

무선 이동망을 위한 퍼지 논리 기반 선택적 페이징 방법의 설계 및 평가

(Design and Evaluation of a Fuzzy Logic-based Selective
Paging Method for Wireless Mobile Networks)

배 인 한 [†]

(Ihn-Han Bae)

요약 최신 무선 통신망은 이동 단말의 동적 재배치를 허용하므로 입력 호를 전달하기 위해서는 이동 단말의 트랙을 관리하는 위치 관리 메커니즘이 필요하다. 본 논문에서는 페이징 비용을 감소시키기 위하여 퍼지 논리 기반 선택적 페이징 방법을 제안한다. 퍼지 논리 기반 위치 관리 방법에서, 위치 갱신은 방향 기반 방법과 이동 기반 방법을 혼용한 지역 기반 방법을 사용하고, 위치 검색은 이동 단말의 이동성 정보에 기초한 퍼지 논리 기반 선택적 페이징 방법을 사용한다. 부분 후보 페이징 지역이 퍼지 논리 제어에 의해 선택되고, 퍼지 논리 기반 선택적 페이징 방법은 그 부분 후보 페이징 지역 내의 셀들만 페이징한다. 제안하는 퍼지 논리 기반 위치 관리 방법의 성능을 분석적 모델과 모의실험을 통하여 평가하고, 그것의 성능을 LA 및 BVP와 비교한다. 평가 결과, 제안하는 퍼지 논리 기반 위치 관리 방법이 다른 위치 관리 방법에 비해 우수한 성능을 제공할 수 있었다.

키워드 : PCS, 위치 관리, 퍼지 논리, 위치 지역 페이징, 선택적 페이징

Abstract State-of-the-art wireless communication networks allow dynamic relocation of mobile terminals. A location management mechanism is required to keep track of a mobile terminal for delivering incoming calls. In this paper, we propose a fuzzy logic-based selective paging method to reduce paging cost. In the proposed fuzzy logic-based location management method, the location update uses the area-based method that uses direction-based together with movement-based methods, and the location search uses the fuzzy logic-based selective paging method based on the mobility information of mobile terminals. A partial candidate paging area is selected by fuzzy control rules, then the fuzzy logic-based selective paging method pages only the cells within the partial candidate paging area. The performance of proposed fuzzy logic-based location management method is to be evaluated by both an analytical model and a simulation, and is compared with those of LA and BVP methods. From these evaluation results, we know that the proposed fuzzy logic-based location management method provide better performance than other location management methods.

Key words : PCS, Location Management, Fuzzy Logic, Location Area Paging, Selective Paging

1. 서론

최근에 PCS(Personal Communication Services)가 일반 수가 급격히 증가하고 있다. 이동 사용자의 증가를 지원하기 위한 주요 해결 방법은 제한된 대역폭 제사용성을 증가시키기 위하여 셀 크기를 줄이는 것이다. 그러나 작은 셀을 사용하므로 발생하는 심각한 문제는 위치 관리 비용이 많이 든다는 것이다. 위치 관리에 두 가지

기본 연산: 위치 갱신과 페이징이 있다. 이동 단말(MT)의 현재 위치를 기록하는 연산을 위치 갱신이라 부르고, 반면에 어떤 MT의 정확한 위치를 찾는 연산을 페이징이라 한다[1].

위치 관리 시스템은 등록 프로세스라 부르는 위치 갱신 메커니즘 없이는 이동 단말의 트랙을 관리할 수 없다. 이러한 등록 프로세스는 상당한 량의 이동 단말의 전력, 에어 인터페이스 대역폭, 유선망 대역폭, 시스템 컴퓨팅 자원 그리고 다른 시스템 자원을 소비한다. 따라서 등록 횟수를 최소화하는 것이 좋다. 그러나 등록 횟수를 줄이는 것은 높은 이동성을 갖는 이동 단말의 위

[†] 정 회 원 : 대구가톨릭대학교 컴퓨터정보통신공학부 교수
ihbae@cu.ac.kr

논문접수 : 2003년 3월 3일

심사완료 : 2004년 2월 24일

치 정보의 정확성을 감소시킨다. 높은 이동성을 갖는 이동 단말이 대기 상태에 있을 때, 최근의 갱신 위치는 그것의 현재 위치가 아닐 수도 있다. 입력 호가 도착했을 때, 무선망은 페이징 프로세스를 통하여 이동 단말에 그 신호를 전달해야 한다. 위치 정보가 정확하지 않을 수 있으므로, 페이징 프로세스는 최근 갱신된 위치에 근접한 셀들을 폴링(polling)하여 현재 위치를 찾는다. 기존의 무선망에 대한 페이징 프로세스는 상당량의 시스템 자원을 소비한다. 따라서 전체 위치 관리 비용을 줄이기 위하여 페이징 프로세스와 등록 프로세스 간에 균형을 이루는 것이 필요하다[2,3].

본 논문에서는 페이징 지역을 예측하여 페이징 비용을 감소시키기 위하여 이동 단말의 이동 정보에 기초한 퍼지 논리 기반 위치 관리 방법을 제안한다. 제안하는 퍼지 논리 기반 위치 관리 방법에서는 이동 단말이 방문한 셀의 개수에 기초한 이동 기반 방법과 이동 단말의 이동방향에 기초한 방향 기반 방법을 혼합한 새로운 위치 등록 방법인 지역 기반 방법을 사용하고, 그리고 이동 단말의 이동방향에 대한 기본 퍼지집합과 이동 단말의 이동속도에 따른 이동정도에 대한 기본 퍼지집합을 이용한 새로운 위치 검색 방법인 퍼지 논리 기반 선택적 페이징 방법을 사용한다. 이동 단말이 입력 호를 가지고 있을 때, 시스템은 현재 시간에 따른 그 이동 단말의 이동정도에 대한 퍼지집합을 결정하고, 그 이동 단말의 이동방향에 대한 퍼지집합과 이동정도에 대한 퍼지집합으로 현재 이동 단말이 있는 부분 후보 페이징 지역을 퍼지 논리로 예측하고, 그리고 그 부분 후보 지역 내의 셀들만 페이징 한다. 분석적 모델과 모의실험을 통하여 제안하는 퍼지 논리 기반 선택적 페이징 방법의 성능을 전체 위치 관리 비용으로 평가하고, 그것의 성능을 위치 지역 페이징 방법인 LA(Location Area)[2] 및 선택적 페이징 방법인 BVP(basic velocity paging)[2, 3]의 성능과 비교한다.

