

모바일 장치에서의 운영체제 기술 현황

삼성전자 김운석 · 박정형 · 유광현

1. 서 론

휴대전화 및 Palm Pilot으로 대표되는 PDA의 보급으로 급격히 성장한 모바일 기기 시장은 최근 DMB(Digital Multimedia Broadcasting), WiBro 등 디지털 방송 및 초고속 무선 인터넷 서비스 시작과 더불어 제 2의 부흥기를 맞이하고 있다. 또한, 모바일 기기의 종류도 다양해져, 일반 음성 통신기기 뿐만 아니라 PMP(Portable Media Player), MP3 player, GPS 네비게이션 과 같은 멀티미디어 엔터테인먼트 기능을 갖춘 지능형 단말기들이 개발되고 있다.

휴대전화, 전자수첩 등의 초기 모바일 단말기들은 하드웨어의 기술적 제약에 의해 기능도 매우 단순하였으며, 제공되는 서비스의 종류와 질도 상당히 제한되었다. 이후, 반도체 및 디스플레이 기술의 발전으로 고성능 기기의 제조가 용이해짐에 따라, 휴대전화의 기본 통신 기능과 여러 멀티미디어 응용 서비스들을 융합하는 복합 모바일 단말기들이 개발되었으며, 무선 인터넷 인프라의 확산과 DMB와 같은 디지털 방송 기술의 등장으로 모바일 디지털 TV와 같은 고품질의 서비스를 이용할 수 있게 되었다.

하드웨어 기술의 급속한 발전과 모바일 서비스가 복합화되고 다양해 짐에 따라, 이에 필요한 소프트웨어 개발 비중도 크게 증가하였다. 고해상도 디스플레이에서의 GUI(Graphic User Interface) 지원을 위한 그래픽 처리 모듈과, 동영상 처리를 위한 미디어 코덱, 대용량 저장 장치 지원을 위한 파일 시스템 등과 같이 기존의 범용 운영체제에서 요구되었던 요소들이 모바일 기기를 위한 운영체제에 대해서도 요구되고 있다. 이에 따라, 신제품 개발에 있어서의 소프트웨어의 개발 부담은 급격한 증가세를 보이고 있으며, 이를 줄이기 위해서는 표준화된 개발 플랫폼을 활용하는 것이 필요하게 되었다.

소프트웨어 개발 플랫폼은 모바일 기기에 탑재될 수 있는 기능/크기/성능을 가진 잘 정의된 API 및 개발

환경을 제공하는 소프트웨어 시스템을 말한다. 대표적인 모바일 소프트웨어 플랫폼으로는 Windows Mobile for Smartphone, Symbian OS, PalmOS, Embedded Linux 등을 들 수 있다.

본 고에서는 내장형 시스템 소프트웨어의 기본 구조와 특성을 바탕으로, 모바일 소프트웨어 플랫폼의 차이점을 살펴보고, 각 플랫폼이 기반하고 있는 모바일 운영체제들의 특성과 기술현황을 살펴보고자 한다.

2. 모바일 시스템 소프트웨어

2.1 모바일 시스템 소프트웨어의 특징

일반적으로 내장형 시스템(embedded system)은 특정 기능을 수행하기 위해 하나의 기기 내에서 부품과 같이 이용되는 컴퓨팅 시스템을 말한다. 내장형 시스템이 가지는 가장 큰 특징은 다양성(diversity)으로, 그 응용 범위는 비행기와 자동차의 부품에서부터 모바일 단말기에 이르기 까지 매우 다양하다. 휴대전화, PDA와 같은 모바일 기기들은 대표적인 내장형 시스템이라 할 수 있다.

모바일 기기를 위한 소프트웨어는 모바일 기기가 가지는 운용환경의 특성에 의해 제약을 가지는데, 모바일 기기들이 가지는 일반적인 제약 및 특징을 나열하면 다음과 같다.

• 에너지 제약

대부분의 모바일 기기들은 제한된 용량의 충전형 배터리를 기반으로 동작하기 때문에, 전력 소모에 있어서 많은 제약을 가진다. 모바일 기기에서 전력 사용량을 줄이기 위해서는 Chip 혹은 회로의 전력 사용을 고려하여 최소한의 전력으로도 동작할 수 있도록 설계 구현하는 하드웨어적인 방법과 회로를 구동하는 소프트웨어로 하여금 사용자의 사용 패턴에 따라서 최소한의 전력으로 구동할 수 있도록 하는 소프트웨어적인 방법이 있다. 소프트웨어적인 에너지 제약의 해결책은 OS 뿐만 아니라 미들웨어, 응용 소프트웨어가 총체적으로

해결해야 하는 숙제이다.

•공간 제약

모바일 기기들은 휴대 및 이동을 목적으로 개발되기 때문에 제품 자체의 크기 및 무게에 있어 제약을 가진다. 최근의 반도체 기술의 발전은 DRAM 및 Flash Memory, System LSI등의 집적화를 이루고 있지만 일반적인 PC, 혹은 서버 환경에서처럼 풍부한 자원을 사용하는 것이 불가능한 형편이다. 특히, 모바일 기기에서 풍부한 양의 메모리의 확보, 발열량 및 전력 소모가 많은 고성능 CPU의 사용과 같은 문제들은 여전히 제약 사항으로 남아 있다.

•실시간 제약

일부분의 모바일 기기들에서의 응용들은 데이터의 실시간 처리를 요한다. 그 예로는, 네비게이션 시스템(혹은 GPS: Global Positioning System)과 PMP와 같은 엔터테인먼트 기기 등을 들 수 있는데, 이들 시스템에서는 주기적으로 입력 데이터를 추출(sampling)하여, 주어진 시간 간격 내에 처리하여 출력 데이터를 생성하여야 하므로, 데이터의 처리에 있어서 실시간 제약을 가진다. 실시간 처리 요건은 제품의 유용성 및 품질을 결정하는 중요한 요소로서, 사용자 요구에 대한 실시간 처리가 보장되지 못할 경우, 제품의 가치는 크게 저하된다.

