

이동 컴퓨팅 연구동향

한국전자통신연구원 임경식

1. 서 론

최근 휴대형 컴퓨터와 무선통신 기술의 급속한 발달로 인하여 사용자에게 언제, 어디서나 필요한 컴퓨팅 환경을 제공하기 위한 이동 컴퓨팅에 관한 연구가 세계적으로 활발히 진행되고 있다. 이동 컴퓨팅의 이상적인 목표는 유선망, 무선 랜, 공중 무선망으로 구성된 유무선 복합망에서 휴대 단말을 가지고 이동중인 사용자에게 유선망에 연결된 고정 단말을 사용할 때와 거의 같은 수준의 서비스를 제공하는 데 있다. 이러한 이동 컴퓨팅 환경을 구축하기 위해서는 다양한 분야의 기술을 필요로 하지만, 크게 세 가지로 구분하면 휴대 단말, 무선망, 그리고 이동성 기술로 나눌 수 있다[1~7].

일반적으로 휴대 단말은 고정 단말과는 달리 CPU 처리능력이 낮고 저장용량이 작으며 전지수명이 짧다. 이렇게 제한된 CPU 처리능력과 저장용량을 갖는 휴대 단말의 문제점을 해결하기 위한 일반적인 접근방식으로는 wireless I/O and wired computation을 들 수 있다. 이는 입출력과 관련된 간단한 작업(예를 들면, 펜이나 음성 입력)은 휴대 단말에서 수행하고, 복잡한 계산이 필요한 작업(예를 들면, 펜이나 음성 인식)은 유선망에 연결된 서버에서 수행하여 그 결과를 되돌려 받는 것을 의미한다. 그러나 더욱 근본적인 문제는 1992년부터 향후 10년간 전지수명이 20%정도 밖에 증가하지 못할 것이라는 짧은 전지수명에 있다[8]. 따라서 전지수명의 증가속도가 느린 것을 보완하기 위한 여러 가지 기술이 개발되고 있는데, 대표적인 방법으로는 휴대 통신장치에서의 전력소모

를 최소화하는 방법, 빈번하고도 널리 사용되는 데이터를 브로드캐스트하여 데이터 전송횟수를 줄이는 방법, 데이터 변화를 예측하여 데이터 처리작업을 지연시키는 방법, 그리고 효율적인 데이터 압축기술을 이용하여 전송되는 데이터의 양을 줄이는 방법 등을 들 수 있다 [7].

한편, 현재 인터넷과 ATM 기반의 고속 유선망에서도 멀티미디어 데이터 서비스에 관련된 연구들이 활발하지만, 무선분야에서도 이에 대한 연구가 이미 상당한 수준으로 진행되고 있다. 대표적인 것으로는 현재 상용화되어 있는 디지털 이동통신 시스템과 개인 휴대통신 시스템에서 텍스트 혹은 작은 크기의 정지화상 서비스를 제공하려는 시도와 2GHz 대역의 주파수를 가지고 2Mbps까지의 데이터 전송률로 유선망에서와 같은 수준의 데이터 서비스를 제공하기 위한 IMT-2000시스템에 관한 연구이다. 또한 155Mbps 속도의 무선 데이터 전송이 휴대 단말까지 가능하도록 하는 Wireless ATM에 관한 연구와 더불어 MMDS(Multichannel Multipoint Distribution Service)와 LMDS(Local Multipoint Distribution Service)로 대변되는 무선 CATV에 관한 연구가 한창이다. 더 나아가 글로벌스타, 이리돔, 오디세이 등과 같은 중궤도 혹은 저궤도 위성을 이용하여 데이터 서비스를 제공하려는 연구도 활발히 진행 중이다.

그러나, 일반적으로 무선망은 유선망과는 달리 낮은 대역폭, 낮은 데이터 신뢰성, 높은 전송 지연시간이란 상이한 특징을 가지기 때문에, 이동 컴퓨팅 환경의 하부구조를 구성하는

유무선 복합망상에서 휴대 컴퓨터의 이동성을 보장하면서 서비스의 신뢰성을 제공하기 위해서는 해결해야 할 많은 문제들이 있다. 본 논문에서는 이를 위한 주요 연구 분야인 이동 컴퓨터 네트워킹, 이동 정보 서비스, 이동 파일 시스템에 대하여 살펴본다.