2. PCS 구조

무선 대역폭은 본질적으로 부족한 자원이고, 무선 통신을 위한 가용 무선 채널의 개수는 아주 제한되어 있다. 상대적으로 작은 개수의 무선 채널로 다수의 PCS(personal communication services) 가입자를 지원하기 위하여, 대부분 오늘날 PCS 망은 셀룰러 구조를 채택하고 있다. 이 방법에서, 서비스 적용 지역은 셀로 나누어지고, 다수의 무선 채널이 각 셀에 할당된다. 각 셀내의 활동적인 연결의 개수는 그 셀의 가용 채널 개수를 초과할 수 없다. 각 셀에는 BS(base station)이 설치되어 있어, 셀내의 MT(mobile terminal)들은 무선 링크를 통하여 BS와 통신한다.

그림 1은 PCS 망의 일반적인 구조를 보여준다. 다수의 BS들은 BSC(base station controller)와 연결된다. BSC의 주 기능은 핸드오프 수행과 무선 채널 할당과 같은 BS들의 무선 자원을 관리하는 것이다. BSC는 일반적인 교환 기능을 제공하고 위치 등록과 호 전달을 조정하는 MSC(mobile switching center)와 연결된다. MSC는 PSTN(public switched telephone network)과 같은 중추 무선망과 SS7(Signaling System No.7)과 같은 신호망에 연결된다. 위치 관리 방법들은 두 종류 데이터베이스의 두 단계 데이터 계층에 기초를 두고 있다. HLR(home location register)과 VLR(visitor location register)은 MT 추적에 사용된다. 일반적으로 각 PCS 망마다 하나의 HLR이 있고, 사용자는 가입된 PCS 망의 HLR과 영구히 결합된다. 가입된 서비스의 종류, 청구서 정보, 위치 정보와 같은 각 사용자에 대한 정보는 HLR에 위치한 사용자 프로파일에 저장된다. VLR의 개수와 그것들의 위치는 망에 따라 다를 수 있다. 각 VLR은 자신이 관리하는 지역을 방문한 MT들에 대한 정보를 HLR로부터 다운로드하여 저장한다[4].

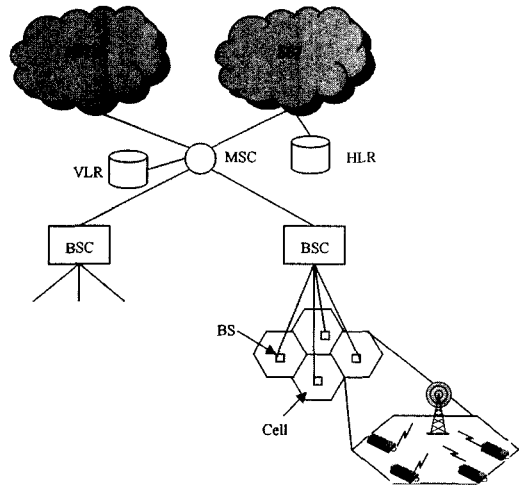


그림 1 PCS 망 구조

오늘날 PCS 시스템은 망 적용 지역을 RA(registration areas)들로 분할하는 방법을 채택하고 있다. 어떤 MT는 그것이 새로운 RA에 진입하면 위치 갱신을 수행한다. 각 RA는 다수의 셀들로 구성되고, 같은 RA에 속하는 모든 기지국들은 같은 MSC에 연결된다.

3. 관련 연구

위치 관리는 두 가지 주요 작업: 위치 등록, 호 전달을 수행한다. 위치 등록은 MT의 최근 위치 정보가 가

용일 때 위치 데이터베이스의 갱신을 포함하고, 호 전달 또는 페이징은 호출된 MT의 현재 위치를 결정하기 위하여 위치 데이터베이스들의 질의를 포함한다. 페이징 프로세스는 위치 등록 프로세스에 의해 제공되는 위치 정보에 의존한다. 페이징 비용 역시 협동하는 위치 등록 방법에 의해 결정된다. 일반적으로 위치 등록이 더 정확한 정보를 제공할수록 시스템이 페이지 해야 하는 셀의 개수는 더 작아진다. 그러나 정확한 위치정보는 등록비용에서 더 높은 오버헤드를 일으킨다. 따라서 위치 관리 비용을 감소시키기 위하여 페이징 방법과 등록 방법 간의 균형이 필요하다.

기존에 연구된 주요 위치 갱신 방법들은 다음과 같다 [2-4].

- 위치 지역 기반 등록: 이 방법에서, 시스템내의 모든 셀들은 다수의 서로소 위치 지역으로 분할된다. 위치 지역내의 각 셀은 거주하는 위치 지역을 이동 단말들에게 알리기 위하여 위치 지역 식별자를 방송한다. 이동 단말은 두 위치 지역의 경계를 횡단하면 등록된다. 그리고 어떤 입력 호가 발생했을 때 망은 그 RA내의 모든 셀들을 동시에 페이징 하여 그 MT를 찾는다.
 - 시간 기반 등록: 이동 단말의 타이머가 만기되면 등록된다. 타이머는 시스템 매개변수에 따라 설정되고 만기 후에 매번 재설정된다.
 - 거리 기반 등록: 이동 단말은 현재 셀과 마지막 등록된 셀간의 거리가 임계치를 초과하면 등록된다.
 - 이동 기반 등록: 이동 단말은 마지막 등록 이후 운행된 셀의 개수가 임계치를 초과하면 등록된다.
 - 방향 기반 등록: MT의 이동을 단계로 나누고, 각 단계는 목적지를 가진다고 가정한다. MT는 주기적으로 방향을 예측하고, 방향 변경이 그 단계 동안에 정의된 방향 임계치 보다 크면 위치 갱신이 수행된다[1].
 - 상태 기반 등록: 단위 시간당 예상 누적 페이징과 등록비용이 최소일 때 이동 단말은 등록된다. 예상 비용은 위치, 경과된 시간, 과거 히스토리 함수를 포함하는 이동 단말의 상태에 기초로 하여 계산되어진다.
 - 전력 변동 등록: 이동 단말의 전력이 업 또는 다운될 때 이동 단말은 등록된다.
- 위치 갱신 방법과 협동하는 다음과 같은 페이징 방법들이 있다[2,3].
- 시스템 와이드 페이징: 특정 이동 단말을 찾기 위하여 시스템내의 모든 셀들을 페이징 한다. 이것은 가장 간단한 페이징 방법이나 비용이 가장 많이 든다. 일반적으로 이 방법은 비싼 비용 때문에 현재 셀룰러 및 PCS 시스템에서 사용되지 않는다.
 - 위치 지역 페이징: 이동 단말의 현재 위치 지역내의 모든 셀들을 페이징 한다. 이 방법은 위치 지역 페이

