

# 셀룰라 네트워크에서 위치 정보 관리 비용을 최소화하는 서버의 중복도

(Server Replication Degree Reducing Location Management  
Cost in Cellular Networks)

김재훈<sup>†</sup> 임성화<sup>\*\*</sup>  
(Jai-Hoon Kim) (Sung-Hwa Lim)

**요약** 셀룰라 기반의 이동컴퓨팅 환경에서 이동 호스트의 위치 및 상태관리를 위하여 디폴트 서버(default sever)기법이 널리 사용되나 이동 호스트로의 호 요청이 많은 경우나 호를 요청한 클라이언트가 디폴트서버와 멀리 떨어진 경우 통신 오버헤드가 커지며, 디폴트서버에 결함이 발생할 경우 해당 이동 호스트에 대한 연결이 불가능해진다. 디폴트 서버를 여러 개로 중복 시키면 위와 같은 문제점을 경감시키고 디폴트 서버와의 통신비용을 줄일 수 있다. 그러나 디폴트 서버를 중복 시킬 경우 전체 통신비용은 이동 호스트의 이동 성향과 질의(query) 요청의 빈도, 중복 디폴트 서버의 할당 위치와 중복 개수에 영향을 받는다. 본 논문에서는 디폴트 서버를 통신 환경에 따라 최적의 위치에 할당 시켰을 때 nn grid네트워크 환경과 이진트리 네트워크 환경에서 각각의 최적 디폴트 서버 중복 개수를 구하는 방법을 제시하였고, 시뮬레이션을 통하여 수학적 방법이 유용함을 보였다.

**키워드** : 정보통신/셀룰라 네트워크, 디폴트 서버, 위치 관리, 중복

**Abstract** A default server strategy is a very popular scheme for managing location and state information of mobile hosts in cellular networks. But the communication cost increases if the call requests are frequent and the distant between the default server and the client is long. Still more, any connection to a mobile host cannot be established when the default server of the destination mobile host fails. These problems can be solved by replicating default server and by letting nearest replicated default server process the query request which is sent from a client. It is important to allocate replicated default servers efficiently in networks and determine the number of replicated default servers. In this paper, we suggest and evaluate a default server replication strategy to reduce communication costs and to improve service availabilities. Furthermore we propose and evaluate an optimized allocation algorithm and an optimal replication degree for replicating default servers in nn grid networks and binary tree networks.

**Key words** : cellular network, default server, location management, replication

## 1. 서론

무선 통신기술과 컴퓨터 하드웨어 기술의 발달로 이동 환경에서 데스크탑 수준의 컴퓨팅이 가능해지고 있

으며, 이동 컴퓨팅 사용자의 증가로 관리해야 하는 사용자 데이터의 양이 급증하고 있다. 그러므로 사용자의 만족도를 높이기 위해서는 원하는 순간에 적은 시간 지연으로 필요한 정보를 얻을 수 있어야 한다. 셀룰라 망은 현재 대부분의 이동 통신 환경에서 적용되는 개념이며, 휴대폰과 같은 이동 호스트들은 자신이 위치한 셀의 기지국과 무선으로 통신하므로써 다른 사용자와의 통신이 가능하게 된다. 셀룰라 망에서의 이동 호스트의 통신을 위해서는 이동 호스트들의 위치 정보를 관리해야 하는데, 하나의 이동 호스트의 위치 정보를 하나의 전담 서

· 이 논문은 2000년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음 (KRF 2000 041 E00293).

† 정 회 원 : 아주대학교 정보및컴퓨터공학부 교수  
jaikim@ajou.ac.kr

\*\* 학생회원 : 아주대학교 정보및컴퓨터공학부  
hollyfire@ajou.ac.kr

논문접수 : 2001년 9월 13일  
심사완료 : 2002년 3월 13일

버(디폴트 서버)에서 관리하는 디폴트 서버 기법이 가장 널리 사용된다[1]. 이동 호스트가 다른 셀로 이주할 경우 전담 디폴트 서버에 저장된 이동 호스트의 위치 정보가 갱신되며, 다른 클라이언트로부터 이동 호스트로 통신 요구가 발생할 경우 디폴트 서버에 문의함으로써 이동 호스트와 통신할 수 있다. 이 경우 이동 호스트에 대한 호 개설 요청을 처리하는 데 있어서, "얼마나 짧은 시간 내에 적은 비용으로 해당 이동 호스트를 찾을 수 있는가?"가 성능의 중요한 척도가 될 수 있다. 디폴트 서버 기법은 이동 호스트에 대한 통신 요구 및 이동 호스트의 이동 시 모든 정보가 하나의 전담 디폴트 서버를 거쳐야 하므로, 특정 이동 호스트에 대한 통신 요구가 빈번한 환경에서는 해당 디폴트 서버와의 통신이 증가하고 디폴트 서버에 대한 과부하가 예상된다. 또한 디폴트 서버가 결함에 의해 정지했을 경우 통신이 불가능할 수도 있는데[2], 이 경우 디폴트 서버를 여러 개로 중복시킴으로써 위와 같은 문제점들을 경감시킬 수 있다. 그러나 디폴트 서버를 중복시킬 경우 이동 호스트의 이동 성향과 질의(query) 요청의 빈도, 중복 디폴트 서버의 할당 위치와 중복 개수에 전체성능이 직접적인 영향을 받을 수 있다. 본 논문에서는 선행 연구[3]에서 제안되었던 중복 디폴트 서버기법을 바탕으로 디폴트 서버의 최적 위치 알고리즘을 제안하고, 중복 디폴트 서버를 최적 위치에 할당할 경우 셀의 개수와 통신 성향, 그리고 디폴트 서버의 중복 개수에 대한 통신비용을 계산하여 환경에 따른 최적의 중복 개수를 구하였다. 또한 수학적 분석의 증명을 위하여 간략화 된 환경에서의 시뮬레이션을 수행하였다.

## 2. 관련연구

### 2.1 디폴트 서버 기법[5]

셀룰라 망에서는 이동 호스트의 이동성을 지원하기 위해 사용자의 위치 및 상태에 관한 정보를 서버가 실시간으로 제공할 수 있어야 한다. 사용자의 위치 정보를 관리하는 방식에는 이동 호스트의 위치 이동 시 전체 서버에 브로드캐스트 해주는 BN(Broadcast Notification)기법과 디폴트 서버를 두어 이동호스트의 정보를 지속적으로 관리하게 하는 DF(Default Forwarding)기법 등이 있다[4,5].

디폴트 서버 기법에 기반을 둔 이동 통신 프로토콜로는 SDN(Single Default Notification) 또는 WDN(double Default Notification)기법이 있는데, [그림 1]에서와 같은 네트워크 구조를 갖는다[5]. 본 논문에서는 네트워크 모델의 간략화를 위하여 기지국(Base Station)

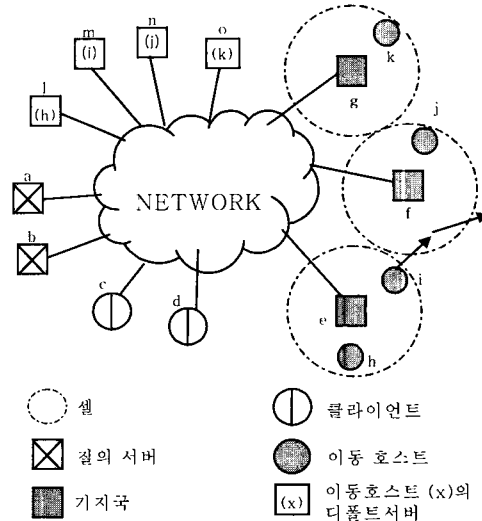


그림 1 SDN 기법의 네트워크 구조[5]

에서 MSC(Mobile Switching Center)의 역할을 동시에 수행하도록 가정하였다<sup>1)</sup>. 본 논문에서는 기지국과 MSC를 같은 의미로 사용하였다. 기지국과 이동 호스트  $i$ 가  $e$  지역에서  $f$  지역으로 이동할 때 기지국  $f$ 는 디폴트 서버( $m(i)$ )에 알려주며, 클라이언트  $c$ 가  $i$ 와 통신을 시도할 경우 질의 서버  $a$ 나  $b$ 를 통해 디폴트 서버에 문의를 하게 되는데, 디폴트 서버는 이 경우 이동 호스트  $i$ 가 위치하는 기지국으로 연락을 해서, 클라이언트  $c$ 와 이동 호스트  $i$  간에 통신이 이루어지도록 한다.

