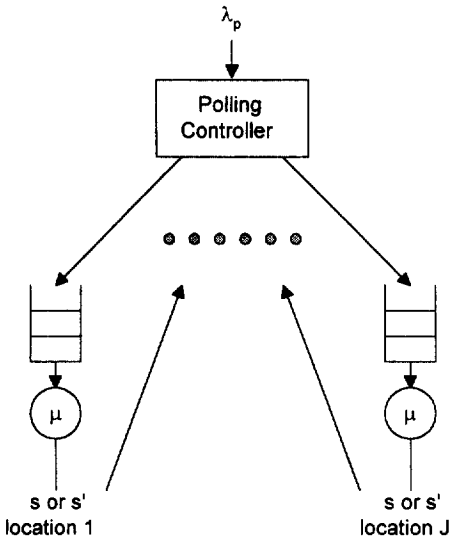
는 하나의 M.E.ATM 스위치가 최대 250여 개의 AP를 제어해야 하는 환경을 고려할 때, 등록 부하면에서는 적지만, 페이징 부하면에서는 매우 큰 부하를 야기한다. 두번째로 LA내의 각 AP가 독립적인 서브 LA로서 동작될 수 있으나, 이는 현재 ATM-Forum에서 고려하는 방안은 아니며, 이 경우 등록 부하가 심각하게 증가되고 이의 처리를 위한 오버헤드가 M.E.ATM 스위치에 요구된다. 세번째 방안은 복수개의 AP들이 하나의 PA로 동작하는 경우로서, 이는 현재의 이동 통신 서비스 추세가 단말의 수가 증가하고 서비스가 멀티미디어화 되어 다양화되는 점에 기반 한다. 즉, 이동 통신망이 점차 WATM과 같이 단순한 구조의 AP들로서 기지국들을 대체하고, 고속 서비스를 위하여 셀이 작아지며, 아울러, 매우 많은 수의 AP들을 하나의 M.E.SW에서 처리해야 하므로 이들의 서비스 지원을 위한 페이징 요구 부하도 급격하게 증가할 것으로 예상된다. 따라서, 많은 제3세대 이동 멀티미디어 통신망에서는 페이징 내역의 효율적인 사용을 위한 문제에 대하여 중점적인 연구를 수행하고 있다. 그러나, WATM을 비롯하여 제3세대 통신망이 구체적으로 표면화되지 않는 까닭에 확실한 방안은 도출되지 않고 있다.

따라서, 본 연구에서는 이러한 문제점들을 해결하기 위한 방안으로서 동적으로 AP들을 그룹화 하여 페이징하는 동적 페이징 방안을 무선 ATM 환경하에서 제안하고, 이의 성능을 평가하도록 한다. 제1장 서론에 이어, 제2장에서 기존의 연구되어진 페이징 방안을 살펴보고, 장단점을 검토한다. 이를 기반으로 하여 제3장에서 동적 페이징 방안을 제안하고 이의 성능을 분석한다. 정립된 방안을 기반으로 하여 제4장에서 성능평가를 수행하여, 기존의 방안들과 제안된 방안의 성능을 비교하고 결과를 분석한다. 마지막으로 제5장에서 결론을 맺는다.

## 2. 기존의 연구

기존의 연구들에서 시스템에 도착하는 페이지 요구(혹은 착신 요구)는 포아송 프로세스로서, 발생율은  $\lambda_p$ 로서 나타내어진다. 이 경우 단말  $m$ 이 기지국(혹은 페이징 영역)  $j$ 에 있을 확률은  $p_j^{(m)}$ 으로 나타내어지며, 전체 BS의 갯수가  $J$ 개인 경우  $j$ 는 1, ...,  $J$ 의 값을 가진다. 이 경우 기존의 통신망에서는 BS들이 페이징을 수행하는 독립적인 시스템으로 규정될 수 있으며, 서비스율은  $\mu$ 로 정의된다. 따라서, 각각의 독립된 BS들은 페이징

요청에 대하여 독립적인 작업을 수행하므로써, 자국내의 단말들에 대하여 페이징과 응답 처리를 수행한다 [4-10]. 페이징 시스템의 모델이 (그림 1)에 나타나 있으며, 그림에서 s는 성공 응답을 s'는 실패 응답을 의미한다. 아울러, 페이징 시스템에서의 스케줄링 및 프로세싱 부하는 문제의 단순화를 위하여 고려하지 않도록 한다.



(그림 1) 페이징 시스템 모델

페이징 시스템의 상태는 찾아야할 MS들의 갯수 M과 함께 각 페이징 스텝 k의 시작에서 단말 m의 위치 확률 분포인  $p_i^{(m)}$ 에 의하여 결정된다. 변수 m은 1, ..., M의 값을 가진다. 따라서, 서비스의 다음 상태는  $[M, \{p_i^{(m)}(k+1)\}]$ 에 의한 함수로서, 페이징 요구 도착율과 페이징 방법에 따라서 결정되며, Markovian 프로세스로 정의될 수 있다. 이 경우 무한상태를 가질 수 있으므로 MDP(Markovian Decision Process)에 의한 접근은 적용하기 어렵다. 이러한 이유로, 기존의 연구에서는 주로 휴리스틱한 접근을 통하여 이러한 문제를 해결하고 있다[4-11].

2.1 LA를 PA로 1:1 매핑하는 방안

일반적으로 blanket-polling이라고 하며, 페이징은 LA내의 모든 BS들에게 동시에 이루어진다. 만약 단말이 위치 i에 위치한 경우는 위치 i에서의 응답이 페이징에 대한 응답으로 작용한다. 즉, 다른 BS들에게도 페이징은 있었지만, 위치 i에서의 응답이 수신되었으므로 다른 BS에서의 무응답으로 인한 시간 지연 문제는

고려하지 않는다[4-7].

