

# 모바일 컴퓨팅 환경에서 중복 디폴트서버를 이용한 쿼리프로세싱 기법의 성능 분석

○임성화, 김재훈

아주대학교 정보 및 컴퓨터 공학부

## Performance Analysis of Default Server Replication Strategy for Query Processing in Mobile Computing

○Lim, Sung-Hwa, Kim, Jai-Hoon

School of Information and Computer Engineering  
Ajou University

### 요약

모바일 컴퓨팅에서는 모바일 호스트의 위치와 상태관리를 위하여 디폴트 서버기법이 널리 사용되는데, 모바일 호스트로 전송되는 데이터는 먼저 디폴트 서버로 보내진 후 다시 모바일 호스트가 위치하는 로컬 서버로 전송된다. 디폴트 서버기법에 기반을 둔 SDN(Single Default Notification)기법에서는 클라이언트가 모바일 호스트와의 연결요청을 하면 쿼리 서버를 통해 해당 디폴트 서버에 모바일 호스트의 위치 및 상태를 문의한 후 통신이 이뤄진다. 그러나 쿼리횟수가 많고 디폴트 서버와의 거리가 멀거나 기지국의 수가 많은 경우 디폴트 서버와의 통신 오버헤드가 커지며, 디폴트 서버에 결함이 발생할 경우 해당 모바일 호스트와의 연결이 불가능해진다. 본 논문에서는 위와 같은 문제점을 해결하기 위해 디폴트 서버와의 통신 비용을 줄이기 위한 디폴트 서버 중첩 기법을 제안한다.

## 1 서론

최근 이동 통신과 컴퓨터 하드웨어 기술 발달로 HPC 나 팜탑과 같은 휴대용 컴퓨터를 이용한 모바일 컴퓨팅이 가능하게 되었다. 모바일 컴퓨팅은 사용자가 언제 어디서라도 서비스를 받을 수 있는 장점을 가지고 있으며, 특히 사용자의 위치를 기준으로 한 지역검색 서비스(예: 가까운 병원이 어디인가)와 같은 기존의 유선 환경에서 지원할 수 없던 기능을 제공 받을 수 있다. 그러나 모바일 컴퓨팅은 사용자가 계속 이동한다는 점, 서버와의 연결이 무선으로 이루어 졌다는 점, 그리고 사용자가 모바일 호스트를 휴대한다는 점에서 여러가지 제한점을 갖고 있다[1,2,3]. 모바일 컴퓨팅에서는 이동 호스트의 위치 정보 관리를 위해 디폴트 서버를 두어 지속적으로 이동 호스트의 정보를 관리하게 하는 SDN(Single Default Notification) 기법이 널리 사용된다[5]. 이동 호스트가 다른 기지국으로 이동할 경우 디폴트 서버로 위치 이동이 전달 되는 방법으로 이동 호스트의 정보가 관리 되는데, 다른 클라이언트로부터 이동 호스트로 통신 요구가 발생할 경우 디폴트 서버를 통해 이동 호스트가 위치하는 기지국과 통신을 할 수 있다. 이 경우 기지국의 수가 많은 경우 하나만의 디폴트 서버를 사용하게 되면 이동 호스트에 대한 통신 요구 및 이동 호스트의 이동 시 모든 정보가 하나의 디폴트 서버를 거쳐야 하므로 많은 통신 비용 및 디폴트 서버에 대한 과부하가 예상된다. 특히 디폴트 서버가 결함에 의해 정지했을 경우 통신이 불가능한 상황도 가능한다. 이 경우 디폴트 서버를 중복 시킴으로써 위와 같은 문제점들을 경감시킬 수 있다. 본 논문에서는 기존의 SDN 기법을 개선하여 디폴트 서버를 중복시키는 기법을 제안하며, 기존 기법과의 비교를 위하여 모바일 호스트의 위치 이동 및 쿼리에 따른 통신비용에 대한 성능을 평가하였다.

## 2 관련연구

모바일 컴퓨팅에서는 이동성을 지원하기 위해 사용자의 위치 및 상태에 관한 정보를 서버가 실시간으로 제공할 수 있어야 하는데, 이 경우 사용자의 정보를 알려주는 방법에 따라 위치정보 등록기능과 검색기능으로 나뉜다. 위치정보 등록기능은 이동 호스트가 다른 기지국으로 이동할 때마다 위치정보를 등록하면 이동성 관리를 위한 네트워크 트래픽이 증가하지만 나중에 위치정보를 검색하는데 필요한 노력은 적게 든다. 반면에 위치정보 검색기능은 이동 호스트가 다른 기지국으로 이동할 경우 위치정보를 등록하지 않고, 이동호스트에 데이터를 보내야 할 경우에 이동 호스트를 찾는 방법이다. 이 두 가지 방법은 이동 호스트의 이동성과 데이터 트래픽 량에 따라 다른 성능을 보이므로, 환경에 따라 적절한 위치정

보 관리방식을 결정하여야 한다[6,7].