기지국은 셀 내에 위치하는 이동 호스트들에게 여러 가지 정보를 얻기 위해 질의 패킷을 보낼 수 있는데, 이동 호스트의 정보에 관한 질의(query)의 종류는 다음과 같다.

- L query : 이동 호스트의 위치에 대한 정보를 갖는다.
- E query : 이동 호스트의 상태를 나타내며, 즉 이동 호스트가 켜졌는지에 대한 정보를 포함한다.
- D query : 이동 호스트에 대한 그 외의 집다한 정보들을 포함한다.

SDN 기법은 이동 호스트가 이동할 경우(migration)와 L query, E query, 그리고 D query 시에 다음과 같은 통신 부하를 갖는다(단, 디폴트 서버는 전체 네트워크에서 중점에 위치한다고 가정하였다)[5]. C<sub>migration</sub>은 이동 호스트가 다른 셀로 이동했을 경우의 통신비용이며, C<sub>L</sub>, C<sub>E</sub>, C<sub>D</sub>는 각각의 질의에 따른 통신비용이다. 또

1) 본 논문에서는 기지국과 MSC를 같은 의미로 사용하였다.

$D_{fi}^{(M)}$  는 기지국  $f$ 와 디폴트 서버  $m(i)$  간의 통신비용이고,  $D_{ai}^{(Q)}$  는 질의서버  $a$ 와 디폴트서버  $m(i)$ 간의 통신비용이며,  $H_{af}$ 는 질의서버  $a$ 와 기지국  $f$ 간의 통신비용이다(클라이언트와 디폴트서버 및 질의서버, 기지국과 이동 호스트간의 통신비용은 생략되었다). 밑의 식에서  $D$ 와  $H$  값은 통신 토폴로지에 따라 달라질 수 있다. 기지국이 질의서버의 역할을 수행하도록 본 논문에서는 설정하였으므로,  $D_{fi}^{(M)}$ 와  $D_{ai}^{(Q)}$ 는 확률적으로 같은 값으로 가정할 수 있다.

$$C_{Migration} = D_{f,i}^{(M)}$$

$$C_L = D_{f,i}^{(M)} + D_{a,i}^{(Q)}$$

$$C_E = D_{a,i}^{(Q)} + D_{f,i}^{(M)} + H_{a,f}$$

$$C_D = D_{a,i}^{(Q)} + D_{f,i}^{(M)} + H_{a,f}$$

실제로 [그림 2]와 같은  $n \times n$ 의  $n$ -grid 구조에 적용하였을 때의 통신비용  $D$ 와  $H$ 의 평균값은 다음과 같이 계산할 수 있다[5]( $D$ 는  $D_{fi}^{(M)}$  또는  $D_{ai}^{(Q)}$ ,  $H$ 는  $H_{af}$ 를 의미한다).

$$\bar{H} = \frac{2(n-1)(n+1)}{3n}$$

$$\overline{D^{(Q)}} = \overline{D^{(M)}} = \begin{cases} \frac{(n+1)(n-1)}{2n} : n \text{은 홀수} \\ \frac{n}{2} : n \text{은 짝수} \end{cases}$$

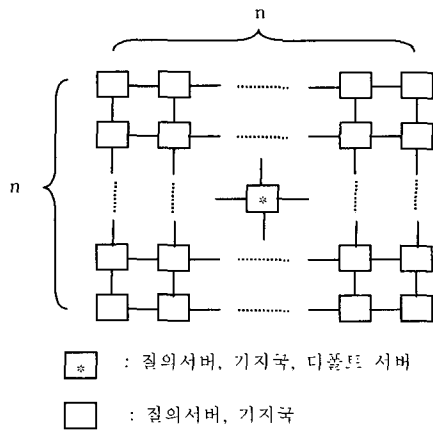


그림 2 n-grid topology [5]

또한 [그림 3]과 같은 이진 트리 구조에서의 통신비용  $D$ 와  $H$ 의 평균값은 다음과 같이 구할 수 있다( $n$ 은 트리의 높이)[5].

$$\bar{H} = 2(n-2) + 2^{2-n}$$

$$\overline{D^{(Q)}} = \overline{D^{(M)}} = n-1$$

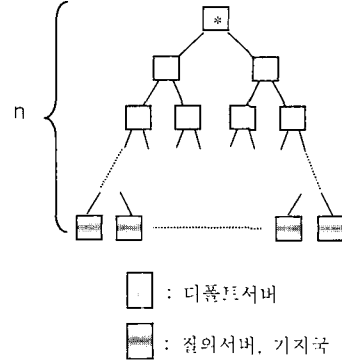


그림 3 binary tree topology [5]

## 2.2 이동 호스트의 효율적인 위치관리를 위한 기존 연구들

디폴트 서버 기법을 사용하는 셀룰라 망에서 이동 호스트에 대한 효율적인 위치관리를 위하여 여러 가지 기법들이 제안되었다[3,6,7,8]. [7]에서는 시그널 비용을 감소시키는 로컬 앵커 (local anchor) 기법이 제안되었고, [8]에서는 디폴트 서버(IS 41기반에서는 HLR)를 모는 MSC(Mobile Support Station)에 중복시킴으로써 MSC 간의 통신비용을 줄이는 FD(Fully Distributed location management)기법이 제안되었다. 또한, 본 논문의 선행연구로써 [3]에서는 기존의 디폴트서버기법을 개선시킨 중복 디폴트서버 기법을 제안하였다.

[8]의 FD기법은 VLR(Visitor Location Register)과 HLR(Home Location Register)대신 LR(Location Register)를 사용함으로써 HLR의 과부하를 줄이고, HLR과 MSC간의 통신 오버헤드가 증가하는 tromboning 현상을 해결하기 위하여 제안되었다. Tromboning 현상이란 [그림 4]에서와 같이, 이동 호스트(MH1)가 자신과 가까운 셀에 위치한 다른 이동호스트(MH2)와 호출 개설하고자 할 경우에도, 상대적으로 멀리 떨어져 있는 MH2의 디폴트서버에 문의함으로써 통신 오버헤드가 증가하는 현상을 의미한다[8].

[8]의 FD 기법에서는 모든 기지국에서 이동 호스트의 위치정보를 관리하므로 호 개설 요청 시 디폴트 서버로의 질의작업이 발생하지 않는다. 그러나 이동 호스트의 이동이 발생할 경우 변경된 이동호스트의 위치정보를 모든 기지국에 갱신 시켜야 하므로 이동 호스트의 이동이 잦고 기지국의 수가 많은 환경에서는 통신비용이 급증하는 단점이 있다. FD 기법의 단점을 개선하기 위하여 계층적 FD기법이 [8]에서 제시되었다. 계층적 FD 기법은 네트워크 망을 계층화 시켜서 이동 호스트

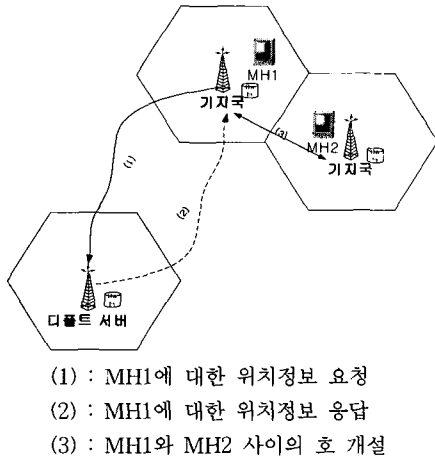


그림 4 Tromboning Problem

가 현재 존재하는 노드(LR)의 위치를 상위노드에서 가리키게 함으로써 LR의 정보량과 갱신비용을 줄일 수 있다.

