

# Wireless u-PC: 무선 네트워크 스토리지를 이용한 개인 컴퓨팅 환경의 이동성을 지원하는 서비스

(Wireless u-PC: Personal  
workspace on a Wireless  
Network Storage)

성백재<sup>†</sup>      황민경<sup>\*\*</sup>  
(Baekjae Sung)      (Minkyung Hwang)

김인정<sup>\*\*\*</sup>      이우중<sup>\*\*</sup>  
(Injung Kim)      (Woojoong Lee)

박찬익<sup>\*\*\*\*</sup>  
(Chanik Park)

**요약** 개인 컴퓨팅 환경은 사용자에 특화된 응용프로그램 및 설정, 사용자 데이터 등을 총칭하는 개념으로써, 노트북, UMPC 등의 휴대용 컴퓨팅 H/W는, 어떤 곳에서도 항상 개인에게 특화된 컴퓨팅 환경에서 작업 가능

- 본 연구는 2008년도 두뇌한국21사업과 삼성전자주식회사의 산학협력 과제(4.0001487), 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음(HITA-2008-C1090-0801-0045)
- 이 논문은 2008 한국컴퓨터종합학술대회에서 'Wireless u-PC: 무선 네트워크 스토리지를 이용한 개인 컴퓨팅 환경의 이동성을 지원하는 서비스'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임

<sup>†</sup> 학생회원 : 포항공과대학교 정보통신공학과  
jays@postech.ac.kr

<sup>\*\*</sup> 비회원 : 포항공과대학교 컴퓨터공학과  
hmk0119@postech.ac.kr  
wjlee@postech.ac.kr

<sup>\*\*\*</sup> 비회원 : 포항공과대학교 정보통신공학과  
pypupipo@postech.ac.kr

<sup>\*\*\*\*</sup> 종신회원 : 포항공과대학교 컴퓨터공학과 교수  
cipark@postech.ac.kr

논문접수 : 2008년 8월 28일

심사완료 : 2008년 10월 23일

Copyright©2008 한국정보과학회: 개인 목적이거나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 컴퓨팅의 실제 및 레터 제14권 제9호(2008.12)

하도록 소형화, 경량화가 진행되고 있다. 그러나, 최근 가상화 기술 및 휴대용 스토리지 기술을 이용한 다양한 개인 컴퓨팅 환경 이동성 지원 기술이(c.f. VMWare Pocket ACE[1], Mojopac[2], u-PC[3] 등) 등장함으로써, 공용 PC 상에 자신의 컴퓨팅 환경을 로딩하여 사용할 수 있도록 지원하는 기술이 주목 받고 있다. 특히, 본 논문의 이전 연구로써, u-PC[3]에서는 UPnP 및 iSCSI 프로토콜을 이용하여 사용자 영역 네트워크(PAN)상에서 자동 검색 및 구성이 가능한 무선 스토리지 기술과, Windows 운영체제 상에서 구동 가능한 개인 컴퓨팅 환경 이동성 지원 기술을 제안하였다. 그러나, 기존의 u-PC 기술에서는, Windows 운영체제 상 Filter Driver 계층에서 IRP(I/O Request Packet) forwarding을 이용하여 개인 컴퓨팅 환경의 이동성 지원 기술을 구현함으로써, 제한적인 응용 프로그램만 구동가능한 한계점이 있었다.

본 논문에서는 Windows 운영체제 상 System Call Hooking 기법을 이용하여 운영체제 가상화 기술을 구현하고, 개인 컴퓨팅 환경의 이동성을 지원함으로써, 기존 논문에서의 한계성을 극복하였으며, VMWare Pocket ACE, Mojopac 등의 단점인 개인 컴퓨팅 환경의 구동 초기화 오버헤드를 극복하였다. 또한, Ultra Wide Band(UWB) 기반 고속 무선 네트워크 상 적용 가능한 무선 스토리지 기술을 개발 하고, 개선된 u-PC 플랫폼을 연동하여 다양한 형태의 개인 컴퓨팅 환경 사용 모델을 제시함으로써 기술의 적용성을 검증하였다.

