

웨어러블 컴퓨팅을 위한 분산 파일 서비스

신중화^o 이우중 박찬익 조일연* 한동원*
포항공과대학교 시스템소프트웨어 연구실
*한국전자통신연구원, 차세대 PC 연구그룹
{shinh00^o, wjlee, cipark}@postech.ac.kr
{iycho, dwhan}@erti.re.kr

A Distributed File Service for Wearable Computing Environment

Jonghwa Shin^o Woojoong Lee, Chanik Park, IlYeon Cho, Dongwon Han*
System Software Laboratory, Pohang University of Science and Technology, Korea

*Post-PC Research Group, Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI), Korea

요 약

이동통신 기술과, 반도체 기술의 발전으로 인해 기존의 컴퓨팅 패러다임이 데스크 탑에서 PDA, 스마트폰 등의 모바일 환경으로, 그리고 입는 컴퓨터로의 이동이 급격하게 진행되고 있다. 또한 유비쿼터스 컴퓨팅 개념이 도입되고 발전하면서, 입는 컴퓨터는 사용자와 편재된 컴퓨팅 환경의 인터페이스로써 중요성이 부각되고 있다. 그러나 웨어러블 컴퓨팅 환경에서의 사용자 간, 또는 주변 컴퓨팅 환경과의 데이터 공유와 관련된 연구는 활발히 진행되고 있지 못하다.

따라서, 본 논문에서는 웨어러블 컴퓨팅 환경의 Distributed, Dynamic, Heterogeneous한 특성에 대한 기존의 분산 파일 시스템/서비스가 가진 한계점을 제시하고, 웨어러블 컴퓨팅 환경에서 자유로운 데이터 공유를 실현하기 위한 분산 파일 서비스를 제시하였다.

마지막으로, 본 논문에서는 웨어러블 컴퓨팅에서의 제한적인 입출력 환경을 극복하기 위한 상황 인지 분산 파일 시스템/서비스와 관련된 연구들을 소개하고, 기존의 연구들이 가지는 한계점을 극복하기 위한 분산 파일 서비스 구성 기법을 제시하였다.

1. 서 론

유비쿼터스 컴퓨팅의 일환으로써 웨어러블 컴퓨팅 산업은 점차적으로 성장하고 있으며, 웨어러블 컴퓨팅을 구성하기 위하여 다양한 기술이 개발되고 있다. 안경 형태의 디스플레이 장치, 손목에 부착할 수 있는 입력 장치를 비롯하여 다양한 소형 센서 장치들과 같은 하드웨어 기술 뿐 아니라, 이들 기기를 위한 운영체제 기술, 다양한 하부 네트워크 기반에서 동작하는 이들 장치를 통합하기 위한 네트워크 플러그 앤 플레이 기술, 상황인지 기술 및 미들웨어 기술 등은 웨어러블 컴퓨터를 구성하기 위한 핵심 기술이다. 그러나 이러한 환경에서 무엇보다도 중요한 것은 BAN(Body Area Network) 영역에서 웨어러블 컴퓨터를 구성하고 있는 다양한 기기 및 PAN(Personal Area Network)을 구성하고 있는 다양한 기기간의 자유로운 데이터 교환을 제공해줄 수 있어야 한다.

하지만 기존의 AFS[3], CODA[4], 마이크로소프트 DFS[5], Intel[®] Personal Server[6]와 같은 분산 파일 시스템은 특정 플랫폼에 의존하며 상황인지와 같은 다양한 웨어러블 컴퓨팅 환경의 요구사항을 충족시키지 못한다. 따라서 이 논문에서는 웨어러블 컴퓨팅 환경을 위한 미들웨어 기반의 분산 파일 서비스를 제안하고자 한다.