징과 협동하기 위하여 위치 등록 방법을 필요로 한다. 이 방법은 필드 테스트에서 수용 가능한 지연을 보여 다수의 셀룰러 전화망 구현에서 사용되었다. 그러나, 이 방법은 다음에 설명되는 선택적 페이징 기법에 비교하여 더 높은 페이징 오버헤드를 발생시킨다.

- 선택적 페이징: 페이징 프로세스는 반복적 단계로 구성된다. 각 단계에서, 셀들의 부분집합이 미리 정의된 선택 기준(예, 거리)에 따라 페이징을 위하여 선택되어진다. 페이징 프로세스는 그 이동 단말이 발견되어지면 종료된다. 이 방법은 페이징 지연이 발생한다는 문제가 있다.

Wan은 페이징 지역을 예측하여 페이징 비용을 줄이기 위하여 MT 이동 정보에 기초한 반실시간(semi-realtime) 동적 페이징 알고리즘을 제안하였다[2,3]. 여기서는 이동 기반 등록을 갖는 속도 페이징 방법을 사용하고, 이동 단말의 속도를 특성을 나타내기 위하여 속도 클래스 개념을 도입하였다. 속도 클래스는 속도의 범위로 정의된다. 이동 기반 등록에서, 속도 클래스는 VTU(velocity time unit)라 부르는 미리 정해진 시간 주기 동안에 만들어진 이동 횟수로 정의될 수 있다. 예를 들어, 만일 VTU가 10분, 이동 임계치(k)가 3, 그리고 이동 단말이 15분(t)안에 등록한다면, 그 이동 단말은 속도 클래스 2에 속한다. 즉, 2의 VCI(velocity class index)를 가진다.

$$VCI = \frac{k}{t} \times VTU \tag{1}$$

$$= \frac{3}{15} \times 10 = 2$$

시스템은 MT의 위치를 찾기 위하여 마지막 등록 후에 운행된 이동 단말의 최대 거리를 계산할 수 있고, 찾은 MT가 존재하는 후보 셀들은 그 MT의 마지막 알려진 위치로부터 이 거리 내에 있을 것이다. 따라서 그 MT의 마지막 알려진 위치가 중심이 되고 운행된 거리가 반경이 되는 근사 원형 지역 내의 셀들이 후보 셀들이 된다. BVP는 이 후보 셀들을 페이징 한다.

4. 퍼지 논리 기반 위치 관리 방법

본 논문에서는 이동 기반 등록과 방향 기반 등록을 조합한 지역 기반 등록 방법을 제안하고, 그리고 그 지역 기반 등록 방법과 협동하는 퍼지 논리 기반 선택적 페이징 방법을 설계한다. 제안하는 퍼지 논리 기반 위치 관리 방법은 위치 등록과 페이징을 위하여 시스템은 각 이동 단말의 이동 특성을 획득하고, 그 이동성 정보를 기초로 위치 등록 프로세스를 수행한다. 그리고 이동 단말의 이동방향과 이동정도에 대한 기본 퍼지집합을 구하고, 그 기본 퍼지집합을 기초한 퍼지 제어규칙[5,6]을

사용하여 페이지할 부분 후보 페이지 지역을 선택하고, 시스템은 단지 선택된 부분 후보 페이지 지역 내의 셀들만 페이지 한다.

4.1 지역 기반 등록

제안하는 지역 기반 위치 등록 프로세스는 이동 기반 등록 방법과 방향 기반 등록 방법을 혼용하므로 MT의 이동 횟수와 이동방향 정보가 필요하다. MT의 이동 횟수에 대한 정보를 얻기 위하여 MT는 이동 카운터를 유지하고 있다. 그 MT는 다른 셀을 방문할 때마다 카운터를 증가시킨다. 만일 그 카운터가 임계치, k를 초과하면, 그 이동 단말은 서비스하는 VLR에 현재 위치를 등록한다. 그리고 시스템은 MT의 현재 이동방향을 안다고 가정하고, 그 MT의 마지막 등록에서의 예측 이동방향과 현재 등록에서의 실제 이동방향을 기초로 예측 이동방향을 계산한다. 여기서 MT의 이동방향을 예측하기 위하여 식 (2)와 같은 EWMA(exponentially-weighted moving average)의 오차-기반 필터[7]를 사용한다.

$$\theta_t = \alpha \theta_{t-1} + (1 - \alpha) \theta_t \quad (2)$$

여기서 θ_t 은 새롭게 계산된 예측 이동방향을, θ_{t-1} 은 이전 단계에서 예측한 이동방향을, 그리고 θ_t 는 현재 관찰된 이동방향을 각각 나타낸다. 항 α 를 게인(gain)이라 부르고, 필터의 반응성을 결정한다. 각 관찰에서 오차는 과거 예측 방향과 현재 관찰 방향 사이의 차이 $|\theta_{t-1} - \theta_t|$ 이다. 매 단계에서 오차값 그대로 사용하기보다는 EWMA 필터를 거쳐서 여과한다. 추정 오차 Δ_t 는 식 (3)과 같다.

$$\Delta_t = \gamma \Delta_{t-1} + (1 - \gamma) |\theta_{t-1} - \theta_t| \quad (3)$$

여기서 γ 는 0.6이다. 오차-기반 필터의 게인은 식 (4)로부터 구해진다.

$$\alpha_t = 1 - \frac{\Delta_t}{\Delta_{max}} \quad (4)$$

여기서 Δ_{max} 는 최근 10번의 관찰에서 나타난 최대 불안정한 상태를 나타낸다.