2. 네트워크 계층

네트워크 계층에서 이동성을 지원하기 위해서는 시스템 내에서 위치정보를 관리해야 한다. 위치정보의 관리는 기본적으로 위치정보 등록기능과 검색기능을 이용하여 이루어지는데, 이들 기능을 어느 정도로 조합하느냐에 따라서 위치정보 관리방식이 결정된다. 두 가지 극단적인 예를 들면, 이동 호스트가 다른 기지국으로 이동할 때마다 위치정보를 등록하면 이동성 관리를 위한 네트워크 트래픽이 증가하지만 나중에 위치정보를 검색하는데 필요한 노력은 적게 들게 된다. 반대로 이동 호스트가 다른 기지국으로 이동하더라도 위치정보를 전혀 등록하지 않으면 이동성 관리를 위한 네트워크 트래픽은 발생되지 않지만 나중에 위치정보를 검색할 때 전체 시스템에 대하여 검색작업을 수행해야 한다. 따라서 호스트의 이동 패턴과 데이터 전송 패턴에 따라서 적절한 위치정보 관리방식을 결정하여야 한다[9, 10].

일반적으로 하나의 위치정보 서버는 제한된 용량을 가지고 있으므로, 시스템에 적합한 하나의 위치정보 관리방식이 결정되고 나면 여러대의 위치정보 서버를 계층적으로 구성하여 전체 위치정보 시스템을 구축하게 된다. 이때 전체 시스템의 위치정보 관리 비용을 최소화할 수 있도록 위치정보 서버를 최적으로 할당하는 방법에 대한 보다 많은 연구가 요구되는데, 이에 대한 노력의 하나로 기지국 사이에서의 호스트 이동 패턴과 데이터 전송 패턴이 주어진 경우에 전체 시스템 비용을 최소화하기 위한 위치정보 서버의 최적 할당 방법에 대한 연구가 있다[11].

이렇게 위치정보를 표현하고 관리하는 방법에 따라 다양한 mobile IP 프로토콜이 개발될 수 있는데, 초기의 mobile IP 프로토콜들은 IP

option을 사용하는 방법과 IP encapsulation을 사용하는 방법으로 크게 분류된다. 전자에 속하는 대표적인 프로토콜은 virtual internet protocol (VIP)[12]와 IP loose source routing option을 사용하는 프로토콜[13]이 있다. 후자에 속하는 대표적인 프로토콜로는 IP-within-IP(IPIP)[14]와 internet packet forwarding protocol[15]이 있다. 이러한 프로토콜들을 기본으로 하여 최근에는 Internet Engineering Task Force(IETF)에서 RFC2002에서 RFC 2006까지의 제안서[16~18]에 대하여 표준화가 활발히 진행중이다. 위치정보 관리 측면에서 보면, 인터넷에서 호스트 이동성을 지원하기 위한 mobile IP는 home agent와 foreign agent로 구성된 2계층 위치정보 서버 구조를 가지고 있으며 호스트가 다른 기지국으로 이동할 때마다 위치정보를 등록하는 방식에 기반을 두고 있다.

그러나 호스트의 이동성을 IP 계층에서 지원한다는 것은 여러 가지 부정적인 면도 내포하고 있다. 그중의 하나로서 인터넷을 구성하고 있는 하부 네트워크들은 각각 서로 다른 네트워크 크기, 대역폭, 프로토콜을 가지고 있어서 이동 속도가 빠른 호스트의 위치정보를 추적할 수 있을 정도의 네트워크 성능을 기대하기가 어렵다는 점을 들 수 있다. 또한 일련의 중간 라우터에 있는 mobile IP 프로토콜의 처리 부담으로 인하여 네트워크 지연시간이 길어질 수가 있으며, IP option을 사용하여 이동성을 지원할 경우 IP option을 구현하지 않은 기존의 호스트 및 라우터와 실질적인 호환성이 없게 된다. 더욱이 인터넷을 구성하는 네트워크들은 다른 관리 정책하에서 운용되기 때문에 전체 시스템을 효율적으로 관리하고 최적화 시키기가 어렵다. 아직도 이러한 단점들을 해결하기 위한 노력이 요구되고 있는데, 대표적인 것으로 셀룰러 패킷 스위치(cellular packet switch)[19]와 가상 셀 시스템(virtual cell system)[20]이 있다.

