

## 모바일 데이터베이스 환경하에서의 성능 향상을 위한 군집화 기법의 성능 평가 시뮬레이션\*

신성욱\*\*, 정동원\*\*, 백두권\*\*

### A Performance Estimation Simulation of Grouping Method for Performance Elevation under Mobile Database Environment

Sung Ook Shin, Dong Won Jeong, Doo-Kwon Baik

#### Abstract

The explosive increase of wireless networks and the advancement of mobile devices lead to the expansion of mobile environment. In accordance with the development of mobile environment, the need to use mobile database is increased sharply, and also it accompanies the related problems. The current mobile database system is based on the centralized method from which a synchronized server manages multiple mobile database management system to synchronize. From this mobile system architecture, several kinds of problems can be detected such as the management of synchronization issues between mobile databases and the transaction management issues. Furthermore, the current mobile database management system does not consider any solution on the fault tolerance. To solve those problems, this paper proposes the mobile agent-based mobile database management system. The proposed system provide high confidence and efficiency by enhancing the network efficiency and fault tolerance through the mobile grouping.

**Key Words:** Mobile Database, Simulation, Mobile Grouping

\* 본 논문은 한국시뮬레이션학회 2002년 추계 학술대회에서 발표한(우수논문상 수상) 내용을 보완한 것임.  
\*\* 고려대학교 컴퓨터학과

## 1. 서 론

최근 폭발적인 네트워크의 발전은 무선 네트워크 부분에서도 일어나고 있다. 무선 네트워크의 근간이 되는 무선 대역폭의 확장과 함께 무선 장비들의 발전으로 통신환경과 기기에 제한적이던 무선 환경이 대폭 개선되고 있다.[1] 현재의 모바일 데이터베이스는 중앙의 데이터베이스와 각 모바일 데이터베이스 사이에 동기화 서버가 존재하여 전체의 동기화를 이루는 방식을 취하고 있다. 이러한 구조는 동기화 서버에 대한 많은 이동 기기의 잦은 접속으로 인한 과부하가 발생할 수 있으며 모바일 데이터베이스와의 동기화를 위해서 불필요한 자원이 소모된다. 또한 모바일 디바이스간의 동기화를 위해 별도의 동기화 서버가 필요하므로 자원의 낭비는 물론 융통성 있는 모바일 데이터베이스 시스템의 운영에 제약을 가지게 된다. 그리고 무선 환경의 특성중의 하나인 예측할 수 없는 사고상황에 대응할 수 있는 고장허용 (fault-tolerance)과 비연결 동작 (non - connection operation)에 대한 연구가 미흡한 실정이다.

이러한 문제점을 해결하기 제안된 모바일 데이터베이스 관리 시스템은 무선 환경에서의 일관성 유지와 비 연결 동작, 고장 허용을 제공할 수 있는 기반 구조를 제공하며, 중앙 집중적인 동기화 서버의 문제점인 중앙 서버에 대한 부하 분산 정책 부재와 일관성 유지 서버의 추가적인 비용발생 및 중앙 집중적인 동기화를 해결하기 위해서 모바일 데이터베이스에 대한 그룹핑을 실시한다. 제안된 시스템의 효율성, 즉 성능 평가를 위하여 시뮬레이션을 구축하고 실험한 결과를 기술한다. 모바일 시스템의 특성상 고가의 장비와 시스템의 구축이 필수적이고 시스템의 구축을 위하여 소요되는 부가되는 자원이 소요되므로 모바일 환경에 대한 부분의 시뮬레이션을 실시한다. 시뮬레이션의 비교 요소는 모바일 기기들이 가지는 기본적인 특성과 제안된 이동 에이전트 기반 시스템의 그룹핑 과정에서 예상되는 요소를 포함한다. 그룹핑 과정에서의 시뮬레

이션 결과는 구현된 에이전트를 이용한 자동 그룹핑 서버의 입력값으로 사용되며 시뮬레이션 결과를 실제 시스템의 그룹핑 정책설정을 위한 기초 자료로 사용할 수 있는 시뮬레이션 시스템을 구축하였다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 이동 에이전트 기반의 모바일 데이터베이스 관리 시스템

