

# 모바일 임베디드 시스템 환경에서의 복제 데이터 관리를 위한 프레임워크<sup>1</sup>

변시우<sup>0</sup>

안양대학교 디지털 미디어 학부  
swbyun@aycc.anyang.ac.kr

## A Framework for Replicated Data Management in Mobile Embedded System Environment

Siwoo Byun<sup>0</sup>

Dept. of Digital Media, Anyang University

### 요 약

무선 인터넷 망의 구축과 휴대용 정보기기의 일반 보급으로 이동형 정보 환경이 최근 급속히 확산되고 있다. 본 논문은 이동형 환경에서의 거래 안정성과 데이터 가용성 증대를 위한 새로운 복제 데이터 관리 기법을 제안한다. 제안된 위임 정족수 합의(Proxy Quorum Consensus) 모델은 불안정한 상태의 다수의 모바일 사이트에 직접적인 투표를 하지 않는 대신에, 미리 선출한 대표 정족 집단에 위임함으로써, 안정된 위임 투표(Proxy Voting)를 진행하는 제어 기법이다. 이 기법을 통하여 통신 비용 절감 및 응답 속도 향상 등의 효과를 기대할 수 있다.

### 1. 서 론

최근 초고속 인터넷 및 무선 통신망의 급속한 보급과 더불어, PDA, HPC(Hand-held PC), PPC(Pocket PC), 자동차 운행 지원 시스템(Car Navigation System), 휴대전화(mobile phone), 스마트 폰 등의 각종 이동 단말기(mobile device)들이 대중화됨에 따라, 이제 일반인도 이동형 컴퓨팅(Mobile Computing)[1]이라는 거대한 패러다임 속에서 일상 생활을 영위하게 되었다.(그림 1)

원래 임베디드 시스템이란 용어는 이미 오래 전부터 있었지만, 주로 통신 장치나 산업용 자동 제어기 등의 제한된 영역에서만 접할 수 있었던 것이 사실이다. 그러나, 이제는 충분한 정보 처리 지능을 갖춘 Digital-TV, 인터넷 셋탑박스(Internet Set-top Box), 차세대 게임기 등과 같은 인터넷 정보 가전 제품의 홍보와 보급으로, 인터넷기반의 임베디드 시스템은 일반 가정 내에서도 쉽게 접할 수 있게 되었다.

세계적인 시장조사 예측기관인 Gartner 社의 자료에 따르면, 2003년도도 지나면서 임베디드 시스템 시장은 급속히 팽창하여, 곧바로 데스크탑 PC 시장을 추월할 것으로 예측하고 있다.[2] 그리고, 2005년까지 전 세계적으로 10억의 사용자가 모바일 단말기를 이용하여 접속할 것으로 예측한다.[3] 특히, 고급 임베디드 소프트웨어는 100%이상으로 급성장하고 있다.[4] 이 사실은 바로 임베디드 시스템 분야의 무한한 발전 가능성을 보여 준다.

이동 정보 환경은 통신 어려움이 유선에 비하여 최고 1000배 정도까지 높으며, 대역폭이 매우 적으며, 배터리 제약으로 전력 소모가 많은 무선 통신을 지속적으로 사용할 수는 없다. 따라서, 모바일 사용자가 원활한 정보 처리를 위해

서는, 이동 정보 기기 내부에 최적화된 모바일 데이터베이스가 내장되어야 한다. 이를 뒷받침하듯이, 세계적인 분석 기관인 IDC(International Data Corporation)사는 64%이상의 모바일 어플리케이션이 임베디드 데이터베이스가 필요하다고 보고했다.[5]