호스트 이동성은 멀티캐스트 프로토콜에도 성능저하의 중요한 요인으로 작용한다. 이는 셀 사이를 움직이는 이동 호스트가 멀티캐스트 메시지를 다른 셀들에서 중복해서 받거나 전혀

받지 못할 확률이 높아지기 때문이다. 따라서 멀티캐스트 메시지를 이동 호스트가 정확하게 한번 받거나 적어도 한번은 받도록 보장하기 위한 다양한 연구가 진행되고 있는데, 이는 같은 그룹에 포함된 이동 호스트들이 속한 기지국들의 집합을 어떻게 효율적으로 관리할 수 있느냐에 달려 있다[21~23].

3. 전송 계층

유선 선로와 무선 선로의 상이한 특성과 컴퓨터의 이동성은 이동 호스트와 고정 호스트사이의 흐름 제어와 폭주 제어를 더욱 어렵게 만든다. 상대적으로 데이터 손실율(error rate)이 낮은 유선망을 고려하여 설계된 TCP는 패킷 손실의 주요 원인을 망 폭주(network congestion)라고 가정하고 동작한다. 그러나, 유무선 복합망에서의 패킷 손실은 주로 무선 선로의 높은 데이터 손실율과 핸드오프 과정에서 이동 호스트가 acknowledgement를 제대로 발생시킬 수 없을 때 발생한다. 따라서 유무선 복합망에서의 흐름 및 폭주 제어 방식은 이러한 패킷 손실의 원인을 구별하여 각각에 알맞은 제어 방식을 개발해야 하는 어려움이 따른다.

이를 위해서는 TCP를 확장하거나 새로운 프로토콜을 개발할 수도 있는데, 이는 기존 TCP와 호환성이 결여되므로 현실성이 없다. 따라서 기존 TCP와의 호환성을 유지하면서 무선 선로의 특성을 반영할 수 있는 하나의 방법으로 Indirect TCP(I-TCP) [24]에 관한 연구가 있다. I-TCP는 고정 호스트와 이동 호스트 사이에 형성된 하나의 연결을 이동 호스트가 속한 기지국을 기준으로 유선 연결과 무선 연결로 나눈다. 이때 유선 연결을 위해서는 기존의 TCP를 그대로 사용하고, 무선 연결은 무선 선로의 특성을 반영한 수정된 TCP를 사용한다. 이는 이동 호스트에는 새로운 무선 TCP가 사용된다는 것을 의미한다. I-TCP는 이동 호스트가 중첩되지 않은 셀(cell)간에 이동하거나 송신자와 수신자의 거리가 멀수록 기존의 TCP보다 훨씬 좋은 성능을 보여준다.

이와는 대조적으로 Berkeley 대학에서 제안

된 snoop TCP[25]는 기지국의 라우팅 코드를 수정하여 이와 같은 문제를 해결하고 있다. 이는 기존의 TCP를 이동 호스트에서 그대로 사용할 수 있다는 것을 의미한다. 기지국은 지나가는 모든 패킷을 감시하고 있다가 이동 호스트로부터 acknowledgement를 아직 받지 못한 패킷을 발견하면 저장한다. 그 후에 손실이 감지되면 기지국은 유선 연결상에서 망 폭주 제어 알고리즘이 동작되는 것을 막기 위하여 고정 호스트에 acknowledgement를 보내지 않고 이동 호스트와 직접 재전송하여 신뢰성을 보장한다.