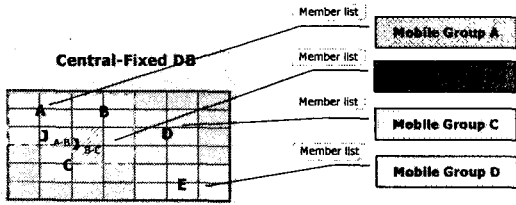
#### 2.1.1 시스템 개요

이 시스템은 정적 데이터베이스의 데이터 일부를 사용하는 모바일 데이터베이스들을 대상으로 하며 정적 데이터베이스와 모바일 데이터베이스 사이의 데이터 동기화는 주기적으로 발생한다고 가정한다. 정적 데이터베이스는 단일 혹은 분산 데이터베이스로서 하나의 통합된 정보를 모바일 데이터베이스에게 제공한다. 또한 주기적인 동기화뿐만 아니라 필요에 따라 시스템 요청 에이전트를 이용하여 모바일 그룹간의 동기화를 이룬다. 각 모바일 그룹은 그룹 안에서 동기화를 유지하면서 동기화가 이루어진 다른 그룹과 질의 에이전트를 통하여 필요한 데이터를 처리하고 전체 시스템의 동기화를 처리한다.

#### 2.1.2 모바일 데이터베이스 그룹핑

모바일 데이터베이스의 성능이 향상되고는 있지만 기존의 정적인 데이터베이스 (static database)와 비교하여 작은 데이터 용량과 처리 능력을 가진 것은 확실하다 [2]. 이러한 환경에서 모바일 데이터베이스는 정적 데이터베이스의 선택적인 일부만을 복사하여 사용하게 된다[3]. 이는 각 모바일 데이터베이스가 자신들이 주로 사용하는 데이터의 종류를 구별할 수 있다는 것이다. 이러한 사실에 근거하여 각 모바일 데이터베이스를 각각의 사용에 따라 분류하여 그룹핑 한다. 분류된 모바일 데이터베이스는 해당 모바일 그룹 안에 배치되며 그

그룹별로 데이터의 일관성 유지와 고장허용 정책이 적용된다.



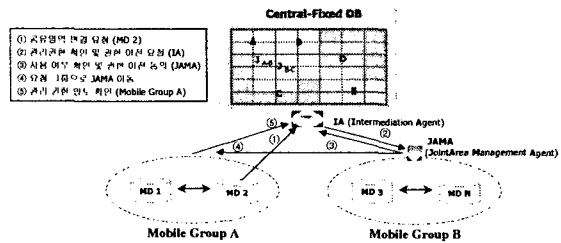
<그림 1> 모바일 데이터베이스 그룹핑

<그림 1>은 모바일 데이터베이스 그룹핑 개념을 도식적으로 보여준다. 각각의 모바일 데이터베이스는 정적인 중앙의 데이터베이스의 일부분을 사용한다. 이러한 모바일 데이터베이스의 사용 패턴을 분석하여 정적 데이터베이스를 일정한 그룹으로 분류한다. 이를 기반으로 각 정적 데이터베이스 그룹에 속하는 모바일 데이터베이스를 하나의 모바일 그룹으로 배치한다. 모바일 그룹 안에서 각 모바일 데이터베이스는 ad-hoc 네트워크를 구성하여 개개의 데이터베이스 처리에 대한 데이터를 교환하며 각 모바일 그룹은 그룹 안에서 데이터의 일관성 유지와 고장허용 관리 기능을 제공한다[4].

2.1.3 그룹핑 기반 공유영역 관리 메카니즘

모바일 데이터베이스를 그룹핑함으로써 각 모바일 그룹은 자신들이 주로 사용하는 정적 데이터베이스의 한정된 일부분만을 관리할 수 있으며 일관성 유지에 소요되는 부하를 줄일 수가 있다. 또한 각 모바일 그룹 안에서는 그룹에 속한 각 모바일 데이터베이스의 데이터 일관성이 유지되기 때문에 현재 사용하는 모바일 데이터베이스와 같이 단순한 모니터 및 참조 기능이 아닌 하나의 독립된 데이터베이스로서의 기능 활용을 극대화 할 수 있다. 추가적으로, 중앙 집중적인 동기화 서버를 사용할 필요가 없이 각 모바일 데이터베이스는 동등한 위치를 가지는 ad-hoc 네트워크를 구성함으로써 각 이동 기기에 할당되는 부하의 균

등 분할과 함께 고장허용 관리 기능을 제공할 수 있는 기본 구조를 제공한다[5].



