

무선 통신망의 이동 기반 및 거리 기반 위치 등록 방법의 성능 개선 방법 연구

正會員 임 효 준*, 이 승 준*, 김 종 권**

A Study on the Performance Improvement Methods of User Tracking in PCS Networks

Hyo-Jun Lim*, Seung-Joon Lee*, Chong-Kwon Kim** *Regular Members*

※본 논문은 과학재단의 특정기초 연구과제(과제번호: 96-0102-10-01-3) 연구비에 의해 연구되었음.

요 약

무선 통신망의 셀룰라 구조에서 사용자의 위치를 파악하기 위해서는 페이징과 위치 등록이 필요하다. 기존의 위치 등록 방법은 여러 가지 문제점을 지니고 있는데, 여기서는 그러한 문제점들을 해결하기 위한 두 가지 새로운 위치 등록 방법을 제안한다. 첫 번째는 사용자 이동의 지역성을 이용해 이동 기반 방법의 성능을 향상시키는 방법이다. 두 번째는 LA를 이용한 기본 위치 등록 방법과 거리 기반 방법을 결합해 구현을 단순화시키면서 거리 기반 방법에 가까운 성능을 보인다. 이들 제안된 방법을 기존의 방법과 비교하기 위해 큐잉 모델을 사용한 분석 모델을 제시하였고 분석과 시뮬레이션을 통해 성능 평가를 수행하였다. 성능 평가 결과 본 논문에서 제안한 방법은 기존 방법의 성능을 크게 향상시킴을 관찰하였다.

ABSTRACT

In cellular wireless networks, paging and user location update are used to locate mobile users. To enhance existing user tracking methods, we propose two new user location update methods. One method improves the movement based user location update scheme exploiting the locality of user movement patterns. Another method performs distance-based location update based on LA such that it simplifies implementation. To compare the performance of these proposed methods with that of existing methods, we develop an analytic model and carry out the performance comparison both via an analytic method and computer simulation. The results show that the proposed methods improve the performance of existing methods significantly.

*서울대학교 전산학과
論文番號: 97271-0805
接受日字: 1997年 8月 5日

I. 서 론

무선망은 제한된 RF 자원으로 많은 사용자를 지원하기 위해 셀(cell) 구조를 사용하고 있다. 전체 지역을 셀이라는 작은 구역으로 나누고 각 셀 단위로 RF 자원을 할당함으로써 보다 많은 사용자를 지원하는 것이다. 이처럼 셀을 사용하는 셀룰라 구조에서는 이동 단말을 목적지로 하는 통신을 설정하기 위해 이동 단말의 위치를 파악할 필요가 있다.[1, 2]

현재 이동 단말의 위치를 파악하기 위해 사용하는 방법은 페이징 방법과 위치 등록 방법을 결합한 것이다. 즉 이동 단말은 적당한 시점에 자신의 위치를 유선망에게 알리고 유선망은 이동 단말이 존재할 가능성이 있는 구역에 대해 페이징을 하는 것이다.

본 논문에서는 기존에 제안된 위치 등록 방법을 살펴보고, 이들을 개선한 새로운 위치 등록 방법 두 가지를 제안한다. 위치 등록 방법들의 성능을 비교하기 위해 사용자의 이동 패턴과 무선망의 구조를 잘 반영할 수 있는 분석 모델을 제시하고, 큐잉 모델을 이용해 분석을 시도하였다. 이 분석 결과를 토대로 본 논문에서 제안한 방법과 기존 방법의 성능을 비교하였다.

II. 기존의 위치 등록 방법

위치 등록 시점을 결정하는 방법 중 가장 많이 사용되는 방법은 LA(Location Area)를 이용한 방법이다. 하나의 LA는 여러 개의 셀로 이루어져 있는데, 이동 단말이 새로운 LA로 이동하는 경우에만 위치 등록을 수행하게 된다.

LA를 이용한 위치 등록 방법의 단점은 LA의 경계에서 사용자가 두 개의 LA 사이를 들락날락(zigzag) 이동하는 경우에 불필요한 위치 등록이 자주 발생하며 사용자의 이동 패턴에 유연하게 대처하지 못한다는 것이다. 이런 단점을 극복하기 위해 이동 단말이 자신의 위치 등록 시점을 결정하는 방법들이 제시된 바 있다. 이 방법들은 위치 등록 시점을 결정하는 방법에 따라 시간 기반(time based), 이동 기반(movement based), 거리 기반(distance based) 방법으로 나뉜다.