본 논문의 2장에서는 웨어러블 컴퓨팅 환경에서 분산 파일 서비스를 위한 요구사항을 도출하고, 3장에서는 기존 분산 파일 시스템/서비스 기술이 가지는 한계점, 4장에서는 이 논문에서 제안하는 UPnP 기반 분산 파일 서비스를 상세 기술한다. 5장에서는 향후 과제로 상황인지 분산 파일 서비스 구성의 기존 기술이 가지는 한계점과 이를 극복하기 위한 구성 기법을 제시하고, 마지막 6장에서 결론을 맺는다.

웨어러블 컴퓨팅 환경에서 자유로운 데이터 교환을 지원하기 위해서 만족해야 할 요구사항을 살펴보면 다음과 같다.

- 1) 플랫폼 독립성 : 웨어러블 컴퓨팅 환경을 구성하는 노드들이 동작하는 다양한 운영 플랫폼, 파일 시스템 그리고 하부 네트워크 기술에 독립적이어야 한다.
- 2) 분산 메커니즘 지원 : 웨어러블 컴퓨팅 환경에서의 파일 서비스는 분산 메커니즘을 지원해야 한다. 웨어러블 환경에서는 단순한 클라이언트-서버 메커니즘 보다는 Peer-to-Peer 기반의 분산 메커니즘의 지원이 필요하다.
- 3) 자동 구성 : 웨어러블 컴퓨팅 환경은 BAN 및 PAN 영역에서 새로운 기기의 추가와 제거가 빈번하게 일어나기 때문에 이들을 즉시 사용 가능하게 해줄 수 있는 자동 구성과 네트워크 플러그 앤 플레이 지원이 필요하다.
- 4) 이동성 지원 : 웨어러블 컴퓨터 사용자는 끊임없이 움직이고 있으며 주위의 네트워크 상황은 수시로 변경될 수 있다. 또한 사용자가 데이터를 사용하고 있는 동안은 지속적인 사용이 가능하여야 하며, 네트워크 상황에 따라서 연결이 끊어졌다가 다시 연결되었을 때에도 기존의 데이터와의 동기화를 지원해야 한다.
- 5) 상황인지(Context-aware) 컴퓨팅 : 웨어러블 컴퓨팅 환경은 제한적인 입출력 특성으로 인하여 상황인지 서비스 및 응용을 필요로 한다. 따라서 이러한 응용계층에 현재의 상황에 맞는 데이터를 제공하는 것은 웨어러블 컴퓨팅을 지원하기 위한 기술의 중요한 과제이다.

3. 관련 기술

2장에서는 웨어러블 컴퓨팅 환경을 위한 분산 파일 서비스 요구사항을 살펴보았다. 본 장에서는 이들 요구사항을 중심으로

2. 웨어러블 컴퓨팅 환경에서의 분산 파일 서비스 요구사항

기존의 분산 파일 시스템/서비스 기술이 가지는 한계점을 살펴 보고 이를 극복하기 위한 분산 파일 서비스 개요를 기술하였다.

	분산서비스	플랫폼독립성	자동구성	이동성지원
AFS	O	X	X	X
CODA	O	X	X	O
MS DFS	O	X	△	X
Intel® Personal Server	X	O	O	O

표 1. 웨어러블 컴퓨팅 환경과 분산 파일 서비스

표 1은 웨어러블 컴퓨팅 환경의 요구사항을 중심으로 기존의 분산 파일 시스템/서비스를 요약하였다. AFS, CODA와 같은 분산 파일 시스템은 네트워크를 통한 대용량 스토리지 구성에 적합하며, CODA의 경우 모바일 클라이언트 지원을 위한 이동성을 제공한다. 그러나 이들은 웨어러블 컴퓨팅 환경과 같은 동적 네트워크 환경에 적합하지 못하다. AFS나 CODA는 특정 운영플랫폼에 종속적이며 원격 볼륨을 마운트 하는 방식으로 구성되고 자동 구성 기법을 정의하고 있지 않기 때문이다.