이 경우 모든 BS들에서의 서비스 요구율은 페이징 시스템으로의 페이징 요구율과 동일하게  $\lambda_p$ 이며, 서비스율은  $\mu$ 이고, 모든 큐에서의 응답 시간은 동일하게 분포하는 것으로 본다. 성능 특정 함수로 사용될 지연 함수  $D(\rho)$ 는 페이징 요청의 도착 시간과 단말이 위치한 영역 i에서의 응답을 수신한 시간간의 차이로서 결정될 수 있는데, 이 경우  $\mu$ 를 지수 분포의 서비스로 가정한다면 본 시스템은 다음과 같은 지연 함수를 가진다[7].

$$D(\text{Blanket-Polling}) = D(\rho) = \frac{1}{1-\rho} \quad (1)$$

여기서,  $\rho$ 는  $\frac{\lambda_p}{\mu}$ 이다. 만약  $\lambda_p$ 가  $\mu$ 와 동일하거나 이보다 큰 경우는 시스템이 불안정 상태에 도달하게 되며, 지연이 무한하게 증가한다. 따라서, 서비스 사업자는  $\mu$ 를 증가시켜줄 필요가 있다. 즉, BS에서의 폴링 채널 대역을 증가시켜 주어야 한다.

2.2 LA를 구성하는 BS들 각각이 PA로 동작하는 방안

LA가 PA와 동일한 구조를 가정하였을 때, 만약 단말이 위치할 확률이 높은 BS들이 특정지역에 집중되어 있다면, 전체 BS들을 호출하는 방안은 매우 낭비적일 수 있다. 따라서, 전체 BS들을 한번에 호출하는 것이 아니고, MS가 BS에 위치할 확률 분포에 따라 순서적으로 호출하는 방안이 제안되었다. MS가 BS에 위치할 확률 분포에 따라 호출함으로써 페이징 횟수는 작아질 수 있으며, 페이징 응답 지연 한계치가 지켜지는 한도 내에서 페이징 지연은 감소될 수 있다. 즉, 단말 m이 위치 j에 존재할 확률이  $p_i^{(m)}$ 이고,  $p_{i_1}^{(m)} \geq p_{i_2}^{(m)} \dots \geq p_{i_j}^{(m)}$ 이라면 단말은 BS  $i_1, i_2, \dots, i_j$  순으로 호출된다. 따라서, 이 경우 MS에 대한 호출 횟수는  $L_m$ 으로 표기되며, 이는  $P(L_m = j) = p_{i_j}^{(m)}$ 이다. 이를 기반으로 평균 페이징 횟수는 다음과 같이 구해진다[4-7].

$$E[L_m] = \sum_{j=1}^J j p_{i_j}^{(m)} \quad (2)$$

만약, 단말이  $i_1, \dots, i_j$ 에 위치할 확률이 모두 같다면,  $p_{i_1}^{(m)} = p_{i_2}^{(m)} \dots = p_{i_j}^{(m)}$ 으로 되며,  $E[L_m]$ 은 최대값을 갖게 된다. 이 경우  $L_m$ 의 평균은 다음과 같다[7].

$$E[L_m] = \frac{(J+1)}{2} \quad (3)$$

수식 전개에 용이성을 위하여 모든 단말에 대한  $L_m$

은 동일한 것으로 가정하여, 앞으로의 표기는 L로 총칭한다. 지금까지의 사항을 정리하였을 때 페이징 시스템으로의 전체 폴링 요구 수는 각각의 BS들이 호출되는 평균 횟수가 고려되어  $\rho \cdot E[L]$ 로서 정의되어진다. 이는 앞서의 blanket-polling과 달리 단말에 대한 페이징이 BS에 대해서 순차적으로 복수 번 이루어지기 때문이다. 이를 기반으로 하였을 때, BS에서의 실질적인 페이징 부하는 각각의 BS들에 대해서 독립적이라는 가정하에, 다시 BS들의 갯수로 나뉘어져야 하므로  $\rho \cdot \alpha$ 로서 나타내어지며,  $\alpha = E[L]/J$ 이다. 따라서, 페이징 시스템상의 지연 함수는 각 BS에서의 응답 시간을 고려하여 다음과 같이 정리된다[7].

$$D(\text{Sequential-Polling}) = E[L] \cdot D(\rho\alpha) = \frac{\alpha J}{1 - \rho\alpha} \quad (4)$$

본 방안의 경우는 성능 평가에서도 나타나겠지만, LA내의 BS들이 증가함에 따라 폴링에 소요되는 시간이 매우 크게 요구된다. 따라서, 매우 큰 지연이 요구되기 때문에 현실적으로 사용하기에는 문제가 있는 방안이다.

### 2.3 LA를 구성하는 BS들을 고정 크기로 그룹화 하는 방안

이는 LA를 구성하는 복수의 BS들을 일정 크기 단위로 그룹화 하는 방안으로서, 페이징 시에는 그룹 선택도에 따라 해당 그룹을 페이징하는 방안이다. 이는 어느 정도의 지연이 허락되는 범위 안에서 단말의 페이징을 수행하는 방안으로서, 앞서의 BS들이 모두 각각 하나의 PA로서 동작하는 방안에 비하여 비교적 적은 지연 특성을 보인다[4-7].