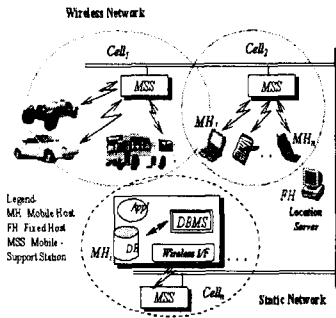
### 2. 관련 연구

데이터 복제 기법은 불안정한 통신 상황에서도 안정적으로 복제된 데이터를 사용할 수 있으므로, 데이터의 안정성 및 가용성을 높일 수 있다. 반면에, 복제 데이터를 여러 곳에 저장 및 관리해야 하고, 데이터의 일관성(consistency)을 유지하기 위하여 정확히 동기화(synchronization) 시켜주어야 하는 큰 부담(overhead)요인이 존재한다. 복제 데이터 관리 기법(Replication Control Scheme)은 바로 이러한 복제 데이터의 체계적인 관리와 효율적인 동기화를 목표로 하는 복잡한 제어 기법이다.

#### 2.1 기존 연구

복제 데이터 관리 기법에 대한 기존의 연구를 분류해 보면, 크게 Eager 규약과 Lazy 규약으로 접근 방향을 나눌 수 있다[6]. 먼저, Eager 규약은 데이터 수정시 모든 사이트의 갱신 연산이 완료되어야만 하나의 트랜잭션이 완료되는 동기적인(Synchronous) 규약이다. 반면에, Lazy 규약은 비동기적(Asynchronous)인 방법으로서 일단 로컬 트랜잭션의 수행을 마친 후에, 데이터가 중복된 모든 사이트로 수정전파 연산을 수행하는 방식이다. 본 연구는 Eager 규약의 접근 방식에 기반을 두고 있다.

<sup>1</sup> 이 논문은 2002년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음(2002-003-D00335).



[그림 1. 이동형 컴퓨팅 환경의 구성도]

기존의 Eager 규약 기반의 연구로서 초창기의 대표적인 주사본(Primary Copy)기법이 있었고, 후속 연구자들은 안정성을 강화하고 개선하여 정족수 합의(Quorum Consensus)기법을 제안하였다. [7] 주사본 기법은 중복 사본에 대하여 읽기/쓰기 연산을 하고자 할 때는 반드시 주사본 사이트의 동의를 얻어야 하는 기법이다. 정족수 합의 기법은 중복 사본을 사용하는 집단 내에서 읽기/쓰기에 필요한 정족수를 미리 설정한 후, 실제 연산 수행 시에 이 정족 집단의 동의를 얻어서 관련 연산을 진행하는 기법으로서, Kumar의 트리-기반[8], Cheung의 그리드-기반[9] 등의 기법이 있다.

## 2.2 상용 사례 연구

Oracle社, Sybase社, Microsoft社, IBM社 등과 같은 대부분의 상용 DBMS 벤더들은 임베디드 환경에 최적화된 DBMS와 동기화 제품을 판매하고 있다. Oracle 9i Lite와 iConnect[10], IBM Everyplace와 Sync Server[11], Sybase Ultralite와 MobiLink&SQL Remote [12] 등이 대표적이다. [13]

또한, 포인트베이스사의 포인트베이스(PointBase), IBM사의 클라우드스케이프(CloudScape)등의 자바를 기반으로 한 모바일 데이터베이스 제품도 시장에 출현하게 되었다. 포인트베이스 제품의 경우를 예로 들면, 표준 SQL을 지원하며, 순수 자바코드로 작성되어 있으며, 스프레드, 스키마 동기화, 충돌 감지/해결 기능이 있다. 크기는 40KB 정도의 크기로 초소형이며, 데이터베이스는 20K 정도 사용한다. 최소한의 기본적인 DB기능만을 갖추고 있고, 팜(Palm) 환경에서 조당 10개 정도의 문장을 처리할 수 있다. [14]

## 3. 복제 데이터 관리 기법 제안

### 3.1 설계 목표

복제 관리 기법 중 Lazy 규약 기반의 방법들은 각 사이트가 자유롭게 데이터를 수정하는 것이 가능한 비동기식 방식이기 때문에 복제 방법 중 높은 자율성과 처리 지연성을 보장해 주는 장점이 있다. 그러나, 비동기적인 특성으로 인하여 트랜잭션의 일치성이 낮으며, 트랜잭션의 직렬성이 취약해지는 단점이 있다. 특히, 너무 낙관적인 방식으로 처리하면, 데이터의 일관성 유지가 어렵고, 복구비용이 많이 소모된다. 반면에 Eager기반 기법들은 동기화 방식이므로 처리 성능은 상대적으로 낮지만, 강한 일관성을 보장하고, 높은 거래 정확성을 보장 받을 수 있다.