시간 기반 방법에서는 이동 단말이 일정 주기 T 마다 자신의 위치를 등록하게 된다. 이 방법은 구현이 간단하지만 사용자의 위치에 대한 정보를 활용하지

않으므로 성능이 떨어지게 된다. 이동 기반 방법에서는 이동 단말이 진입하는 셀의 개수가 임계값 M 에 도달할 때마다 위치 등록을 한다. 거리 기반 방법에서는 중심 셀-마지막으로 위치 등록을 수행한 셀-로부터의 거리가 임계값 D 가 되는 경우에 위치 등록을 하게 된다. 이 방법은 이동 단말이 중심 셀로부터의 거리를 알기 위해 전체적인 셀의 구조를 파악해야 하므로 구현이 어렵다는 단점을 가지고 있다.

Bar Noy 등[3]은 1차원 링 모델을 사용해 이 세 가지 위치 등록 방법을 분석하였다. 그 결과, 거리 기반 방법이 가장 좋은 성능을 보이는 것으로 나타났다. Madhow 등[4]은 거리 기반 방법에서의 최적 거리 한계값을 구하는 방법을 제시하였다. 또 유선망에 이동 단말에 대한 캐쉬를 두는 방법[5]도 연구된 바 있다.

III. 새로운 위치 등록 방법의 제안

1. 캐쉬를 이용한 이동 기반 방법

이동 기반 방법은 구현하기 쉬운 반면 몇 가지 단점을 지닌다. 먼저 이동 단말이 인접한 두 셀의 경계 부근에서 지그재그로 이동하는 경우에 셀간 이동 횟수가 증가해 위치 등록이 발생한다는 것이다. 또 중심 셀에 가까운 셀들 사이에서만 이동하는 경우에도 불필요한 위치 등록이 발생하게 된다.

이동 기반 방법의 불필요한 위치 등록을 방지하기 위해 이동 단말이 캐쉬를 가지고 있으면서 최근 방문한 셀의 번호를 기록하는 방법을 제안한다. 캐쉬의 크기는 위치등록 발생의 임계값 M 으로 한다. 사용자가 새로운 셀에 진입하는 경우 그 셀이 캐쉬에 저장되어 있으면 사용자의 이동 횟수를 증가시키지 않고, 캐쉬에 저장되어 있지 않은 경우에는 이동 횟수를 증가시키고 캐쉬에 새로운 셀의 번호를 기록한다. 이동 횟수가 임계값 M 이 되면 위치 등록을 수행한 후 이동 횟수를 0으로 하고 캐쉬의 내용을 지운다.

이 방법을 사용하면 이동횟수는 사용자가 어떤 셀을 처음 진입하는 경우에만 증가되고 그 이후에 다시 진입해도 증가되지 않으므로 불필요한 위치 등록이 발생하는 것을 막을 수 있다. 또 단말의 이동 지역성이 있는 경우 사람들은 최근에 방문한 셀을 다시 방문하게 될 확률이 높을 것이므로 캐쉬의 사용으로 인한 이득은 단순한 수학적 분석의 경우보다 더 커질

것이다. 이 방법은 사용자의 이동 빈도나 통화 빈도 등을 고려하여 임계값 M 을 동적으로 변경할 수 있다는 장점도 지니고 있다.

2. LA 단위 거리 기반 방법

여기서는 거리 기반 방법 구현의 어려움을 감소시키면서 이와 비슷한 성능을 보여줄 수 있는 방법으로 셀 리스트 전송 방법과 LA 단위 거리 기반 방법을 제안한다.

우선 셀 리스트 전송 방법을 살펴보도록 하자. 일반적으로 기지국은 이동 단말이 자신이 위치한 셀을 알 수 있게 하기 위해 주기적으로 셀의 번호를 전송해 주게 된다. 셀 리스트 전송 방법은 기지국이 셀의 번호만을 전송하는 대신 거리가 D 미만인 모든 셀의 리스트를 전송해 주도록 하여 이동 단말이 자신의 위치 등록 시점을 결정하는 데 활용하도록 한다. 이동 단말이 처음 위치 등록을 하는 경우에, 이동 단말은 셀 리스트를 기지국으로부터 받아 저장한다. 이후 이동 단말은 새로운 셀에 진입할 때마다 진입한 셀의 번호가 저장해 둔 셀 리스트에 속해 있는지를 검사한다. 만약 셀 리스트에 속하지 않은 경우는 임계값 D 를 넘어서는 것으로 판단하고 위치등록을 수행한 후 다시 셀 리스트를 전송받게 된다. 이 방법은 이동 단말에서의 복잡한 계산 없이도 거리 기반 방법을 구현할 수 있다.