식 (2)로부터 현재 등록 셀에서 북쪽을 기준(0°)으로 시계 방향으로 돌아가는 자북방위각을 사용하여 이동 단말의 예측 이동방향 θ_t 가 계산되면, 두 개의 이동방향에 대한 소속함수를 사용하여 그 이동 단말의 후보 페이지 지역을 결정한다. 여기서 하나의 소속함수를 사용할 경우, 결정된 후보 페이지 지역의 경계에 있는 이동 단말이 이웃지역으로 지그재그(zig-zag) 형태로 이동하여 발생하는 빈번한 위치갱신 횟수를 줄이기 위하여 두 개의 소속함수를 사용한다. 계산된 예측 이동방향은 그림 2와 그림 3의 예측 이동방향에 대한 퍼지함수 중에서 소속도가 더 큰 퍼지함수에 의해 기본 퍼지집합으로 사상된다.

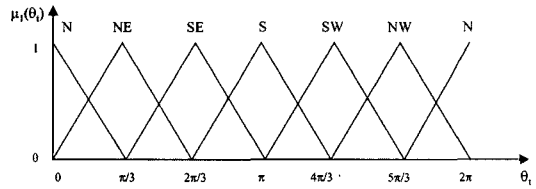


그림 2 이동방향에 대한 첫 번째 소속함수 $\mu_1(\theta)$ 와 기본 퍼지집합

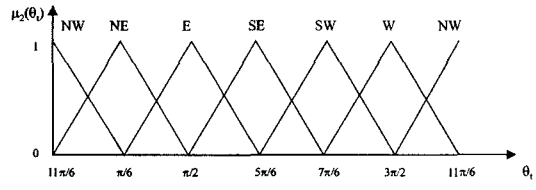


그림 3 이동방향에 대한 두 번째 소속함수 $\mu_2(\theta)$ 와 기본 퍼지집합

어떤 MT가 셀 A에서 등록되고 이동 임계치가 4이고 이동방향 예측 결과가 $\pi/3$ 이라고 하자. 그러면 그 MT의 이동방향은 그림 2의 첫 번째 소속함수에 의해 NE 소속도가 $\mu_1(\frac{\pi}{3}) = 1.0$ 이 되고, 그림 3의 두 번째 소속함수에 의해 NE 소속도가 $\mu_2(\frac{\pi}{3}) = 0.5$ 가 된다. 따라서 그 MT의 방향성에 대한 퍼지집합은 더 큰 소속도를 갖는 첫 번째 소속함수에 따르고, NE로 이동한다고 추측한다. 여기서 그 MT가 이동 임계치내에서 NE 방향으로 이동할 때는 위치 등록이 발생하지 않는다. 그림 4에서처럼 이동 임계치가 4를 초과한 셀 A에서 셀 C로 이

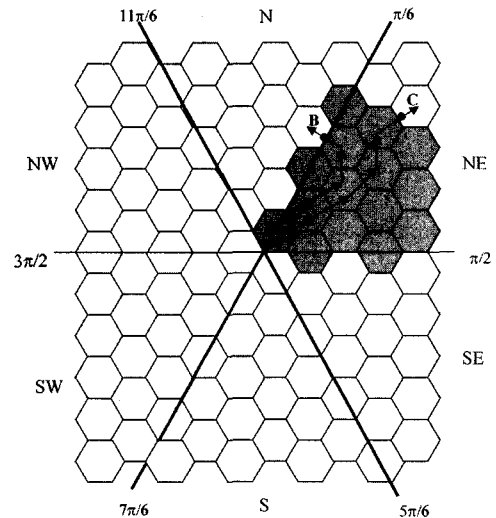


그림 4 지역 기반 위치 등록의 예

동 경로상의 셀 C에서 위치 등록이 발생하거나 또는 이동방향에 대한 기본 퍼지집합이 NE에서 N으로 변경된 셀 A에서 셀 B로의 이동 경로상의 셀 B에서 위치 등록이 발생한다.

지역 기반 위치 등록을 효율적으로 지원하기 위하여 MT는 그림 5와 같은 정보를 유지한다. 여기서 MT_ID는 이동 단말의 식별자를 나타내고, Move_Counter는 마지막 위치 등록한 후 그 MT가 이동한 셀의 개수를 나타내고, 그리고 Candidate_Area_Cells은 그 MT의 예측 이동방향과 이동 임계치내의 셀들의 집합 즉, 그 MT가 가까운 미래에 이동할 수 있는 후보 지역 셀들을 나타낸다. 따라서 지역 기반 위치 등록 프로세스는 이동하는 MT의 Move_Counter 정보를 체크하여 그 값이 이동 임계치 보다 크거나 또는 이동한 셀이 Candidate_Area_Cells에 없으면 위치 등록을 수행한다. 위치 등록을 수행한 다음 Move_Counter는 0으로 초기화되고, Candidate_Area_Cells는 그 MT의 예측 이동방향에 따라 재 작성되어야 한다. 그리고 이동방향에 의해 위치 등록이 발생한 경우, 예측 이동방향은 현재 이동방향으로 설정되고, VLR의 추정 오차 배열은 0으로 초기화된다.

MT_ID	Move_Counter	Candidate_Area_Cells
-------	--------------	----------------------

그림 5 MT가 갖는 이동 정보

4.2 퍼지 논리 기반 선택적 페이징

본 논문에서는 Wan의 VCI[2, 3]를 이용하여 MT의 이동정도를 예측할 수 있다. 시스템은 이동 임계치, 셀의 직경, 그리고 MT의 마지막 등록 시간과 현재 등록 시간을 알면, 그 MT의 현재 이동속도를 알 수 있다. 따라서 MT가 등록되어 질 때, 마지막 등록에서의 그 MT의 예측 이동속도와 그 MT의 현재 이동속도로 이동방향 예측에서 설명한 EWMA의 오차 기반 필터를 사용하여 MT의 예측 이동속도를 계산할 수 있다. 그러면 그 MT가 예측 이동속도로 이동 임계치(k) 만큼의 셀을 횡단하는데 걸리는 시간(T)을 구할 수 있고, 식 (5)로부터 현재 시간 t에서 그 MT의 현재 이동정도(ml_t)를 알 수 있다.

$$ml_t = \frac{t}{T} \tag{5}$$

그림 6과 같은 MT의 이동정도에 대한 소속함수를 사용하여 MT의 현재 이동정도를 기본 퍼지집합으로 사상시킨다.