실제 활용 측면에서 보면, 이동 환경에서 수행되는 트랜잭션의 빈도는 일반 유선 환경에 비하여 상대적으로 매우 낮으며, 다수 접속자 기반이 아닌 소수, 즉 1인 접속자 기반이며, 무거운 대량 처리가 아닌 얇고 가벼운 처리가 대부분이다. 초기 데이터 다운로드 같은 벌크로드 연산마저도 초기에 사무실의 유선 접속 환경내에서 동기화 된다. 이러한 현실을 가만하면, 이동환경 내에서는 높은 수준의 트랜잭션 처리 성능이 굳이 필요하지는 않다. 그러나, 이동 정보기기 사용자는 생생한 현장의 데이터를 수집후에 즉시 반영하고, 고객 앞에서는 가장 최신의 데이터를 보여 주어야 하므로, 사내의 유선 환경처럼 강한 일관성 보장 기법이 반드시 필요하다.

이러한 관점에서 본 연구에서는 Eager기반의 접근 방식을 취한다. 다만, 무선환경의 속도가 많이 개선되었다고는 하지만, 상대적으로 유선에 비하여 느리므로, 동기화시 통신 메시지의 부담을 줄이는 등의 기법 개선 및 응답 시간 최소화 등의 고려도 필요하다. 다음은 본 연구가 추구하는 설계 목표이다.

- ① 높은 수준의 데이터 일관성을 유지한다.
- ② 복제 데이터 동기화시 안정성을 높인다.
- ③ 이동 단말기간의 통신 부담을 최소화한다.
- ④ 트랜잭션 철회율을 낮추고 처리 효율을 높인다.

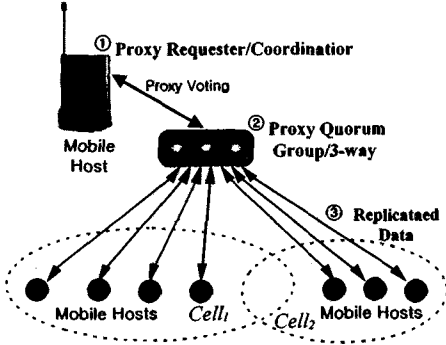
### 3.2 제안 기법

위에서 제시한 설계 목표 ①의 고수준 데이터 일관성 유지를 위하여 기본적으로 Eager기반의 접근 방식을 취하므로, 기존의 Lazy 규약 기반의 방법에 비하여 매우 높은 데이터 일관성을 유지한다. 대표적인 Eager기반의 기법인 주사본 기법은 하나의 주사본 사이트와 다수의 부 사본을 두고 운영한다. 읽기 연산은 거래가 발생한 사이트에서 바로 처리하고, 쓰기 연산은 주 사본 사이트를 통하여 처리 한다. 따라서 주사본 사이트가 다운되면, 복제 데이터에 대한 운영이 되지 않는다. 이러한 관점에서 간편한 주사본 기법보다 안정성이 보장된 정족수 합의 기법을 활용하여 설계한다. 정족수 합의 기법에서는 복제 데이터 관리의 주관이 특정 사이트에 있지 않고, 전체 사이트 중에서 일정 수준이상의 동의를 얻은 후 읽기 및 쓰기 연산을 진행할 수 있기 때문에 안정성이 상대적으로 매우 높다. 따라서, 설계 목표 ②의 동기화시 안정성 항목을 만족시킬 수 있다.

