

PDA에서 임베디드 리눅스에서의 MPEG-4 컨텐츠 재생기 설계 및 구현

여재욱* · 김상욱**

1. 서 론

최근 많은 사람들은 컴퓨터로 할 수 있는 일들을 장소에 구애받지 않고 이동을 하면서 하기를 원한다. 길을 걸어가면서 영화를 보고, 화상 전화를 이용하여 전화 통화를 하는 등의 일을 하는데 관심이 있다. 하지만, 이동 환경에서는 장치의 크기가 소형화됨에 따라 운영체제 및 응용 프로그램 등 소프트웨어의 크기가 제한되어 있다. 특히 PDA의 경우 디스플레이 장치의 크기가 작고 데스크탑과는 다른 내장형 그래픽 장치를 사용하며, 메모리 장치는 주기억장치인 RAM과 보조기억장치인 플래시 메모리를 사용한다. 플래시 메모리는 하드디스크와 같은 보조기억 장치의 역할을 하면서 동시에 ROM과 같은 주기억장치의 역할도 한다. 이러한 PDA에서 멀티미디어 데이터처럼 부피가 큰 데이터를 처리하기 위해서는 데이터를 저장할 수 있는 공간이 필요하고, 저장된 데이터를 처리하는 속도가 매우 중요한 요소가 된다. 상영 시간이 2시간인 영화를 보려면 약 700MB 이상의 저장 공간이 필요하다. 이를 RAM 64MB, ROM 32MB의 메모리를 가지고 있는 PDA에서는 저장할 수 없을 뿐 아니라 약 206Mhz의 CPU 처리 속도로는 재생 또한 느리게 될 것이다. 이를 해결

하기 위해 스트리밍 서비스를 들 수 있다. PDA가 기존의 데스크탑 환경에서처럼 메모리 자원이 충분하지 않기 때문에 멀티 미디어 데이터를 스트리밍 서비스로 구현하는 것이다. 하지만, 이 경우에도 스트리밍 데이터의 전송 속도와 전송 받은 데이터를 저장하는 버퍼의 크기가 성능을 좌우한다.

이러한 점을 고려해 볼 때 이동을 하면서 영화를 보거나, 화상 통신을 하는 등의 멀티미디어 데이터를 처리하는 일은 간단하지만은 않다. 이동 환경에서 멀티미디어 데이터를 처리할 때는 데이터의 크기가 가장 큰 문제가 된다. 또, 장치의 크기가 소형화되면서 CPU의 낮은 처리 속도도 멀티미디어 데이터를 디코딩 하는 속도와 디스플레이 하는 속도를 저하시킨다. 우리는 이러한 멀티미디어 데이터를 기존의 압축방식보다 압축률이 향상되고, 저 비트율을 지원하는 MPEG-4 표준에 따르도록 하며, MPEG-4 포맷의 멀티미디어 데이터를 재생하는 재생기를 개발하여 이동환경에 적용한다. 이것은 실시간 운영체제인 임베디드 리눅스가 탑재된 PDA에서 구현되며, 스트리밍 서비스를 이용하여 MPEG-4 파일이 재생된다. 이것은 앞으로 PDA를 이용한 화상 통신 및 화상 회의에 적용될 수 있고, 이동 전화 및 다양한 이동 환경에서의 멀티미디어 데이터 처리를 가능하게 할 것이다.