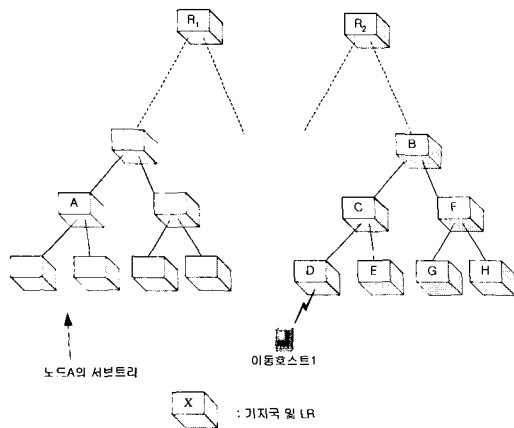


그림 5 계층적 FD 기법[8]

[그림 5]는 계층적 FD 기법 구조의 예를 나타내고 있으며, 위치정보의 확인 및 갱신방법은 다음과 같다. 노드 D에 이동 호스트1이 존재할 경우, 이동호스트 1의 위치정보는 같은 서브트리의 형제 노드인 E, 상위노드인 C에 저장된다. 또한 노드 C의 상위노드인 B는 이동 호스트1의 위치 D를 직접 저장하는 것이 아니라 B의 바로 아래 노드인 C를 가리킨다. 마찬가지로 이동 호스트1의 위치에 대해 노드 F는 B를, 노드 G는 F를 가리킨다. 또한 노드 D와 최상위 노드가 다른 노드A의 경

우 이동호스트 1의 위치정보를 갖지 않으며, 이 경우에는 최상위 노드(R<sub>1</sub>)까지 상위노드를 검색한다. 최상위 노드는 해당 이동호스트가 존재하는 노드가 포함된 다른 최상위 노드를 가리킨다. [그림 5]의 예제에서 R<sub>1</sub>은 이동 호스트1에 대한 위치정보로 R<sub>2</sub>를 가리킨다. 만약 이동호스트1이 노드D에서 형제 노드인 노드E로 이동할 경우, 노드 C, D, E의 정보만 갱신된다. 만약 노드 G로 이동 한 경우에는 노드 B의 하위노드들(C, F, D, E, G 등)의 정보만 갱신되며, 다른 최상위노드의 하위노드(예: 노드A)로 이동할 경우에는 노드 B의 모든 하위노드들과 최상위 노드(R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> 등)의 정보만 갱신이 된다.

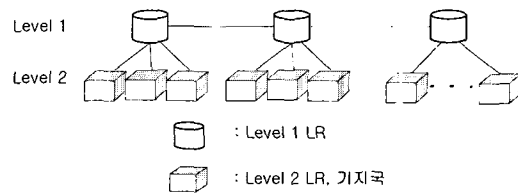


그림 6 2계층 FD 기법의 구조[13]

다음은 n-grid 네트워크에서 2계층을 갖는 계층적 FD 기법(그림 6)을 사용한 경우 위치관리를 위한 통신비용이다[8]. 2계층모델에서는 같은 상위노드를 갖는 형제 노드들을 클러스터로 간주할 수 있다. FIND는 해당 이동 호스트의 위치정보를 얻는데 드는 비용이며, U는 이동 호스트가 이동했을 때의 LR들에 저장된 위치정보의 갱신 비용이다. P<sub>Local\_Call</sub>은 이동호스트에 대한 호의 개설요청이 해당 이동호스트와 같은 클러스터에서 발생할 확률이며, FIND<sub>Local</sub>은 이 경우 같은 클러스터 내의 이동호스트의 위치를 얻는 비용이고, FIND<sub>Remote</sub>는 다른 클러스터에서 호 개설 요청이 발생한 경우에 해당 이동 호스트의 위치를 얻는 비용이다. H<sub>Local</sub>은 한 클러스터 내에서 임의의 두 기지국 사이의 평균 통신비용이고, H<sub>Global</sub>은 전체 네트워크에서 임의의 두 기지국 사이의 평균 통신비용이다[8].

$$C_{Migration} = P_{Local\_Move}U_{Level1} + (1 - P_{Local\_Move})U_{Level2}$$

$$C_{L,E,orD} = P_{Local\_Call}FIND_{Local} + (1 - P_{Local\_Call})FIND_{Remote}$$

$$C_{EorD} = P_{Local\_Call}(FIND_{Local} + H_{local}) + (1 - P_{Local\_Call})(FIND_{Remote} + H_{Global})$$

이동 호스트의 위치정보를 얻는데 필요한 통신비용(FIND)는 다음과 같다[8]. Cost(LR<sub>Caller</sub>, LR<sub>Callee</sub>)는 동일한 클러스터 내에서 임의의 두 개의 level1 LR 들 간의 평균 통신비용이다. Cost(LR<sub>Caller</sub>, LR<sub>Caller Level2</sub>)는 동

일한 클러스터 내에서 level 1 LR과 level 2 LR 간의 평균 통신비용이며,  $Cost(LR_{Caller\_Level2}, LR_{Caller\_Level2})$ 는 두 Level 2 LR 사이의 평균 통신비용이고,  $Cost(LR_{Callee\_Level2}, LR_{Callee})$ 는 동일한 클러스터 내에서 level 2 LR과 level 1 LR 사이의 평균 통신비용이다.

$$FIND_{Local\_Call} = Cost(LR_{Caller}, LR_{Callee})$$

$$FIND_{remote\_Call} = Cost(LR_{Caller}, LR_{Caller\_Level2}) + Cost(LR_{Caller\_Level2}, LR_{Callee\_Level2}) + Cost(LR_{Callee\_Level2}, LR_{Callee})$$

이동 호스트가 다른 셀로 이동 한 경우의 위치정보 갱신비용(U)은 다음과 같다[8].  $C_{Level1}$ 은 한 홉의 거리에 있는 노드 간의 통신비용이고,  $M_{Level1}$ 은 동일한 클러스터 내에서 Level 1 LR들 간의 평균 통신비용이며, 그리고  $M_{Level2}$ 은 Level 2 LR들 간의 평균 통신비용을 의미한다.

$$U_{Level1} = C_{Level1} \times (M_{Level1} - 1)$$

$$U_{Level2} = 2 \times C_{Level1} \times (M_{Level2} - 1) + C_{Level2} \times (M_{Level2} - 1)$$

### 3. 디폴트 서버의 최적의 중복도

#### 3.1 중복 디폴트서버 기법[3]

일반적으로 중복기법을 사용할 경우 가용성, 부하분배, 그리고 접근비용 감소의 장점이 있다[9]. SDN기법에서는 이동 호스트에 call을 할 경우 해당 이동 호스트의 디폴트 서버에 먼저 문의를 하여 이동 호스트가 위치하는 셀(cell)의 위치 정보를 받은 후, 기지국을 통하여 통신이 이루어진다. 이 경우 디폴트 서버가 하나이므로 클라이언트 또는 질의서버가 디폴트 서버와 멀리 떨어져 있을 경우, 통신비용이 무시 할 수 없을 정도로 증가 할 수 있으며, 최악의 경우 가까이 위치한 이동 호스트로의 통신을 위해서도 멀리 떨어진 디폴트 서버와의 통신이 선행되어야 한다. 디폴트 서버와 이동 호스트 서버, 그리고 질의 서버간의 통신비용을 줄이기 위해서는 디폴트 서버를 중복시키는 방법이 효과적이다[3]. 반면에 서버를 중복시킬 경우 중복 투명성(replication transparency)을 제공해야 하며, 중복에 따른 오버헤드를 부담해야 하는 단점이 있다. 서버 중복을 위해서 하나의 데이터가 저장 또는 갱신 되었을 경우 시스템에서 자동적으로 중복된 서버들의 데이터를 저장 및 갱신시키도록 하였다. 선행연구[3]에서는 디폴트 서버를 중복시킬 경우 이동 호스트의 이동이 적고 호 요청이 빈번한 환경에서 기존의 디폴트서버 기법에 비해 통신 비용