<그림 2> 공유영역 관리 메카니즘 개요도

시스템 관리 측면에서 그룹핑에 있어서 가장 중요한 부분은 <그림 1>에서 JA B로 표현되는 공유영역 (JointArea)의 관리이다. 공유영역은 각 모바일 그룹들 사이에 중복되어 요청되어진 데이터베이스 영역이다. 공유영역을 공유하는 모바일 그룹은 공유영역의 데이터 변경이 발생했을 경우 다른 그룹의 모바일 데이터베이스의 일관성을 함께 책임져야 한다. <그림 2>는 공유영역 변경 요청이 성공했을 때의 처리 단계를 보여준다. 공유영역 관리를 위해서 두 가지의 에이전트가 사용된다. 먼저 IA(Intermediation Agent)는 중앙 서버에 위치하여 공유영역 관리의 소유권이 어느 그룹에 속하는가를 추적하며 공유영역 관리 권한의 이동에 대한 책임을 진다. JAMA (JointArea Management Agent)는 공유영역 관리를 위임 받은 에이전트로 해당 그룹에 위치한다. IA는 공유영역에 대한 요청이 발생하면 JAMA의 위치를 파악하여 소유권 이동에 대한 요청을 실시한다. 공유영역을 공유하는 모바일 그룹의 수가 많아질수록 시스템 전체에 심각한 효율 저하를 미칠 수 있다. 따라서 시스템에서 지정한 한계까지만 공유영역을 설정하도록 하며, 공유영역 특성상 제한된 그룹핑이 불가능할 경우 중앙 데이터베이스 상에서 직접 관리하도록 한다.

### 3. 시물레이션

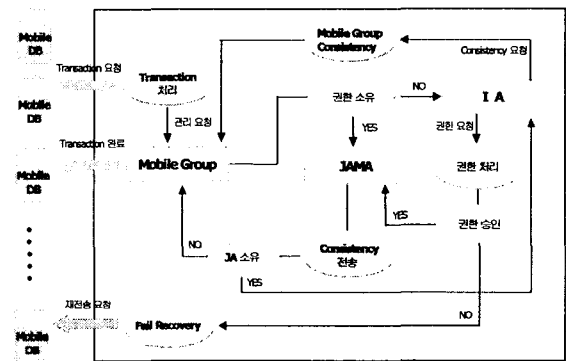
#### 3.1 시물레이션 시스템 개요

모바일 데이터베이스 관리 시스템의 여러 기능 중 그룹핑 기능은 가장 중요한 부분 중 하나이며 전체 시스템에서 가장 먼저 수행되어야 하는 기능이다. 그룹핑은 관리되어지는 각각의 모바일 데이터베이스들을 어떠한 방법으로 효율적으로 그룹화하여 관리할 것인지를 결정하는 단계이다. 그룹핑은 실제적으로 모바일 데이터베이스 관리 시스템의 효율성을 결정하는 척도가 될 뿐 아니라 일관성 유지 및 다른 기능에도 많은 영향을 준다. 그룹핑 시스템에서는 모바일 시스템의 특성상 고가의 장비와 시스템의 구축이 필수적이고 시스템의 구축을 위하여 소요되는 부가되는 자원의 소요가 예상됨으로 모바일 환경에 대한 부분은 시물레이션으로 대체한다.

그룹핑 시스템은 실제로 적용가능한 시스템이다. 모바일 환경에 관한 부분은 시물레이션으로 대체하고 시물레이션 결과를 그룹핑 시스템의 입력으로 사용하여 에이전트를 이용한 그룹핑의 자동화를 구현한다. 그룹핑 단계에서 고려되어야 할 요소는 전체 모바일 데이터베이스의 수, 각 그룹당 모바일 데이터 베이스의 수, 그룹에 포함된 모바일 데이터베이스의 트랜잭션 발생 빈도, 그룹이 할당받은 지역의 네트워크 상태, 그룹이 가지는 공유영역(JA)의 트랜잭션 발생 빈도, 그리고 모바일 데이터베이스의 오류 발생 빈도 등이 있다.