그러나, 설계 목표 ①과 ②를 만족시키면서, 설계 목표 ③과 ④의 성능과 효율을 높이려면 더 개선할 필요가 있다. 먼저, 정족수 합의 기법은 미리 정한 정족수 수치에 따라서 비교적 많은 양의 메시지 통신이 발생하므로, 이 통신 부담을 최대한 줄여야 한다. 예를 들어, 복제 데이터를 사용하는 모바일 사이트의 총수가 100개이고, 미리 약속한 정족수가 60개이면, 트랜잭션 수행을 위하여 60\*n 번의 메시지 통신이 필요하다. 또한, 모바일 정보기기는 통신 장애 및 배터리 부족 등의 이유로 수시로 접속이 단절되거나 꺼져 있는 경우가 많다. 이러한 모바일 환경의 특성을 고려하면, 유선 환경을 가정한 기존의 정족수 합의 기법은 무선 환경에서 좋은 성능을 기대하기 어렵다.

이 문제들을 개선하기 위하여 본 연구에서는 위임 정족수 합의(Proxy Quorum Consensus)기법을 제안한다. 이 기법은 복제 데이터에 대한 읽기 또는 쓰기 연산이 발생하면, 불안정한 상태의 다수의 모바일 사이트에 직접적인 투표를 하지

않는 대신에, 미리 선출한 대표 집단에 위임함으로써, 안전하고 신속히 투표를 진행하여, 트랜잭션 수행을 완료하는 방법이다.(그림 2) 일상에서의 예를 들면, 특정 현안에 대하여 일일이 개개인이 관여하지 않고, 미리 선출한 위원회에 위임하면, 위원회 내부의 투표결과에 의하여 결정되는 방식이다.



[그림 2]. Proxy Quorum Consensus Model

이 기법이 효율적인 이유는 기존의 정족수 합의 기법처럼 불안정한 상태의 다수의 정족 집단 형성을 요구하지 않고, 안정된 상태의 소수의 정족 집단을 형성하므로, 안정성이 높아지며, 메시지 통신 부하가 대폭 감소하기 때문이다. 예를 들어, 3 개(3-way)로 구성된 위임 정족 집단을 구성한다면, 위임 투표(Proxy Voting)에 3\*n 번의 메시지 통신이 필요하다. 또한, 위임된 정족 집단을 유선망에 위치한 고정형 호스트를 활용할 수 있으므로, 안정성도 높아진다. 일반적으로 유선망의 호스트는 이동형 호스트 보다 최소 10배 이상의 처리 성능과 안정성이 보장되므로 높은 안정성과 처리 성능을 모두 제공할 수 있다. 또한, 위임된 고정 호스트는 모바일 호스트의 분포에 따라서 지역별로 분포 시키게 되면, 전체적인 통신 거리가 짧아지며, 재해복구차원의 안정성을 취할 수 있다. 즉, 통신 비용 절감 및 응답 속도 향상과 높은 데이터 가용성을 얻을 수 있다. 이러한 특징들은 기존의 정족수 합의 기법이나 다른 복제 관리 기법과 다른 부분이다.

제안된 위임 정족수 합의 기법은 모바일 트랜잭션 관리 모듈, 복제 관리 모듈, 위임 투표 중재 모듈, 위임 투표 모듈 등으로 구성되며, 자세한 알고리즘을 축약한 기본적인 실행 순서는 다음과 같다.