LA 단위 거리 기반 방법은 여러 개의 셀을 LA라는 단위로 묶고 가장 최근에 위치 등록을 수행한 LA로부터의 거리가 임계값 D 가 되면 위치 등록을 하는 방법이다. 여기서 위치 등록의 임계값 D 를 1로 잡으면 LA를 이용한 기본 위치 등록 방법과 동일한 방법이 되며 LA의 크기를 셀의 크기와 같게 하면 거리 기반 방법과 같아지게 된다. 즉 LA 단위 거리 기반 방법은 LA를 이용한 위치 등록 방법과 거리 기반 방법을 모두 포함하는 좀 더 일반화된 방법이라고 할 수 있다. 이 방법은 LA를 이용한 방법에서 이동 단말이 LA의 경계 부근의 국지적인 이동을 하는 경우에 위치 등록이 자주 발생하는 문제를 해결하면서 거리 기반 방법보다 간단하게 구현할 수 있다.

LA 단위 거리 기반 방법은 셀 리스트 전송 방법과 유사하게 기지국이 거리가 D 이하인 LA들의 리스트를 전송하게 함으로써 구현할 수 있다. 이 방법은 셀

리스트 전송 방법에 비해 기지국이 전송해야 하는 데이터의 양을 줄이면서 거리 기반 방법에 가까운 성능을 보인다.

IV. 분석

1. 분석 모델

본 논문에서는 셀의 모양이 육각형임을 가정하고 분석을 하였다. 또 가장 최근에 위치 등록을 한 셀로부터 떨어진 거리가 n 인 셀의 집합을 링 n 이라 정의하며 이동 단말 m 이 속한 링 번호를 $R(m)$ 으로 정의한다.

여러 위치 등록 방법의 분석을 위해 이산시간 마코프 체인(Discrete time Markov chain)을 이용했다. 시간은 짧은 간격의 타임 슬롯으로 나누어져 있고 각 타임 슬롯에 이동 단말은 p 의 확률로 근접한 셀로 이동한다고 가정한다. 타임 슬롯은 매우 짧으므로 한 타임 슬롯에 두 번 이상의 이동을 하는 경우는 없다. 이동 단말이 인접한 6개의 셀로 이동하는 확률은 $1/6$ 로 동일하다고 가정한다.

$X_n(n=0, 1, 2, \dots)$ 을 타임 슬롯 n 의 시작 시각에 이동 단말 m 의 $R(m)$ 을 나타내는 확률 변수로 가정하면 $\{X_n, n=0, 1, 2, \dots\}$ 는 이산시간 마코프 체인을 이룬다. 위치 등록을 무시하면 상태 전이 확률 $p_{ij} = \Pr[X_{n+1} = j | X_n = i]$ 는 다음과 같다.

$$p_{00} = 1 - p$$

$$p_{01} = p$$

$$p_{kk} = (1 - p) + \frac{1}{3} p \quad (k \geq 1)$$

$$p_{k, k+1} = \frac{2k+1}{6k} p \quad (k \geq 1) \quad (식 1)$$

$$p_{k, k-1} = \frac{2k-1}{6k} p \quad (k \geq 1)$$

$$p_{k, m} = 0 \quad (|k - m| \geq 2)$$

N 은 이동 단말 m 이 가질 수 있는 $R(m)$ 의 최대값으로 정의한다. N 은 LA 기반 방법에서는 $L-1$ 이 되며, 거리 기반 방법에서는 $D-1$, 이동 기반 방법에서는 $M-1$, 그리고 LA 단위 거리 기반 방법에서는 $(2D-1)L-1$ 이 된다.

$U_k(N)$ 은 k 타입 슬롯동안 위치등록이 발생한 횟수를 총 이동 횟수로 나눈 값으로 정의하며 $U(N)$ 은 $\lim_{k \rightarrow \infty} U_k(N)$ 로서 사용자가 한 번 이동할 때마다 필요한 위치 등록의 평균값을 나타낸다.

한 번의 페이징에서 페이징하는 셀의 수 $h(N)$ 은 $1 + 3N(N+1)$ 이 된다.