이 절감됨을 보였다. 기존의 SDN기법[5]을 개선하여 디폴트 서버를 중복시킨 통신비용( $C_{Migration}, C_L, C_E, C_D$ )은 다음과 같다. U는 이동 호스트의 위치이동이 발생되어 디폴트 서버의 내용이 변경되면, 일치성 유지를 위하여 중복된 나머지 디폴트 서버의 내용을 갱신하는 통신 비용이다[15].

$$C_{Migration} = D_{f,i}^{(M)} + U$$

$$C_L = D_{a,i}^{(Q)} + D_{f,i}^{(M)}$$

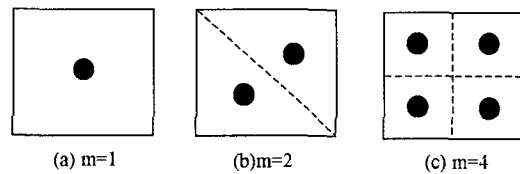
$$C_E = D_{a,i}^{(Q)} + D_{f,i}^{(M)} + H_{a,f}$$

$$C_D = D_{a,i}^{(Q)} + D_{f,i}^{(M)} + H_{a,f}$$

#### 3.2 중복 디폴트서버 기법의 최적 위치 및 중복도

디폴트 서버를 중복시킬 경우 네트워크에서 중복 서버의 위치를 효과적으로 할당하는 것은 매우 중요하다. 디폴트 서버의 중복 개수를 m이라고 할 때, 전체 네트워크를 m개로 균등히 나누고, 각 나뉜 지역에서의 중점에 중복서버를 할당함으로써 중복 디폴트 서버의 위치를 최적으로 할당 할 수 있다.

[그림 7]에서는 중복 서버의 수가 1, 2, 4인 경우의 예를 나타내고 있다. 각각의 나뉜 지역 내의 임의의 점에서 그 지역의 중점까지의 평균 거리는 다른 점까지의 평균 거리보다 짧으므로, 각 나뉜 지역의 중점에 중복서버를 할당하는 것이 통신비용을 최소화시킬 수 있다. 만약 중복 디폴트 서버를 지역의 중점이 아닌 부분에 할당 할 경우, 중점에 할당한 경우에 비하여 디폴트 서버와 높은 비용으로 통신해야 하는 기지국들(더 멀리 떨어진 기지국)의 수가 많아진다. 즉 디폴트 서버의 위치가 중심에서 벗어날수록 디폴트 서버와의 통신 비용에 대하여 손해를 보는 기지국의 수가 이득을 보는 기지국의 수보다 많아지므로, 중점에 디폴트 서버를 할당하는 것이 효과적이다. [그림 8]에서 중복 서버 위치 할당 알고리즘을 나타내었다.



- : 디폴트 서버
- m : 디폴트 서버의 개수

그림 7 2차원 평면에서 중복 디폴트 서버를 할당하는 과정

Step 1. network를 중복할 디폴트 서버의 수로 균일하게 분할한다.  
 Step 2. 분할된 각 sub-network의 중점을 구한다.  
 Step 3. 디폴트 서버들을 각 sub-network의 중점에 할당한다.

그림 8 디폴트 서버의 최적 중복 위치 할당 알고리즘

서버의 개수를  $n$ , 디폴트 서버의 중복 개수를  $m$ 이라 할 때,  $n \times n$ 의  $n$ -grid 네트워크에서의 통신비용  $H$ ,  $D^{(Q)}$ , 그리고  $D^{(M)}$ 의 평균값과 디폴트 서버 갱신 비용  $U$ 는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \bar{H} &= \frac{2(n-1)(n+1)}{3n} \\ \overline{D^{(Q)}} = \overline{D^{(M)}} &\approx \frac{n}{2\sqrt{m}} \\ \bar{U} &\approx n(1 - \frac{1}{\sqrt{m}})(\sqrt{m} + 1) \end{aligned}$$

중복된 디폴트 서버의 위치 할당이 효과적으로 이루어질 경우 위 식에서와 같이  $D$ 의 평균값은  $\frac{n}{2\sqrt{m}}$ , 그리고  $U$  값은  $n(1 - \frac{1}{\sqrt{m}})(\sqrt{m} + 1)$ 에 가까워지게 된다(단  $m$ 은  $k^2$ ,  $k$ 는 양의 정수). [그림 9]는  $n$ -grid 네트워크에서 디폴트 서버가  $m$ 개 중복됐을 경우(그림 6의 예에서는  $m=16$ ), 하나의 중복 디폴트 서버의 정보가 갱신되었을 때 일치성 유지를 위하여 나머지의 중복 디폴트 서버를 갱신하는 과정을 나타내었다.  $n$ -grid 네트워크 [Algorithm 1]을 사용하여  $m$ 개의 디폴트 서버로 중복시키면, 전체 네트워크는 한 변의 길이가  $\frac{n}{\sqrt{m}}$ 인 정사

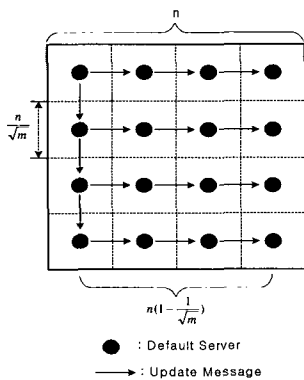


그림 9  $m$ 개의 디폴트 서버가 할당된( $m=16$ )  $n$ -grid 네트워크에서 하나의 디폴트 서버의 정보가 갱신되었을 경우 일치성 유지 과정

각형 모양의  $m$ 개의 지역들로 나뉘어 진다. 이 경우 각 지역의 중점에 중복 디폴트 서버를 할당하면 기지국과 디폴트 서버간의 평균 통신비용( $D$ )은  $\frac{n}{2\sqrt{m}}$ 이 된다. 또한 하나의 디폴트 서버의 정보가 갱신되었을 때 나머지  $m-1$ 개의 중복 디폴트 서버의 정보를 갱신하기 위해서는 평균적으로  $n(1 - \frac{1}{\sqrt{m}})(\sqrt{m} + 1)$ 의 통신비용이 필요하게 된다.

이진 트리 구조 네트워크에서의 중복 서버의 위치는 [그림 8]의 알고리즘에 기반을 두고 할당 될 경우 비용을 최소화시킬 수 있다. 결과적으로 중복 서버의 개수가  $N$ 일 경우, 중복 서버의 위치는 이진 트리에서 루트에서  $(\log_2 N)$ -번째 깊이의 자녀 노드들에 할당된다. 서버의 개수를  $n$ , 디폴트 서버의 중복 개수를  $m$ 이라 할 때, 깊이가  $n$ 인 이진 트리 네트워크에서의 통신비용  $H$ ,  $D^{(Q)}$ ,  $D^{(M)}$ 의 평균값과 디폴트 서버 갱신 비용  $U$ 는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \bar{H} &= 2(n-2) + 2^{2-n} \\ \overline{D^{(Q)}} = \overline{D^{(M)}} &= n - \log_2 m - 1 \\ U &= 2m - 2 \end{aligned}$$

디폴트 서버의 중복 개수가  $m$ 이고 기지국이 이진 트리의 말단노드(leaf node)에만 존재한다고 가정하면, 중복 디폴트 서버는 이진 트리에서  $\log_2 m$ 깊이의 노드에 위치하므로(단, 트리의 루트는 깊이가 0이다), 기지국과 디폴트 서버와의 평균 통신비용( $D$ )은  $n - \log_2 m - 1$ 이다. 또한 하나의 디폴트 서버의 정보가 갱신되었을 때 나머지  $m-1$ 개의 중복 디폴트 서버의 정보를 갱신하기 위해서는 자신을 제외한 모든 노드들을 한번씩 거쳐야 하므로,  $2m-2$ 의 통신비용이 소요된다. 중복된 디폴트 서버의 위치 할당이 효과적으로 이루어질 경우 위 식에서와 같이  $D$ 의 평균값은  $n - \log_2 m - 1$ 이며,  $U$ 의 값은  $2m-2$ 이 된다(단  $m$ 은  $2^k$ ,  $k$ 는 양의 정수).