앞 절에서 구한 MT의 이동방향에 대한 기본 퍼지집합과 이동 임계치로 그 MT가 존재할 수 있는 후보 지

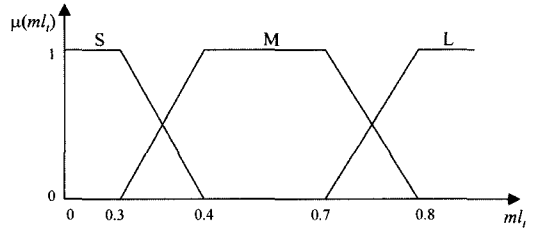


그림 6 이동정도에 대한 소속함수와 기본 퍼지집합

역을 선택할 수 있다. 그림 7은 이동 임계치 k가 4이고, MT의 예측 이동방향인 첫 번째 소속함수 $\mu_1(\theta_i)$ 에 의해 NE일 때 후보 페이징 지역과 셀 좌표를 보여준다. 다시 MT의 이동정도에 대한 기본 퍼지집합으로 더 작은 부분 후보 페이징 지역을 선택할 수 있다. 시스템은 선택된 부분 후보 페이징 지역 내의 셀들만 페이징 한다.

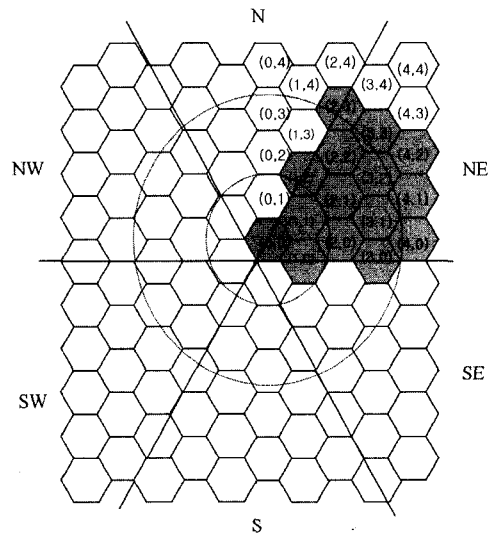


그림 7 후보 페이징 지역과 셀 좌표

그림 7에 따른 퍼지 논리 기반 선택적 페이징을 위한 퍼지 제어규칙은 그림 8과 같다. 예를 들어, MT의 이동방향에 대한 기본 퍼지집합이 NE이고, 이동정도에 대한 기본 퍼지집합이 S라고 하면, VLR의 MSC는 부분 후보 페이징 지역으로 PCA_{nes}를 선택하고, 선택된 PCA_{nes}내의 (0, 0), (1, 0) 그리고 (1, 1) 셀들만을 페이징 한다.

그리고 MT의 예측 이동방향에 대한 두 번째 소속함수 $\mu_2(\theta_i)$ 에 따라서도 그림 8과 같이 선택적 페이징을 위한 다른 18개의 퍼지 제어규칙이 존재한다. 따라서 퍼지 논리 기반 선택적 페이징 방법은 총 36개의 퍼지 제어규칙을 가지고 있다.

	PCANS	PCANM	PCANL
	PCANES	PCANEM	PCANEL
	PCASES	PCASEM	PCASEL
	PCASS	PCASM	PCASL
	PCASSW	PCASWM	PCASWL
	PCANWS	PCANWM	PCANWL
(input variables) MOV: the fuzzy sets for movement level S-Short, M-Middle, L-Long DIR: the fuzzy sets of movement direction N-North, NE-North East, SE-South East, S-South, SW-South West, NW-Noth West			
(output variables) the cells within PCAs(partial candidate areas) PCAses = {(0,0),(1,0),(1,1)} PCAsem = {(2,0),(2,1),(1,2),(3,0),(3,1),(3,2),(2,2)} PCAsel = {(4,0),(4,1),(4,2),(3,3),(2,3)}			

그림 8 선택적 페이징을 위한 퍼지 제어규칙

퍼지 논리 기반 선택적 페이징 방법은 시스템이 어떤 대기 MT에 호 전달을 시도할 때 호출되어진다. 퍼지 논리 기반 선택적 페이징 프로세스는 다음과 같다.

- (1) 시스템은 현재 위치를 찾는 MT의 이동정도에 대한 기본 퍼지집합을 계산한다.
- (2) VLR에 저장된 그 MT의 이동방향에 대한 기본 퍼지집합을 읽는다.
- (3) 퍼지 제어규칙에 따라 부분 후보 페이징 지역을 선택한다.
- (4) 선택된 부분 후보 페이징 지역 내의 셀들을 페이징 한다.
- (5) 그 MT가 부분 후보 페이징 지역내의 셀에 존재하면 호를 설정한다.
- (6) 아니면, 그 부분 후보 페이징 지역의 셀을 제외한 후보 페이징 지역 내의 나머지 모든 셀들을 페이징 하여 호를 설정한다.

퍼지 논리 기반 선택적 페이징을 효율적으로 지원하기 위하여 VLR은 그 VLR에 등록된 MT에 대한 다음 정보들을 유지한다.

- 마지막 등록된 셀의 위치
- 이동방향에 대한 기본 퍼지집합
- 최근 등록 시간
- 예측 이동방향
- 예측 이동속도
- 이동방향에 따른 후보 페이징 지역 셀의 집합
- 부분 후보 페이징 지역 셀들의 집합

5. 성능 평가

본 논문에서 제안하는 퍼지 논리 기반 위치 관리 방법의 성능을 분석적 모델과 모의실험을 통하여 평가한다. 여기서 평가 항목으로 위치 갱신 비용과 위치 질의

비용을 더한 전체 위치 관리 비용을 고려한다. 그리고 평가된 퍼지 논리 기반 위치 관리 방법의 성능을 LA 및 BVP의 성능과 비교한다.