* 경북대학교 컴퓨터학과 석사과정

** 경북대학교 컴퓨터학과 교수

2. 임베디드 시스템

최근 들어서 임베디드 시스템이 많이 거론이 되고 있다. 그 이유는 바로 PC시장의 포화현상, 개인용 휴대장비의 다양화, 기술의 표준화 및 고도화가 대표되고 있는 수요의 창출 때문이다. 많은 사람들이 더 강력한 기능의 PC에 냉장고처럼 사용하기 쉬운 처리장비를 원하고 있으며 크기는 장식물처럼 작아지기를 바라고 있다. 이러한 요구를 수용 해줄 수 있는 분야중의 가장 유력한 것은 바로 임베디드 시스템이다. 그것은 기존의 산업전자와 공장자동화 분야를 위주로 발전을 하였던 임베디드 분야가 기능의 다양화 및 지능화, 여러 가지 인터페이스의 지원과 GUI를 이용한 Visual한 표현, 네트워크 기능의 수용으로 차츰 산업용의 목적을 충실할 뿐만 아니라 일반 사용자의 요구도 수용을 해나가고 있다. 대표적인 분야는 전자수첩, 게임기, 가전제품 등이 있다. 최근에 들어서면 임베디드 시스템에서 요구되는 기본적인 기능들이 상당한 유사성을 가진다. 이러한 기반으로 국내외 전 세계적으로 PC의 한계극복하고 이동전화기의 장점을 합치면서 다른 기능을 수용을 할 수 있는 것을 찾고 있다. 소비자의 최근 요구사항은 가벼우면서 쉽게 사용할 수 있으며, 네트워크의 기능은 필수가 되었다. 이러한 요구를 가장 강력하면서 발전 가능성이 풍부한 것은 바로 Linux이다.

2.1 실시간 운영체제

실시간 시스템은 기존의 컴퓨터 시스템과 달리 시스템 동작의 정확성이 논리적 정확성뿐만 아니라 시간적 정확성에서도 좌우되는 시스템을 말한다. 이러한 실시간 시스템의 전형적인 예로서 제어시스템을 들 수 있다. 제어시스템은 센서로부터 입력을 받아들여 이를 정해진 시간 내에 처리하여 작동장치로 출력하며 극히 작은 시간적 오차를

허용한다. 실시간 운영체제로서 상용화 된 대표적인 예는 <표 1>과 같다.

이러한 실시간 운영체제들은 비교적 안정적이거나 특정한 분야에는 상당히 최적화가 되어 있는 장점이 있으며, 기존 임베디드 시장을 이끌고 온 공로 또한 무시 할 수 없다. 그러나, 앞으로의 인터넷 세상과 소규모 이동형 장비시장에서 몇 가지의 한계가 있다. 첫째, 크기가 너무 크고 커널의 재구성이 비교적 용이하지 않다. 둘째, 초기 구입비와 사용료가 너무 비싸다. 셋째, 커널이 공개되어 있지 않다. 넷째, 일반인에게 잘 알려져 있지 않다. 이러한 한계는 상용 실시간 운영체제를 이용한 임베디드 시스템의 개발에 걸림돌이 될 수 있다. 이에 비해 리눅스는 다른 상용 운영체제에 비하여 월등히 오래되고 발전되었을 뿐만 아니라 전 세계적으로 수 천만명의 사용자를 가지고 있는 공인된 운영체제이다. 또한, 제품을 개발완료 시 훨씬 더 좋은 이미지를 확보할 수 있다.

<표 1> 상용 실시간 운영체제

운영체제	회사	특징	최소 SIZE
Windows CE	Microsoft	<ul style="list-style-type: none"> > 최대 2MB 크기 > 가장 크고 가장 느린 OS > 다양한 장치 지원 > 윈도우 가능 제공 	
VxWorks	Windriver	<ul style="list-style-type: none"> > 확장 가능한 마이크로커널 구조 > 다중프로세서 지원 > POSIX 호환성 	5KB
Epc	Symbian	<ul style="list-style-type: none"> > 1MB > 개입형 platform 	
pSoS	Windriver	<ul style="list-style-type: none"> > 확장 가능한 마이크로커널 구조 > 다중 프로세서 지원 > 다중 객체 대기 지원 	2.5KB
OS-9	Microware	<ul style="list-style-type: none"> > 68~300KB > 제한된 기능에서 고성능을 제공 	68KB
VRTX	Microtech	<ul style="list-style-type: none"> > 다양한 CPU 지원 > 고품질, 선점적 멀티태스킹 > 모듈화, 라이브러리 기반 구조 	16KB