이러한 물리적 제약들은 모바일 소프트웨어 개발에도 영향을 준다. 첫째, 실시간 제약은 제품의 hardware-software co-design에 있어 매우 중요한 기준이 된다. 그래픽 처리 및 오디오 모듈과 같이 복잡한 연산을 요구하는 작업들의 경우, 소프트웨어로 처리하고자 할 때 메인 프로세서의 작업 부담이 증가하여 전체 소프트웨어 구조 설계가 다소 어려울 수 있다. 이 경우, 하드웨어 차원의 그래픽 가속기 및 오디오 모듈을 이용하면 안정된 성능을 바탕으로 전체 소프트웨어 구성이 용이해 진다. 이때, 추가적인 하드웨어로 인한 제품 비용의 상승과 소프트웨어 개발 부담은 이해득실 관계를 가지며, 다른 하드웨어 플랫폼에 대한 소프트웨어의 이식성(portability)이 낮아질 수 있다.

제품의 전력 소모는 CE 제품에 있어 중요한 요소인데, 특히 모바일 기기에 있어서의 전력 소모는 제품의 유용성을 결정하는 매우 중요한 요소이다. 제품의 저전력 설계에 있어서도 소프트웨어의 역할은 상당히 중요한데, 예를 들어, 전력 소모를 줄이기 위해 하드웨어를 모듈화 하고 각 부품이 저전력 기능들을 제공한다고 할지라도 소프트웨어가 이를 인식하지 않은 채 운용된다면 하드웨어 저전력 설계는 의미가 없다. 또한, 동일

하드웨어일 경우에도 소프트웨어의 구성에 따라 제품의 전력 소모는 큰 변화를 가져올 수 있다. 소프트웨어에 의한 저전력 설계도 명령어 수준에서부터 시스템 수준에 이르기까지 폭넓게 이루어질 수 있는데, 대부분 하드웨어 의존적이어서, 상용 모바일 기기의 저전력 설계는 대체로 소프트웨어 플랫폼에 의한 시스템 수준의 전원 관리로 국한된다.

코드 최적화 문제는 크게 두 부분으로 나눌 수 있는데, 하나는 실행 성능 최적화이고, 다른 하나는 코드 크기 최적화이다. 전자는 제품의 품질과 연관되며, 후자는 제품의 비용을 결정하는 요소로 작용한다. 대부분의 제품 개발에 있어서 실행 성능의 최적화는 일반적으로 알고리즘 수준에서 이루어지며, 코드 크기 최적화는 상다수 컴파일러에 의존적이다. 최적화된 안정된 소프트웨어 모듈은 코드 재사용을 통해 지속적인 사용이 가능하므로, 소프트웨어 플랫폼 내 각 모듈의 최적화 정도는 플랫폼의 품질을 결정하는 중요한 요소로 작용한다.

2.2 모바일 소프트웨어 플랫폼

일반적으로 소프트웨어 플랫폼 구성은 그림 1과 같이 나타낼 수 있다. 여기서, HAL(Hardware Abstraction Layer)은 하드웨어 제어를 위한 표준화된 인터페이스를 제공하는 부분으로, 소프트웨어의 하드웨어 종속성을 줄여 이식성을 높이는 기능을 한다. 이와는 달리, OSAL(Operating System Abstraction Layer)은 응용 프로그램 및 미들웨어의 이식성을 높이기 위한 부분으로 운영체제 및 플랫폼에 대한 종속성을 줄이는 기능을 한다.

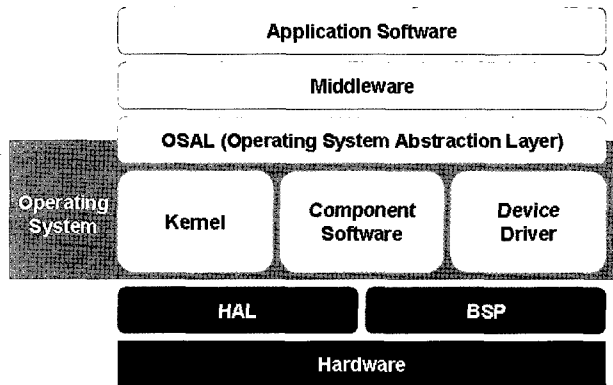


그림 1 소프트웨어 플랫폼 구조의 예

커널을 포함하는 운영체제는 전체 플랫폼의 성능과 효율성을 좌우하는 핵심 부분으로 이에 포함된 component software 와 device driver 의 수준에 따라 제공 가능한 기능과 제품 개발 기간이 영향을 받을 수 있다. 특히, 최근 모바일 기기들이 복합화되는 추세에

서는 풍부한 기능을 포함하고 소프트웨어 재사용을 통한 이식성이 높은 모바일 운영체제를 포함하는 개발 플랫폼 선택이 필요하다.

모바일 기기를 위한 플랫폼은 여러 종류로 구분될 수 있는데, 제품이 제공하는 특정 서비스 개발에 중점을 두는 애플리케이션 및 미들웨어 중심의 모바일 플랫폼과, 소프트웨어 구조적으로 보다 하부 계층까지 포함하는 운영체제 중심의 모바일 플랫폼으로 나눌 수 있다.

전자의 경우 대부분 무선 인터넷 단말기를 대상으로 하는데, 대표적인 예로, Sun Microsystems 의 Java platform, Qualcomm 사의 BREW, 무선 인터넷 포럼에 의해 제시된 WIPI 등을 들 수 있다. 이들은 대부분 virtual machine 혹은 OSAL 과 같은 소프트웨어 추상화 계층을 통해 운영체제에 대해 독립적인 모습을 가진다.