#### 4. 성능 평가

디폴트 서버를 중복시킬 경우 일치성 유지를 위한 통신비용과 서버 및 데이터 중복에 따른 시간적, 물리적 오버헤드를 부담해야 한다. 본 논문에서는 단일 디폴트 서버를 사용했을 경우와, 디폴트 서버를  $m$ 개 중복시켰을 경우의 통신비용을 분석함으로써 성능 평가를 하였다.  $n$ -grid 네트워크 및 이진 트리 구조에서 중복 디폴트 서버의 성능평가를 위하여 디폴트 서버를 중복하지 않은 경우와  $m$ 개로 중복했을 경우 발생하는 통신비용에 대하여 비교하였다. 또한 셀룰라 망에서 효율적인 위치

관리를 위해 제안된 계층적 FD기법과 본 논문에서 제안하는 최적 중복 디폴트서버 기법의 성능을 수학적 분석을 통하여 비교하였다. 전체 통신비용은 다음과 같이 구할 수 있으며, 아래의 식에서  $C_{LorEorD}$ 는 질의에 대한 비용이며, Query/Migration은 질의 횟수와 이동 호스트의 위치 이동 횟수의 비율이고,  $C_{Migration}$ 은 이동 호스트의 위치 이동에 따른 통신비용을 의미한다.

$$Cost = C_{LorEorD} \times (Query / Migration) + C_{Migration}$$

n-grid 네트워크에서 디폴트 서버를 m개 중복시킬 경우 L query, E query, D query 에서의 이동 호스트의 위치 이동 당 통신비용  $Cost_L$  과  $Cost_{E or D}$ 는 다음과 같다.

$$Cost_L = \frac{n}{\sqrt{m}} (Query / Migration) + \frac{n}{2\sqrt{m}} + n(\sqrt{m} - \frac{1}{\sqrt{m}})$$

$$Cost_{EorD} = \left\{ \frac{n}{\sqrt{m}} + \frac{2(n-1)(n+1)}{3n} \right\} (Query / Migration) + \frac{n}{2\sqrt{m}} + n(\sqrt{m} - \frac{1}{\sqrt{m}})$$

$Cost_L$ 과  $Cost_{E or D}$ 를 아래와 같이 m에 관한 함수로 나타낼 수 있다.

$$C_L(m) = n (Query / Migration - \frac{1}{2}) \frac{1}{\sqrt{m}} + n\sqrt{m}$$

$$C_E(m) = C_D(m) = n (Query / Migration - \frac{1}{2}) \frac{1}{\sqrt{m}} + n\sqrt{m} + \frac{2(n-1)(n+1)(Query / Migration)}{3n}$$

다음과 같이 m에 대하여 미분을 하고

$$\frac{dC_L(m)}{dm} = -n \left\{ \frac{(Query / Migration)}{2} - \frac{1}{4} \right\} \frac{1}{m\sqrt{m}} + \frac{n}{2\sqrt{m}}$$

$$\frac{dC_E(m)}{dm} = \frac{dC_D(m)}{dm} = -n \left\{ \frac{(Query / Migration)}{2} - \frac{1}{4} \right\} \frac{1}{m\sqrt{m}} + \frac{n}{2\sqrt{m}}$$

$\frac{dC(m)}{dm} = 0$ ,  $\frac{d^2C(m)}{dm^2} < 0$ 을 만족하는 m을 구하면,  $m = (Query / Migration) - \frac{1}{2}$  인 순간, cost는 최소가 된다 (단,  $m \geq 1$ ).

[그림 11]은 n-grid 네트워크에서 (Query/Migration) 비율이 5로 고정되고 n의 값이 각각 15, 20, 25인 경우, m의 변화에 따른 L query와 E query의 통신비용을 나타내었다. 위에서 이론적으로 구한 결과의 유용성을 검증하기 위하여 시뮬레이션에 의한 결과와 비교하였다. 사용된 시뮬레이션 환경은 다음과 같다.

- n \* n 네트워크에서 [그림 8]의 알고리즘에 의하여 m개의 디폴트 서버를 할당한다.

- 통신비용은 노드간의 홉수로 계산하며, 인접 노드간의 홉(hop)수는 1이다.
- 질의가 발생했을 경우 디폴트 서버가 할당된 네트워크에서 기지국과 디폴트서버와의 통신비용(홉수)를 측정하여 평균값(D)을 계산한다(그림 10).
- 이동 호스트의 이동(migration)시 디폴트 서버간의 갱신 비용(홉수)이 발생하며, 한번 발생 시의 갱신비용(U)을 측정한다.
- 유선 호스트간의 통신비용 만을 고려하며, 이동 호스트와 기지국간의 무선 통신비용, 디폴트 서버를 중복시킬 경우의 서버의 유지 비용을 고려하지 않는다.
- 디폴트 서버 및 기지국의 결합은 고려하지 않는다.

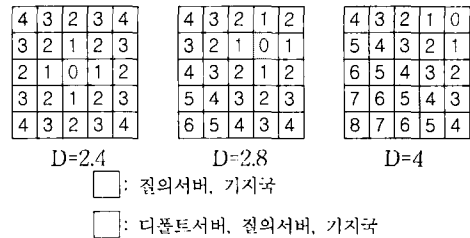


그림 10 n-grid 네트워크에서 디폴트서버와 질의서버간의 통신비용

[그림 11]의 결과에서와 같이 이론적 최적화 중복값  $m = (Query / Migration) - \frac{1}{2} = 4.5$  근처인 m=4인 순간에서 시뮬레이션 결과의 통신비용이 최소화 됨을 알 수 있다. m이 커짐에 따라 D값이 작아지므로 전체 통신비용이 줄어드나, U값이 상승하므로 m의 최적점을 넘으면 전체 통신비용이 오히려 늘어남을 알 수 있다. 즉 최적의 중복 개수는 질의와 이동 호스트의 위치 이동 횟수의 비율에 따라 결정됨을 알 수 있다.

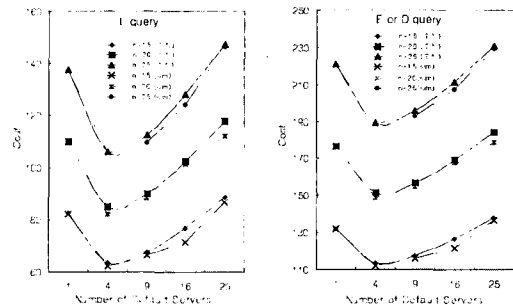


그림 11 n-grid 네트워크에서 L query, E query에 대한 디폴트 중복 개수에 따른 통신비용의 변화 (Query/Migration=5, n=15,20,25)

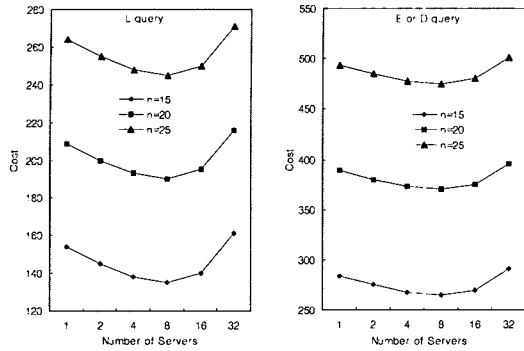


그림 12 이진 트리 네트워크에서 L query, E query에 대한 디폴트 중복 개수에 따른 통신비용의 변화 (Query/Migration=5, n=15,20,25)

깊이가 n인 Binary-tree 네트워크에서 디폴트 서버를 m개 중복시킬 경우 L query, E query, D query에서의 이동 호스트의 위치이동 당 통신비용은 다음과 같다.

$$Cost_L = (2n - 2\log_2 m - 2)(Query / Migration) + n - \log_2 m + 2m - 3$$

$$Cost_{EorD} = (2n - 2\log_2 m - 6 + 2^{2-n})(Query / Migration) + n - \log_2 m + 2m - 3$$

Cost<sub>L</sub>과 Cost<sub>E or D</sub>를 아래와 같이 m에 관한 함수로 나타낼 수 있다.

$$Cost_L(m) = -\{2 (Query / Migration) + 1\} \log_2 m + 2m + 2(n-1)(Query / Migration) + n - 3$$

$$Cost_E(m) = Cost_D(m) = -\{2 (Query / Migration) + 1\} \log_2 m + 2m + (4n - 6 + 2^{2-n})(Query / Migration) + n - 3$$