2. 기존 방법의 분석

그림 1은 앞의 분석 모델을 기반으로 한 LA 기반 위치 등록 방법의 마코프 체인을 그린 것이다. 이동 단말이 링 N 에서 링 $N+1$ 로 이동하는 경우에 위치 등록이 발생하게 되며 이 때 새로 진입한 LA에서도 이동 단말은 LA의 가장 바깥쪽 링에 속하게 될 것이므로 상태는 그대로 N 이 된다.

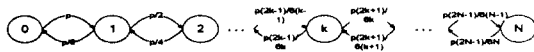


그림 1. LA를 이용한 사용자 등록 방법의 Markov Chain

$P_k(n)$ 을 $\Pr[X_n = k]$ 이라 하고 $\lim_{k \rightarrow \infty} P_k(n)$ 을 P_k 로 정의한 후에, 마코프 체인의 평형식으로부터 점화식을 유도해 내 P_k 값을 구할 수 있다.

한편 LA 기반 방법에서는 이동 단말이 링 N 에서 링 $N+1$ 로 이동하는 경우에 위치 등록이 발생하게 되므로 $U(N)$ 은 $P_N \frac{2N+1}{6N}$ 이 된다.

거리 기반 방법의 경우에는 위치 등록시 새로 이동한 셀이 중심 셀이 되므로 LA 기반 방법의 경우와 달리 0번 상태로 전이가 일어난다. 그림 2는 거리 기반 방법의 마코프 체인이다.

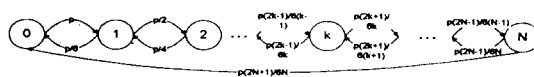


그림 2. 거리 기반 사용자 등록 방법의 Markov Chain

거리 기반 방법에서도 평균 위치 등록 횟수 $U(N)$ 은 $P_N \frac{2N+1}{6N}$ 이 된다.

이동 기반 방법도 역시 이산시간 마코프 체인으로 분석을 하였지만 LA 기반 방법이나 거리 기반 방법의 경우와는 다른 방법으로 상태를 정의하였다. 즉 이동 단말 m 의 상태 (i, j) 는 마지막 위치 등록 시점으로부터 i 번 이동했고 $R(m)$ 이 j 인 상태로 정의하였다. X_n 을 상태 (i, j) 에 대한 확률 변수라고 하면 $\{X_n, n = 0, 1, 2, \dots\}$ 은 마코프 체인을 이루게 된다. 그림 3은 이 모델의 마코프 체인을 그린 것이다. N 번 이동한 사용자가 새로운 셀로 이동하는 경우에는 위치 등록이 일어나게 되어 상태 $(0, 0)$ 으로 전이하게 된다.

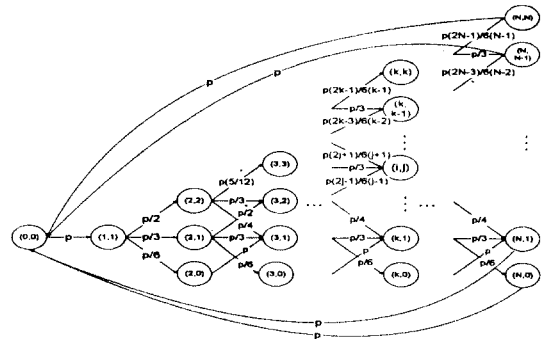


그림 3. 이동 기반 위치 등록 방법의 Markov Chain

$P_{i,j}(n)$ 을 $\Pr[X_n = (i, j)]$ 라고 하고 $\lim_{k \rightarrow \infty} P_{i,j}(n)$ 을 $P_{i,j}$ 라고 하면 그림 3의 상태 전이도로부터 $P_{i,j}$ 를 유도해 낼 수 있다.

이동 기반 방법에서는 이동횟수가 N 인 이동 단말 m 이 이동하게 되면 항상 위치 등록이 발생하므로 $U(N)$ 은 $\sum_{k=0}^N P_{N,k}$ 이 된다.

3. 제안된 방법의 분석

캐쉬를 이용한 이동 기반 방법의 상태도 이동 기반 방법과 같게 정의하였다. 캐쉬를 이용한 이동 기반 방법을 분석하기 위해서는 이동 단말이 (i, j) 상태에 있을 때의 캐쉬 적중률을 구해야 한다.