4. 상위 계층

이러한 연결 분리의 개념은 http, ftp, RPC 등과 같은 상위 계층 프로토콜에도 비슷하게 적용될 수 있다. 호스트가 http로 서버에 있는 WWW 홈 페이지를 열람하기 위해서는 여러 개의 TCP 연결이 필요한데, 하나의 TCP 연결을 위해서 3-way 연결설정 과정과 4-way 연결해제 과정을 거치게 된다. 유선 환경에서 사용하는 이러한 방법을 무선 환경에서 그대로 사용하는 것은 무선 선로의 특성을 고려할 때 상당한 무리가 따르게 된다. 이를 해결하기 위한 하나의 방법으로는 기지국을 프록시(proxy)로 만들어서 이동 호스트의 동작을 대행하도록 하는 것이다. 다시 말하면, 이동 호스트와 기지국간은 하나의 http 무선 연결을 사용하고, 기지국과 서버사이는 여러 개의 TCP 유선 연결을 사용하도록 기지국이 중간에서 완충 작용을 하도록 하는 것이다. 따라서 클라이언트-서버 모델을 따르는 기존의 상위 계층 프로토콜들은 클라이언트-프록시-서버 모델을 따르는 프로토콜로 수정되어야 한다. 이 새로운 모델에서의 주요 연구 대상은 세션 도중에 이동 호스트가 다른 셀로 옮겨가는 handoff 문제와 이때의 authorization, security 문제 등이 있다. Mobile RPC(M-RPC)[26]도 I-TCP와 같이 연결 분리의 개념을 도입한 좋은 예이다. 이와는 대조적으로 MOWGLI[27]와 Rover의 queued RPC(Q-RPC)[28]에서는 단대단(end-to-end) 투명성을 지원하는데, 이동 컴퓨팅 환경

에서 완전한 단대단 투명성이 항상 바람직한 것은 아니므로 데이터 전송이 실패할 경우에 응용이 직접 참여할 수 있는 API(application programming interface)를 제공한다.

5. 정보 서비스

이동 정보 서비스는 유선망에서의 정보 서비스와는 달리 해결해야 할 여러 가지 문제점들을 가지고 있다. 대표적인 연구 분야로는 다양한 특성을 갖는 유무선 복합망 환경에서 연동성을 보장하고 서비스의 적응성을 제공하는 문제, 이동 단말이 데이터를 송수신하는데 필요로 하는 전력 소모를 최소화하는 문제, 정보 서비스를 받는 도중에 단말이 이동할 경우 서비스의 이동성을 지원하는 문제, 무선 선로의 특성으로부터 발생하는 간헐적인 연결 단절을 해결하는 문제 등을 들 수 있다. 따라서 이동 정보 서비스의 성패는 유선망에 연결된 서버에 있는 다양한 정보를 얼마나 효율적으로(위에서 언급된 문제점들을 해결하거나 완화할 수 있는 방법으로) 이동 단말에게 전달할 수 있느냐에 달려 있다.

유선망에서의 정보 서비스도 클라이언트-서버 모델(provide on demand)을 기반으로 발전해 오다가 최근에는 여러 가지 브로드캐스트 정보 서비스 기술들이 도입되고 있지만, 무선망에서도 무선 선로의 특성상 브로드캐스트 또는 멀티캐스트 정보 서비스는 상당한 이점을 가지고 있다. 그 예로서 여러 사용자에게 의해 자주 이용되는 정보를 서버에서 브로드캐스트하고 이동 단말들은 자신이 아직 요청하지는 않았지만 당장 필요한 또는 곧 필요할 정보를 미리 받아두는 것이다. 이는 이동 단말들이 공동으로 필요한 정보를 제각기 요청하는 것을 줄임으로써 부족한 이동 단말의 전력 사용과 무선 대역폭의 사용을 줄일 수 있다.