본 방안에서는 전체 J개의 BS들을 k개의 BS단위로 분할한다. 만약 J가 k의 정수배가 아닌 경우는 마지막 그룹이 k보다 작은 갯수의 BS를 갖는다. 참고로 본 장에서는 기존 고정 크기 그룹화 방안의 주요 수신 전개 및 성능 분석을 위하여 참고문헌 [6]을 참조하였다.

전체 그룹의 갯수는  $\lceil J/k \rceil$ 개로 이루어진다. 이로부터 단말이 그룹 i에 속할 확률은 다음과 같은 식으로 구해진다.

$$q_i = \sum_{j \in Q_i} p_j \quad (5)$$

따라서, 검색되는 그룹들의 평균수는 다음과 같이 구해진다.

$$E[g] = \sum_{i=1}^G q_i \quad (6)$$

만약 J가 k의 정수배가 아닌 경우는  $i < G$ 인 경우에 있어서  $k_i$  개수만큼의 BS들에서 페이징이 수행되지만,  $i = G$ 인 경우는 k보다 작은 갯수의 BS들이 페이징 된다. 따라서, BS를 고려해서 계산된 단말을 찾기 위한 평균 페이징 횟수는 다음과 같이 정의된다.

$$E[L] = Jq_G + k \sum_{i=1}^{G-1} q_i = (J - kG)q_G + kE[g] \quad (7)$$

앞서의 sequential-polling에서 보았듯이 각 BS내의 폴링 큐에는  $\rho\alpha$ 만큼의 부하가 적용되며, 이 경우  $\alpha = E[L]/J$ 로 정의된다. 따라서, 각 폴링 큐에서의 일반화된 평균 폴링 지연은  $D(\rho\alpha)$ 의 식으로서 정의된다.

이 경우, 만약 단말이 그룹  $Q_i$ 에 속한 위치 j에 있다면, 평균 응답 시간은 위치 j에서의  $D(\rho\alpha)$ 의 식으로 계산되며, 다른 그룹에서의 무응답 시간은 고려되지 않는다. 다만, 다른 그룹들을 페이징 한 후 현재의 위치를 페이징하는 경우, 앞서의 그룹 페이징은 독립적인 BS들의 동작을 합한 경우로 볼 수 있으므로 이의 지연 시간은  $D_{fail}$ 로 정의한다. 따라서, 평균  $E[g]$ 번의 그룹 페이징 횟수를 고려한다면 일반화된 평균 지연은 다음의 식으로 정의된다.

$$D(\text{Group-Polling}) = (E[g] - 1)D_{fail} + D(\rho\alpha) \quad (8)$$

만약, 각각의 개별 큐들이 M/M/1이고 독립적이라면, 각 위치에서의 알려진 지연에 대한 CDF인  $FX(x)$ 를 통하여  $D_k$ 를 구할 수 있다[6]. 따라서,  $D(\ )$ 는 다음과 같이 정리되며, k가 1인 경우  $E[g] = L$ 인 것을 볼 수 있다.

$$D(\text{GroupPolling}) = \frac{1}{1 - \rho\alpha} \left[ (E[g] - 1) \sum_{i=1}^k \frac{1}{i} + 1 \right] \quad (9)$$

한편, 단말이 각 그룹에 머물 확률이 동일하다고 가정한다면,  $q_i$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$q_i = \begin{cases} k/J & i = 1, 2, \dots, G-1 \\ 1 - k(G-1)/J & i = G \end{cases} \quad (10)$$

따라서,  $E[g]$ 는 다음과 같이 전개된다.

$$\begin{aligned} E[g] &= \sum_{i=1}^{G-1} \frac{k}{J} i + G \left( 1 - \frac{k(G-1)}{J} \right) \\ &= G \left( 1 - \frac{k(G-1)}{2J} \right) \end{aligned} \quad (11)$$

식 (10)과 식 (11)을 식 (7)에 대입하므로써,  $E[L]$ 은 다음과 같이 구해진다.

$$E[L] = J - k(G-1) + \frac{k^2 G(G-1)}{2J} \quad (12)$$

따라서,  $\alpha$ 는 다음과 같이 정의된다.

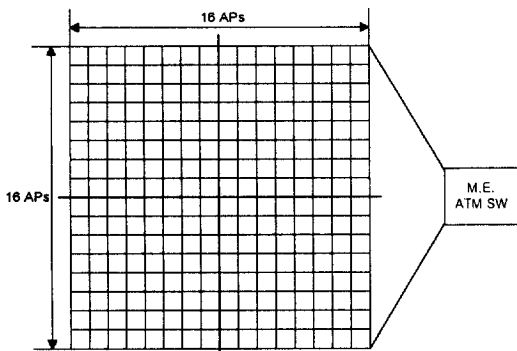
$$\alpha = E[L]/J = 1 - (G-1)\frac{k}{J}\left(1 - \frac{k}{2J}G\right) \quad (13)$$

본 방안의 초기 제안 목적은 단말의 이동성을 예측 혹은 통계적 자료를 통하여 측정함으로써, 적은 페이징을 지원하는 것이지만, 이러한 지능화 된 방안은 구현 시 많은 복잡도와 데이터 베이스가 요구된다.

### 3. 동적 페이징 방안

#### 3.1 동적 페이징 알고리즘

본 연구에서 제안하는 방안은 기본적으로 앞서의 방안들과 달리 단말 중심의 페이징 영역을 구성하는 방안이며, BS(혹은 AP)들을 고정적인 단위로 그룹화하지 않고 동적 크기로 그룹화 하는 방안이다. 아울러, 본 연구에서는 페이징 시스템이 위치 관리자와 함께 많은 정보를 교환해야 하고, 과거의 정보를 이용해야 하는 등의 복잡한 메카니즘은 고려하지 않는다. 기본적으로 본 연구에서 다루고자 하는 망의 기본 구조는 ATM-Forum의 무선 ATM망에 기반하며, 다음의 (그림 2)와 같이 Manhattan-Street 모델 구조와 유사하다.