운영체제 중심의 플랫폼의 경우, 전자에 비해 기능이 훨씬 다양하고 보다 뛰어난 CPU의 성능 및 큰 메모리를 필요로 한다. 대표적인 예로, Windows Mobile for Smartphone을 들 수 있는데, 이의 경우 최소 100 MHz 이상으로 동작하는 CPU 와 10 MB 이상의 코드를 위한 메모리 크기 등을 요구하므로 고가의 정보 처리 단말기 등을 주 타겟으로 한다. Symbian OS, PalmOS, 그리고 Embedded Linux 등도 이러한 플랫폼에 해당된다 할 수 있다.

개발하고자 하는 단말기의 특성에 따라 플랫폼들이 선택적으로 이용될 수도 있지만 일부의 경우에는 혼용되어 이용되기도 한다. 실제 스마트폰과 같은 복합 단말기의 경우에는 운영체제 중심의 모바일 플랫폼 상에 무선 인터넷을 위한 모바일 플랫폼이 탑재되기도 한다.

3. 모바일 장치를 위한 운영체제

모바일 기기들이 물리적으로 여러 제약을 가지기 때문에 풍부한 시스템 자원을 바탕으로 설계된 범용 시스템에서의 운영체제는 모바일 기기 개발 플랫폼에 사용하기 어렵다. 방대한 코드를 가지는 범용 운영체제를 이용할 경우, 시스템 자원에 대한 요구가 늘어나 모바일 기기의 가격 경쟁력은 저하될 수 있으며, 요구되는 실시간 성능 요건을 만족시키기 어려울 수 있다.

따라서, 대부분의 모바일 기기를 위한 운영 체제는 기존의 실시간 운영체제(RTOS: Real-Time Operating System)를 기반으로 하거나, 특별한 경우에는 특정 응용에 맞는 형태로 설계, 구현된 운영 체제를 사용하기도 한다. 전자의 경우는 VxWorks, pSOS+등이 그 예이며, REX, Symbian OS 는 후자의 예이다.

본 절에서는 모바일 개발 플랫폼에 이용되는 모바일 운영체제를 포함한 다양한 내장형 운영체제의 특징들을 살펴본다.

3.1 REX

REX는 Qualcomm에서 CDMA 프로토콜 스택 설계 및 구현 과정에서 만들어진 것으로, 초기 MSM 칩셋부터 IS-95a/b와 IS-2000 시스템에 이르기까지 큰 변화 없이 지속적으로 이용되고 있는 운영체제 이다. REX는 시스템 운용에 필요한 최소한의 기능만으로 구성되어 있는데, 태스크 관리/스케줄링, 인터럽트 핸들링, 타이머, 시그널 등이 주를 이룬다.

REX는 CDMA 프로토콜 스택 구현에 특화된 것이기 때문에 휴대전화 개발에 최적화 되어 있다는 장점을 가진다. 그러나, 범용성 및 확장성이 부족하며, 일반 운영체제들과는 달리 다양한 IPC를 지원하지 않으며, CPU에서 제공되는 MMU와 같은 기능은 사용이 불가능하여 memory protection이 제공되지 않는다. 또한, 하드웨어 지원에 있어서도 초기 MSM 칩 코어인 186ex와 ARM7/9으로 제한된다.

Qualcomm MSM 칩셋 기반의 소프트웨어를 사용하기 위해서는 반드시 REX를 사용하여야 하기 때문에, 휴대전화 개발자에게 있어서는 선택의 여지는 넓지 않다. 스마트폰과 같은 다기능 휴대전화를 개발하기에는 REX가 가능성이 부족하기 때문에, 다른 운영체제로의 전환도 고려되고 있다.

3.2 uCOS

uCOS는 1992년 Jean J Labrosse에 의해 개발되어 Microcontroller에 주로 적용된 커널이다. ANSI C 기반 소스 코드로 제공되며 크기가 작고, 제품에 필요한 기능만으로 소프트웨어를 구성할 수 있어 작은 시스템 개발에 용이하여 MP3 player에 적용된 경우가 많다. uCOS의 구조는 그림 2와 같으며, 커널은 기본적인

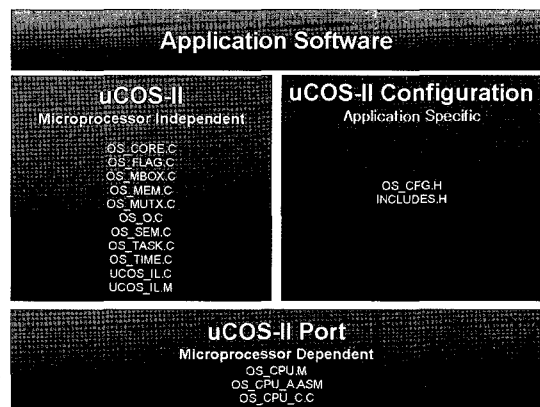


그림 2 uCOS 구조

로 task management(multi-tasking, preemptive scheduling), IPC(semaphore, mutex, event flag, message queue, mailbox), memory management, timer, interrupt management 등의 기능을 제공한다.

작은 크기와 적절한 기능으로 Microcontroller 및 소형 CE 기기에 이용되어 왔지만, 최근 MP3 player 와 같은 소형 CE 기기의 기능이 복잡해지고 복잡화됨에 따라, 부족한 기능으로 인하여 제품 적용이 줄어들고 있는 추세이다. uCOS 는 많은 사람들이 무료 운영체제로 알고 있으나, 이는 개발 시점에만 한정되며, 상품 적용을 위해서는 비용을 지불해야 한다.