마이크로소프트의 DFS는 서브네트워크에서의 제한적인 자동 구성을 제공하며 Samba[7]파일 시스템을 통한 이기종 운영 플랫폼에서의 접근이 허용되나 웨어러블 환경과 같은 다양한 하드웨어/물리 네트워크/운영 플랫폼이 공존하는 환경에서 사용하기에는 많은 제약사항을 가진다.

마지막으로 2002년에 개발된 Intel® Personal Server와 같은 응용은 자신의 데이터를 착용하고 이동하며, 편재된 환경에서 임의의 기기를 자신의 PC처럼 사용하기 위한 시나리오 및 플랫폼 독립성, 자동구성 및 이동성 지원을 위한 파일 서비스를 지원하였으나, 편재된 기기 간 데이터 구성을 위한 분산 파일 서비스 구성은 지원하지 않고 있다.

본 논문에서는, 2장과 3장에서 살펴본 웨어러블 컴퓨팅 환경에서의 분산 파일 서비스 요구사항과 기존 기술의 한계점을 토대로, 자동구성, 플랫폼 독립성 및 이동성을 지원하는 분산 파일 서비스 구성 기법을 설계하고 이를 구현하였다.

4. UPnP 기반 분산 파일 서비스

웨어러블 컴퓨팅 환경은 다양한 하드웨어/물리 네트워크/운영 플랫폼이 공존하는 환경이다. 본 연구에서는 이러한 제약 사항을 만족시키기 위해 UPnP 표준을 이용한 분산 파일 서비스를 제안한다.

UPnP 표준[1]을 이용함으로써 노드들의 자동 구성, 네트워크 플러그 앤 플레이를 지원하고, 하부의 다양한 네트워크 기반에 독립적으로 P2P 파일 서비스를 구성할 수 있으며, UPnP 미들웨어 브리지를 통하여 Jini 및 다른 미들웨어 기반 기술과의 연동이 가능함으로 폭넓은 상호 운용성이 보장된다.

또한, 웨어러블 컴퓨팅 환경에서 노드들의 이질적인 특성으로 다양한 운영 플랫폼과 파일 시스템이 존재한다. 하지만 모든 노드들은 공통적으로 HTTP 프로토콜을 지원하고 있다. 따라서 이러한 환경에서 자유로운 데이터 교환을 위해 HTTP 프로토콜의 확장 형태인 WebDAV 표준[2]을 이용하였다. WebDAV 표준을 이용하여 플랫폼 및 파일 시스템에 독립적인 분산 파일 시스템을 구성할 수 있다.

본 연구에서는 J2SE 1.4.2기반에서 UPnP 스택으로는 CyberLink[11], WebDAV 서비스로는 Java Servlet 엔진인 Jetty[13]기반에서 동작하는 Jakarta Slide[12]를 이용하였다.

이 기술들을 저사양의 장치에 적용할 수 있도록 총 4MByte 정도의 용량으로 경량화하여 Java 가상머신이 있는 어떠한 장치에서도 동작할 수 있게 구현하였다.

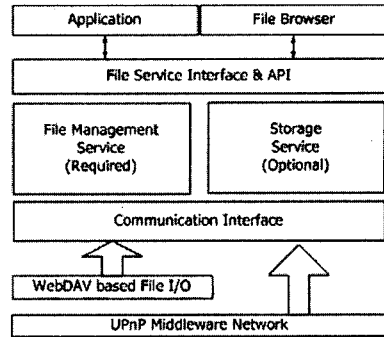


그림 1. UPnP 기반 분산 파일 서비스를 위한 미들웨어

위 그림 1은 UPnP 기반 분산 파일 서비스를 위한 미들웨어의 전체 구조를 나타낸다. 웨어러블 컴퓨팅 환경의 노드들은 시스템 메모리의 크기, 전력, 메인 프로세서의 초소형화 등의 제한적인 자원을 가지고 있기 때문에, Storage Service는 파일 서비스를 제공할 수 있는 노드에서만 동작한다. 미들웨어의 구성 요소는 다음과 같다.