캐쉬 적중률은 이동 단말의 상태와 이동 방향에 영향을 받는다. 따라서 여기서는 캐쉬 적중률을 C^+, i, j, C^-, i, j 로 구분하였다. C^+, i, j 는 (i, j) 상태에 있는 이동

단말이 링 $j+1$ 로 이동하는 경우의 캐쉬 적중률이고 $C^0_{i,j}$ 는 링 j 로 이동하는 경우의 캐쉬 적중률이며 $C^-_{i,j}$ 는 링 $j-1$ 로 이동하는 경우의 캐쉬 적중률이다. 이 값들을 구하기 위해 시뮬레이션을 수행하였다.

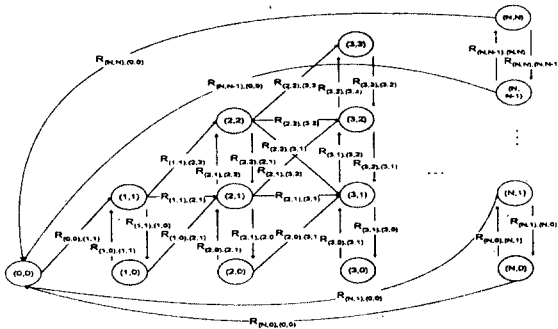


그림 4. 캐쉬를 이용한 이동 기반 위치 등록 방법의 Markov Chain

그림 4는 캐쉬를 이용한 이동 기반 방법의 상태 전이도를 나타내고 있다. 그림에서 $R_{(i,j),(i',j')}$ 는 상태 (i,j) 로부터 (i',j') 으로 이동할 확률을 나타낸다.

한편 캐쉬를 이용하는 이동 기반 방법에서는 이동 횟수가 N 인 사용자 m 이 이동해 간 셀의 번호가 캐쉬에 포함되어 있지 않은 경우에 위치 등록이 발생하게 되므로 $U(N)$ 은 다음 식과 같다.

$$U(N) = (1 - C^+_{N,0}) P_{N,0} + \sum_{k=0}^N \left[\frac{2k+1}{6k} (1 - C^+_{N,k}) + \frac{1}{3} (1 - C^0_{N,k}) + \frac{2k-1}{6k} (1 - C^-_{N,k}) \right] P_{N,k} \quad (식 2)$$

LA 단위 거리 기반 방법의 분석은 거리 기반 방법의 경우와 비슷하다. 시뮬레이션을 수행한 결과 위치 등록이 이루어지는 중심 LA로부터의 임계 거리 D 를 2 이상으로 증가시키더라도 큰 성능 향상이 없음을 확인할 수 있었으므로 D 는 2인 경우만을 고려하였다. LA의 반지름을 L 이라고 하면 $N=3L$ 이 되며, 가장 최근에 위치 등록을 수행한 LA의 중심 셀로부터의 거리를 마코프 체인의 상태라고 하자. 이런 가정 하에서 위치 등록을 수행한 이동 단말은 상태 N 에서 $N/3$ 으로 전이하게 된다. 그림 5는 LA 단위 거리 기반

방법의 마코프 체인이다.

LA 단위의 거리 기반 방법에서도 이동 단말이 링 N 에서 링 $N+1$ 로 이동하는 경우에 위치 등록이 발생하므로 $U(N)$ 은 $P_N \frac{2N+1}{6N}$ 이 된다.

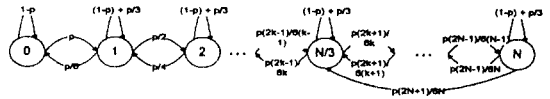


그림 5. LA 단위 거리 기반 사용자 등록 방법의 Markov Chain

V. 분석 및 시뮬레이션 결과

그림 6은 여러 가지 사용자 위치 등록 방법의 성능을 비교한 그래프이다. 가로축과 세로축은 각각 앞에서 정의한 $U(N)$ 과 $h(N)$ 에 대응된다. 각 그래프는 파라미터 N 을 변경시켜가며 $U(N)$ 과 $h(N)$ 을 구해서 해당되는 좌표를 그래프상에 표시해 연결한 것이다. 캐쉬를 사용한 이동 기반 방법은 두 가지 경우에 대해 분석을 시도하였다. 첫 번째는 시뮬레이션을 통해 구한 캐쉬 적중률을 적용했고, 두 번째는 캐쉬 적중률을 시뮬레이션 결과의 1.5배로 증가시켰다. 이것은 실제 환경에서 사용자는 최근에 방문한 셀을 다시 방문할