3.3 Nucleus

90년대 초에 Accelerated Technology라는 회사에서 개발을 시작하였으며 2001년 Mentor Graphics 사에 인수되어 유지되고 있다. 초기에는 사용자 인터페이스가 많지 않은 내장형 시스템에서 주로 사용되었으며, 이후 2.5G와 3G용 wireless device용 칩 기반 프로토콜 스택 개발에 많이 이용되고 있다. Nucleus 는 35개 이상의 다양한 CPU를 지원하는데, 기본적으로 소스코드가 제공되며, runtime royalty 없이 제품별 일시불 계약금 지불 형식으로 이용 가능하다.

Nucleus의 구성은 그림 3과 같으며, 주요 구성 요소로는 커널, TCP/IP stack, file system, graphics, web server가 있다. 더불어, 3rd party partnership을 이용하여 Java와 같은 많은 솔루션을 제공되므로, 제품 개발이 용이하다. Nucleus는 적용하고자 하는 제품의 특성에 따라 필요한 기능을 선택적으로 설정하기 용이한데, 최소 커널만 포함하는 형태에 필요 구성요소를 추가하여 재구성 할 수 있다. 이러한 특성에 의해, 다수의 내장형 시스템에 이용되어온 반면, 멀티미디어 처리 기능이 미약하여 PMP와 같은 모

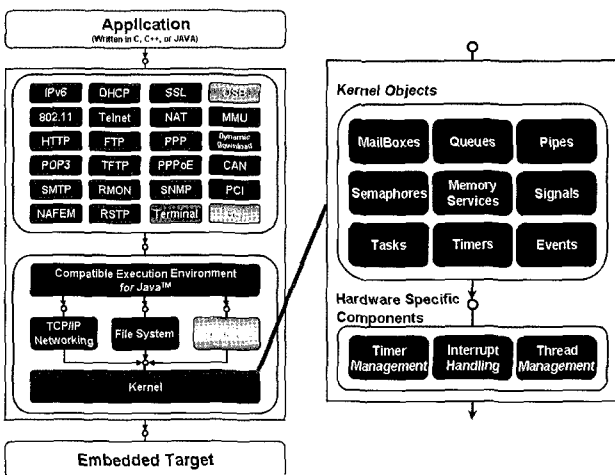


그림 3 Nucleus 구조

바일 엔터테인먼트 기기에 사용이 어렵다는 단점을 가진다. 초기 Nucleus는 타겟 시스템에 필요한 커널과 주요 컴포넌트를 확보에 중점을 두었지만, 이후 개발 효율성을 위한 개발 환경 확보에 주력하였으며, 최근 Eclipse 기반의 EDGE라는 통합 개발환경을 발표하여 제공하고 있다.

3.4 VxWorks

WindRiver Systems에 의해 개발된 실시간 운영체제로 20여년의 역사를 가지고 있다. VxWorks는 경성 실시간 시스템(hard real-time system)을 위한 운영체제로 개발되었으며, 주로 통신, 방위산업, 항공산업의 제어 시스템에 이용되었다. 이의 적용 예로는, 대표적으로 화성 탐사선 PathFinder와 혼다의 ASIMO 로봇을 들 수 있다.

VxWorks는 TCP/IP, x.25, CAN(Controller Area Network)과 같은 다양한 통신 솔루션을 포함하여 200여 소프트웨어 모듈을 제공하는데, 개발자는 필요한 모듈만 사용하여 시스템에 맞는 운영체제를 구성할 수 있다.

VxWorks의 주요 장점은 다음과 같다.

- 운영체제 재구성성
- 다양한 통신 프로토콜 지원
- ARM, x86을 비롯한 다수의 CPU 지원
- 우수한 통합 개발 환경 지원
- 다양한 3rd party 프로그램

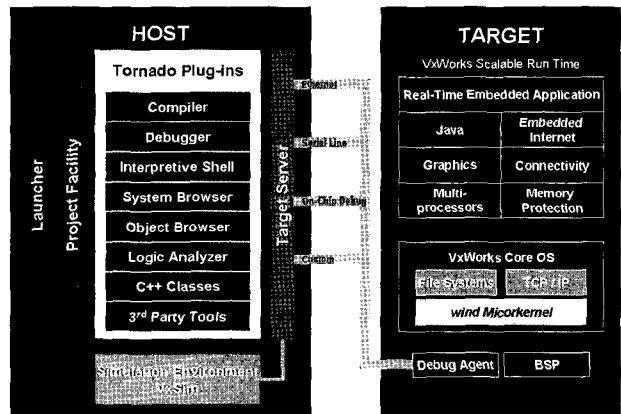


그림 4 VxWorks와 개발환경 구조

그림 4는 VxWorks 의 기본 구조와 이의 교차 개발 환경(cross development environment)인 Tornado 의 구조에 대한 것으로 소프트웨어 개발에 필요한 컴파일러, 디버거, 프로파일 기능(profiler), 편집기(editor) 등이 통합되어 매우 효율적이며, 다양한 Target CPU 에 대해 일관된 인터페이스와 기능을 제공하는 장점을 가진다.

VxWorks 커널에는 확장성을 위해 다소 많은 기능이 포함되어 있기 때문에 최소 크기가 상대적으로 크다는 점과 멀티미디어 처리와 관련된 기능들은 상대적으로 미약한 것이 모바일 기기에 적용되기에 단점으로 지적되고 있다.

그러나, 기존의 실시간 시스템으로서의 장점을 유지하면서 점진적으로 응용분야를 확장해 나아가고 있으며, Wi-Fi phone 및 VoIP phone 등 적용 사례가 점차 늘어가고 있다.