- File Service Interface & API : 웨어러블 컴퓨팅 환경의 응용 프로그램들은 File Service Interface & API를 이용해 분산 파일 서비스를 이용할 수 있다.
- File Management Service : File Management Service는 웨어러블 컴퓨팅 환경에서 네트워크 상에 존재하는 노드들의 Service를 찾고, 응용프로그램으로부터의 Query를 처리하여주는 역할을 한다. 또한, 동적인 네트워크 상황에서 사용 중인 파일의 지속적인 사용을 가능하게 해준다. 아래 그림 2는 File Management Service의 상세 구조를 나타낸다.

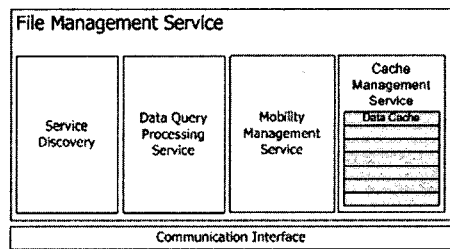


그림 2. File Management Service

Service Discovery는 PAN내의 모든 노드의 Service를 발견하게 되며, 후에 응용계층으로부터 원격지 파일에 대한 Query를 받으면 File Management Service는 UPnP Network를 이용해 원격지의 Storage Service에 해당 파일의 WebDAV reference를 요청하게 되며, Cache Management Service는 WebDAV를 이용해 파일을 캐싱한다.

- Storage Service : Storage Service는 응용프로그램이 요청한 파일의 WebDAV reference의 제공과 함께, 실제 파일의 전송에 관련된 역할을 한다. 그림 3은 Storage Service의 상세 구조를 나타낸다.

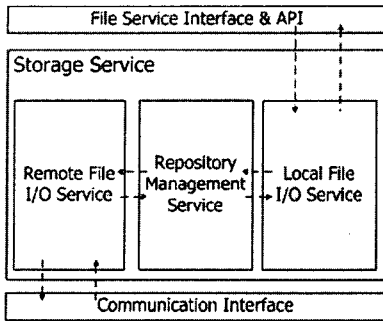


그림 3. Storage Service

File Management Service에서 받은 Query에 대한 파일이 원격지에 있을 경우는 원격지의 Remote File I/O Service와 Repository Management Service를 통해 WebDAV로 파일이 전송되며, 파일이 로컬에 있을 경우는 Local File I/O Service와 Repository Management Service를 이용하여 해당 파일을 응용 계층으로 전달해준다.

▪ Communication Interface : UPnP와 WebDAV 통신을 위한 하부 네트워크와의 Interface를 제공한다.

5. 향후 과제

위의 UPnP 기반 분산 파일 서비스는 웨어러블 컴퓨팅 환경에서 자유로운 파일 I/O가 가능하다. 하지만 웨어러블 컴퓨팅 환경에서의 모든 응용프로그램들은 상황 정보를 이용해서 동작을 한다. 이러한 상황 정보에는 사용자의 위치, 시간, 사용자 프로파일, 현재 웨어러블 장치의 자원 상황 등이 될 수 있다. 따라서 자유로운 파일 I/O 뿐만 아니라, 어떠한 상황에서든 그 상황에 가장 적절한 파일을 제공해 줄 수 있는 서비스가 필요하다.