또한 서비스의 이동성과 적응성을 지원하기 위해서도 현재의 정보 서비스 기술에서 해결해야 할 문제점이 많이 있다. 첫째는, 이동 컴퓨팅 환경하에서는 이동 단말에게 위치 의존적인 정보를 제공할 필요성이 증대되므로, 필요한 정보가 있는 서버의 위치를 정확히 알고 있어

야 하는 현재의 정보 서비스는 부적절하다. 둘째는, 이동 단말이 위치한 셀들은 제각기 다른 무선 하부구조를 가질 수 있으므로, 같은 정보라도 이에 적절한 방식으로 이동 단말에게 전달할 수 있도록 기지국의 기능이 지능화되어야 한다. 예를 들면, 주식 정보를 브로드캐스트할 것인가 혹은 일대일로 전송할 것인가와 얼마나 자주 전송할 것인가 이다. 셋째는, 망의 사용 정도, 유용한 대역폭의 정도, 이동 단말의 종류 등에 따라 같은 정보라도 서로 다르게 표현해야 할 필요가 있다. 넷째는, 현재의 서버는 클라이언트에 대한 어떠한 정보도 갖고 있지 않아서 위치 의존적인 정보를 제공하거나 단말의 종류에 따라 적절히 정보를 적절히 표현할 수 없다. 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 많은 연구가 MIT[29], Rutgers[30], University of Washington[31], Xerox[32] 등에서 진행되고 있다.

6. 파일 시스템

파일 시스템에서 이동성을 지원하는 문제는 이동 단말이 공유 파일 시스템을 접근하면서 작업을 수행하는 도중에 무선 선로의 특성과 단말의 이동성 때문에 잠시 연결이 끊어질 경우가 발생하는데, 이때 얼마나 효율적으로 공유 파일의 일치성을 보장하면서 정상적으로 작업을 수행할 수 있는가 하는 문제로 귀결된다. 이를 위해서 많은 연구가 진행되어 왔는데, 대표적인 것으로 CODA[33], Odyssey[34], Little Work[35], SEER[36], Jetfile[37], Disconnected Operation Cache(DOC)[38], Bayou[39] 등이 있다. 이들은 기본적으로 이동성을 고려하지 않은 응용들이 수정없이 사용될 수 있도록 표준 파일 시스템 인터페이스를 제공하므로 기존의 응용들을 이동 컴퓨팅 환경으로 수용하는데 중요한 역할을 한다. 파일의 일치성 정도(weak or hard consistency)와 단말에 저장된 정보를 접근하는 방법(optimistic or pessimistic approach)에 따라 다르지만, 일반적으로 연결 단절시 weak consistency와 optimistic approach를 사용할 경우에 파일 시스템의 성능이 뛰어나며, Odyssey에서는 언제,

어떻게 사용되는 대역폭을 최소화할 수 있는가를 결정하는 API의 필요성을 제기하고 있다. 이러한 일시적인 연결 단절의 문제는 이동 데이터 베이스 시스템에도 매우 중요한 문제로 대두되고 있다[6].

7. 결 론

본 논문은 새로운 컴퓨팅 패러다임으로 부상하고 있는 이동 컴퓨팅 분야의 프로토콜, 정보 서비스, 그리고 파일 시스템에 관한 최근 연구 동향에 대하여 간략히 기술하였다. 이들은 이동 컴퓨팅 관련 연구의 일부이지만 현재 사용하고 있는 유선망에서의 정보 서비스를 유무선 복합망 환경에서도 사용하기 위한 기초가 된다는 점에서 그 중요성이 있다 하겠다. 이를 이상적으로 실현하기 위해서는 기본적으로 다음의 두 가지가 지원되어야 한다. 첫째는 사용자가 이동 컴퓨팅 환경에 있다는 것을 알지 못하게 컴퓨터 이동성을 투명하게 지원해야 한다는 것이다. 둘째는 유무선 복합망 환경은 유선망 환경만을 고려할 때와는 달리 매우 다양하고 상이한 특성을 갖는 네트워크 하부구조를 가지므로, 이에 맞도록 서비스 적응성을 효율적으로 지원해야 한다는 것이다. 그러나 컴퓨터 이동성과 서비스 적응성은 서로 상충되는 개념이므로 이들 두 가지를 동시에 지원할 수는 없으며 trade-off 관계에 있다 하겠다. Baker는 이에 대해서 다음의 의견을 피력하고 있다. “대역폭, 지연시간, 데이터 손실율, 보안, 그리고 비용 등이 네트워크에 따라서 너무나 다르기 때문에, 네트워크에서의 이러한 변화를 상위 계층 프로토콜과 이를 필요로 하는 응용 서비스에게 알려서 이들이 적절하게 동작할 수 있도록 하는 것이 바람직할 수 있다[40].”