3.5 Symbian OS

Symbian은 1998년 6월 에릭슨, 모토로라, 노키아, Psion 등의 회사들이 공동 투자하여 설립한 스마트폰 운영체제 전문회사이다. 이후, 마쓰시다, 산요, 소니, 삼성 등이 주주로 참여하였으며, 이에 의해 개발된 운영체제가 Symbian OS이다. Symbian OS는 기본적으로 무선 통신기기를 위해 설계되었으며, 노키아를 비롯한 유수의 휴대전화 공급자들이 이를 채택하여 이용하고 있다. 현재, 스마트폰 운영체제 시장의 50% 이상을 Symbian OS가 점유하고 있는데, Microsoft사가 시장 확대를 노리고 있는 휴대전화 운영체제 시장에서 기술적으로 이에 대응할 수 있는 솔루션이다.

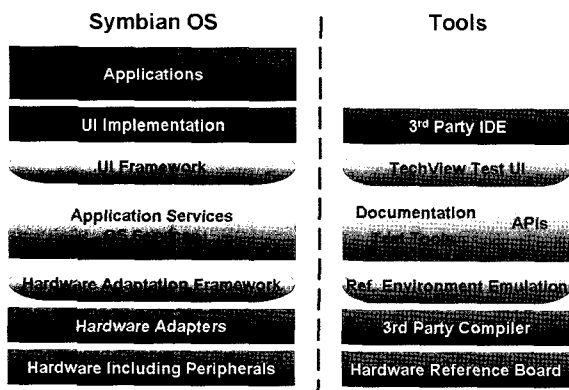


그림 5 Symbian OS 구조

휴대전화의 기술 발전에 맞추어 Symbian OS도 함께 확장되고 있는데, Symbian OS 6.0이 2G의 휴대전화를 위해 개발된 이후, 2.5G 및 3G의 휴대전화에 필요한 기능들을 확장하였으며, Symbian OS 8.0에서는 3G 휴대전화에서 필요한 real-time multimedia, multi-threaded kernel, multimedia recording, playback, streaming, conversion, acceleration, OpenGL 그리고 EGL graphics가 지원된다. Symbian OS는 **오류! 참조 원본을 찾을 수 없습니다.**와 같이 운영체제 서비스와 상위 응용까지 포함한 형태로 제공

된다. 3G 네트워크의 멀티미디어 서비스를 위해 기능이 확장되었지만 보다 확장된 멀티미디어 처리 기능과 보안 기능이 추가되는 방향으로 개발되고 있다.

Symbian OS는 스마트폰 용도로 개발되어 이에 필요한 응용 프로그램들을 대부분 포함하고 있기 때문에, 복합 휴대전화 개발이 용이하다는 장점이 있으나, 가격이 높아 단순하고 저렴한 일반 휴대전화에는 이용하기 어렵다.

3.6 PalmOS

PalmOS는 Palm Computing사의 PDA인 Palm Pilot에 처음 적용된 운영체제로 PDA에 필수적인 PIMS(Personal Information Management System) 위주로 기능이 구성되어 있으며, 현재 PalmSource사에 의해 개발되고 있다. PalmOS는 사용이 쉽고, 전력 소모가 낮으며, 낮은 사양의 하드웨어에서도 빠른 실행 속도를 가진다는 장점을 가진다. 또한, 풍부한 애플리케이션은 PalmOS의 가장 큰 장점이다.

PalmOS는 pen-based 휴대 기기에 적합한 그래픽터 입출력 기능과 인터페이스를 제공하여 많은 사용자들로부터 호평을 받았다. 그 결과 2004년을 기준으로 pen-based 휴대 기기의 46%에 탑재되어 있다. 초기의 PIMS 중심의 응용 프로그램에서 출발하여 멀티미디어, 통신 환경 제공 등으로 기능을 확장하여 왔으며, PalmOS 4에서 telephony API를 보완하면서 스마트폰 운영체제로의 변화를 시도하기도 하였다. PalmOS의 약점인 멀티미디어, 보안 기능 등을 강화하기 위해서는 보다 강력하고 범용적인 하드웨어 지원이 필요하다. 이에, PalmOS 5에서는 ARM-compliant CPU를 지원하여, 이를 바탕으로 멀티미디어, 보안, 무선 등의 기능을 대폭 강화하여 Microsoft 및 Symbian과의 격차를 줄일 수 있게 되었다.

작고 빠르다는 장점으로 많이 보급되었던 PalmOS는 멀티미디어 처리와 복합화 경향에 필요한 기능이 Windows 계열이나 Linux에 비해 상대적으로 취약하여 사용이 점차 감소되는 추세이다. 이를 만회하기 위해 PalmSource는 Linux 기반의 PalmOS를 개발하고 있다고 하니 관심을 가져볼 만하다.

3.7 Windows Mobile

Windows를 기반으로 PC 운영체제 시장을 장악한 Microsoft사는 휴대전화 영역으로의 확장을 위해 Windows Mobile for Smartphone을 개발하였다. Windows Mobile은 Windows CE를 기반으로 하고 있으며, Pocket PC, Wireless Data-only PDAs, Pocket PC Phone Edition, Smartphone, Portable

Media Center 등을 포함한다. Windows Mobile의 시작은 1996년에 CE 1.0으로 시작되었고, 2.0, 3.0으로 개선되면서 PocketPC, Smartphone으로 적용 제품 범위를 확장해 가고 있다.

Windows Mobile은 기존 PC의 Windows와 유사한 사용자 인터페이스를 가진다는 것 이외에도 여러 장점들을 가지고 있어 많은 복합 단말기에 적용되는 추세이다. 우선, Windows와 자료 호환성을 가지며, PC 수준의 멀티미디어 처리 기능을 갖추고 있다. 또한, 개발자들은 Windows의 훌륭한 개발 도구들을 사용할 수 있으며, Windows와 유사한 프로그래밍 환경 및 API를 이용하여 빠른 prototyping이 가능하고, Windows 환경에서 테스트가 가능하다. PalmOS 못지 않은 풍부한 애플리케이션도 Windows Mobile의 큰 장점 중 하나이다.