다음과 같이 m에 대하여 미분을 하고

$$\frac{dCost_L(m)}{dm} = -\{2(Query / Migration) + 1\} \frac{1}{\ln 2} \frac{1}{m} + 2$$

$$\frac{dCost_E(m)}{dm} = \frac{dCost_D(m)}{dm} = -\{2(Query / Migration) + 1\} \frac{1}{\ln 2} \frac{1}{m} + 2$$

$$\frac{dC(m)}{dm} = 0, \quad \frac{d^2C(m)}{dm^2} < 0 \text{을 만족하는 } m \text{ 값을 구하면,}$$

$$m = \frac{2(Query / Migration) + 1}{2 \ln 2} \text{인 순간 cost는 최소가 된다(단, } m \geq 1).$$

[그림 12]는 이진 트리 네트워크에서(Query/Migration) 비율이 5로 고정되고, n의 값이 각각15,20,25인 경우, m의 변화에 따른 L query와 E query에 대한 통신비용을 수식에 의한 결과로 나타내었다. 결과에서 볼 수 있듯이  $m = \frac{2(Query / Migration) + 1}{2 \ln 2}$  (즉,  $m \approx 8$ )에서 최적의 통

신비용을 나타내었다.

[그림 13]은 n-grid 네트워크에서 n이 20으로 고정되고, 디폴트 서버를 각각 1, 4, 9 개로 중복시킨 경우와 optimal한 경우, (Query/Migration) 비율의 변화에 따른 L query 와 E query 에 대한 통신비용을 나타내었고, [그림 14]에서 시뮬레이션을 통한 결과를 나타내었다. [표 1]에서는 n=20인 n-grid 네트워크에서 Query/Migration 비율에 따른 디폴트 서버의 최적 중복도(m)를 나타내었다. 질의에 비해 이동(migration)이 잦은 환경에서는 디폴트 서버의 갱신이 자주 일어나므로, 동기화를 위해 중복된 디폴트 서버를 모두 갱신하는 횟수가 증가한다. 반면 Query/Migration 비율이 증가하면, 디폴트 서버와 질의 서버 및 이동 호스트의 기지국과의 통신의 횟수가 증가하는데, 디폴트 서버를 중복시키면 디폴트서버와의 통신비용(D)가 감소하므로 전체 통신비용을 감소시킬 수 있다. 그러므로 질의가 잦고 이동이 적을수록 디폴트 서버의 중복 개수를 증가시키는 것이 효과적이다.

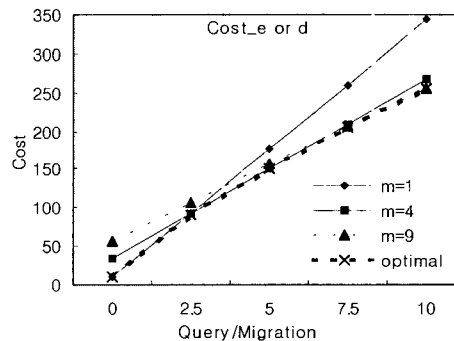
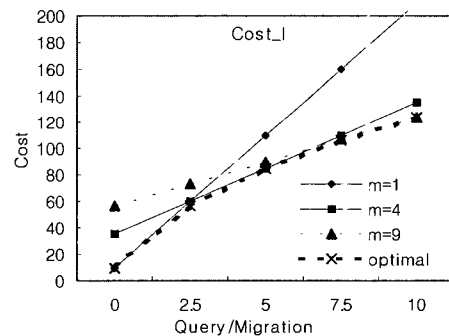


그림 13 n=20인 n-grid network에서 m의 값과 (Query/Migration)비율의 변화에 따른 통신비용 변화의 수학적 분석



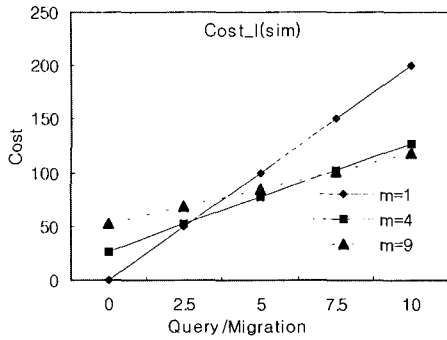


그림 14 n=20인 n-grid network에서 시뮬레이션을 통한 m의 값과 (Query/Migration)비율의 변화에 따른 통신비용의 변화

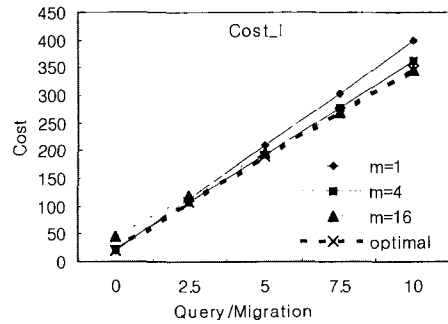
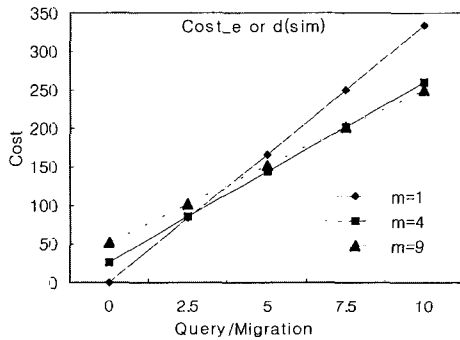


그림 15 깊이가 20인(n=20)인 이진 트리 네트워크에서 m의 값과 (Query/Migration)비율의 변화에 따른 통신비용의 변화

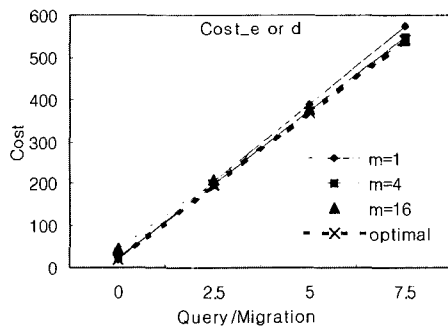


표 1 n=20인 n-grid network에서 Query/Migration 비율에 따른 디폴트 서버의 최적 중복도(m)

Query/Migration	optimal m
1	1
2.5	2
5	4.5
7.5	7
10	9.5

[그림 15]는 이진 트리 네트워크에서 n이 20으로 고정되고, 디폴트 서버를 각각 1, 4, 16개로 중복시킨 경우와 optimal한 경우, (Query/Migration) 비율의 변화에 따른 L query와 E query에 대한 통신비용을 나타낸다. [표 2]에서는 depth가 n인 이진트리 네트워크에서 Query/Migration 비율에 따른 디폴트 서버의 최적 중복도(m)를 나타내었다. n-grid네트워크의 경우와 같이 이진 트리에서도 질의 횟수에 따른 이동호스트의 위치 이동 비율이 증가함에 따라 최적 중복 개수가 증가함을 알 수 있다.