참고문헌

- [1] G. H. Forman and J. Zahorjan, “The challenges of mobile computing,” *IEEE Computer*, pp. 38~47, April 1994.
- [2] M. Weiser, “Some computer science issues in ubiquitous computing,” *Communications of the ACM*, vol. 36, no. 7, pp.75~85, July 1993.
- [3] L. Kleinrock, “Vision, issues, and architecture for nomadic computing,” *IEEE Personal Communications*, vol. 2, no. 6, pp. 14~27, December 1995.
- [4] T. Imielinski and B. R. Badrinath, “Mobile wireless computing,” *Communications of the ACM*, vol. 37, no. 10, pp. 18~28, October 1994.
- [5] D. Duchamp, S. K. Feiner, and G. Q. Maguire, Jr., “Software technology for wireless mobile computing,” *IEEE Network Magazine*, pp. 12~18, November, 1991.
- [6] R. Alonso and H. F. Korth, “Database system issues in nomadic computing,” *Proc. of the 1993 ACM SIGMOD Intl. Conf. on Management of Data*, pp. 388~392, May 1993.
- [7] T. Imielinski and H. F. Korth. *Mobile computing*, Kluwer Academic Publishers, 1996.
- [8] A. Chandrasekaran and R. W. Broderston, “A portable multimedia terminal for personal communications,” *IEEE Communications Magazine*, pp. 64~75, December 1992.
- [9] B. Awerbuch and D. Peleg, “Concurrent online tracking of mobile users,” *Proc. ACM SIGCOM '91* pp. 221~233, 1991.
- [10] B. Awerbuch and D. Peleg, “Sparse partitions,” *Proc. 1990 IEEE 31th Ann. Symp. Foundations of Computer Science*, pp. 503~513, 1990.
- [11] K. Lim and Y.-H. Lee, “Optimal partitioning of heterogeneous traffic sources in mobile communications networks,” *IEEE Trans. on Computer*, vol. 46, no. 3, pp. 312~325, March 1997.
- [12] F. Teraoka, K. Claffy, and M. Tokoro, “Design, implementation, and evalua-