<그림 3>은 그룹핑 시스템의 시물레이션을 위한 프로세스 흐름도를 표현한다. 초기 입력에서 각 모바일 데이터베이스는 모바일 데이터베이스 수와 공유영역의 한도를 적용 받아 해당 그룹으로 그룹핑된다. 시스템 상에서 배치된 모바일 데이터베이스는 정해진 입력 빈도에 따라 트랜잭션이 발생한다. 동일한 네트워크 및 환경을 유지하기 위해서 초기 그룹핑시에 각 그룹 및 모바일데이터 베이스에 적용

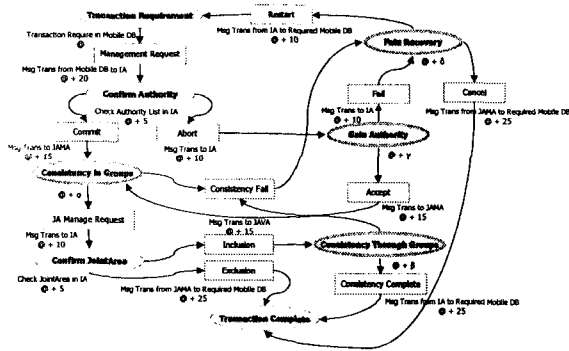
된 환경을 함께 입력받는다. 이러한 환경 요소를 유지함으로써 그룹핑 후 같은 환경에서의 시물레이션으로 시스템의 효율성 증가를 측정한다. 모바일 데이터베이스의 트랜잭션이 발생하면 그림 3의 단계를 거쳐 하나의 트랜잭션을 완료하며 각 트랜잭션의 처리 결과 및 과정은 시스템의 로그 파일에 저장된다. 트랜잭션은 입력시에 주어진 빈도 정보를 이용하여 각 그룹별, 모바일 데이터베이스 별로 발생하며 발생된 트랜잭션은 시스템에서 독립적으로 적용된다.



<그림 3> 시물레이션 프로세스

#### 3.2 시물레이션 시스템 설계

시물레이션은 모바일 데이터베이스 관리 시스템 중 모바일 환경과 관련된 기능을 대상으로 한다. 이러한 기능은 비용적, 시간적 측면에서 실제로 구현되기 어려운 부분이다. 시물레이션은 하나의 트랜잭션에 대한 모바일 환경에서의 동작을 기준으로 한 것으로 각 모바일 데이터베이스에 대한 트랜잭션 요청과 트랜잭션 처리 결과는 그룹핑 시스템에서 담당한다. <그림 4>는 시물레이션의 구현을 위하여 각 부분의 동작을 나타내는 hierarchical extended Petri Net을 작성한다 [6].