**키워드** : 개인컴퓨팅환경, 운영체제계층 가상화, 무선 네트워크 스토리지, 유비쿼터스

**Abstract** The personal workspace consists of user-specified computing environment such as user profile, applications and their configurations, and user data. Mobile computing devices (i.e., cellular phones, PDAs, laptop computers, and Ultra Mobile PC) are getting smaller and lighter to provide personal workspace ubiquitously. However, various personal workspace mobility solutions (c.f. VMWare Pocket ACE[1], Mojopac[2], u-PC[3], etc.) are appeared with the advance of virtualization technology and portable storage technology. The personal workspace can be loaded at public PC using above solutions. Especially, we proposed a framework called ubiquitous personal computing environment (u-PC) that supports mobility of personal workspace based on wireless iSCSI network storage in our previous work. However, previous u-PC could support limited applications, because it uses IRP (I/O Request Packet) forwarding technique at filter driver level on Windows operating system.

In this paper, we implement OS-level virtualization technology using system call hooking on Windows operating system. It supports personal workspace mobility and covers previous u-PC limitation. Also, it overcomes personal workspace loading overhead that is limitation of other solutions (i.e., VMWare Pocket

ACE, Mojopac, etc.). We implement a prototype consisting of Windows XP-based host PC and Linux-based mobile device connected via WiNET protocol of UWB. We leverage several use-case models of our framework for proving its usability.

**Key words** : Personal Workspace, OS-level Virtualization, Wireless Network Storage, Ubiquitous

## 1. 서론

개인 컴퓨팅 환경은 사용자에게 특화된 응용프로그램 및 설정, 사용자 데이터 등을 총칭하는 개념이다. 즉 현재 사용자가 컴퓨터에 설치한 프로그램과 그 설정, 디스크 드라이브에 들어있는 데이터들, 또한 운영체제의 설정(c.f. 바탕화면, 인터넷 익스플로러 즐겨찾기 등) 등이 개인 컴퓨팅 환경에 속한다. 사람들은 자신이 쓰던 작업 환경이 사용하기 편하고 친숙하기 때문에 어느 장소에 가든 이 환경을 그대로 쓰고 싶어 한다. 이러한 요구에 따라 노트북, UMPC 등의 휴대용 컴퓨팅 H/W는 어떤 곳에서도 항상 개인에게 특화된 컴퓨팅 환경에서 작업이 가능하도록 소형화 경량화 되고 있는 추세이다. 하지만 최근 가상화 기술 및 휴대용 스토리지 기술을 이용한 다양한 개인 컴퓨팅 환경 이동성 지원 기술이 등장함으로써, 공용 PC 상에 자신의 컴퓨팅 환경을 로딩하여 사용할 수 있도록 지원하는 기술이 주목 받고 있다. 이 기술들은 가상화된 계층을 두어 Host PC에서 사용자의 컴퓨팅 환경을 분리시키는 기술들이며 응용프로그램 가상화 기반 기술, 운영체제 가상화 기반 기술, 하드웨어 가상화 기반 기술 이렇게 3가지 기술로 나뉠 수 있다. 이 기술들의 자세한 내용은 2장에서 설명한다.

본 논문의 이전 연구로써, ubiquitous Personal Computing Environment(u-PC)[3]에서는 UPnP 및 iSCSI 프로토콜을 이용하여 사용자 영역 네트워크(PAN)상에서 자동 검색 및 구성이 가능한 무선 스토리지 기술과, Windows 운영체제 상에서 구동 가능한 개인 컴퓨팅 환경 이동성 지원 기술을 제안하였다. 그러나 기존의 u-PC 기술에서는, Windows 운영체제 상 Filter Driver 계층에서 IRP forwarding을 이용하여 개인 컴퓨팅 환경의 이동성 지원 기술을 구현함으로써, 제한적인 응용프로그램 만 구동 가능한 한계점이 있었다. 본 논문에서는 Windows 운영체제 상 System Call Hooking 기법을 이용하여 운영체제 가상화 기술을 구현하고, 개인 컴퓨팅 환경의 이동성을 지원함으로써, 기존 논문에서의 한계성을 극복하였으며, VMWare Pocket ACE, Mojopac 등의 단점인 개인 컴퓨팅 환경의 구동 초기화 오버헤드를 극복하였다.