Windows Mobile도 지속적인 발전을 통해 시장을 확대해 나아가고 있는데, PocketPC 2003이 나온지 2년 만에 Microsoft 사는 Windows CE/Windows Mobile Evolution이 결합된 차세대 버전인 5.0(코드명 Magneto)을 발표하였다. 이는 앞으로 Pocket PC, Smartphone, Portable Media Center Platforms에서 탈피해서 data-centric, voice-centric, media-centric experiences에 중점을 두려는 Microsoft사의 의지가 담겨 있으며 productivity, multimedia, differentiation의 향상에 그 주안점을 두고 개발되었다. 또한 Windows CE 6.0 Core가 2006년에 출시 예정이다. 지원되는 CPU는 모바일 기기에서 많이 사용되는 ARM, SH, MIPS, x86 등이 있으며, Visual Studio 기반의 C, C++를 지원한다.

3.8 Linux

1991년 Linus Torvalds에 의해 처음 개발된 Linux는 Open Source Community에 의해 지속적으로 개선되어 왔으며 FSF(Free Software Foundation)에서 제공하는 각종 GNU Tool이 지원되는 UNIX 호환 운영체제이다. Linux는 상용 실시간 운영체제들 보다 실시간적 요소가 부족하고 개발 환경이 좋지는 않지만, 공개 소스코드에 라이선스 비용이 없으며, 세계 곳곳에 관련 개발자들이 많아 현지 응용 프로그램을 개발할 수 있는 개발자 층이 넓다는 장점을 가진다. 현재는 기존의 2.4 버전에 비해 실시간 스케줄링 및 저전력 기능이 개선된 2.6 버전 계열이 주로 사용된다.

최근까지 Linux는 실시간 특성이 강하게 요구되는 내장형 기기 보다는 기존의 UNIX와 마찬가지로 고가용성이 요구되는 서버, 데스크탑 시스템에 들어가는

범용 운영체제의 성격이 강했다. 그러나, 공개 소스코드이며, 라이선스에 의한 개발 비용 부담이 없다는 점, 그리고 향상된 안정성과 실시간 특성으로 인해 내장형 시스템 분야에서 비약적으로 확산되는 추세이다.

특히, 소프트웨어 규모가 크고 복잡도가 높은 시스템일수록 우선적으로 채택이 고려되는 운영체제 중 하나로 자리 잡아가고 있다. 모바일 기기에서도 지속적으로 적용이 확대되고 있는데, Sharp의 Zaurus와 같은 PDA에 적용되어 이용되고 있다. 또한, Motorola 등의 단말기 제조업체와 NTT DoCoMo 같은 사업자 등은 Embedded Linux를 휴대폰에 탑재하려는 노력을 하고 있으며, Motorola는 MontaVista의 Embedded Linux 기반의 스마트폰 A760을 선보인 바 있다.

PalmSource사의 차세대 PalmOS도 Linux를 기반으로 개발되고 있는데, Linux를 사용하는 가장 큰 장점은 Open Source Community에서 제공되는 다양한 소프트웨어들을 활용할 수 있어서 개발 기간을 단축할 수 있다는 것과 다수의 개발자에 의해 신기술들이 조기 개발 및 검증 되므로, 신기술의 적용 시기가 빠르다는 점을 들 수 있다. 단점으로는 Linux가 Unix와 같은 개념으로 설계되어 이의 운용을 필요한 자원이 타 운영체제에 비해 크며, 파일 시스템을 기본적으로 필요로 한다는 점이다. 그러나, 풍부한 기능과 활용도의 장점으로 인하여 점차 이의 이용이 확대되고 있으며 이에 필요한 기술 요소들이 지속적으로 개발되어 적용되고 있다. Linux는 open source kernel 기반으로 무료로 사용 가능하지만 이를 상용화한 공급자도 존재한다. 상용 Linux vendor에 의해 공급된 Linux는 업체에서 제품 개발에 필요한 컴포넌트를 포함하여 솔루션화하여 제공하며 개발 환경을 제공하고 있다.

4. 운영체제 기능 비교

주요 모바일 운영체제들의 주요 요소들을 비교해 보면 표 1과 같다. 하드웨어(CPU) 지원에 있어서는 Nucleus와 VxWorks가 가장 다양함을 알 수 있다. 이들 운영체제들은 주로 장치 제어 분야에 많이 활용되었는데, 이에 다양한 칩셋의 지원이 요구되었으며, 그 결과 적용 분야도 함께 확대된 것이다. 이와는 달리, 모바일 기기 분야에서는 사용되는 CPU 종류가 다양하지 않은데, 주로 ARM, MIPS, SH 등이 주로 이용되고 있다. 최근에는 ARM 프로세서가 주로 이용됨에 따라, 대부분의 운영체제들은 ARM 프로세서를 공통적으로 지원한다.