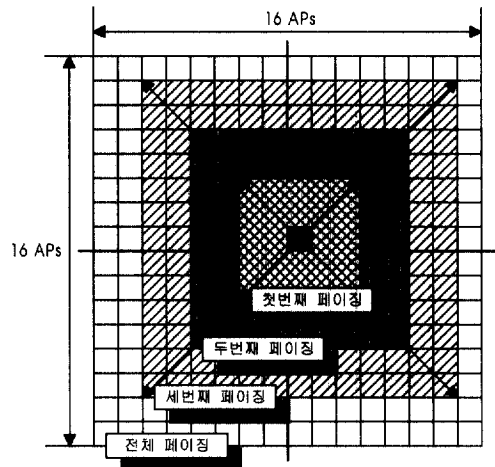


(그림 2) 기본 망 구성도

총 16×16(256)개의 AP를 관장할 수 있는 무선 ATM 이동성 지원 스위치가 전체 영역을 관장하며, 기본적으로 LA는 M.E.SW단위로 구성된다. 따라서, M.E.SW내의 AP들간 단말의 이동은 네트워크단의 위치 갱신 등의

기능을 호출하지 않으므로, 페이징 영역의 결정 및 관련 동작은 M.E.SW의 기능에 의존하게 된다.

제안된 방안에서는 단말의 페이징을 위하여 고정적인 그룹 크기를 사용하지 않으며, (그림 3)에 나타난 것과 같이 동적으로 페이징의 시작 포인트가 변경되면서, 페이징 영역도 페이징 시마다 달라지는 방안을 이용한다.



(그림 3) 동적 페이징 방안의 예

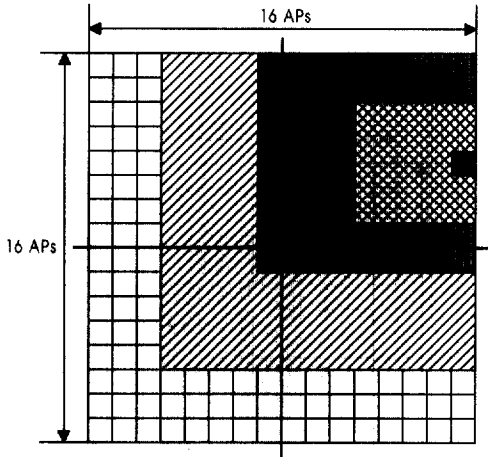
첫번째 페이징은 기본적으로 이동 단말이 마지막으로 통신을 수행한 지점 혹은 이동 단말이 LA로 진입한 경계지점의 AP를 기점으로 해서 이루어진다. 첫번째 페이징에서 페이징 작업이 이루어지는 AP들은 기점에 인접한 AP들이며, 첫번째 페이징에 실패하는 경우는 두번째 페이징을 수행한다. 두번째 페이징은 첫번째 페이징 영역의 인접 AP들로서 첫번째 페이징을 수행한 AP들은 페이징을 수행하지 않는다.

두번째 페이징에도 실패한 경우는 동일한 방법으로 점점 페이징 영역을 넓혀나가고, 최종적으로 전체 지역까지 넓혀나가게 된다.

LA의 경계를 통해 진입한 후 별도의 통신을 시도하지 않은 단말에 대해서 페이징을 수행하는 방안이 (그림 4)에 나타나 있다. 따라서, 본 연구에서 제안한 알고리즘을 구현하는데 있어서 LA 관리자는 단지 단말이 마지막으로 통신을 수행한 AP의 위치정보 혹은 최초로 LA내로 진입한 AP의 위치정보만을 필요로 하는 아주 단순한 구조이다.

제안된 방안에서 페이징 시에 호출한 AP들의 범위는 적용될 시스템에 따라 가변적일 수 있으며, 본 연

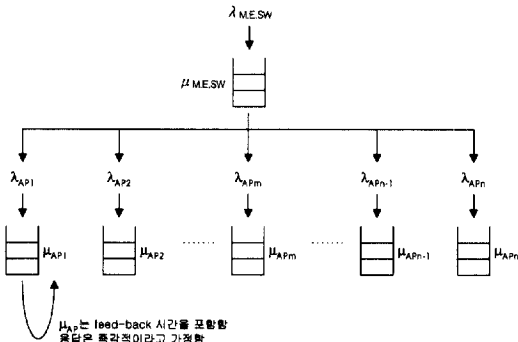
구에서는 기본적으로 제4장의 성능 평가에서 기존의 방안과 제안한 방안에 대하여 성능 비교 및 분석을 수행한다.



(그림 4) 동적 페이징 방안의 예(경계부근에서의 페이징 횟수)

3.2 동적 페이징 알고리즘 성능 분석

본 연구에서 고려하는 시스템 모델은 (그림 5)와 같다. 이는 앞서의 기존 연구에서와 크게 다르지 않은 구조로서, 최상단의 페이징 시스템은 무선 ATM 망 구조상에서 M.E.S.W로 매핑된다. 이 경우 M.E.S.W에서는 요구된 페이징을 AP들에게 스케줄링하여 요청하며, 각각의 AP들은 해당 페이징을 처리하고, 응답 수신여부를 점검한다.