5.1 분석적 모델

분석적 모델에서 페이징 비용과 등록비용으로 구성된 전체 비용으로 그것의 성능을 평가한다. 제안하는 퍼지 논리 기반 위치 관리 방법의 전체 시스템 페이징 비용은 식 (6)과 같다.

$$C_{total_paging} = S\{P_{hit}^{p_area} N_{p_area}^{cell} + (1 - P_{hit}^{p_area}) N_{area}^{cell}\} C_{page} \quad (6)$$

여기서 S는 시간 당 시스템에서 발생하는 호의 전체 개수를, $P_{hit}^{p_area}$ 는 찾는 MT가 부분 후보 페이징 지역의 셀에 있을 확률을, $N_{p_area}^{cell}$ 은 호를 위해 페이징 되는 부분 후보 페이징 지역의 평균 셀의 개수를, N_{area}^{cell} 은 후보 페이징 지역의 셀의 개수를, 그리고 C_{page} 는 퍼지 논리 기반 선택적 페이징 방법의 단위 페이징 비용을 각각 나타낸다. 퍼지 논리 기반 페이징에서 $N_{p_area}^{cell}$ 은 식 (7)에 의해 구해진다.

$$N_{p_area}^{cell} = P_s N_s^{cell} + P_m N_m^{cell} + P_l N_l^{cell} \quad (7)$$

여기서 P_s, P_m, P_l 은 찾는 MT의 이동정도가 S, M, L일 확률을 각각 나타내고, $N_s^{cell}, N_m^{cell}, N_l^{cell}$ 은 그 MT의 이동정도가 S, M, L일 때 페이징 되는 셀의 개수를 각각 나타낸다. 그림 6에 의하여 $N_s^{cell}, N_m^{cell}, N_l^{cell}$ 은 각각 다음과 같다.

$$N_s^{cell} = \sum_{i=1}^{s+1} i = \frac{s^2 + 3s + 2}{2}$$

$$N_m^{cell} = \sum_{i=1}^{m+1} i - \sum_{i=1}^{s+1} i = \frac{m^2 + 3m - s^2 - 3s}{2}$$

$$N_l^{cell} = \sum_{i=1}^{l+1} i - \sum_{i=1}^{m+1} i = \frac{l^2 + 3l - m^2 - 3m}{2}$$

여기서 s, m, l 은 이동 임계치 k에 대하여 이동정도가 S, M, L인 MT의 이동 횟수를 각각 나타낸다. 만일 P_s, P_m, P_l 가 같은 확률을 갖는다면, $N_{p_area}^{cell}$ 은 식 (8)과 같이 간략화 된다.

$$N_{p_area}^{cell} = \frac{l^2 + 3l + 2}{6} \quad (8)$$

그리고 N_{area}^{cell} 는 식 (9)에 의해 구해진다.

$$N_{area}^{cell} = \sum_{i=1}^{k+1} i = \frac{(k+1)(k+2)}{2} \quad (9)$$

퍼지 논리 기반 위치 관리 방법의 전체 등록비용은 식 (10)과 같다.

$$C_{total_reg} = N_{sub} \left\{ \frac{E[X]}{D} (1 + P_{update}^{dir}) \right\} C_{reg} \quad (10)$$

여기서 N_{sub} 는 시스템의 가입자 수를, $E[X]$ 는 시간 당 운행되는 평균 셀의 개수를, D는 이동 임계치를,

P_{update}^{dir} 은 이동 횟수에 의해 위치 갱신이 발생한 MT가 이전 등록 이후 이동방향에 의해 위치 갱신이 발생했을 확률을, 그리고 C_{reg} 는 퍼지 논리 기반 위치 관리 방법의 단위 등록비용을 각각 나타낸다. $E[X]$ 는 다음과 같은 식에 의해 구해진다[2,3,8].

$$E[X] = \left\lceil \frac{\sqrt{12 \frac{V^2 + \sigma^2}{r^2}} - 3 - 3}{6} \right\rceil$$

여기서 V 와 σ 는 MT의 표준 정규분포 이동속도의 평균과 편차를 나타내고, r 은 셀의 반경을 나타낸다.

따라서 퍼지 논리 기반 위치 관리 방법의 전체 위치 관리 비용은 식 (11)과 같다.

$$C_{total_paging} = S \left(P_{hit}^{p_area} N_{p_area}^{cell} + (1 - P_{hit}^{p_area}) N_{area}^{cell} \right) C_{page} + N_{sub} \left\{ \frac{E[X]}{D} (1 + P_{update}^{dir}) \right\} C_{reg} \quad (11)$$

분석적 모델의 평가를 위해 표 1과 같은 매개변수 값을 사용하였다.

표 1 분석적 모델의 평가를 위한 매개변수 값

매개변수	값
시간 당 호의 수 (S)	10000
가입자 수 (N_{sub})	100000
MT의 이동속도 ($N(V, \sigma^2)$)	$N(60, 5)$
셀의 반경 (r)	1 Km
MT의 이동정도가 S, M, L일 각 확률 (P_s, P_m, P_l)	0.35, 0.4, 0.25
단위 페이징 비용 (C_{page})	1
단위 등록비용 (C_{reg})	2
MT가 부분 후보 지역의 셀에 있을 확률 ($P_{hit}^{p_area}$)	0.75
MT가 후보 지역의 셀에 있을 확률 (P_{hit}^{area})	0.7
이동방향에 의해 위치 갱신이 발생할 확률 (P_{update}^{dir})	0.25

여기서, MT의 이동정도가 S, M, L일 각각의 확률, P_s, P_m 그리고 P_l 은 그림 5의 MT의 이동정도에 대한 기본 퍼지집합의 ml_i 값에 의해 결정되고, MT가 부분 후보 페이징 지역 셀에 있을 확률($P_{hit}^{p_area}$), 후보 페이징 지역의 셀에 있을 확률(P_{hit}^{area}), 이동방향에 의해 위치 갱신이 발생할 확률(P_{update}^{dir})은 5.2절의 모의실험에서 얻어진 값을 기초로 설정하였다. 여기서 BVP 방법에서 P_{hit}^{area} 는 찾는 MT가 VCI가 반경이 되는 근사 원형 지역 내의 셀들인 후보 셀에 있을 확률을 나타낸다.