또한 Ultra Wide Band(UWB)와 같은 고속 무선 네

트워크 상 적용 가능한 무선 스토리지 기술을 개발 하였다. Wireless u-PC는 무선 스토리지 기술과 u-PC 기술이 연동된 플랫폼으로, 이를 통해 사용자는 유선으로 연결하는 번거로움 없이 공용 PC에서 개인 컴퓨팅 환경을 구동 할 수 있다. 마지막으로 Wireless u-PC를 사용한 다양한 형태의 개인 컴퓨팅 환경 사용 모델을 제시함으로써 기술의 적용성을 검증하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저, 2장에서는 본 논문과 연관된 개인 컴퓨팅 환경의 이동성을 지원하는 기술들을 살펴본다. 3장에서는 이전 u-PC의 한계점과 함께 개선된 내용을 설명한다. 4장에서는 Wireless u-PC에 대한 구조를 설명하고 다양한 형태의 개인 컴퓨팅 환경 사용 모델을 제시한다. 이후 5장에서는 Wireless u-PC를 여러 무선 네트워크 상에서 사용할 경우의 성능을 보인다. 마지막으로 6장에서 결론과 함께 향후 연구방향에 대해 논한다.

## 2. Related Work

본 장에서는 본 논문과 연관된 개인 컴퓨팅 환경의 이동성을 지원하는 기술들에 대해 소개한다.

첫 번째는 응용프로그램 가상화 기반 기술이다. 이는 일반적인 응용 프로그램을 무설치 소프트웨어로 변경 후 UFD 등을 이용하여 응용프로그램을 이동시키거나, 또는 네트워크상으로 응용프로그램을 스트리밍 서비스하는 방식이다. 대표적인 예로 Thinstall 사의 Thinstall [4], AppStream 사의 AppStream[5], Microsoft 사의 Softgrid [6] 같은 기술이 있다. 하지만 이 기술은 개인 컴퓨팅 환경에서 단순히 응용프로그램의 이동성만 지원하고 있다.

두 번째는 운영체제 가상화 기반 기술이다. 이 기술은 File system, Registry 등의 전반적인 OS 자원을 가상화 함으로써 개인 컴퓨팅 환경의 이동성을 지원하는 기술이다. 대표적인 예로 Feather-weight Virtualization Machine(FVM)[7], U3 사의 U3[8], Ceedo 사의 Ceedo [9], RingCube 사의 MojoPac[2] 같은 기술이 있다. 하지만 이 기술들은 USB Flash Device(UFD) 같은 유선 저장 장치에 국한되어 특정 응용소프트웨어만을 제공한다거나, 또는 개인 컴퓨팅 환경의 구동 시간이 오래 걸리는 단점을 가지고 있다.

마지막으로 세 번째 기술은 하드웨어 가상화 기반 기술이다. 이는 OS구동 이미지를 네트워크 기반 혹은 UFD를 통하여 이동시켜 가상화 된 하드웨어 위에서 부팅시키는 방식이다. 대표적인 기술로 VMWare사의 ACE[1], Citrix사의 XenDesktop[10]이 있다. 하지만 이 기술의 경우 OS 전체를 부팅하고 종료시키는 데 소요 되는 시간이 길다는 단점을 가지고 있다.