(그림 5) 동적 페이징 방안의 시스템 모델

기본적으로 M.E.S.W로의 페이징 요청은 기존의 연구들과 마찬가지로 포아송 프로세스로 모델링하였으며,

각 AP에서의 페이징 처리 시간을 exponential 프로세스인 것으로 가정하였다. 아울러, 페이징 시스템과 AP의 스케줄링 및 프로세싱 지연은 기존 방안들과 마찬가지로 고려하지 않았다. 따라서, AP들은 독립적인 M/M/1 시스템으로 동작하게 된다. 아울러, 기존의 연구에서와 마찬가지로 페이징에 대한 응답은 즉각적으로 식별 가능한 것으로 가정하였다.

전체 J개의 AP들은 (그림 2)와 같이 정사각형의 구성으로 가정되며, M×M개로 표시된다. 전체 J개의 AP들은 단말에 대한 정보와 페이징 횟수에 따라서 서로 다른 크기로 그룹화 되어 Q<sub>n</sub>의 그룹 집합을 구성한다. 단말이 j번 AP에 존재할 확률은 p<sub>j</sub>이므로, 단말이 그룹 i에 속할 확률은 다음의 식과 같이 구해지며, 이는 앞서의 그룹화 방안에서의 접근과 동일하다[6].

$$q_i = \sum_{j=0}^i p_j \tag{14}$$

그러나, 본 연구에서 고려하는 방안은 기본적으로 동적인 그룹 크기를 기반으로 하므로, 다음과 같이 k 값이 분할되어 진다. 이 경우 기본적으로 페이징 그룹은 정사각형의 구조를 가지는 것으로 가정하였다.

$$\begin{aligned} k_1 &= (M_1 \times M_1) \\ k_2 &= (M_2 \times M_2) - k_1 \\ k_3 &= (M_3 \times M_3) - k_2 - k_1 \\ &\dots \end{aligned}$$

위의 식은 다음과 같이 일반화된다.

$$k_G = (M_G \times M_G) - \sum_{i=1}^{G-1} k_i \tag{16}$$

아울러, 확률 q<sub>i</sub>는 다음과 같이 구성된다.

$$\begin{aligned} q_1 &= \frac{k_1}{J} \\ q_2 &= \frac{k_2}{J} \\ &\dots \end{aligned}$$

위의 식은 다음과 같이 일반화된다.

$$q_G = \frac{k_G}{J} \tag{17}$$

식 (16)에서 G는 그룹의 전체 갯수를 의미한다. 이때 검색되는 그룹들의 평균 횟수도 다음과 같이 나타

내어진다.

$$E[g] = \sum_{i=1}^G iq_i \quad (18)$$

한편, 단말을 찾기 위한 평균 페이징 횟수는 AP들을 고려하여 다음과 같이 정의된다.

$$E[L] = \sum_{i=1}^G k_i iq_i \quad (19)$$

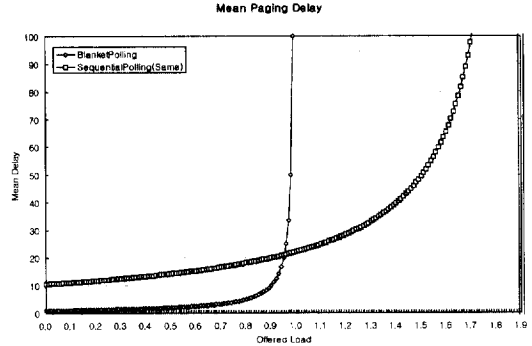
각각의 AP에는 그룹 폴링과 마찬가지로  $\rho\alpha$ 만큼의 부하가 적용되며, 이 경우  $\alpha = E[L]/J$ 로 정의된다. 따라서, 각 폴링 큐에서의 일반화된 평균 폴링 지연은  $D(\rho\alpha)$ 의 식으로서 정의된다. 이 경우, 응답 시간과 관련해서는 그룹 페이징 방안의 가정을 이용한다. 따라서, 만약 단말이 그룹  $Q_i$ 에 속한 위치  $j$ 에 있다면, 평균 응답 시간은 위치  $j$ 에서의  $D(\rho\alpha)$ 의 식으로 계산되며, 다른 그룹에서의 무응답 시간은 고려되지 않는다. 다만, 다른 그룹들을 페이징한 후 현재의 위치를 페이징하는 경우, 앞서의 그룹 페이징은 독립적인 BS들의 동작을 합한 경우로 볼 수 있으므로 이의 지연 시간은  $D_{fail}$ 로 정의한다. 따라서, 평균  $E[g]$ 번의 그룹 페이징 횟수를 고려한다면 일반화된 평균 지연은 앞의 식 (20)으로 정의되며, 이는 다시 개별 큐가 독립적인 M/M/1인 특성에 따라 식 (9)와 같이 단순화 될 수 있다[6].

$$D(\text{Dynamic-Group-Polling}) = (E[g]-1)D_{fail} + D(\rho\alpha) \quad (20)$$

따라서, 제안한 동적 방안은 기존의 그룹 페이징 방안과 유사한 분석 방안을 취하지만, 그 동작 면에서 복잡한 통계자료의 필요가 없이 보다 단순하고, 동적 구조를 통하여 환경에 적용이 용이한 구조이다.