- tion of virtual internet protocol," IEEE Distributed Computing Systems DCS '92, pp. 170~177, 1992.
- [13] C. Perkins and Y. Rekhter, "Short-cut routing for mobile hosts," IETF draft RFC, T.J. Watson Research Center, IBM Corp., July 1992.
- [14] J. Ioannidis, D. Duchamp, and G. Q. Maquire Jr., "IP-based protocols for mobile internetworking," ACM SIGCOMM '91, pp. 235~245, 1991.
- [15] H. Wada, T. Ohnishi, and B. Marsh, "Packet forwarding for mobile hosts," IETF draft RFC, Matsushita Corp., November 1992.
- [16] C. Perkins, "IP mobility support," IETF RFC 2002, IBM Corp., October 1996.
- [17] C. Perkins, "IP encapsulation within IP," IETF RFC 2003, IBM Corp., October 1996.
- [18] C. Perkins, "Minimal encapsulation within IP," IETF RFC 2004, IBM Corp., October 1996.
- [19] D. J. Goodman, G. P. Pollini, and K. S. Meier-Hellstern, "Network control for wireless communications," IEEE Communications Magazine, pp. 116~124, 1992.
- [20] K. Lim, Y.-H. Lim, and Y.-H. Lee, "Virtual cell in mobile computer communications," Computer Communications, vol. 20, no. 7, pp. 586~598, August 1997.
- [21] A. Acharya and B. R. Badrinath, "Delivering multicast messages in networks with mobile hosts," Proc. of 14th Intl. Conf. on Distributed Computing Systems, June 1994.
- [22] K. Brown and S. Singh, "The problem of multicast in mobile networks," Proc. of 5th Intl. Conf. on Computer Communications and Networks, pp.278~282, October 1996.
- [23] G. Xylomenos and G. C. Polyzos, "IP multicasting for wireless mobile hosts," Proc. of MILCOM 96, pp. 933~937, October 1996.
- [24] A. V. Bakre and B. R. Badrinath, "Implementation and performance evaluation of indirect TCP," IEEE Trans. on Computer, vol. 46, no. 3, pp.260~278, March 1997.
- [25] R. Caceres and L. Iftode, "The effects of mobility on reliable transport protocols," Proc. of 14th Intl. Conf. on Distributed Computing Systems, pp. 12~20, June 1994.
- [26] A. V. Bakre and B. R. Badrinath, "M-RPC : a remote procedure call service for mobile clients," Technical Report WINLAB TR '98, Dept. of Computer Science, Rutgers University, U.S., June 1995.
- [27] M. Kojo, K. Raatikainen, and T. Alanko, "Connecting mobile workstations to the Internet over a digital cellular telephone network," Technical Report C-1994-39, Dept. of Computer Science, University of Helsinki, September 1994.
- [28] A. Joseph, A. deLepinasse, J. Tauber, D. Gifford, and M. F. Kaashoek, "Rover : a toolkit for mobile information access," Proc. of 15th ACM Symp. On Operating System Principles (SOSP), pp. 156~171, December 1995.
- [29] F. Kaashoek et al., "Dynamic documents : mobile wireless access to WWW," Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, December 1994.
- [30] A. Acharya, B. R. Badrinath, T. Imielinski, and J. Navas, "Towards mosaic like location dependent services," Technical Report, Rutgers University, May 1995.

- [31] G. Voelker and B. Bershad, "Mobisaic : an information system for mobile wireless computing environment," Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, December 1994.
- [32] R. Want et al., "An overview of the PARCTab ubiquitous computing experiment," *IEEE Personal Communications*, vol. 2, no. 6, pp. 28~43, December 1995.
- [33] M. Satyanarayanan, J. J. Kistler, P. Kumar, M. E. Okasaki, E. H. Siegel, and D. C. Steere, "Coda : a highly available file system for a distributed workstation environment," *IEEE Trans. on Computers*, vol. 39, no. 4, pp. 447~459, April 1990.
- [34] B. D. Noble, M. Price, and M. Satyanarayanan, "A programming interface for application-aware adaptation in mobile computing," Proc. 2nd USENIX Symp. On Mobile and Location Independent Computing, pp. 57~66, April 1995.
- [35] P. Honeyman, "Taking a little work along," Technical Report 91-5, CITI, University of Michigan at Ann Arbor, August 1991.
- [36] G. Kuenning, "Design of the SEER predictive caching scheme," Proc. of Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, pp. 37~43, December 1994.
- [37] B. Gronvall, I. March, and S. Pink, "A multicast-based distributed file system for the Internet," Proc. of 7th ACM SIGOPS European Workshop, September 1994.
- [38] D. M. Huizinga and K. A. Heflinger, "Experience with connected and disconnected operation of portable notebook computers in distributed systems," Proc. of Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, pp. 119~123, December 1994.
- [39] A. Demers, K. Petersen, M. Spreitzer, D. Terry, M. Theimer, and B. Welch, "The bayou architecture : support for data sharing among mobile users." Proc. of Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, pp. 2~7, December 1994.
- [40] M. Baker, X. Zhao, S. Cheshire, and J. Stone, "Supporting mobility in MosquitoNet," Proc. of USENIX Annual Technical Conference, January 1996.



임 경 식

1985 한국과학기술원 전산학과 졸업(석사)
 1985~현재 한국전자통신연구원 컴퓨터통신연구실장/책임연구원
 1988 경북대학교 전자공학과 전산전공(학사)
 1994 University of Florida 전산학과 졸업(박사)
 관심분야 : mobile computing, wireless networks, high-speed communications networks, and parallel and distributed systems