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) 기법이 있다[4][5].

### 2.1 단일 디폴트 서버 기법[5]

기지국은 셀 내에 위치하는 이동 호스트들에게 여러가지 정보를 얻기 위해 쿼리 패킷을 보낼 수 있는데, 이동 호스트의 정보에 관한 쿼리의 종류는 다음과 같다.

L 쿼리 : 이동 호스트의 위치에 대한 정보를 갖는다.

E 쿼리 : 이동 호스트의 상태를 나타내며 즉 이동 호스트가 켜졌는지에 대한 정보를 포함한다.

D 쿼리 : 이동 호스트에 대한 여러가지 정보를 갖는다.

디폴트 서버 기법에 기반을 둔 모바일 통신 프로토콜로는 SDN(Single Default Notification) 또는 WDN(double Default Notification)기법이 있는데, [그림 1] 에서와 같은 네트워크 구조를 갖는다[5]. 모바일 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 쿼리 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 이루어 지도록 한다. SDN 기법은 이동 호스트가 이동할 경우(migration)와 L 쿼리, E 쿼리, 그리고 D 쿼리시에 다음과 같은 통신 부하를 갖는다.  $C_{Migration}$  은 이동 호스트가 다른 셀로 이동했을 경우의 통신 비용이며,  $C_L$ ,  $C_E$ ,  $C_D$  는 각각의 쿼리에 따른 통신 비용이다.  $D^{(M)}_{fi}$  는 기지국  $f$  와 디폴트 서버  $m(i)$  간의 통신비용이고,  $D^{(Q)}_{ai}$  는 쿼리서버  $a$  와 디폴트서버  $m(i)$ 간의 통신 비용이며,  $H_{cf}$ 는 쿼리서버  $a$  와 기지국  $f$ 간의 통신 비용이다(클라이언트와 디폴트서버, 기지국과 이동호스트간의 통신비용은 생략되었다).

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

$$C_L = 2D_{a,i}^{(Q)}$$

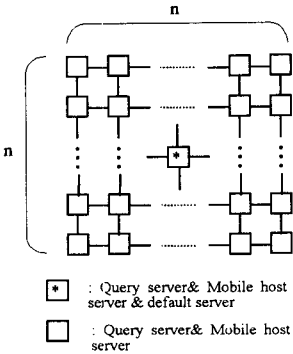
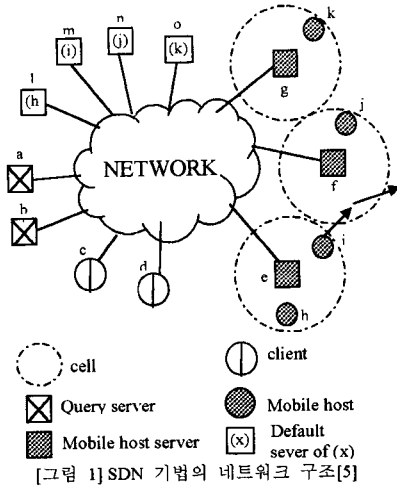
$$C_E = D_{a,i}^{(Q)} + D_{f,i}^{(M)} + H_{a,f}$$

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

실제로 [그림 2] 과 같은  $n \times n$ 의  $n$ -grid 구조에 적용하였을 때의 통신비용  $D$ 와  $H$ 의 평균값은 다음과 같이 계산할 수 있다[5].

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

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



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

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

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

$$\frac{D^{(Q)}}{D^{(M)}} = \frac{n}{2} : n \text{은 짝수}$$

그러나 디폴트 서버가 하나이면 기지국의 수가 많고 이동 호스트가 멀리 떨어져 있을 경우, 통신 연결 요청 때마다 멀리 떨어진 디폴트 서버를 거쳐야 하므로 통신 비용이 많이 소요된다. 또한 통신 연결 요청이 빈번하고 통신 트래픽이 많으면 디폴트 서버에 과부하가 걸릴 수 있으며, 특히 디폴트 서버에 결함이 발생할 통신이 두절될 가능성도 있다. 그러므로 위와 같은 문제점을 해결하기 위해 디폴트 서버를 중복 시킬 수 있는데, 3 장에서는 디폴트 서버를 중복 시키는 기법을 소개하고 중복 기법을 이용한 경우의 쿼리 프로세싱의 성능 평가를 하였다.

### 3 중복 디폴트 서버 기법

디폴트 서버와 모바일 호스트 서버, 그리고 쿼리 서버간의 통신비용을 줄이기 위해서는 디폴트 서버를 중복시키는 방법이 효과적이다. 기존의 SDN 기법을 개선하여 디폴트 서버를 네개로 중복시킬 경우의 통신비용( $C_{Migration}$ ,  $C_L$ ,  $C_E$ ,  $C_D$ )은 다음과 같다.