모바일 시스템에서 사용자에게 대한 보장된 성능 제공

표 1 운영체제 기능 비교

OS	Nucleus	Symbian OS	VxWorks	Windows CE	Linux
Processor Support	ARM: x86: MIPS: 68k: PowerPC: SH: TI, ARC	ARM	ARM: x86: MIPS: 68k: i960: PowerPC: SH: SPARC:	ARM: x86: MIPS: SuperH3/4:	ARM: x86: MIPS: PowerPC: SH: SPARC
Real-Time Support	Time Slice: Dynamic Prioritization:	N/A	Preemptive Round Robin: Dynamic Prioritization: Rate Monotonic Scheduling:	Priority Inheritance: Dynamic Prioritization: Interrupt Service Threads:	(Limited) Real-Time Extension:
Multimedia	N/A	Media Server:	N/A	WMT: Windows Media Player:	다수의 공개 솔루션
Graphics	GRAFIX:	Video/Audio F/W: 3D OpenGL:	WindML:	DirectX API: Windows:	GTK: Qt/Qtopia: X-Window
File System	Nucleus FILE: MSDOS: FAT32:	F32 VFAT:	MSDOS: TrueFFS: NFS: ISO 9660 CDFS	TrueFFS: FAT32:	FAT32: EXT: JFFS: JFS: et al. (대부분 지원)
Connectivity	USB: PictBridge:	USB: IrDA: Bluetooth:	USB: WLAN:	USB: WLAN: Bluetooth: IrDA:	다수의 공개 솔루션
Network	TCP: UDP: IPv6: DHCP: 802.11: HTTP: FTP: PPP: POP3: SMTP et al.	TCP: IPv6: HTTP: PPP: POP3: SMTP et al.	TCP: IPv6: PPP: 802.11: HTTP: et al.	TCP: IPv6: 802.11: POP3: SMTP: PPP: CDMA: HTTP: et al.	다수의 공개 솔루션

을 위해서는 운영체제 차원의 실시간 기능이 필요한데, 대부분의 모바일 운영체제들이 이를 지원하고 있다. 그 중, 전통적인 실시간 운영체제인 VxWorks 가 실시간 기능 지원에 있어서 상대적으로 나은 편인데, 다양한 실시간 스케줄링이 지원되고, priority inversion 및 inheritance 와 같은 실시간 스케줄링 프로토콜들도 잘 구비되어 있다. 또한, VxWorks 의 경우, 커널에 의한 스케줄링 오버헤드도 상당히 낮은 편이어서, 경성 실시간 시스템에 매우 적합하다 할 수 있다.

멀티미디어 지원 기능에 있어서는 PC 와의 자료 호환성을 바탕으로 복합 모바일 기기에서 많이 이용되는 Windows CE 계열이 가장 다양한 솔루션을 제공하고 있다. 특히, Windows CE 계열에서는 PC Windows 와 유사한 UI(User Interface)를 가지는 그래픽 라이브러리인 DirectX API 를 비롯해 WMT(Windows Media Technology) 를 지원한다. 또한, Windows Media Player 등과 같은 애플리케이션 수준의 솔루션도 제공되고 있다. 최근 들어, 멀티미디어 처리 기능이 기본적으로 요구됨에 따라, 기존의 실시간 운영체제들도 이를 보완하여 지원하고 있는데, 그 예로는, Nucleus 의 GRAFIX, VxWorks 의 WindML 등을 들 수 있다.

대용량 데이터 저장을 위한 파일 시스템의 지원에 있어서는, Linux 가 타 모바일 운영체제들에 비해 상

대적으로 다양한 솔루션을 지원하고 있다. 이는 Linux 에 대한 시스템 소프트웨어 개발자 층이 두텁고, 커널이 오픈소스로 제공되기 때문에 새로운 파일 시스템에 대한 구현 및 검증이 타 운영체제들에 비해 빠르고 용이하기 때문이다. 다른 운영체제들의 경우에도, 모바일 기기들이 기본 저장매체로 이용하는 플래쉬 메모리를 지원하기 위해, FTL(Flash Translation Layer)의 지원과 함께 FAT 과 TrueFFS 와 같은 파일 시스템들을 기본적으로 지원하고 있다.

모바일 기기들이 멀티미디어 데이터 등의 외부 데이터를 얻기 위해서는 PC 와 같은 외부 기기와의 연결이 필요하다. 또한, 모바일 기기들은 사용자 인터페이스에 제약이 있기 때문에, 자료의 입력 및 시스템 설정에 있어서도 외부 연결이 필요하다. 일반 휴대 전화나 PDA 에서의 자료 동기화 등이 그 예가 된다. 이를 위해서는 모바일 기기를 외부와 연결하기 위한 연결성(connectivity)을 운영체제에서 지원할 필요가 있다.

PC와 같은 외부 기기와 연결을 위해서는 Serial/Parallel 포트, IrDA, FireWire(IEEE 1394), USB (Universal Serial Bus) 와 같은 장치를 이용할 수 있는데, 과거에는 일반적으로 자료 전송에 있어 Serial 통신을 이용하고, 대용량 자료 전송에 있어 FireWire 등을 이용하였지만, 이후 USB 로 통합 이용되고 있는 추세이며, 이에 대부분의 운영체제들은 USB 지원을

기본으로 하고 있다.

외부 네트워크와의 연결을 위해서는 Ethernet, WLAN(Wireless LAN) 혹은 Bluetooth 와 같은 장치에 대한 지원이 필요한데, 이중 Bluetooth 는 크기가 작고 전력 소모가 적어 스마트폰과 같은 모바일 기기들에서 많이 이용되고 있다. 이에 Symbian OS 와 Windows CE 등에서는 이를 기본적으로 지원하고 있다. 또한, 이러한 네트워크 장치에 기반하는 네트워크 솔루션 및 프로토콜들은 대부분의 모바일 운영체제들에 의해 지원되고 있다.

전체적으로, 스케줄러 및 멀티태스킹 등의 커널의 기본 기능은 운영체제간에 큰 차이를 보이지 않으며 모바일 기기 개발에 있어 부족함이 없다는 것을 알 수 있다. 그러나, 늘어나는 사용자 요구사항을 수용하기 위한 추가 기능에 있어서는 운영체제에 따라 다소 차이가 있으며, 이로 인해 모바일 기기에 있어서의 운영체제 선택은 영향을 받는다.