2.2 임베디드 리눅스

모든 경우에 리눅스를 사용 할 수는 없다. 하지만, 상당한 많은 분야에 적용되고 발전의 가능성이 있다. 그 이유는 첫째, 리눅스는 오래되었고 많

은 사람이 사용한다. 둘째, 소스가 공개되어 있다. 셋째, 전 세계에 수많은 뉴스 그룹과 디버깅 FAQ 및 기술자들이 산재해 있다. 넷째, 소규모 모듈단위로 설계가 되어있다. 즉, POSIX를 지원한다. 다섯째, 실시간 운영을 지원한다. 이러한 리눅스는 휴먼 로봇, 원자력 작업장비, 무인 탐사선, 네트워크 장비 등에 응용될 수 있다. 우리는 임베디드 리눅스를 COMPAQ iPAQ 3660 PDA 모델에 탑재하였다.

PDA 하드웨어 사양은 StrongARM-32bit 206 Mhz RISC Processor CPU와 Touch Screen, RAM 64MB, FLASH-ROM 16MB 및 기타 입출력 장치로 구성이 된다. 여기서 FLASH-ROM은 전원이 없어도 정보의 저장이 가능하고 지우는 횟수는 10만회 정도로 정해져 있지만 읽기, 쓰기가 가능한 메모리이다. 임베디드 리눅스를 설치할 때는 리눅스 운영체제에서 PDA와 연결할 수 있는 터미널인 minicom을 사용하여 먼저 Boot Loader를 구동시킨다. Boot Loader는 FLASH-ROM에 읽기, 쓰기, 지우기, 분할 등의 관리기능을 하며, 커널을 메인 메모리에 적재하는 기능도 한다. Boot Loader 상에서 16MB의 FLASH-ROM을 0×00000000, 0×00040000, 0×00080000, 0×000140000, 0×000280000의 5개 영역으로 분할한 후, 각각 Boot Loader(256KB), Boot Parameter (256KB), Kernel (768KB), Root file system (1.5MB), User file system(13.25MB)을 저장한다. 이때, Boot Loader는 업그레이드 할 수 있으며, 처음 설치할 때는 JTAG라는 특별한 장치를 사용해야 하기 때문에 개인적으로 설치하기가 쉽지는 않다. Boot Parameter는 Boot Loader에 의해 관리되는 부가 정보 및 분할 정보를 저장한다. Kernel은 커널의 이미지가 저장되는 영역으로 512KB가 필요하지만, 커널 업그레이드를 위해 768KB로 설정한다. Root file system은 JFFS2 파

일 시스템으로 설계되었으며 "/"로 마운트 될 파일 시스템이 위치한다. 사용자 어플리케이션 및 기타 GUI 인터페이스는 User file system영역에 위치한다. 임베디드 리눅스가 설치된 플래시 메모리의 구조는 [그림 1]과 같다.

Boot Loader, Boot Parameter, Kernel, Root, User 각각 256KB, 256KB, 768KB, 1.5MB, 13.25MB의 영역으로 분할되어 이미지가 설치되어 있다. 하드웨어에 전원이 켜지면 Boot Loader가 제일 먼저 Loading되고, Boot Loader에 의해서 Boot Parameter가 Loading되고 Kernel이 메모리에 Loading 되는 것이다. Kernel이 Loading 되면서 Root File System과 User Application이 초기화되어 GUI 화면을 구성하게 된다.

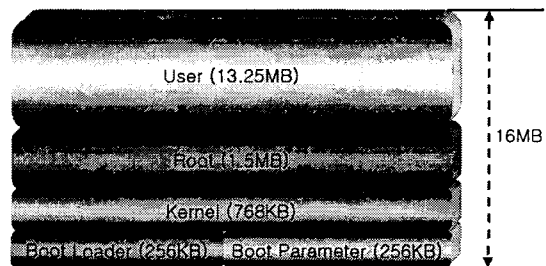


그림 1. 플래시 메모리의 구조

3. PDA에서의 MPEG-4 재생기

현재 PDA에서 MPEG에 관련된 연구는 많은 업체에서 수행 중이다. 국내 업체 중 아텔 리눅스, 미지 리서치가 있고, MPEG-4 스트리밍 서비스를 연구하는 3R 주식회사와 제3정보기술 등이 있다. 기존의 저비트율을 갖는 저장 미디어로서의 MPEG-1과 고해상도의 방송용 MPEG-2의 표준화 이후, 초 저비트율을 가지며 보다 능률적인 부호화 방식인 객체 부호화 방식을 사용하는 MPEG-4는 인터넷과 컴퓨터 상에서의 멀티미디어 데이터를 자유자재로 취급하기 위한 범용 부호화 표준

으로서의 성격을 띤다.