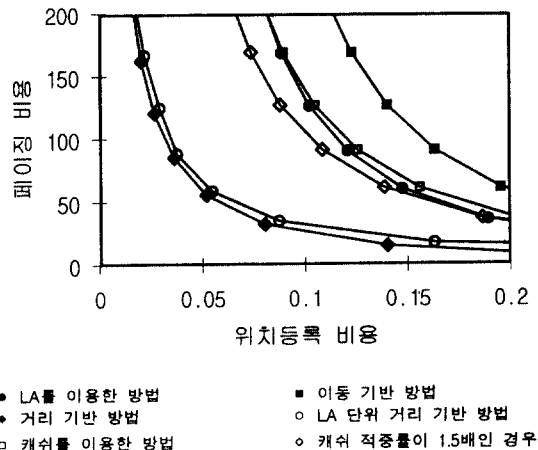


그림 6. 여러 위치등록 방법의 성능 비교

가능성이 커서 캐쉬 적중률이 랜덤하게 이동하는 경우보다 커질 것이므로 이러한 경우에 캐쉬를 이용한 이동 기반 방법의 성능을 추정해 보기 위한 것이다.

캐쉬를 사용하는 경우 이동 기반 방법의 성능은 향상됨을 볼 수 있다. 그러나 여전히 LA를 이용한 방법보다는 성능이 좋지 않다. 그러나 캐쉬 적중률이 높아지면 이동 기반 방법의 성능은 더욱 향상되어 LA를 이용한 방법보다 좋아지게 된다. 거리 기반 방법은 가장 좋은 성능을 보이며 LA 단위 거리 기반 방법은 거리 기반 방법과 거의 비슷한 성능을 보임을 알 수 있다.

VI. 결 론

본 논문에서는 기존의 위치 등록 방법이 가지는 문제점을 극복하기 위해 새로운 두 가지의 위치 등록 방법을 제안하였다. 이러한 제안된 위치 등록 방법의 성능을 기존의 방법과 비교하기 위해 큐잉 모델을 사용한 분석 방법을 제시하였다.

캐쉬를 이용한 이동 기반 방법은 이동 기반 방법이 가지는 구현의 단순성을 유지하면서 이동 기반 방법의 성능을 크게 향상시킬 수 있다. 실제 환경에서는 최근 방문한 셀을 다시 방문하는 지역성이 있으므로 성능 향상은 더 커질 것으로 보인다. 또 이 방법은 사용자의 이동 패턴에 따라 파라미터를 변경시킬 수 있다는 장점도 가지고 있다. LA 단위 거리 기반 방법은 구현이 어려운 거리 기반 방법의 단점을 극복하면서 거리 기반 방법에 가까운 성능을 보인다.

이처럼 제안된 두 가지 방법은 기존의 위치 등록 방법의 단점을 극복하고 있어, 미래의 무선망에서 사용될 수 있을 것으로 보인다.

참 고 문 헌

1. Donald C. Cox. "Wireless Personal Communications : What Is It?," IEEE Personal Communications, April 1995. pp. 20-35.
2. Raj Pandya. "Emerging Mobile and Personal Communication Systems," IEEE Communications Magazine, June, 1995. pp. 44-51.
3. Amotz Bar-Noy et al. "Mobile users: To Update or

not to update?" Wireless Networks 1(1995) pp. 175-185.

4. U. Madhow et al. "Optimization of wireless resources for personal communications mobility tracking," Proc. IEEE INFOCOM '94 (1994) pp. 577-584.
5. Yitzhak Birk et al. "Using Direction and Elapsed-Time Information to Reduce the Wireless Cost of Locating Mobile Units in Cellular Networks," Wireless Networks 1(1995) pp. 403-412.



임 효 준(Hyo Jun Lim) 정회원
1996년 2월:서울대학교 전산과학
과 졸업(학사)
1996년 3월~현재:서울대학교 전
산과학과 석사
과정 재학 중



이 승 준(Seung Joon Lee) 정회원
1996년 2월:서울대학교 전산과학
과 졸업(학사)
1996년 3월~1997년 2월:서울대
학교 전산과학과 석
사 과정



김 중 권(Chong Kwon Kim) 정회원
1981년:서울대학교 산업공학과
졸업(학사)
1987년:일리노이 주립대학 졸업
(박사)
1987년~1991년:벨코어 연구소 연
구원
1991년~현재:서울대학교 전산과
학과 부교수 재직