#### 4. 성능 평가 및 분석

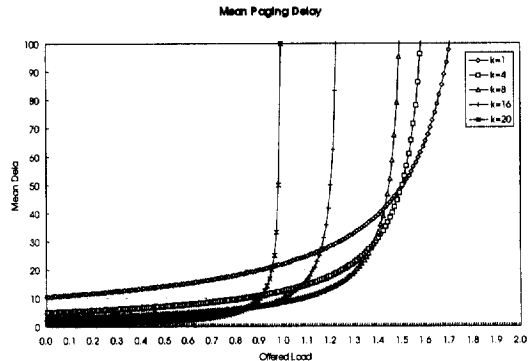
본 장에서는 지금까지 논문에서 다루어진 기존의 방안들과 함께 제안한 동적 페이징 방안의 성능을 평가하고 결과를 고찰한다. 먼저, blanket-polling 방안과 함께  $p_i^{(m)}$ 이 모든 BS에 동일한 경우가 고려되었다. Sequential-polling 방안의 offered-load에 따른 성능이 (그림 6)에 나타나 있다. 이 경우  $J=20$ 이며, sequential-polling에서 각 BS에 있을 확률이 같은 경우는 "Sequential-Polling(Same)"으로 표기된다.



(그림 6) Blanket-polling과 Sequential-polling 방식의 비교

지연특성상으로 blanket-polling은 offered-load가 0.9 이상인 경우는 시스템이 불안정 상태로 되는 것을 볼 수 있으며, sequential-polling(same)의 경우는 이보다 높은 지연을 보이지만, 서비스 할 수 있는 offered-load가 보다 큰 것을 볼 수 있다.

다음으로 그룹 페이징 방안에 대한 그래프가 (그림 7)에 나타나 있다. 이는  $J=20$ 이고, 각 그룹에 단말이 존재할 확률은 동일한 경우이다.  $k$ 는 그룹화 변수로서  $k=1$ 인 경우는 앞서의 sequential-polling(same)와 동일한 상태를 나타내며,  $k=20$ 인 경우는 전체 AP들이 하나의 페이징 그룹으로서 호출되므로, 앞서의 blanket-polling 방식과 동일한 결과를 나타내는 것을 볼 수 있다.

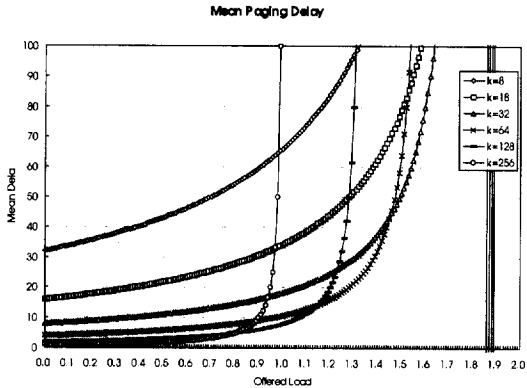


(그림 7) 그룹 페이징 방안(동일 확률)

결과에서도 나타나듯이 그룹 페이징 방안의 경우는 offered-load가 비교적 낮은 환경에서는 전체를 페이징하는 방안이 이득이 있고, offered-load가 증가함에 따라 그룹을 세분화하는 것이 이득을 증가시키는 것을 볼 수 있다. 따라서, 그룹 페이징 방안의 보안을 위해서도 동적으로 그룹 크기를 조절하는 방안은 매우 중

요하다.

본 연구에서는 앞서의 제3장에서 나타나 있듯이 256개의 AP들을 지원할 수 있는 M.E.S.W 구조를 가정하므로, 이를 기반으로 하여  $J=256$ 일 경우의 그룹 페이징 방안의 지연 특성 그래프가 (그림 8)에 나타나 있다.



(그림 8) 그룹 페이징 방안 (동일 확률)

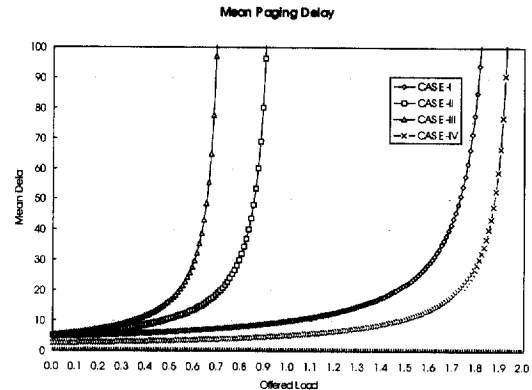
$k=1$ 이거나 8이하인 경우는 매우 큰 지연으로 인하여 사실상 서비스의 지원이 불안정한 상태이다. 따라서, 이에 대한 그래프는 생략하였다. 지연 성능에서 나타나듯이  $k=32$  수준인 경우에 offered-load가 낮거나 높은 지역에서 비교적 안정적인 서비스의 지원이 가능한 것을 볼 수 있다.

지금까지 다루어진 기존의 방안과 더불어 제안된 방안의 경우 동적인 페이징 영역을 가질 수 있으므로 다음의 4가지 환경을 고려하여 성능을 분석하였다. 모든 CASE에 있어서 AP의 갯수인  $J$ 는 동일하게 256(16×16)으로 가정하였다.

- CASE-I :  $G=9$   
 $k_1=8 \times 8, \quad k_2=9 \times 9, \quad k_3=10 \times 10,$   
 $k_4=11 \times 11, \quad k_5=12 \times 12, \quad k_6=13 \times 13,$   
 $k_7=14 \times 14, \quad k_8=15 \times 15, \quad k_9=16 \times 16$
- CASE-II :  $G=5$   
 $k_1=8 \times 8, \quad k_2=10 \times 10, \quad k_3=12 \times 12,$   
 $k_4=14 \times 14, \quad k_5=16 \times 16$
- CASE-III :  $G=4$   
 $k_1=8 \times 8, \quad k_2=11 \times 11, \quad k_3=14 \times 14,$   
 $k_4=16 \times 16$
- CASE-IV :  $G=5$   
 $k_1=8 \times 8, \quad k_2=12 \times 12, \quad k_3=14 \times 14,$   
 $k_4=15 \times 15, \quad k_5=16 \times 16$

조건에서 나타나듯이 CASE-I은 초기의 8×8 만큼

의 AP들을 호출한 후, 페이징에 실패하는 경우 인접한 셀들을 1칸씩 증가시키면서 단말을 찾는 방안이며, CASE-II는 기본적으로 2칸씩을 증가시키는 방안이다. CASE-III은 3칸을 증가시키는 방안이며, 마지막으로 CASE-IV는 임의로 할당한 방안이다. 이를 기반으로 한 제안된 동적 페이징 방안의 지연 성능 평가 결과가 (그림 9)에 나타나 있다.