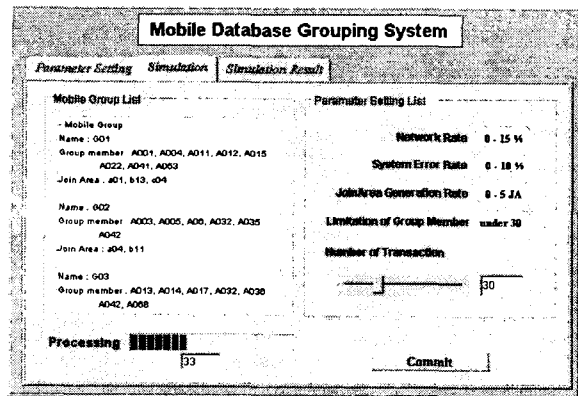
<그림 4> Hierarchical Extended Petri Net

이 Petri Net은 time Petri Net의 개념을 이용하여 트랜잭션 시간을 측정한다. 처음 request가 발생했을 때, 즉 모바일 데이터베이스가 트랜잭션을 요청하면 시스템은 @의 time stamp를 가진다. 이후 에이전트의 요청 처리 시간과 네트워크 전송이 이루어질 경우, 그리고 시스템에서 계산이 이루어질 경우 각 place와 transaction마다 정해진, 또는 시스템에서 선택되어진 time slot값이 추가된다. 각 place는 시스템의 상태와 단위 기능을 나타내며 transaction은 place에서 점화 될 수 있는 반응 조건을 표현한다. 또한 이 Petri Net은 계층적으로 이루어져 있다. Consistency in Groups, Fail Recovery, Gain Authority, Consistency through groups의 4개의 place는 내부에 하부 Petri Net을 소유한 sub-place이다. 모바일 네트워크 환경에서 발생하는 요소로는 Mobile Database, JAMA, IA 사이에서 메시지 전달에 필요한 시간이 있다. 각 파라미터는 메시지 전달에 필요한 전송 횟수와 전송에 필요한 처리량을 기준으로 time slot를 할당 받는다. 다른 하나는 시스템 상에서의 처리를 위해서 소요되는 요소이다. 처리를 위한 파라미터는 시스템 처리 속도와 중복 처리의 가능성을 기준으로 time slot를 할당 받는다. 시뮬레이션에서 가변적인 요소들로는 네트워크 상황 또는 시스템에 대한 환경적인 요소이다. 이와 관련된 파라미터는 실제적으로 사용되고

있는 상용, 범용 시스템의 일반적인 수치를 기준으로 지정된다. 이러한 가변적인 파라미터들은 일정한 범위내로 제한되지만 그룹핑 시스템 상에서 사용자가 임의로 입력 가능하다. 입력된 데이터들을 기반으로 시뮬레이션이 실행되며 파라미터의 값을 변화시키는 것으로 특정 모바일 환경을 반영하는 것이 가능하다.

### 3.3 시뮬레이션 시스템 구현

이 논문에서 실제적인 구현은 그룹핑 시스템의 성능평가를 위한 시뮬레이션 시스템이다.



<그림 5> 시뮬레이션 인터페이스

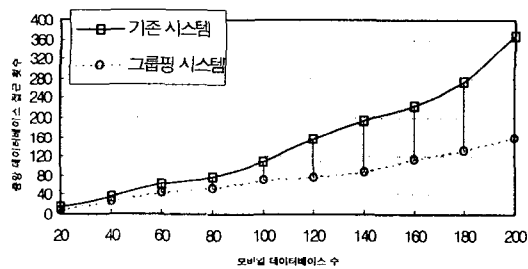
초기 입력 파일에서 모바일 데이터 베이스와 모바일 환경에 대한 초기값을 입력받는다. 입력파일에는 각 모바일 데이터베이스가 필요로 하는 중앙 데이터베이스의 번호가 저장되고 이를 기준으로 시스템은 그룹핑을 실시하여 초기 그룹을 설정한다. 설정된 그룹과 공유영역을 바탕으로 시스템 내부에서 시뮬레이션을 실시하고 시뮬레이션 결과를 이용하여 시스템에서는 좀더 효율적인 모바일 데이터베이스 관리를 실시 할 수 있는 그룹을 재 설정한다. 시스템의 효율성 측정을 위해서 전번 시뮬레이션에서 사용한 시뮬레이션 파라미터 유지하거나 다른 환경에 적용시키기 위해서 새로

운 입력 파일을 입력받거나 시뮬레이션 파라미터를 재설정하는 것도 가능하다.

### 3.4 시뮬레이션 결과 분석

중앙 데이터베이스의 부하를 줄이는 것이 모바일 데이터베이스 관리 시스템의 가장 중요한 기능 중 하나이다. 현재 제품화되어 있는 모바일 데이터베이스들은 모바일 데이터베이스와 중앙 데이터 베이스 사이에 하나의 일관성 유지 서버를 위치시킨다. 또한 각 모바일 데이터 베이스들 사이의 동기화를 위해서는 모바일 데이터베이스 양단간 각각 일관성 유지 서버를 두는 방법과 중앙의 일관성 유지 서버가 전체를 관리하는 방식을 취한다. 이러한 방법은 중앙서버에 대한 부하 분산 정책 부재와 일관성 유지 서버의 추가적인 비용발생 문제를 초래했다. 이를 해결하기 위해서 모바일 데이터베이스 관리 시스템은 그룹핑 정책을 수행한다.

각각의 모바일 데이터베이스가 중앙의 서버에 접근하는 기존의 방식과 달리 모바일 데이터베이스 관리 시스템은 하나의 그룹에서 그룹을 대표하는 하나의 모바일 데이터베이스만이 중앙 서버에 접근한다.