3.1 MPEG-4

MPEG-4표준은 기존의 영상, 오디오 신호의 압축 부호화에 추가해서 정지영상, 컴퓨터 그래픽스, 분석 합성계의 음성 부호화, MIDI(Musical Instrument Data Interface)등에 의한 합성 오디오 및 텍스트도 포함하는 종합 멀티미디어 부호화 규격을 목적으로 하고 있다. 따라서 MPEG-4에서는 부호화 대상을 3차원 공간 내의 AV(Audio Visual)객체가 구성하는 장면으로 하며, 이 장면을 재생측의 2차원 디스플레이에 표시하기 위한 정보의 부호화 포맷을 규정하고 있다. 장면을 구성하는 각 객체는 개별적으로 최적의 부호화 방식이 적용되므로, 높은 부호화 효율을 실현함과 동시에 재생측에서 사용자가 객체 조작을 가능하게 하고 있다. 또한 기존의 다양한 전송 포맷을 사용할 수 있도록 시스템 스트림과 전송 프로토콜간의 가교 역할을 해 주는 DMIF(Delivery Multimedia Integration Framework) 인터페이스 사양을 정하고 있다. MPEG-4가 MPEG-1이나 MPEG-2 등과 차별화 되는 가장 큰 특징 중에 하나는 시간/공간의 스케일러빌리티이다. 스케일러빌리티는 인터넷 및 협대역 무선망에서의 비디오 전달, 비디오 데이터베이스 브라우징에 중요한 기능이다. 특히 현재의 인터넷에서는 전송대역에 대한 네트워크의 서비스 품질이 보증되고 있지 않으므로, 동영상을 높은 부호화 속도로 안전하게 전송하는 것이 어렵다. 또 동영상 신호를 소프트웨어로 처리하는 것이 일반화되었지만, 처리능력이 낮은 단말에서는 수신한 부호화 데이터를 완전히 복호화할 수 없는 경우도 문제이다. 그래서 저해상도와 고해상도 두 종류의 데이터를 준비해 두고, 네트워크와 단말의 상태가 양호할 때는 고해상도의

동영상을 복호화하고, 상태가 악화되었을 경우는 화질을 저하시키는 것이 아니라, 저해상도의 품질을 보증하는 것을 생각할 수 있다. 공간 스케일러빌리티에서 입력 영상은 전처리부에서 고해상도 영상과 저해상도 영상으로 나뉘어진다. 그리고, 저해상도 영상은 통상의 부호화 알고리즘으로 부호화되어 VOL0의 비트스트림을 형성한다. VOL0의 비트스트림은 복호화측에서도 통상의 복호화 알고리즘으로 저해상도 영상이 재생되고, 마지막에 후처리부에서 해상도를 높여 디스플레이된다. 고해상도의 영상은 VOP간 부호화로 부호화된다. 예측모드에는 고해상도 영상으로부터 예측하는 경우와 저해상도 영상으로부터 예측하는 경우가 있다. 저해상도 영상으로부터 예측하는 경우는 중간 처리부에서 해상도 변환을 행한 영상을 사용한다. 참조 영상의 교체는 P-VOP, B-VOP의 부호화에 사용되는 참조 모드를 확장하여 사용한다. 고해상도 영상의 부호화에 저해상도 부호화의 결과를 사용하기 때문에, 복호에는 VOL0+VOL1의 부호화 데이터가 필요하다. 시간 스케일러빌리티에서는 전처리, 중간 처리, 후처리에서 공간해상도에 대한 변환 처리가 불필요한 것 이외에는 공간 스케일러빌리티와 동일하게 실현된다. 전처리부에서는 프레임률이 다른 두 개의 영상으로 분해되고, 저프레임 동영상의 복호화 결과를 이용해 고프레임률의 동영상을 예측 부호화하여, VOL1의 비트스트림을 생성하도록 동작시키면 된다.