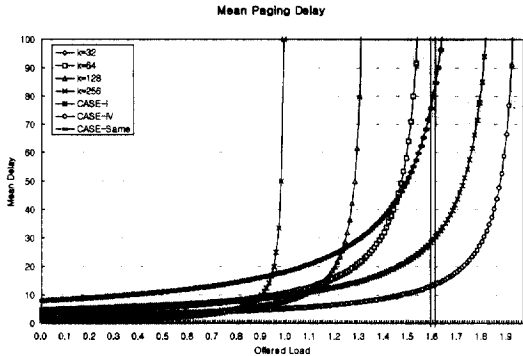
(그림 9) 동적 페이징 방안의 지연 특성

네가지 방안 모두 offered-load가 낮은 지역에서는 유사한 지연 특성을 나타내지만, offered-load가 점차 증가함에 따라 1칸씩 증가시킨 방안이 2칸 혹은 3칸씩 증가시킨 구조에 비교하여 우수한 성능을 보이는 것을 알 수 있다. 이는 한칸씩 페이징 지역을 넓혀가는 것이 offered-load에 따른 서비스 요구를 증가에 비교적 완만하게 적용할 수 있기 때문이다. 아울러, 임의로 할당한 CASE-IV의 경우는 첫번째 페이징 실패 이후 두번째 페이징에 대한 성공 확률을 크게 하는 방안으로서, 두번째 호출 시에 비교적 넓은 페이징 지역을 페이징하는 방안이다. 이 경우 두번째 페이징에서 성공할 확률이 커지므로서 offered-load에 대한 성능이 효과적인 것을 볼 수 있다. 따라서, 제안된 동적 방안은 CASE-I과 같이 일반적인 구조에서 동작하는 경우 완만한 안정상태를 지원하지만, 기본적으로 동적 페이징 영역의 할당 방식에 따라 성능이 좌우 될 수 있음을 보여준다.

지금까지의 성능 평가 결과를 기반으로 하여, 동적 페이징 방안과 기존의 그룹 페이징 방안의 성능을 비교 평가한 결과가 (그림 10)에 나타나 있다. Offered-load가 비교적 낮은 지역에서는  $k=256$ 인 그룹 페이징 방안이 가장 좋은 성능을 보이는 것을 볼 수 있다. 이는 서비스 요구가 작은 환경에서는 특별히 복잡하거나



부가적인 페이징 방안을 고려하지 않는 것이 효과적임을 보이고 있다.



(그림 10) 동적 그룹 페이징 방안과 기존 그룹 페이징 방안의 지연 특성 비교

그러나, offered-load가 점차 증가함에 따라 제안된 동적 페이징 기법이 보다 효율적인 지연특성을 보이는 것을 볼 수 있다. 아울러, 기존의 방안들이 급격한 지연의 증가로 서비스를 지원하지 못하는 높은 offered-load 환경에서도 제안된 동적 페이징 방안은 안정적으로 동작하는 것을 볼 수 있다.

제안된 방안의 정당성 부여를 위하여 제안된 방안에서의 각 페이징 영역의 크기를 기존 방안과 같이 고정적인 크기인 32개의 AP단위로 설정하여 평가하였으며 (CASE-Same), 결과에서 나타나듯이 제안된 방안에서 동적인 특성이 고려되지 않는 경우에는 기존 고정 그룹 페이징 방안과 제안된 방안이 동일한 특성을 나타내는 것을 보여주고 있다.

제안된 방안의 성능이 더욱 향상된 이유는 기존의 방안들과 같이 획일적인 페이징 그룹 크기를 사용하지 않고 동적인 크기를 갖는 다는 점에 기인하며, 아울러, 다양한 동적 페이징 크기 결정을 통하여 환경에 적응된 성능 향상도 기대됨을 보여준다. 또한, 제안된 방안은 기존의 방안처럼 복잡한 알고리즘과 단말에 대한 대량의 데이터 베이스 및 통계자료가 필요하지 않으므로, 구현에 있어서도 매우 효과적임을 볼 수 있다.

### 5. 결 론

본 연구에서는 제3세대 이동통신망의 주요 네트워크 모델인 ATM-Forum의 WATM 망 구조를 기반으로 하여, 수십~수백 개의 AP들이 M.E.S.W 하단에 존재하

는 환경에서 효율적인 페이징 성능을 나타낼 수 있는 동적 페이징 방안을 정립하고 이의 성능을 분석하였다.

제안한 방안은 기존의 연구들과 달리 AP들에 대한 페이징 시 페이징되는 AP들의 갯수를 동적으로 변화시키면서 페이징을 수행하였다. 아울러, 기존의 방안들과 달리 단말의 이동성을 추적하기 위한 복잡한 방법을 사용하지 않으면서, 단말이 LA에게 초기에 등록한 초기 등록 정보 혹은 최종적으로 통신을 수행한 AP정보만을 통하여 페이징을 수행하도록 하는 매우 단순한 구조로 된 방안이다. 따라서, 이의 실현 또한 매우 용이하다.