표 2 binary tree network에서 Query/Migration 비율에 따른 디폴트 서버의 최적 중복도(m)

Query/Migration	optimal m
0	1
2.5	4.33
5	7.93
7.5	11.54
10	15.15

[그림 17], [그림 18], [그림 19], [그림 20]은 본 논문에서 제안하는 디폴트서버를 최적 중복도(optimal m)로 중복시키는 기법, 기존의 위치관리 기법인 IS-41과 계층적 FD기법을 사용하여 이동 호스트의 위치관리를 위한 통신비용의 비교분석 결과를 나타내고 있다. IS-41은 II.1에서 설명한 기존의 단일 디폴트 서버기법을 사용하여 위치관리를 하며, 이동 호스트가 이주(migration)했을 경우 디폴트 서버(HLR)에 새로운 위치정보를 갱신해주는 비용과 이주 하기 전의 기존 기지국(VLR)에서 해당 이동호스트의 정보를 제거하는 비용

표 3 n-grid 환경에서 2레벨의 계층적 FD 기법을 위한 파라메터 [13]

파라메터	값	설명
$N_{LR}$	$N_{LR}$	LR의 총 개수
$N_c$	$N_c$	클러스터의 개수
$C_{Level 1}$	1	인접한 Level 1 LR 기지국간의 통신비용
$C_{Level 2}$	$\sqrt{\frac{N_{LR}}{N_c}} C_{Level 1}$	인접한 Level 2 LR 기지국간의 통신비용
$Cost(LR_{Caller}, LR_{Callee})$	$1.33 \times \sqrt{\frac{N_{LR}}{N_c}} C_{Level 1}$	같은 클러스터 내에서 두개의 level 1 LR 기지국간의 평균 통신비용
$Cost(LR_{Caller}, LR_{Callee\_Level2})$ $Cost(LR_{Callee\_Level2}, LR_{Callee})$	$\frac{1}{2} \sqrt{\frac{N_{LR}}{N_c}} \times C_{Level 2}$	같은 클러스터 내에서 level 1 LR 기지국과 level 2 LR 기지국 사이의 평균 통신비용
$Cost(LR_{Callee\_Level2}, LR_{Callee})$	$1.33 \times \frac{\sqrt{N_c}}{2} \times C_{Level 2}$	두개의 level 2 LR 기지국간의 평균 통신비용

이 추가된다[14]. 그러므로  $C_{Migration}$ 의 값은  $2D$ 가 되며, 이때  $D$ 는 기지국과 디폴트 서버간의 평균 통신비용을 의미한다. 성능비교의 공평성을 위하여 최적 디폴트 서버 기법의  $C_{Migration}$ 에도  $D$ 를 추가하여  $2D+U$ 로 설정한 뒤, 분석결과를 산출하였다( $U$ 는 중복 디폴트 서버들을 갱신시키는 비용). 이 경우 최적의 중복도  $m_{Optimal} = Query/Migration$ 으로 나타난다. 또한 IS-41기법의 경우 디폴트 서버가 네트워크의 임의의 지점에 위치한다고 가정하였다.

II.2절에서 설명한 HFD(Hierarchical Fully Distributed) 위치관리 기법은 FD 기법을 개선하여 이동 호스트의 이동에 따른 갱신 비용을 줄일 수 있다[13]. [그림 16]은 n-grid 환경에서 2-계층 FD 기법을 사용한 경우의 예를 나타내고 있으며(Level 2 LR 노드는 각 클러스터의 중앙에 위치), II장 2절에 제시된 비용[13]을 통하여 전체 통신비용을 계산할 수 있다. 통신 파라메터 값들을 [표 3]에 나타내었다.

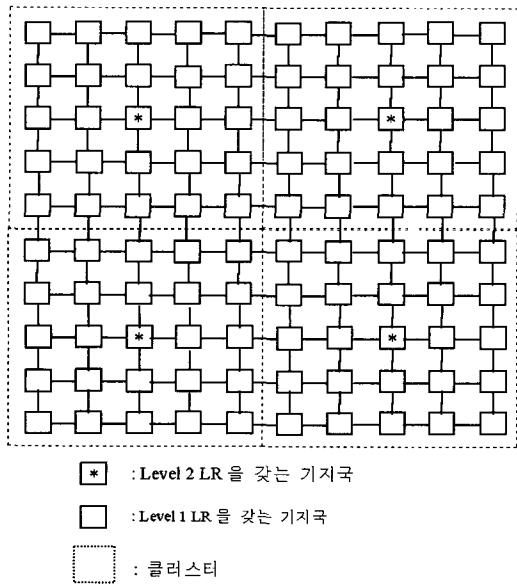


그림 16 N-grid 환경에서 2 레벨의 계층적 FD 기법의 예

[그림 17]은 이동 호스트의 Query/Migration 비율이 변화할 때,  $n=100$ 인  $n \times n$ 의 grid 네트워크에서 기존의 IS-41, 2레벨 계층적 FD 기법, 그리고 본 논문에 제안된 최적 중복도 디폴트 서버기법의 성능 비교를 나타내었다. 계층적 FD 기법은 클러스터의 수( $N_c$ )가 40, 이동 호스트가 같은 클러스터내에서 이동할 확률( $P_{Local Move}$ )을 80%로 가정하였다. 최적 중복도 디폴트 서버 기법에서의 중복도( $m$ )는 Query/Migration 비율과 환경 변수에 따라 비용이 최소가 되는  $m$ 값을 계산하여 사용하였다. Query/Migration 비율이 증가할 경우 HFD 기법과 최적 중복도 디폴트 서버기법의 성능이 좋게 나타남을 알 수 있다. 또한 최적 디폴트 서버 기법의 경우 디폴트 서버를 네트워크의 중점에 위치시키므로, Query/Migration 비율이 1인 경우에도 optimal  $m=1$ 이던 IS-41 기법보다 좋은 성능을 나타내었다.

[그림 18]은  $n=100$ 인  $n \times n$ 의 grid 네트워크에서 계층적 FD 기법의  $P_{Local Move}$ 가 변화할 때, 기존의 IS-41, 2레벨 계층적 FD 기법, 그리고 본 논문에 제안된 최적 중복도 디폴트 서버기법의 성능 비교를 나타내었다. 결과에서와 같이 계층적 FD 기법은  $P_{Local Move}$ 이 적은 환경(이동 호스트가 다른 클러스터로 이주가 빈번한 환경)

에서 통신비용이 증가하는 단점이 있음을 알 수 있다. [그림 19]는  $n \times n$ 의 grid 네트워크에서  $P_{Local Move}=80\%$ ,  $query/migration=7$ ,  $N_c=30$ 으로 고정시키고,  $n$ 의 크기가 변화할 때의 IS-41, HFD, 최적 중복도 디플트 서버기법의 성능 비교 결과를 나타내고 있다.  $N_c$ 가 고정된 경우,  $N$ 의 크기가 커질수록 본 논문의 최적 중복도 디플트 서버기법의 성능이 좋아짐을 알 수 있다. [그림 20]은  $n=100$ 인  $n \times n$  grid 네트워크에서  $query/migration=7$ ,  $P_{Local Move}=80\%$ 으로 고정시키고, HFD기법의 클러스터의 개수( $N_c$ )를 변화시켰을 때의 결과를 나타내고 있으며,  $N_c$ 가 작을수록 HFD 기법의 통신비용이 증가함을 알 수 있다. 이것은  $N_c$ 가 작을수록 클러스터에 포함되는 LR의 수가 많아지므로, 이동호스트가 이주할 경우 갱신비용이 갱신비용이 증가하기 때문이다. 전반적으로 디플트 서버를 최적으로 중복한 경우 가장 적은 통신비용을 나타내었다.

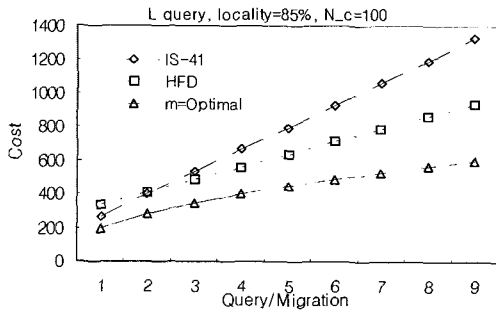


그림 17  $n=100$ 인  $n$ -grid 네트워크에서  $query/migration$  비율의 변화에 따른 IS-41, 계층적 FD 기법, 최적 디플트 서버 중복기법의 성능 비교

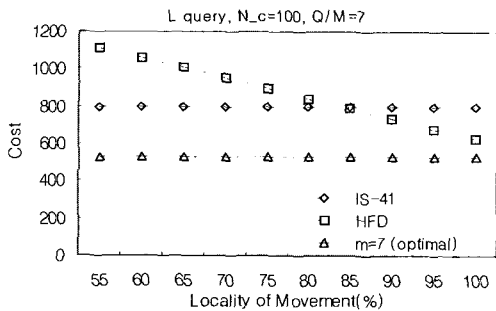


그림 18  $n=100$ 인  $n$ -grid 네트워크에서 계층적 FD 기법의 이동 호스트 이주  $locality(P_{Local Move})$ 의 변화에 따른 IS-41, 계층적 FD 기법, 최적 디플트 서버 중복기법의 성능 비교