3.2 재생기 구조

MPEG-4 재생기는 DMIF와, 비디오 디코더, 오디오 디코더, BIFS/OD 파서 그리고, 장면 렌더러와 Event Manager, 사용자 인터페이스로 구성된다.

DMIF는 다양한 전송 포맷을 사용하여 전송된

종합 스트림 데이터를 비디오, 오디오, BIFS/OD 스트림으로 나누어주며, 각각의 스트림은 비디오 디코더, 오디오 디코더, BIFS/OD 디코더에 의해서 디코딩 된다. 컴퓨터는 디코딩 된 데이터를 재생 가능한 정보로 묶어서 장면 렌더러에게 전달한다. 렌더링은 사용자 인터페이스에 의해서 구현되며, 사용자에게 의해서 입력되는 이벤트를 처리할 수 있도록 Event Manager가 있다.

MPEG-4 재생기의 전체적인 구조는 [그림 2]와 같다.

DMIF는 미디어 서버와 재생기 사이의 서비스를 제공하기 위해 설정되는 세션 관리를 제공한다. 소량의 요구 스트림을 안정적으로 전송하며, 미디어 재생기에서 요구하는 객체는 채널을 통해 전송되고 전송이 완료되면 채널관리에 의해 채널을 제거한다. DMIF에서 처리하는 스트림 정보는 비디오 타입, 오디오 타입, 프레임 레이트, 샘플당 비트수, 오디오 채널수, 오디오 주파수, 전체 재생

시간 등이다. 이러한 정보는 재생기의 프리젠타가 사운드 드라이버와 그래픽 드라이버를 설정하기 위하여 사용하며, 파일 관련 정보가 전송되어 값이 설정될 때까지 재생기의 디코딩 및 프리젠타를 대기한다. 버퍼는 원형 버퍼로 구현되며 원형 버퍼의 각 요소는 프레임이 된다. 각 프레임은 프리젠타가 읽기 위치와 쓰기 위치일 때 접근 제어를 할 수 있다. 디코더 버퍼는 디코더와 DMIF, 컴포지션 버퍼는 미디어 프리젠타와 디코더 사이에 있는 버퍼이다. 버퍼의 데이터를 읽기 위해선 데이터에 대한 포인터를 반환한다. 데이터를 읽으면 자동으로 lock이 수행되고, 데이터 읽기가 끝나면 반드시 unlock을 수행한다. 미디어 프리젠타는 반환된 포인터로 데이터를 읽어 메모리에 로드시키지 않고 화면에 출력한다. 오디오 디코더는 MPEG-4 AAC를 사용하며, 16Kbps~496Kbps 범위의 비트율과 8~96KHz의 샘플링 주파수가 지원된다. 비디오 디코더는 176×144의 QCIF의 화면 크기