기존의 상황인지 컴퓨팅과 관련된 연구로는 Illinois 대학의 GAIA[8], Maryland 대학의 MoGATU[9], Kyushu 대학의 CAMPUS[10] 등이 있다. GAIA에서는 분산 환경에서 상황 인지 파일 시스템을 지원하는 미들웨어이다. 하지만, 이를 위해서는 각 노드들이 Mount Server에 등록되어 Mount Server를 통해서 동작이 이루어진다. 따라서 동적인 네트워크 환경을 지원하지 못하며, 특정 플랫폼에 의존적인 특성을 가진다. CAMPUS는 상황 인지 응용 프로그램들을 위한 미들웨어로 이 시스템에서는 fuzzy set 이론을 이용하여 새로운 상황 모델을 제안하였다. 하지만 이 시스템은 정적인 네트워크 환경에 적합하도록 설계되었기 때문에 노드의 이동성을 지원하지 못한다. MoGATU는 분산 환경에서 상황 인지 데이터 서비스를 위한 미들웨어로, BDI 모델을 정의해 보다 정확한 상황 정보를 기술하고 있으며, 동적인 네트워크 환경, 다양한 플랫폼을 지원하고 있으나, 이 시스템에서는 파일 서비스는 지원하지 않고 있다.

따라서 본 논문에서 제안한 UPnP 기반의 분산 파일 서비스에 상황인지 컴퓨팅을 적용하면 웨어러블 컴퓨팅과 같은 Distributed, Dynamic, Heterogeneous한 특성을 가지는 환경에서 기존 연구들보다 효과적인 상황인지 파일 서비스를 할 수 있을 것이다.

6. 결 론

본 논문에서는 웨어러블 컴퓨팅 환경에서 자유로운 데이터 교환을 실현하기 위한 분산 파일 서비스를 제시하였다. 웨어러블 컴퓨팅 환경이 가지는 Distributed, Dynamic, Heterogeneous

한 특성에 적합한 서비스를 하기위해 UPnP와 WebDAV 표준을 사용하였으며, 제한된 자원을 가지는 장치에서도 UPnP 기반 분산 파일 서비스가 동작할 수 있게 설계하였다. 또한 본 논문에서 제시한 UPnP 기반 분산 파일 서비스에 상황인지 컴퓨팅을 적용해, 유비쿼터스 환경에서 상황인지 파일 서비스를 하기 위해서 기존 시스템들이 가지는 한계점을 극복하기 위한 분산 파일 서비스 구성 기법을 제시하였다.

7. Reference

- [1] UPnP : *Universal Plug-and-Play*
<http://www.upnp.org>
- [2] WebDAV : *Web-based Distributed Authoring and Versioning RFC 2518*, IETF.
- [3] John H. Howard. *An Overview of the Andrew File System CMU_ITC-88-062*
- [4] Peter J. Braam. *The Coda Distributed File System*. Linux Journal 1998
- [5] Microsoft Distributed File System
<http://www.microsoft.com/windowsserver2003/technologies/storage/dfs/default.mspx>
- [6] Roy Want, Trevor Pearson, Gunner Danneels, Muthu Kumar, Murali Sundar, and John Light. *The Personal Server: Changing the Way We Think about Ubiquitous Computing*. In Proceedings of the fourth International conference on Ubiquitous Computing (UbiComp) 2002, Goteborg, Sweden.
- [7] Samba
<http://us1.samba.org/samba/>
- [8] Christopher K. Hess, and Roy H. Campbell. *A Context-Aware Data Management System for Ubiquitous Computing Applications*. In Proceedings of International Conference on Distributed Computing Systems, 2003
- [9] Filip Perich, Anupam Joshi, Timothy Finin, and Yelena Yesha. *On Data Management In Pervasive Computing Environments*. In Proceedings of IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2004.
- [10] Hisazumi, K., et al.:CAMPUS: *A Context-Aware Middleware*, The 2nd Workshop on Advanced Computing and Communicating Techniques for Wearable Information Playing, Nara Institute of Science Technology, Nara, Japan, 2003.
- [11] CyberLink, Java
<http://www.cybergarage.org/net/upnp/java>
- [12] Apache Jakarta Slide Project, Java Servlet 기반 WebDAV Implementation.
<http://jakarta.apache.org>
- [13] Jetty, Java Servlet Engine.
<http://jetty.mortbay.org/jetty>