그림 9는 이동 임계치에 따른 위치 관리 방법들의 전체 위치 관리 비용을 보여준다. 여기서 선택적 페이징

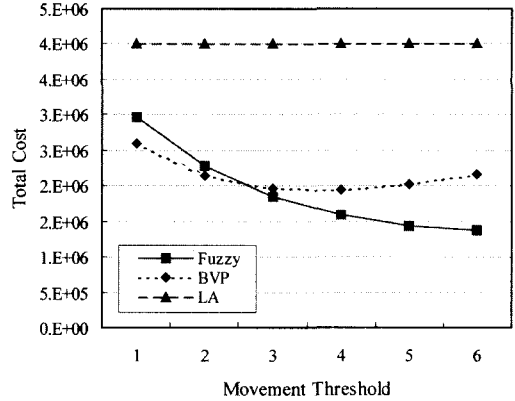


그림 9 이동 임계치에 따른 전체 위치 관리 비용

방법들, Fuzzy와 BVP가 7개의 셀들을 하나의 등록 지역으로 구성된 위치 지역 페이징 방법인 LA에 비해 성능이 우수함을 알 수 있다. 이것은 LA 방법이 호 요청이 발생하면 등록 지역 내의 모든 셀을 페이징 하지만 선택적 페이징 방법은 목적 MT가 존재할 가능성이 있는 등록 지역의 부분 후보 집합내의 셀들만을 페이징 하기 때문이다. 그리고 이동 임계치가 작으면 등록비용의 증가와 페이징 비용의 감소폭이 작아 Fuzzy가 BVP에 비해 성능이 약간 좋지 않으나, 이동 임계치가 커질수록 퍼지 논리 기반 페이징에 의해 페이징 비용이 감소하여 Fuzzy가 BVP보다 우수한 성능을 보인다.

5.2 모의시험

제안하는 퍼지 논리 기반 위치 관리 방법의 성능을 모의실험을 통하여 평가한다. 모의실험에서는 분석적 평가에서 사용된 MT의 이동속도, 셀의 반경, 단위 페이징 비용 그리고 단위 등록비용의 매개변수 값은 그대로 사용하고, 표 2와 같은 매개변수 값을 추가로 사용하여 모의실험 한다.

표 2 모의실험을 위한 매개변수와 값

매개변수	값
이동 임계치 (k)	4
MT의 평균 이동방향 (m_d)	$\frac{\pi}{3}$
이동방향에 대한 편차 (σ_d)	$\frac{\pi}{18}$
호 도착간 시간 (t)	random(2, 9) 분
위치 갱신 횟수	100

표 2에서 MT의 이동방향은 Gauss-Markov 모델이라고 가정한다. 연속 시간에서, 고정 Gauss-Markov 프로세스는 식 (12)와 같은 상태 차이식으로 설명된다[1].

$$\theta(t+1) = -\beta\theta(t) + \omega(t) \quad (12)$$

여기서 $\beta \geq 0$ 은 이동 패턴에서 기억 정도를 결정하는 상관관계 구성요소로 0.1을 사용하였고, $\omega(t)$ 는 평균 m_d 와 표준편차 σ_d 를 갖는 정규분포 $N(m_d, \sigma_d^2)$ 로 독립, 비상관 고정 Gauss 프로세스이다.

그림 10은 호 이동률(CMR, call-mobility ratio)에 따른 위치 관리 방법별 전체 위치 관리 비용을 보여준다. 제안하는 Fuzzy가 CMR에 관계없이 다른 위치 관리 방법들, LA와 BVP에 비해 우수한 성능을 보였고, 특히 CMR이 높아질수록 더 우수한 성능을 보였다. 이것은 퍼지 논리 기반 선택적 페이지징이 부분 후보 지역 내의 셀들만을 효율적으로 페이지 하여 페이지징 비용을 크게 감소시켰기 때문이다.

그림 11은 이동속도의 표준편차에 따른 제안하는 Fuzzy 방법의 부분 후보 페이지징 지역 적중률과 BVP의 후보 페이지징 지역 적중률을 보여준다. 모든 위치 관리 방법들은 이동 편차가 작을수록 높은 적중률을 보였다. 그러나 Fuzzy 방법의 부분 후보 페이지징 지역이 BVP의 후보 페이지징 지역은 좁은데 반해 적중률은 오히려 약 7% 정도 높았다. 그것은 BVP는 단순히 최근 위치 등록에서 이동 임계치를 횡단하는데 걸리는 시간으로 MT

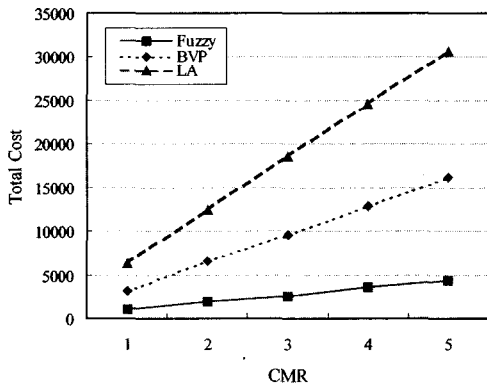


그림 10 호 이동률에 따른 위치 관리 비용

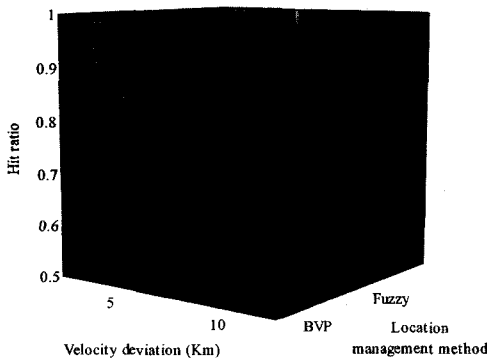


그림 11 이동속도의 편차에 따른 후보 지역의 적중률

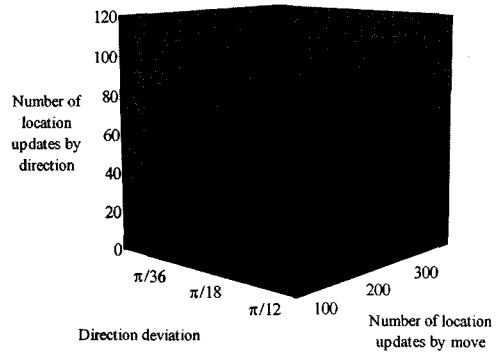


그림 12 이동방향 편차와 이동 기반 위치 갱신 횟수에 따른 방향 기반 위치 갱신 횟수

의 이동속도를 계산하지만, 제안하는 Fuzzy에서는 EWMA의 오차 기반 필터를 사용하여 더 정확한 MT의 이동속도를 예측하기 때문이다.