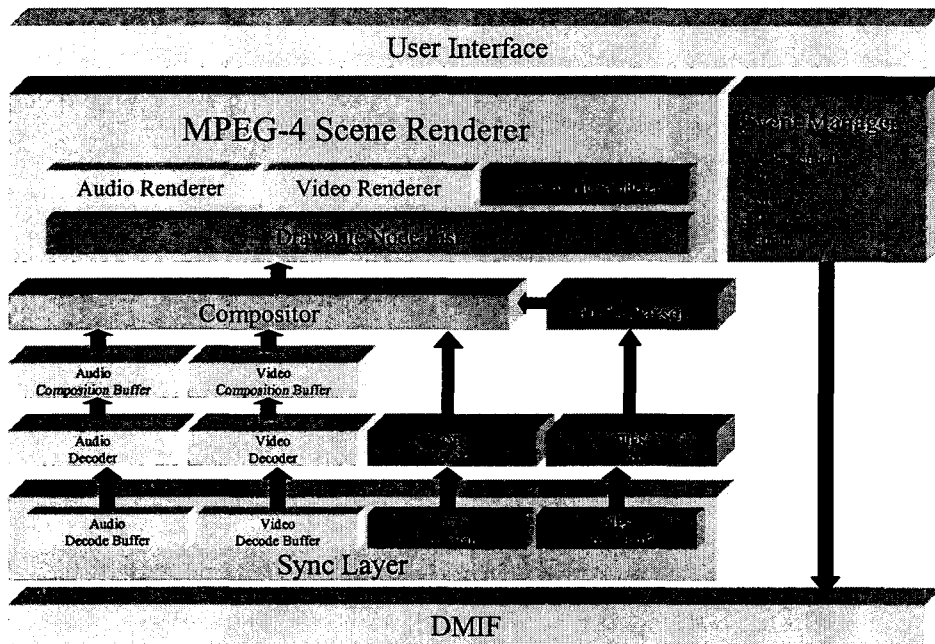


그림 2. MPEG-4 재생기 구조

를 지원하며, 복호화 알고리즘은 MPEG-4이다. MPEG-4에서 프레임 레이트는 3~15까지 지원하도록 하며, 비트율은 10Kbps~1Mbps까지 지원한다. MPEG-4 오디오 프리젠테이션은 PDA 환경에서 지원하는 사운드 드라이버를 이용하여 재생하며, MPEG-4 비디오 프리젠테이션은 QT/Embedded 그래픽 라이브러리를 이용하여 화면에 보인다. 이때 컴포지션 버퍼에 저장된 한 장면은 프리젠테이션 타임 스탬프(PTS)를 가진다. 이벤트 관리는 사용자 인터페이스로부터 발생하는 이벤트를 처리하는 모듈로써, 재생, 일시정지, 정지, 종료 등의 이벤트를 서버로 전달한다.

3.3 설계 및 개발

PDA에 임베디드 리눅스를 탑재한 후 응용프로그램으로 MPEG-4 재생기를 탑재한다. 임베디드 리눅스는 커널과, Root, 사용자 영역으로 나뉘어진다.

임베디드 리눅스의 커널은 주로 프로세서 생성, 쓰레드 생성, 메모리 관리, 인터럽트 관리, 네트워크 관리 등을 지원한다. 따라서, 제한된 자원을 효율적으로 사용하기 위해 커널은 부팅 할 때 부팅에 필요한 모듈들을 먼저 적재하고 나머지는 실행시간에 읽어들인다. 일반적인 임베디드 리눅스 커널은 Loadable Module, System Type, General Setup, Memory Technology Devices, Block Devices, Character Devices, File Systems, Console Drivers로 구성된다. Root 영역은 기본적인 셸, GCC 컴파일러, 그래픽 라이브러리, QT/Embedded 도구들로 구성된다. 사용자 영역은 GUI 인터페이스를 제공하기 위한 KDE 데스크탑 환경과 사용자의 편의를 위한 응용프로그램으로 구성된다. 구현한 임베디드 리눅스 시스템은 [그림 3]과 같다.