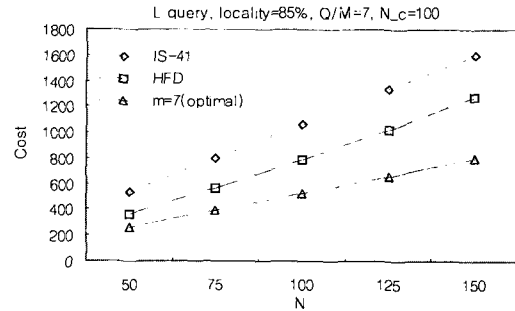


그림 19  $n$ -grid 네트워크에서  $n$ 의 변화에 따른 IS-41, 계층적 FD 기법, 최적 디플트 서버 중복기법의 성능 비교

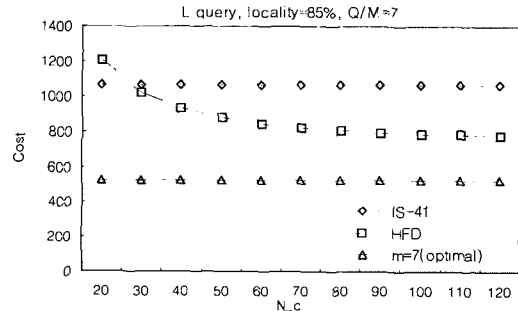


그림 20  $n=100$ 인  $n$ -grid 네트워크에서 HFD기법의 클러스터 개수의 변화에 따른 IS-41, 계층적 FD 기법, 최적 디플트 서버 중복기법의 성능 비교

### 5. 결론

디플트 서버를 중복시킴으로써 기존의 디플트 서버기법에서의 통신 오버헤드와 결합허용성에 대한 문제점들을 경감시킬 수 있다. 디플트 서버기법을 개선한 계층적 FD 기법[13]은 이동 호스트의 이주 성향, 네트워크 망의 크기, 그리고  $query/migration$  비율에 따라 성능의 차이가 크게 달라지는 단점을 갖는다.

디플트 서버를 중복시킬 경우 질의에 대한 통신비용은 감소하였으나 이동 호스트가 다른 기지국으로 이동(migration)할 경우 중복된 디플트 서버들에 대한 갱신 작업이 필요하고 이에 대한 오버헤드가 추가적으로 발생하므로, 중복 디플트 서버의 통신 환경에 따른 최적의 중복 개수를 결정하는 기법이 필요하다. 또한 네트워크의 크기( $n$ )과 중복개수( $m$ )에 따라 통신비용을 최소화시키기 위하여 중복 디플트 서버의 위치를 결정하는 일이 중요하다. 본 논문에서는 최적의 중복 디플트 서버 위치 할

당 알고리즘을 제안하고, Query/Migration비율과 기지국의 수에 따른 최적의 디폴트 서버 중복 개수를 구하고 시뮬레이션을 통하여 유용성을 검증하였다. 실험 결과에 따르면 디폴트 서버의 최적 중복도는 이동 호스트의 위치 이동에 대한 질의의 비율이 큰 경우 즉, 사용자의 이동이 잦지 않을수록 증가됨을 알 수 있다. 그러므로 통신환경의 특성에 따라(이동 패턴, 통신 요청 횟수)에 따라 디폴트 서버의 중복 여부 또는 중복 정도를 적합하게 결정 시킴으로써 이동 호스트의 위치정보 관리 비용을 최소화시킬 수 있다. 차세대 이동통신에서는 글로벌 로밍과 같이 전세계적으로 통합된 서비스가 제공될 예정이며, 다양한 성향(Query/migration 비율, 이동 성향 등)의 사용자들에 대한 서비스가 요구된다. 이런 글로벌 로밍 환경에서 사용자의 성향에 따른 최적 중복도 디폴트 서버 기법의 사용은 위치 정보 검색 및 관리 비용을 줄임으로써 사용자 만족 및 통신망 이용 효율성을 높일 수 있다.

본 논문에서는 이동 호스트 중 호를 받는 쪽(callee)의 성향에 따른 효율적인 위치관리 기법을 제안하였다. 향후로는 질의 빈도나 질의 대상과 같은 호를 거는 쪽(caller)의 성향에 따라 통신비용을 절감 시키는 효율적인 위치 정보 관리 기법(예: 캐쉬 사용)에 대한 연구가 이루어질 예정이다.

### 참 고 문 헌

- [1] M. Satyanarayanan, "Fundamental challenges of mobile computing," ACM Symposium on Principles of Distributed Computing, 1995 (PODC'95 invited lecture).
- [2] Yuguang Fang, Imrich Chlamtac, Hong-Bing Fei, "Analytical Results for Optimal Choice of Location Update Interval for Mobility Database Failure Restoration in PCS Networks," *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, Vol. 11, No. 6, pp. 615-624, June 2000.
- [3] 임성화, 김재훈, 김성수, "모빌 컴퓨팅 환경에서 중복 디폴트서버를 이용한 쿼리 프로세싱 기법의 성능 분석", *한국통신학회논문지*, 제25권 제8A호, pp.1096-1103, 2000년 8월.
- [4] F. Teraoka, Y. Yokote and M. Tokoro, "A Network Architecture Providing Host Migration Transparency," *Proc. of ACM-SIGCOMM'91*, pp. 45-65, 1991.
- [5] M. Tsukamoto, R. kadobayashi and S. Noshio, "Strategies for Query Processing in Mobile Computing," *Mobile Computing*, Kluwer Academic Publishers, pp. 595-620, 1996.
- [6] Harry Harjono, Ravi Jain, and Seshadri Mohan, "Analysis and simulation of a cache based auxiliary location strategy for PCS," in *IEEE Conf. Networks for Personal Communication*, March 1994.
- [7] Joseph S. M. Ho and Ian F. Akyildiz, "Local anchor scheme for reducing location tracking costs in PCNs," *IEEE/ACM Transaction in Networking*, October 1996.
- [8] K. Ratnam, I. Matta, S. Rangarajan, "A Fully Distributed Location Management Scheme for Large PCS," *IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC '2000)*, Antibes, France, July 3-6, 2000.
- [9] A. Tanenbaum, "Distributed Operating Systems," Prentice Hall, 1995.
- [10] G. H. Forman and J. Zahorjan, "The Challenges of Mobile Computing," *IEEE Computer*, Vol. 27, No. 4, pp. 38-47, April 1994.
- [11] E. Pitoura and G. Samaras, "Data Management for Mobile Computing," Kluwer Academic Publishers, 1997.
- [12] 임경식, "이동 컴퓨팅 연구동향", *정보과학회지*, 제 16 권, 제 1호, pp. 7-11, 1998년 1월.
- [13] B. Awerbuch and D. Peleg, "Concurrent online tracking of mobile users," *Proc. ACM SIGCOM '91*, pp. 221-233, 1991.
- [14] E. Pitoura and G. Samaras, "Locating Objects in Mobile Computing," *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, Vol. 13, No. 4, July/August 2001.
- [15] Uyless Black, "Mobile and Wireless Networks," Prentice Hall, Inc., 1996.



김 재 훈

1984년 서울대학교 제어계측공학과(학사). 1993년 Indiana University, Computer Science(석사). 1997년 Texas A&M University, Computer Science(공학박사). 1984년 ~ 1991년 대우통신(주) 컴퓨터 연구실 팀장. 1995년 ~ 1997년 Texas A&M University, Graduate Research Assistant. 1997년 ~ 1998년 삼성전자(주) 컴퓨터시스템팀 수석연구원. 1998년 ~ 현재 아주대학교 정보 및 컴퓨터공학부 조교수. 관심분야는 분산시스템, 실시간시스템, 이동컴퓨팅



임 성 화

1999년 아주대학교 정보 및 컴퓨터 공학부 졸업(학사). 2001년 아주대학교 정보통신전문대학원 졸업(석사). 2001년 ~ 현재 아주대학교 정보통신전문대학원 박사과정. 관심분야는 이동컴퓨팅, 실시간 시스템, 결합허용 시스템