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

$$C_L = 2D_{i,i}^{(Q)}$$

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

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

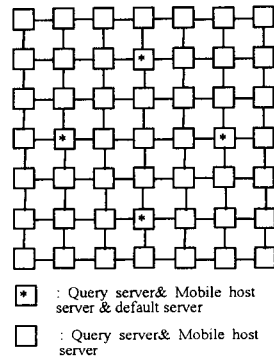
모바일 호스트가 기지국으로 이동했을 경우 해당 기지국은 가장 가까운 디폴트 서버로 변경내용을 전송하게 되는데, 전송을 받은 디폴트 서버는 중복된 디폴트 서버들의 일치성을 유지하기 위하여 각각의 내용을 갱신 시킨다. 이 경우 디폴트 서버에서 디폴트 서버로의 데이터 전송으로 인한 통신 비용( $U$ )이 추가된다. 그러나 디폴트 서버의 내용을 변경하지 않는 작업들(L query, E query, D query)의 경우, 내용 변경에 따른 갱신작업이 필요하지 않으며 중복된 디폴트 서버들 중 가장 가까운 서버로부터 서비스를 받을 수 있으므로 통신비용을 최소화 시킬 수 있다.

중복 디폴트 서버기법을  $n$ -grid 네트워크 구조에서 구현할 경우의 예로,  $7 \times 7$  네트워크의 구조를 [그림 3]에 나타내었다.  $n \times n$  네트워크의 통신비용( $C_{Migration}$ ,  $C_L$ ,  $C_E$ ,  $C_D$ )을 위한  $D$ ,  $H$ , 그리고 중복된 디폴트 서버의 갱신비용  $U$ 의 평균값을 구하면 다음과 같다.

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

$$\frac{D^{(Q)}}{D^{(M)}} = \frac{n}{4}$$

$$U \approx \frac{3n}{2}$$



또한 중복서버 기법을 이진 트리에 적용하여도 성능향상을 기대할 수 있는데, [그림 4]와 같은 구조로 디폴트 서버를 중복 시키면 다음과 같이 통신비용을 구할 수 있다. 디폴트 서버의 중복정도가 높을수록 디폴트 서버 갱신에 따른 통신비용( $U$ )가 높아지므로, 쿼리횟수는 많고 모바일호스트의 위치이동은 적은 경우에 적합함을 예상할 수 있다.

- 디폴트 서버를 두개로 중복 시킬 때

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

$$\frac{D^{(Q)}}{D^{(M)}} = \frac{n-2}{2}$$

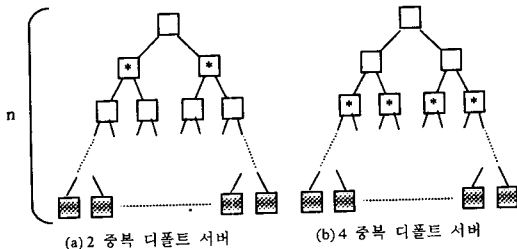
- 디폴트 서버를 네개로 중복 시킬 때

$$U = 2$$

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

$$\frac{D^{(Q)}}{D^{(M)}} = n-3$$

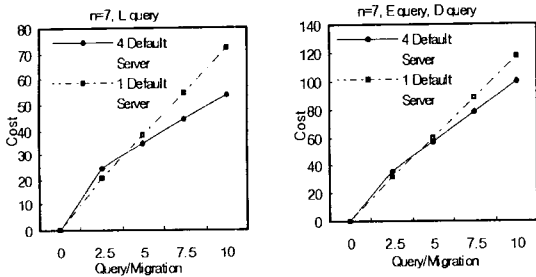
$$U = 6$$



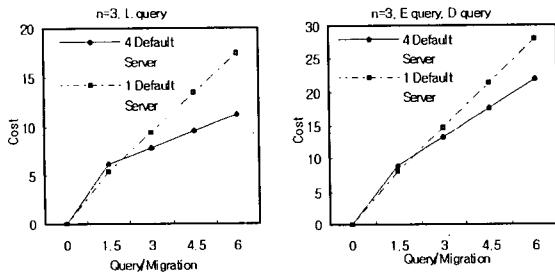
[그림 4] 이진 트리에서의 중복 디폴트 서버 구조  
 □ : Default server for all mobile hosts  
 ■ : Query server & mobile host server

4 성능평가

중복 디폴트 서버의 성능평가를 위하여 디폴트 서버를 중복하지 않은 경우와 4 개로 중복 했을 경우 발생하는 통신비용에 대하여 비교하였다. N 이 3 인 경우와 N 이 7 인 경우에 대하여 각각 L 쿼리, E 쿼리, D 쿼리에서의 모바일 호스트의 위치이동 당 통신비용을 비교하였다[그림 5],[그림 6].  
 결과에서처럼 쿼리횟수에 대하여 모바일 호스트의 위치이동이 잦은 상황에서는 디폴트 서버간의 내용 갱신에 의한 추가적 통신 오버헤드로 통신비용이 오히려 증가하였지만, 쿼리횟수가 증가함에 따라 쿼리에 따른 디폴트 서버의 액세스를 위한 통신비용이 상대적으로 줄어들므로 전체적으로 적은 통신비용을 나타내었다.