이전 u-PC의 경우는 응용프로그램 가상화 기반 기술

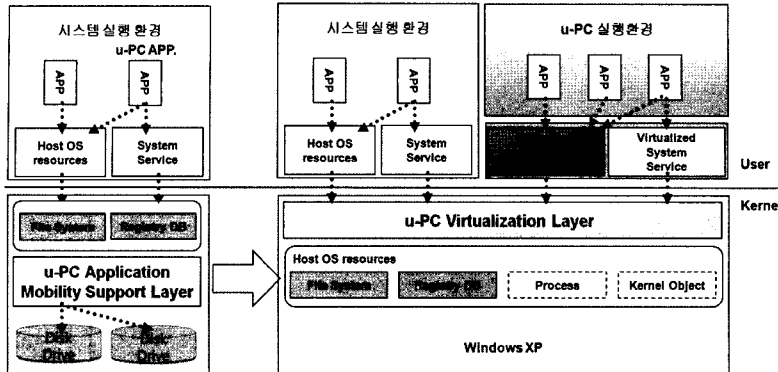


그림 1 u-PC의 운영체제 가상화 기술 개선사항

을 사용하였다. 개선된 u-PC의 경우는 운영체제 가상화 기반 기술을 사용하고 있다. 즉 OS의 전반적인 시스템 자원을 가상화하여 제한적인 응용프로그램만 구동 가능했던 이전 u-PC의 한계점을 보완하고 있다. 자세한 설명은 다음 장에서 한다.

### 3. u-PC

#### 3.1 이전 u-PC의 한계점

이전 u-PC는 응용프로그램 가상화 기반 기술을 사용하고 있다. 즉 u-PC에서 제공하고 있는 응용프로그램은 설치 시에 무설치 소프트웨어로 변형되어 저장되어 있다. 이럴 경우 크게 두 가지의 한계점이 발생한다.

첫 번째 한계점은 File system, Registry를 제외한 다른 OS자원을 사용하는 응용프로그램들이 구동이 불가능하다는 것이다. 단적인 예로 System Service들을 사용하는 경우가 있다. System Service들은 Component Object Model(COM) 객체 서비스, RPC 서비스, Audio 서비스 같은 것들을 의미하며, 응용프로그램은 Registry Key를 입력한 뒤 필요 시 System Service의 도움을 받아 서비스를 사용하게 된다. 하지만 u-PC의 Registry는 Host PC와 별도로 구성되어 저장됨으로 Host PC의 Registry에는 Key를 저장하지 않는다. 즉 System Service는 Registry Key를 읽어오지 못하므로 구동이 불가능하게 된다.

두 번째 한계점은 DLL hell problem 즉 Shared in memory 되는 DLL에 대한 처리를 전혀 할 수 없다는 것이다. 예를 들어 u-PC 응용프로그램이 u-PC disk drive의 Windows/system32/A.DLL 파일을 사용 요청할 경우, 만약 host PC disk drive의 Windows/system32/A.DLL 파일이 shared memory에 있다면 u-PC 응용프로그램의 DLL 파일 요청은 u-PC AMSL에 도달하기도 전에 이미 shared memory에 있는 host PC disk drive의 A.DLL을 사용하게 될 것이다. 이 두 개

의 파일이 서로 다른 내용이거나 또는 다른 버전일 경우 DLL hell이 발생하게 되고 응용프로그램은 비정상적으로 수행되거나 종료될 것이다.

#### 3.2 이전 u-PC의 개선방법

이전 u-PC의 한계점을 개선하기 위해 본 논문에서는 System Call 계층에서 운영체제의 전반적인 자원들을 가상화하고 있다. 그림 1을 보면 System Call 계층에 u-PC Virtualization Layer를 두고 요청을 확인 후 u-PC 실행환경의 응용프로그램의 것인지 Process ID를 통해 확인하여 u-PC의 응용프로그램의 요청일 경우는 가상화된 OS 자원을 제공하고 그렇지 않을 경우에는 Host PC의 OS 자원을 제공한다. 이로 인해 u-PC 실행 환경 내 응용프로그램은 Host PC와는 별도의 공간에서 수행이 가능하게 된다.