성능평가는 기존의 연구들 가운데 가장 인지도가 높은 blanket-polling, sequential-polling, group-polling 방안과 함께 이루어 졌으며, 성능평가 결과 제안한 방안이 기존의 방안들에 비하여 효율적인 성능을 나타내는 것을 보였다. 낮은 offered-load 환경에서는 기존의 blanket-polling이 약간 나은 성능을 보였지만, 점차 offered-load가 증가함에 따라 제안된 방안의 성능이 작은 지연을 나타냈으며, offered-load가 높은 지역에서 기존의 방안들이 불안정상태에 빠지는 경우에도 제안된 방안은 매우 안정적인 성능을 나타내는 것을 보였다. 특히, 동적 페이징 영역의 할당을 획일적으로 설정하지 않고, 환경에 맞도록 할당함으로써 보다 높은 성능을 보이는 것도 확인하였다.

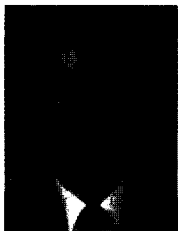
제안한 방안을 사용하는 경우, 현재 실용화된 많은 시스템에서 사용하는 blanket-polling방안에 비하여 어느 정도의 복잡도는 증가할 수 있으나, 이는 향후 WATM 망과 같은 AP중심 구조에서는 필연적으로 뒤따르는 복잡도라고 생각한다.

### 참 고 문 헌

- [1] D. Plassmann, "Location Management Strategies for Mobile Cellular Networks of 3rd Generation," Proceedings of IEEE VTC'94, pp.649-653, 1994.
- [2] Gregory P. Pollini and David J. Goodman, "Signaling System Performance Evaluation for Personal Communications," IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol.45, No.1, pp.131-138, February 1996.
- [3] Jose M. Brazio and Nuno J. S. Silva, "Performance Evaluation of Multi-Layer Location Update Method," Proceedings of IEEE ICC'96, pp.96-100, 1996.
- [4] S. Mishra and O. K. Tonguz, "Most Recent Inter-

action Area and Speed-based Intelligent Paging in PCS," Proceedings of IEEE ICC'97, pp.505-509, 1997.

- [5] C. Rose, "Minimization Of Paging And Registration Costs Through Registration Deadlines," Proceedings of IEEE ICC'95, pp.735-739, 1995.
- [6] Christopher Rose and Roy D. Yates, "Ensemble Polling Strategies for Mobile Communications Networks," Proceedings of IEEE ICC'96, pp.101-105, 1996.
- [7] Christopher Rose and Roy D. Yates, "Location Uncertainty in Mobile Networks : A Theoretical Framework," IEEE Communications Magazine, Vol. 35, No.2, pp.94-101, February 1997.
- [8] Yi-Bing Lin and Shu-Yuen Hwang, "Comparing the PCS Location Tracking Strategies," IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol.45, No. 1, pp.114-121, February 1996.
- [9] Seok J. Kim and Chae Y. Lee, "Modeling and Analysis of the Dynamic Location Registration and Paging in MicrocellularSystems," IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol.45, No.1, pp.82-90, February 1996.
- [10] Yi-Bing Lin, "Reducing Location Update Cost in a PCS Network," IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol.5, No.1, pp.25-33, February 1997.
- [11] M. Munguia-Macario and D. Munoz-Rodriguez, "Optimal Adaptive Location Area Design and In-active Locations Areas," Proceedings of IEEE ICC'97, pp.510-514, 1997.



**이 태 로**

e-mail : mk107@korhealth.ac.kr  
 1984년 광운대학교 전자계산학과 (학사)  
 1989년 경희대학교 교육대학원 전자계산학과(교육학 석사)  
 1995년 경희대학교 대학원 전자계산학과 박사과정 수료

1984년~1990년 경인여자상업고등학교 교사  
 1990년~1996년 대동상업고등학교 교사  
 1996년~현재 고려대학교 병설 보건대학 조교수  
 관심분야 : 컴퓨터 네트워크, 이동통신, 멀티미디어 시스템



**이 성 원**

e-mail : leesw2@telecom.samsung.co.kr  
 1994년 경희대학교 전자계산공학과(학사)  
 1996년 경희대학교 대학원 전자계산공학과(석사)  
 1998년 경희대학교 대학원 전자계산공학과(박사)

1998년~1998년 (주) 미디어콤  
 1999년~현재 삼성전자 cdma2000시스템개발 그룹 연구원  
 관심분야 : 무선패킷 데이터, 통신 프로토콜, 성능평가, 시뮬레이션 등



**한 치 근**

e-mail : cghan@nms.kyunghee.ac.kr  
 1983년 서울대학교 산업공학과 (학사)  
 1985년 서울대학교 산업공학과 (석사)  
 1991년 미국 펜실베이니아주립대학교(전산학 박사)

1992년~현재 경희대학교 전자계산공학과 부교수  
 관심분야 : Combinatorial Optimization, 통신망설계, 문서관리 등



**유 인 태**

e-mail : itryoo@nms.kyunghee.ac.kr  
 1987년 연세대학교 전자계산공학과(학사)  
 1989년 연세대학교 전자공학과(석사)  
 1994년 연세대학교 전자공학과(박사)

1997년 동경대학 전자정보통신 Ph.D.  
 1992년 한국전자통신연구소 위촉연구원  
 1997년~1993년 삼성전자 네트워크 사업부 선임연구원  
 1994년~현재 경희대학교 전자정보학부 조교수  
 관심분야 : 초고속 네트워크, 차세대 인터넷 프로토콜, 멀티미디어 통신