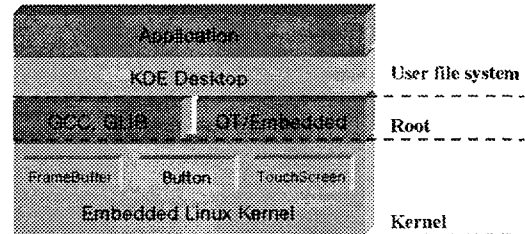


그림 3. 임베디드 리눅스 구조

임베디드 리눅스 시스템은 커널 위에 Frame Buffer, TouchScreen, Button이 있고, 커널을 기반으로 C 컴파일러와 라이브러리, Widget 처리를 위한 QT/Embedded 툴킷이 동작한다. 이러한 커널, 디바이스 및 그래픽 라이브러리를 기반으로 GUI 환경을 제공하는 응용프로그램들이 동작하게 된다. FrameBuffer는 직접 파일 입출력을 통한 그래픽 처리를 하기 때문에, 그래픽 카드에 독립적으로 표준 그래픽 처리가 가능하다. 또한 디스플레이 장치와 메모리를 서로 매핑시켜 직접 하드웨어에 접근함으로써 고속의 그래픽 처리가 가능하도록 설계되었다. TouchScreen과 Button은 크기가 작은 PDA에서 사용자의 편의성을 고려한 중요한 입출력장치이다. 이러한 입출력장치를 위한 GUI 환경을 KDE 데스크탑이 제공하고 있으며, 그 위에 MPEG-4 재생기가 탑재된다. 임베디드 리눅스 커널은 Kernel 2.4.5-rmk6-np1을 사용하였고, 크로스 컴파일러는 cross-armv4l-gcc-2.95.2, cross-arm4l-gcc-c++-2.95.2이다. C와 C++ 라이브러리는 cross-armv4l-glibc-2.2.1을 사용하고, FrameBuffer를 사용하기 위해 QT/Embedded 개발 인터페이스인 cross-armv4l-qt-2.3.1, cross-armv4l-qt_custom-1.1, qtE-2.3.1, qtE-custom-1.1를 사용하였다.

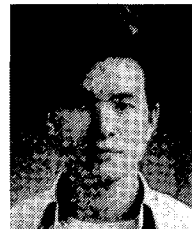
4. 결론

이동 환경에서는 자원의 제약으로 인해 다양한

소프트웨어의 개발이 어렵다. 하지만, 많은 사람들이 작고 가벼운 휴대용 단말기를 이용하여 여러 가지 일을 시간과 장소에 구애받지 않고 할 수 있기를 원한다. 우리는 실시간 운영체제인 임베디드 리눅스를 PDA에 탑재함으로써 이동 환경에서 멀티미디어 데이터 처리를 가능하게 하였고, 임베디드 그래픽 라이브러리를 이용하여 다양한 소프트웨어의 개발을 용이하게 하였다. 또한 높은 압축률과 저비트율을 가지는 MPEG-4 파일을 재생할 수 있는 재생기를 개발함으로써, 서버에서 이동 단말 또는 이동 단말간의 통신이 가능하게 하였다. MPEG-4 표준에서는 장면을 구성하는 단위가 객체 단위로 되어 있기 때문에, 재생기에서 시간/공간 스케일러빌리티를 지원하여 통신 상태에 따라 최적의 재생효과를 낼 수 있다. 앞으로는 PDA를 이용하여 이동 중에도 화상회의를 할 수 있고, 여행을 다니면서도 영화감상을 하는 등 사람들에게 시간/공간적인 제약을 해결 해 줄 수 있게 될 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Edward A. Lee, "What's Ahead for Embedded Software?," IEEE Computer, September 2000, pp.18-26
- [2] Embedded Linux tops developers' 2002 wishlist, LinuxDevices.com, 2001. 17
- [3] Intel Corporation, "Flash memory," Technical Paper, 1994
- [4] MPEG Group, Information Technology-Generic Coding of Audio-Visual Objects, ISO/IEC FDIS 14496-2, Oct. 1998.
- [5] ISO/IEC, Information Technology-Coding of Moving pictures and audio-MPEG-4 Systems: Intermedia Format (MP4) VM text, N2612p4, Dec, 1998.
- [6] <http://embedded.com>
- [7] <http://www.mizi.com>
- [8] <http://www.adelinux.com/>



여 재 옥

- 2002년 위덕대학교 컴퓨터공학과 학사
- 2002년~현재 경북대학교 컴퓨터과학과 석사과정
- 관심분야 : 멀티미디어 시스템, 무선 이동망



김 상 옥

- 1979년 2월 : 경북대학교 컴퓨터공학 졸업
- 1981년 2월 : 서울대학교 컴퓨터과학과 석사
- 1989년 2월 : 서울대학교 컴퓨터과학과 박사
- 1988년~현재 : 경북대학교 컴퓨터과학과 교수
- 관심분야 : 이동 멀티미디어 컴퓨팅