이처럼 전반적인 OS 자원과 System Service들을 가상화하여 응용프로그램에 제공할 경우 이전 u-PC의 한계점을 극복할 수 있다. 먼저 이전 u-PC에서 구동되지 못하던 응용프로그램들은 모든 수행을 가상화된 OS 자원 환경 위에서 하기 때문에 Host PC와 공유되는 것에 대한 문제점 없이 구동이 가능하다. 또한 System call 계층에서 File system에 대한 Forwarding을 함으로 DLL hell problem을 해결할 수 있다.

### 4. Wireless u-PC

Wireless u-PC는 UWB와 같은 고속 무선 네트워크 상 적용 가능한 무선 스토리지 기술과 u-PC 기술이 연동된 플랫폼이다. 이 장에서는 UWB 기반 Wireless u-PC를 사용한 다양한 형태의 개인 컴퓨팅 환경 사용 모델을 제시한다.

#### 4.1 UWB기반 Wireless u-PC 사용 모델

본 장에서는 UWB 기반 Wireless u-PC를 사용한 다양한 형태의 개인 컴퓨팅 환경 사용 모델을 제시한다.

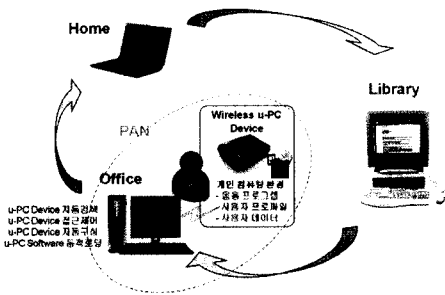


그림 2 공용 컴퓨터에서 개인 컴퓨팅 환경 지원

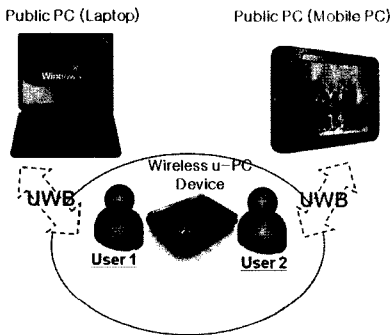


그림 3 단일 장치 다중 사용자 환경 동시 지원

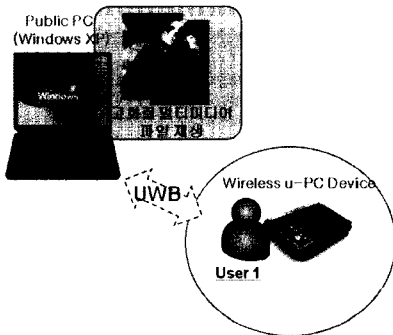


그림 4 고화질 멀티미디어 파일 재생

그림 2는 공용 PC에서 개인 컴퓨팅 환경을 지원하는 예를 보여주고 있다. Wireless u-PC Device를 들고 다니는 사용자는 공용 PC가 있는 어느 장소를 가더라도 언제나 자신의 개인 컴퓨팅 환경을 손쉽게 사용하고 다시 저장할 수 있다.

그림 3은 단일 Wireless u-PC Device를 사용하여 다중 사용자 환경을 동시 지원하는 시나리오를 보여주고 있다. 이 경우에 각 사용자에게는 독립된 개인 컴퓨팅 환경을 제공해 주어야 하며 이 환경을 제공하기 위한 저장공간은 Wireless u-PC Device의 각각 다른 영역에 저장되어 있어야 한다.

그림 4는 Wireless u-PC Device에 저장된 고화질 멀티미디어 파일을 재생하는 시나리오이다. 동영상 파일은 지속적으로 고화질, 고용량으로 가는 추세이다. 디지털 TV급의 고화질 멀티미디어 파일은 2분 재생시간에 400MB정도의 용량을 가진다. 실제 UWB기반 WiNet 프로토콜을 사용하였을 경우 이런 고화질 멀티미디어 파일도 끊김 없이 재생이 가능하다.

### 5. 성능 평가

본 장에서는 Wireless u-PC를 여러 무선 네트워크 상에서 사용할 경우의 성능을 보인다.