<그림 6> 기존 시스템과 그룹핑 시스템 시뮬레이션

<그림 6>은 기존 시스템과 모바일 데이터베이스 관리 시스템의 중앙 데이터베이스 접근 횟수를 시뮬레이션한 결과이다. 기존의 중

앙 집중형 시스템과는 다르게 그룹핑 시스템은 중앙 데이터베이스에서 그룹핑을 관리해야 할 필요가 있다. 이에 따라 그룹에 포함되는 모바일 데이터베이스의 수가 많아질수록 그룹핑 관리에 필요로 하는 중앙 데이터베이스에 대한 접근이 추가적으로 발생한다. 또한 그룹핑 시스템에서 그룹에 속하는 모바일 데이터베이스의 수가 증가할수록 그룹 안에서 수용해야 하는 공유영역은 증가한다. 공유영역과 그룹에 포함된 모바일 데이터베이스의 수는 중앙 데이터베이스 접근에 있어서 모순되는 관계 (trade-off)를 가진다. 즉 그룹 안에 포함된 모바일 데이터베이스의 수가 커질수록 중앙 데이터베이스에 대한 접근은 줄어들지만 포함되는 공유영역은 커진다. 공유영역이 커질수록 공유영역 관리를 위한 중앙 데이터베이스 접근은 많아진다. 따라서 그림 6의 시뮬레이션은 이러한 상황을 고려하여 무선 네트워크 환경에서 일반적으로 적용되는 네트워크 에러율 10~30%, 시스템 에러율 0~10%, 그리고 한 그룹에 속한 최대 모바일 데이터베이스의 수는 15개 이하로 제한한 상황에서 실시하였다. 각 시뮬레이션 요소들은 두 시스템에 동일하게 적용되었고 3번 시뮬레이션 한 결과의 평균값이다. 기존의 시스템은 모바일 데이터베이스의 수가 증가할수록 접근 횟수가 급격히 증가함을 볼 수 있다. 모바일 데이터베이스 관리 시스템은 그룹의 수에 변화가 없을 때 약간의 증가 또는 현상을 유지한다. 기존의 시스템에서 중앙 데이터베이스의 접속 횟수는 모바일 데이터베이스의 수보다는 그룹의 수에 직접적으로 영향을 받는다. 그러나 접속횟수의 증가는 기존의 시스템에 비하여 극히 작은 수치를 나타낸다. 모바일 데이터베이스의 수가 증가할수록 두 시스템간의 격차가 커지는 것으로 그룹핑이 중앙 데이터베이스 집중 현상을 줄일 수 있다는 것을 알 수 있다.

<표 1> 그룹핑 시스템 적용 결과

구 분	초기 환경	조정 환경
그룹수	13	15
평균 공유영역 수	3.3	2.5
총 전송 횟수	2218	1840
평균 트랜잭션 처리시간	87time slot	61 time slot
중앙 데이터베이스 접근횟수	211	213
트랜잭션당 전송횟수	11.09	9.2

<표 1>은 초기 입력 파일을 이용한 그룹핑 환경에서의 시뮬레이션 결과와 초기 환경의 결과를 적용하여 시스템에서 다시 그룹핑한 시스템 조정 환경에서의 시뮬레이션 결과를 비교한 것이다. 시뮬레이션은 총 100개의 모바일 데이터베이스, 200번의 트랜잭션을 발생 시켰고 네트워크 에러율은 15%, 시스템 에러율은 5%, 마지막으로 그룹당 모바일 데이터베이스의 제한은 20개로 설정하였다. 표에서 보여지듯이 시스템을 조정한 후에 총 전송 횟수와 트랜잭션 처리 시간이 짧아 졌음을 알 수 있다. 초기 설정된 공유 영역에서의 과잉 접근 때문에 시스템 효율이 떨어지는 것을 방지하기 위하여 공유 영역 감소를 목적으로 그룹이 분할되었다.

위의 분석 결과로 그룹핑 시스템에서 네트워크 상황에 맞도록 그룹을 재 설정하여 전체 시스템의 효율을 높인다는 것을 알 수 있었다. 또한 네트워크 환경을 변화하고 동일한 시뮬레이션을 반복하면 시뮬레이션 환경에 따라 다른 방식으로 그룹핑 함으로서 시스템의 효율을 높인다.