그림 12는 이동방향의 편차와 이동에 의한 위치 갱신 횟수에 따른 방향에 의한 위치 갱신 횟수를 보여준다. 이동에 의한 위치 갱신 횟수가 많아질수록, 그리고 MT의 이동 편차가 커질수록 방향에 의해 위치 갱신 횟수도 당연히 증가한다. 이동 편차가 $\frac{\pi}{18}$ 일 때, 100번 이동에 의한 위치 갱신이 발생했을 때 20번의 방향에 의한 위치 갱신이 발생하고, 그리고 300번의 이동에 의한 위치 갱신이 발생했을 때 77번의 방향에 의한 위치 갱신이 발생했다. 따라서 어떤 MT가 이동에 의한 위치 갱신이 발생할 때, 그 MT가 이전 등록 이후 이동방향에 의해 위치 갱신이 발생했을 확률 P^{dir_update} 은 0.2~0.256이 된다. 그러므로 분석적 모델의 평가에서 P^{dir_update} 을 0.25로 설정하였다.

6. 결론

본 논문에서는 페이지징 지역을 예측하여 페이지징 비용을 감소시키기 위하여 MT의 이동 정보에 기초한 퍼지 논리 기반 선택적 위치 관리 방법을 제안하고 성능을 평가하였다. 여기서 MT의 핵심 이동성 정보로 MT의 이동속도, 이동방향을 선택하였다. 제안하는 퍼지 논리 기반 선택적 위치 관리 방법에서는 이동 기반 위치 등록과 방향 기반 위치 등록을 혼합한 새로운 위치 등록 방법인 지역 기반 위치 등록을 사용한다. 지역 기반 위치 등록에서는 MT가 이동 임계치를 초과했거나 MT의 방향에 대한 기본 퍼지집합이 바뀐 경우에 위치 등록이 발생한다. 그리고 지역 기반 위치 등록과 협동하는 새로운 위치 검색 방법인 퍼지 논리 기반 선택적 페이지징을 사용한다. 퍼지 논리 기반 선택적 페이지징에서는 위치를

찾는 MT의 이동정도에 대한 기본 퍼지집합과 이동방향에 대한 기본 퍼지집합으로 퍼지 제어규칙에서 페이지징 부분 후보 페이지징 지역을 선택하고, 그 부분 후보 페이지징 지역 내의 셀들만 페이지징 한다. 따라서 부분 후보 페이지징 지역 내의 셀들만을 페이지징 함으로 페이지징 비용을 크게 줄일 수 있었다. 제안하는 퍼지 논리 기반 위치 관리 방법을 분석적 모델과 모의실험으로 평가하였다. 그 결과, 제안하는 퍼지 논리 기반 위치 관리 방법의 성능은 위치 지역 관리 방법인 LA에 비해 성능이 우수하였고, 선택적 위치 관리 방법인 BVP에 비해 이동 임계치가 커질수록 우수한 성능을 보였다. 그리고 퍼지 논리 기반 선택적 페이지징의 부분 후보 페이지징 지역이 BVP의 후보 페이지징 지역에 비해 좁은데 반해 찾는 MT가 부분 후보 페이지징 지역의 셀에 존재하는 적중률은 높음을 모의실험을 통하여 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] Dong-Xiu Ou, Kam-Yiu Lam, and De-Cun Dong, "An Adaptive Direction-Based Location Update Scheme for Next Generated PCS Network," in *Proceedings of 2002 International Conference on Database and Expert Systems and Applications*, pp. 413-422, Sept. 2002.
- [2] Guang Wan and Eric Lin, "A Dynamic Paging Scheme for Wireless Communication System," in *Proceedings of the Third Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking*, pp. 195-203, Sept. 1997.
- [3] Guang Wan and Eric Lin, "Cost reduction in location management using semi-realtime movement information," *Wireless Networks*, Vol. 5, No. 2, pp. 245-256, 1999.
- [4] Ivan F. Akyildiz and Joseph S. M. Ho, "On Location Management for Personal Communications Networks," *IEEE Communications Magazine*, Vol. 34, No. 9, pp. 138-145, 1996.
- [5] Li-Xin Wang, *A Course in Fuzzy Systems and Controls*, Prentice-Hall, p. 424, 1997.
- [6] R. W. L. Ip, H. C. W. Lau, F. T. S. Chan, "An Intelligent Internet information delivery system to evaluate site preferences," *Expert Systems with Applications*, Vol. 18, No. 1, pp. 33-42, 2000.
- [7] Minkyong Kim and Brian Noble, "Mobile Network Estimation," *In the Seventh ACM Conference on Mobile Computing and Networking*, pp. 298-309, July 2001.
- [8] Sami Tabbane, "An Alternative Strategy for Location Tracking," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 13, No. 5, pp. 880-892, 1995.
- [9] Hang-Wen Hwang, Ming-Feng Chang, and Chen-Chao Tseng, "A Direction-Based Location

Update Scheme with a Line-Paging Strategy for PCS Networks," *IEEE Communications Letters*, Vol. 4, No. 3, pp. 149-151, 2000.



배 인 한

1984년 경남대학교 전자계산학과 졸업(공학사). 1986년 중앙대학교 대학원 전자계산학과 졸업(이학석사). 1990년 중앙대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학박사). 1989년~현재 대구가톨릭대학교 컴퓨터정보통신공학부 교수. 1996년~1997년 Computer and Information Science, The Ohio State University(Postdoc). 2002년~2003년 Dept. of Computer Science, Old Dominion University(Visiting Scholar). 관심분야는 무선망, 무선인터넷, 멀티미디어 시스템, 방송 디스크 등