실험 환경은 다음과 같다. Host PC로 Intel Core-2Duo 1.83Ghz CPU, 1GB RAM, 120GB SATA disk - Lenovo T60을 사용하였으며, Wireless u-PC Device로 Intel Processor A110(800MHz), 1GB RAM, 60GB SATA disk - Samsung UMPC Q1U를 사용하였다.

Host PC에는 Windows XP SP2를 설치, Microsoft iSCSI Initiator[11]와 Cyberlink UPnP[12] Control Point를 사용하였으며, Wireless u-PC Device에는 리눅스(Ubuntu7.10-Linux 2.6.18-rc6)를 설치 후, Intel iSCSI Target[13]과 Cyberlink UPnP Device를 사용하였다. UWB 무선 네트워크를 구성하기 위해 Alereon AL4505 Reference Development Kits[14] 한 쌍을 사용하여 UWB WiNet 프로토콜을 구성하였다. WLAN 무선 네트워크는 802.11g를 사용하였으며 Infrastructure와 Ad hoc으로 나뉘어 측정되었다.

그림 5는 Wireless u-PC를 구동하여 개인 컴퓨팅 환경을 만드는데 필요한 시간을 나타낸다. 이는 iSCSI기반 스토리지 초기화 시간과 u-PC 소프트웨어 구동시간으로 구성된다. 각 그래프의 중간에 있는 선은 표준편차를 나타내며 각 실험은 10번씩 테스트하였다. USB의 경우는 iSCSI기반 스토리지를 사용하지 않으므로 실험에서 제외하였으며 대략 1초 정도의 스토리지 초기화 시간을 가진다. 결과를 보면 USB로 연결되어 사용되는 개선된 u-PC의 구동시간이 3~4초 정도로 다른 개인 컴퓨팅 환경을 제공하는 기술들에 비해 빠른 구동시간을 보이고 있음을 알 수 있다. Wireless u-PC를 각 무선 네트워크에 적용하여 사용한 결과를 보면, UWB/WiNet이 USB와 거의 비슷한 속도를 보여주고 있으며 WLAN/infrastructure가 가장 느린 속도 초기화 시간을 보여주고 있다.

그림 6은 각 무선 네트워크의 I/O Throughput 성능을 USB와 비교하여 보여주고 있다. MBench를 사용하여 성능을 측정하였으며 각 테스트는 10번씩 수행되었다. 실험 결과를 보면 UWB/WiNet의 I/O Throughput 성능이 WLAN/infrastructure과 비교하여 6배정도로 빠른

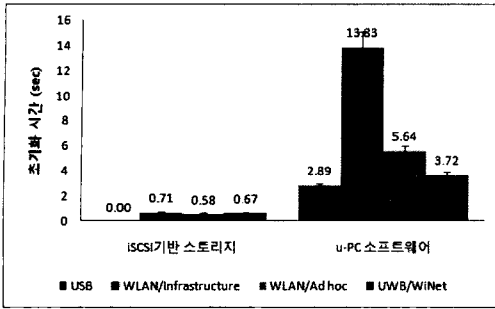


그림 5 Wireless u-PC 구동 시간

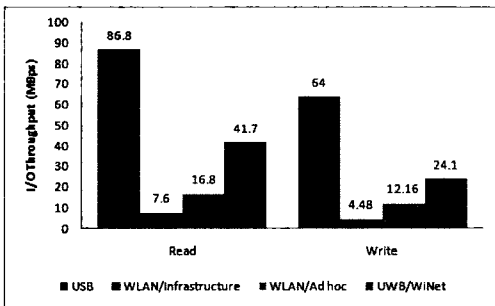


그림 6 각 무선 네트워크 I/O

성능을 보이고 있긴 하지만 USB에 비해 절반 정도의 성능을 보여주고 있다. 더군다나 UWB/WiNet의 최대 전송속도가 480Mbps인 것을 감안하면 다소 느린 속도를 보이고 있다. 이는 현재 UWB 장비의 완성도의 문제와 리눅스의 UWB driver가 불안정하기 때문이라고 판단하고 있다 - 현재 이 driver[15]는 오픈소스로 개발 단계이다. 실제로 Windows와 Windows간의 성능을 테스트하였을 때는 최대 100Mbps의 전송속도가 나왔다.