#### 4. 결론 및 향후 연구

본 연구의 목적은 기존의 중앙 집중형 모바일 데이터베이스 시스템의 중앙 집중화 동기화와 일관성 유지, 고장허용 능력 부재 등 기존 모바일 데이터베이스 시스템의 문제점을 해결하고 모바일 데이터베이스를 신뢰성 있고 효율적으로 관리할 수 있도록 제안된 모바일

데이터베이스 관리 시스템의 성능 평가와 그룹핑의 정책 결정을 위한 기초자료를 획득하기 위하여 모바일 데이터베이스 관리 시스템의 모바일 환경 시뮬레이션 툴을 개발하여 제안된 시스템을 실제의 상황에 적용하였다. 시뮬레이션의 결과로 대규모 모바일 데이터베이스 환경에서 제안된 시스템의 효율성과 그룹핑 시스템을 사용한 재 그룹핑을 통해 모바일 데이터베이스 시스템의 성능 향상을 확인하였다.

향후 연구과제로는 모바일 그룹 안에서 이루어지는 일관성 유지에 대한 보다 세밀한 정책수립 및 전체 시스템의 구현 및 모바일 그룹간, 정적 데이터베이스와 모바일 그룹간의 데이터 교환에 대한 연구가 필요하다.

#### 5. 참고문헌

- [1] E. Pitoura and B. Bhargava, "Maintaining Consistency of Data in Mobile Distributed Environments". the 15th International conference on Distributin Computing System, 1995
- [2] V. Leong ,S.Antonio, "On adaptive caching in mobile databases ", Proceedings of the ACM symposium, 1997
- [3] H. JoAnne and A. Divyakant, "Planned Disconnections for Mobile Database". IEEE 11th international workshop, 2000
- [4] L. Xiang-Yang, W. Peng-Jun, "Constructing minimum energy mobile wireless networks", ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, 2001
- [5] M. Conti, S. Giordano, "Mobile Computing and Wireless Networks Mobile Ad-hoc Networking", Proceedings of the 34th Annual Hawaii International Conference on System Sciences , 2001
- [6] A. Zaslavsky, L. Yeo, S. Lai, B. Mitelman, "Petri Nets Analysis of Transaction and Submitter Management Protocols in Mobile Distributed Computing Environment", Proceedings of the 4th International Conference on Computer Communications and Networks (ICCCN '95)

## ● 저자소개 ●

**신성욱**

2001년 고려대학교 컴퓨터학과 학사

2001 - 2003 : 고려대학교 대학원 컴퓨터학과 석사

2003 - 현재 : 고려대학교 대학원 컴퓨터학과 박사과정

관심분야 : 데이터베이스, 에이전트, 정보통합 등

**정동원**

1997년 군산대학교 전산과 학사

1998년 한국전자통신연구원 위촉 연구원

1999년 충북대학교 전산과 석사

1999년 ICU 부설 한국정보통신교육원 전임강사

2000년 (주)지구넷 선임연구원

2000년 - 현재 고려대학교 대학원 컴퓨터학과 박사과정

2001년 - 현재 (주)라임미디어 테크놀로지 연구원

2002년 - 현재 TTA TC 08 SG 02 특별위원

관심분야 : 분산 컴퓨팅, 이동 에이전트 시스템 성능 분석, 에이전트 모델링, 메타데이터 레지스트리 기반의 정보 통합 방법론, 정보 표준화 등

**백두권**

1974년 고려대학교 수학과 학사

1977년 고려대학교 대학원 산업공학과 석사

1983년 Wayne State Univ. 전산학 석사

1985년 Wayne State Univ. 전산학 박사

1986년 - 현재 고려대학교 컴퓨터학과 교수

1989년 - 현재 한국정보과학회 이사/평의원

1991년 - 현재 한국시물레이션학회 이사/부회장/감사

1991년 - 현재 ISO/IEC JTC1/SC32 국내위원회 위원장

2002년 - 현재 고려대학교 정보통신대학 학장

관심분야 : 데이터베이스, 소프트웨어 공학, 시물레이션, 메타데이터, 정보 통합, 정보 보호 등