- 1) 모바일 사용자가 복제 데이터에 대한 읽기/쓰기 연산을 요청한다. 이제, 이 모바일 호스트는 요청 트랜잭션 수행에 있어서, 정족집단 형성 및 처리의 중재자가 되어서 복제 관리의 총괄적인 진행을 한다.
- 2) 이 모바일 호스트는 위임 정족 집단(Proxy Quorum Group)에 속한 고정 호스트들에게 위임 투표(Proxy Voting)를 요청한다.
- 3) 위임 정족 집단의 호스트들은 현재 처리 중인 트랜잭션과 데이터들을 분석하여 허가/거부로 투표 결과를 전송하며, 읽기 연산의 경우 데이터도 함께 전송한다. 쓰기 연산인 경우는 데이터를 안전 기억 장치에 저장(pre-write)한다.
- 4) 모바일 호스트는 읽기 연산의 경우, 투표결과물을 분석하여, 미리 정한 합의 규정을 만족하면, 모바일 어플리케이션(사용자)에게 데이터를 전송한다. 쓰기 연산인 경우는 위임 정족 집단에 쓰기 확정 메시지(actual-write)를 보낸다.

#### 4. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 이동형 환경에서의 거래 안정성 및 데이터 가용성을 높이기 위한 새로운 복제 데이터 관리 기법을 제안하였다. 제안된 기법의 위임 정족수 합의 모델은 불안정한 상태의 다수의 모바일 사이트에 직접적인 투표를 하지 않는 대신에, 미리 선출한 대표 집단에 위임함으로써, 안정된 투표를 유도하고, 신속한 트랜잭션 처리를 가능하게 한다. 또한, 위임된 고정 호스트는 모바일 호스트의 분포에 준하여 지역별로 분포 시키게 되면, 전체적인 통신 거리가 짧아지며, 재해복구차원의 안정성을 취할 수 있다.

향후 연구 과제는 제안된 복제 데이터 관리 기법과 연관된 구체적인 동기화 및 동시성 제어 알고리즘을 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 검증하고 이를 실제로 구현하는 것이다. 시뮬레이션에는 이동 환경의 특성을 반영한 가상 장애 발생기와 복제 데이터에 대한 트랜잭션 생성기 등의 구현이 포함되며, 실제 구현시에는 제약된 임베디드 시스템의 자원을 최소한도로 사용하는 최적화 방안의 연구가 포함된다.

#### 참고 문헌

- [1] Byun S., "Resilient Data Management for Replicated Mobile Database Systems," Data and Knowledge Engineering, 43-55, 1999
- [2] 조주현, "임베디드 실시간 시스템의 개발 환경," 정보처리 제9권제1호, 120-126, 2002
- [3] 김성훈 외, "유무선 통합 모바일 응용서버에 관한 연구," 정보과학회지 제20권 제6호, 20-31, 2002
- [4] 이정배, 이두원, "임베디드 시스템 연구 동향," 정보처리 제9권 제1호, 13-27, 2002
- [5] 유재정, "Mobile Database란?," <http://www.mobilejava.co.kr/bbs/temp/lecture/j2me/mbd1.html>, 2003
- [6] 최희영, 이귀상, 황부현, "중복 데이터베이스 시스템에서 갱신그래프를 이용한 동시성제어," 정보처리학회논문지, 제9-D권 제4호, 587-602, 2002
- [7] Bernstein P., Hadzilacos V., Goodman N., Concurrency control and recovery in database systems," Addison-Wesley, 1987
- [8] Kumar, A., "Hierarchical quorum consensus: a new algorithm for managing replicated data," IEEE Trans. Comput., 40(9), 996-1004, 1991
- [9] Cheung S., Ammar M., Ahamad M. "The grid protocol: a high performance scheme for maintaining replicated data," 6th Data Eng., 438-435, 1990
- [10] Oracle, Oracle 9i Lite Administration Guide 5.0.1, A White Paper, 2002
- [11] IBM, DB2 Sync Server Administration Guide 7.2.1, A White Paper, 2002
- [12] Sybase, Synchronization Technologies for Mobile and Embedded Computing, A White Paper, 2002
- [13] 김상욱, 오세봉, 손성용, 이진호, "임베디드 DBMS 환경에서의 동기화를 위한 프레임워크," 정보과학회지, 제20권 제7호, 2002
- [14] 체네시스㈜, "Mobile DB로 J2ME Program 관련," <http://www.genesis.co.kr>, 2003