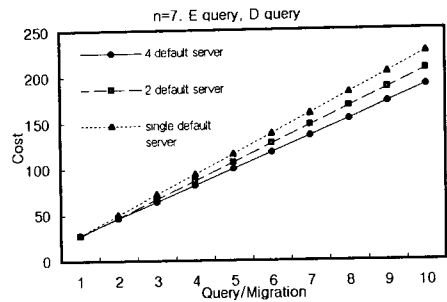
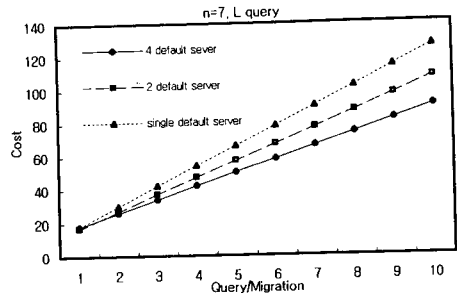


[그림 5] n=7 일때 n-grid 에서 디폴트 서버의 중복에 따른 쿼리의 통신비용



[그림 6] n=3 일때 n-grid 에서 디폴트 서버의 중복에 따른 쿼리의 통신비용

[그림 7] 은 n=7 인 이진 트리 구조에서 디폴트 서버를 중복하지 않은 경우와 2 개로 중복시킨 경우, 그리고 4 개로 중복시킨 경우에 대한 통신 비용의 그래프 이다. 트리 구조[그림 4]에서는 디폴트 서버를 중복시킨 경우 갱신 비용(U)에 비해 디폴트 서버와 모바일 호스트 서버 또는 쿼리 서버와의 통신비용의 감소폭이 훨씬 크므로, 전체적으로 좋은 성능을 나타내었다.



[그림 7] n=7 일때 이진 트리구조에서 디폴트서버의 중복에 따른 쿼리의 통신비용

5 결론 및 향후계획

디폴트 서버 기법에 기반을 둔 SDN 기법은 기지국의 수가 많고 통신 트래픽과 쿼리가 많은 경우, 멀리 떨어진 디폴트 서버와의 잦은 통신으로 불필요한 통신 비용이 추가되며 디폴트 서버에 결함이 발생할 경우 서비스를 받을 수 없는 문제점이 있다. 그러므로 디폴트 서버를 중복하는 방법을 생각할 수 있는데, 이 경우 쿼리에 대한 통신 비용은 급격히 감소 하였으나 이동 호스트가 다른 기지국으로 이동할 경우(migration) 중복된 디폴트 서버들에 대한 갱신 작업이 필요하므로 이에 대한 오버헤드가 추가적으로 발생하였다. 그러므로 디폴트 서버의 중복은 이동 호스트의 위치 이동에 대한 쿼리의 비율이 큰 경우 즉, 사용자의 이동이 잦지 않은 환경에서 적합함을 알 수 있었다. 그러므로 통신환경의 특성에 따라(이동 패턴, 통신 횟수)에 따라 디폴트 서버의 중복 여부 또는 중복 정도가 적합하게 결정되어 한다. 향후계획으로는 디폴트 서버의 중복 정도 및 중복위치를 환경에 따라 최적화 시킴으로써 적용적인 디폴트 서버 중복기법을 연구할 예정이다.

참고문헌

- [1] G. H. Forman and J. Zahorjan, "The Challenges of Mobile Computing," IEEE Computer, V 27, N 4, April 1994, pp. 38-47.
- [2] E. Pitoura and G. Samaras, "Data Management for Mobile Computing," Kluwer Academic Publishers, 1997.
- [3] M. Satyanarayanan, "Fundamental challenges of mobile computing," ACM Symposium on Principles of Distributed Computing, 1995 (PODC'95 invited lecture).
- [4] F. Terakoa, 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] 임경식, "이동 컴퓨팅 연구동향," 정보과학회지, 제 16 권, 제 1 호, 1998 년 1 월, pp. 7-11.
- [7] B. Awerbuch and D. Peleg, "Concurrent online tracking of mobile users," Proc. ACM SIGCOM '91 pp. 221-233, 1991.