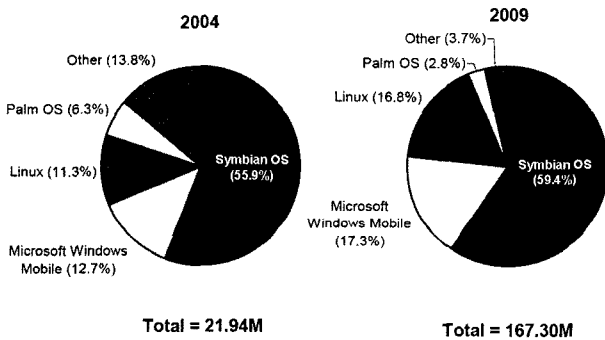


그림 6 시장 점유율 및 전망(출처: IDC Worldwide Mobile Device Operating System 2005-2009 Forecast and Analysis).

5. 현황 및 전망

지금까지 모바일 기기가 가지는 물리적 제약과 개발 플랫폼 및 운영체제의 특성을 살펴보았다. 과거 일반 내장형 시스템에서와는 달리, 복잡하고 다양한 기능이 요구되는 모바일 기기들에서의 운영체제의 선택은 제품의 시장성을 결정하는 중요한 요소로 작용한다.

모바일 운영체제의 선택은 다양한 기준에 의해 이루어질 수 있는데, 제품의 품질(실행속도 및 안정성)과 같은 성능 요소와 운용체제가 제공하는 라이브러리와 같은 기능적인 요소에 의해서도 이루어질 수 있다. 하지만, 모바일 운영체제는 데스크탑에서 이용되는 범용 운영체제와는 달라서, 개발자에 의해 이용이 어렵거나 시장에서의 인지도가 낮을 경우, 제품에 적용되기 어렵다. 즉, 제품 개발에 필요한 개발 도구의 풍부함, 운영체제의 구조적 편의성, 프로그래밍의 용이성, 환경

구성의 용이성 등도 모바일 운영체제의 선택에 기준이 될 수 있으며, 운영체제에 대한 사용자의 인지도 및 신뢰도 또한 영향을 줄 수 있다. 예를 들어, Linux 의 경우, 오픈 소스에 라이선스 비용이 없다는 여러 장점에도 불구하고 다른 상용 운영체제에 비해 점유율이 낮은 것에는 상대적으로 열악한 개발 환경과 제공되는 솔루션에 대한 낮은 신뢰도도 영향을 준다. 이에 반해, VxWorks 는 화성탐사선 및 유명 로봇 제품 등에 이용되면서 높은 신뢰도를 구축하고 있다.

모바일 기기 시장의 확대와 더불어 내장형 운영체제에 대한 시장도 변화하고 있다. 과거 전통적인 RTOS 중심에서 다기능 모바일 운영체제 중심으로 발전하는 추세로 VxWorks 및 pSOS 와 같은 전통적인 RTOS 들의 시장 점유율은 상대적으로 낮아지고 있다.

그림 7은 모바일 기기들에 대한 각 운영체제의 시장 점유율과 향후 전망을 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이, 모바일 운영체제 시장은 스마트폰을 주 타겟으로 하는 Symbian OS 가 주도하고 있으며 향후에도 복합 모바일 기기 시장의 상당 부분을 장악할 것으로 예상되고 있다. Symbian OS 은 현재 55% 이상의 시장 점유율을 보이고 있으며, Microsoft Mobile 과 Linux 가 각각 12% 정도의 수준으로 그 뒤를 따르고 있다. 이들 3개 운영체제는 향후에도 시장의 주도적인 위치를 고수하며 확장이 지속될 것으로 예상되고 있다. 반면, 현재 6% 정도의 점유율을 가지는 PalmOS 의 경우에는 향후 그 영향력이 줄어들 것으로 예상되고 있다.

참고문헌

- [1] 홍준성, 모바일 플랫폼의 기술현황 및 발전방향, 정보과학회지, 제22권, 제1호, page 8-15, 2004년 1월.
- [2] Windows Mobile, <http://www.microsoft.com/windowsmobile>.
- [3] Symbian OS, <http://www.symbian.com>.
- [4] PalmOS, <http://www.palmsource.com>.
- [5] uCOS, <http://www.micrium.com>
- [6] VxWorks, <http://www.windriver.com>
- [7] Embedded Linux, <http://www.embedded-linux.org/>
- [8] V. Tiwari, S. Malik, and A. Wolfe. Power Analysis of Embedded Software: A First Step Towards Software Power Minimization, IEEE Transactions on VLSI Systems, 2(4), December 1994.

[9] P. Marwedel, L. Wehmeyer, M. Verma, S. Steinke, and U. Helmig. Fast, predictable and low energy memory references through architecture-aware compilation, in Proceedings of Asia and South Pacific Design Automation Conference, pages 4-11, January 2004.

김 운 석



2004. 8 서울대학교 대학원 컴퓨터공학
박사졸업
2004. 11~현재 삼성전자 디지털미디어
연구소 책임연구원
관심분야: Real-Time System, Low-
Power System, Embedded
System, Performance
Evaluation
E-mail : woonseok.kim@samsung.com

박 정 형



1993. 2 연세대학교 대학원 전산과학
석사졸업
1993. 3~현재 삼성전자 디지털미디어
연구소 책임연구원
관심분야: Embedded OS, Hetero-
geneous Multiprocessor
System, Embedded SW
Platform
E-mail : jeung.park@samsung.com

유 광 현



1996. 2 서울대학교 대학원 컴퓨터공학
박사졸업
1996. 3~현재 삼성전자 디지털미디어
연구소 수석연구원
관심분야: Operating System,
Real-Time System,
Embedded System
E-mail : khyoo@samsung.com