### 6. 결론 및 향후 연구방향

기존 u-PC 기술에서는 Windows 운영체제 상 Filter Driver 계층에서 IRP forwarding을 이용하여 개인 컴퓨팅 환경의 이동성 지원 기술을 구현하였다. 하지만 File I/O forwarding과 Registry monitoring에 의해서만 응용프로그램 이동성을 지원한 기존 기술은 제한적인 응용 프로그램만 구동 가능한 한계점이 있었다. 본 Throughput성능논문에서는 Windows 운영체제 상 System Call Hooking 기법을 이용하여 운영체제 가상화 기술을 구현하고, 개인 컴퓨팅 환경의 이동성을 지원함으로써, 기존 u-PC 기술에서의 한계성을 극복하는 것을 보였다.

Wireless u-PC는 무선 스토리지 기술과 u-PC 기술이 연동된 플랫폼으로, UPnP/iSCSI 프로토콜을 사용하

여 무선 스토리지 기술을 구현하였고 개선된 u-PC 기술을 사용하였다. Wireless u-PC는 UWB WiNet 무선 네트워크를 사용할 경우, 3~4초 정도로 빠른 구동 시간을 보여주었으며, 마지막으로 Wireless u-PC를 사용한 다양한 형태의 개인 컴퓨팅 환경 사용 모델을 제시함으로써 기술의 적용성을 검증하였다.

개선된 u-PC는 운영체제 가상화 기반 기술을 사용하고 있다. 현재 OS 자원들은 현재 비교적 쉽게 가상화되고 있지만 System Service들의 경우는 내용이 비공개이며 작동하는 세부내용과 사용하는 System Call을 파악하기 힘들어 가상화가 쉽지 않았다. 또한 Wireless u-PC Device의 스토리지 공간은 인증서나 개인 자료들이 들어갈 수 있으므로 이 공간을 Secure Storage로 만드는 것도 향후 필요한 과제이다.

### 참고 문헌

- [1] VMWare Pocket ACE, <http://www.vmware.com/products/ace/>.
- [2] RingCube mojopac, <http://www.mojopac.com/>.
- [3] I. Kim, M. Hwang, W. Lee, C. Park, "u-PC: Personal Workspace on a Portable Storage," The 4th Int'l Conf. Mobile Technology, Application and Systems (Mobility Conf. 2007), Singapore Chapter for ACM, Sept. 2007, pp. 228-233.
- [4] Thinstall, <http://www.thinstall.com/>.
- [5] AppStream, <http://www.appstream.com/>.
- [6] Microsoft SoftGrid, <http://www.microsoft.com/systemcenter/softgrid/>.
- [7] Yang Yu et al, "A Feather-weight Virtual Machine for Windows Applications," Second Int'l Conf. Virtual Execution Environments (VEE 06), ACM, June 2006, pp. 24-34.
- [8] U3, <http://www.u3.com/>.
- [9] Ceedo, <http://www.ceedo.com/>.
- [10] Citrix XenDesktop, <http://www.citrix.com/english/ps2/products/product.asp?contentID=163057>.
- [11] Microsoft iSCSI Software Initiator, <http://www.microsoft.com/downloads/details.aspx?familyid=12cb3c1a-15d6-4585-b385-befd1319f825>
- [12] CyberLink for C++, <http://sourceforge.net/projects/clinkcc/>.
- [13] Intel's Open Storage Toolkit Project, <http://sourceforge.net/projects/intel-iscsi/>.
- [14] Alereon, <http://www.alereon.com/>.
- [15] Linux UWB + Wireless USB + WiNet, <http://www.linuxuwb.org/>.