

임베디드 S/W 최신 기술 동향

김홍남 (한국전자통신연구원)

I. 서론

임베디드 소프트웨어란 IT 차세대 성장 동력 분야를 비롯한 정보가전 및 정보통신, 항공기, 차량, 로봇, 산업기기, 의료기기 등 다양한 산업 분야의 디지털 제품에 내장되어 하드웨어의 제어, 통신, 멀티미디어, 인터넷, 게임, 인공지능, 유비쿼터스 컴퓨팅 등 기본 기능 및 다양한 부가 기능을 제공함으로써 제품의 경쟁력과 부가가치를 높여주는 중간재적인 성격을 지니는 소프트웨어를 말한다.

임베디드 소프트웨어는 운영체제, 미들웨어, 응용 소프트웨어 등을 포함하며, 임베디드 시스템과 응용 소프트웨어의 효율적인 개발을 위한 통합개발환경이 필요하다. 특히 임베디드 소프트웨어는 다양한 특성을 가진 임베디드 시스템에 내장될 수 있도록 저렴한 가격, 소형화, 저전력, 고신뢰성, 소프트웨어의 기능 및 성능의 최적화, 하드웨어에 대한 효율적 자원 관리 등이 임베디드 소프트웨어가 가지고 있어야 할 기본적인 특성이다.

임베디드 소프트웨어는 탑재될 시스템의 용도에 따라 연성 혹은 경성 실시간 처리를 지원하여

야 한다. 예를 들면, 무인항공기용 비행제어시스템이나 항법시스템에 내장되는 임베디드 소프트웨어는 다양한 센서로부터 받은 값에 따라 항공기의 제어 작업을 항상 주어진 마감시간 내에 처리해야 한다. 소프트웨어의 오동작 및 작동 중지가 허용되지 않는 임베디드 시스템에서는 고도의 신뢰성이 필요하다. 예를 들면, 원자력 발전, 항공기 제어, 미사일과 같은 임베디드 시스템에서 소프트웨어의 오동작 또는 불시의 작동 중지는 심각한 인명 피해나 경제적 피해를 발생시킨다.

임베디드 시스템에 내장된 프로세서의 성능, 메모리 용량, 전원공급장치 등의 하드웨어 자원은 제품의 크기, 가격, 발열 등의 이유로 제한적이다. 따라서, 임베디드 소프트웨어는 경량화, 저전력 지원, 자원의 효율적 관리와 같이 하드웨어에 최적화되어야 한다. 임베디드 소프트웨어는 범용 데스크탑이나 서버에서 실행되는 패키지 소프트웨어와 달리 특정 시스템에서의 실행을 목적으로 개발된다. 따라서, 임베디드 소프트웨어가 탑재될 임베디드 시스템의 기능에 따라 그 기능이 결정된다.

앞으로 임베디드 시스템에서의 기술에 대해

II장에서 언급하며, III장에서는 해외 기술 동향을 파악하고, 마지막으로 IV장에서는 이전 장에서 언급된 기술을 실제로 구현한 제품들에 대한 소개를 하고자 한다.

II 기술동향 및 발전방향

임베디드 소프트웨어는 크게 임베디드 운영체제, 임베디드 미들웨어, 임베디드 기본응용, 임베디드 소프트웨어 개발 도구로 분류된다. 네 가지 분야별로 세부 기술에는 무엇이 있으며 이 기술들의 동향과 발전 방향을 살펴본다.

1. 임베디드 운영체제

임베디드 시스템에서 정보가전기기의 비중이 커짐에 따라서 임베디드 운영체제는 인터넷 솔루션과 GUI 기능, 그리고 모바일 디바이스 지원 기능이 점차 중요해지고 있다. 이에 따라 유무선 통신 기능, 경량 TCP/IP 스택 지원, 경량 그래픽 윈도 시스템 지원, 객체지향 언어 지원, 멀티미디어 스트림의 효율적인 처리, 웹서비스 지원 기술 등이 대두되고 있다. 특히 모바일 디바이스를 위해서는 저전력 지원과 소형 LCD에 적합한 그래픽 윈도 시스템에 대한 기술도 중요하다. 또한 빠르게 변하는 시장에 대응하기 위하여 임베디드 운영체제는 이식성과 조립성이 좋아야 한다.

임베디드 운영체제는 쓰레드 기반 운영체제와 프로세스 기반 운영체제로 나눌 수 있다. 쓰레드 기반 운영체제란 시스템(커널) 프로세스와 응용(사용자) 프로세스가 구분되지 않고 동일한 기준으로 수행되는 것으로서 응용 프로그램의 오류가 시스템 전체를 멈추게 할 수 있다. 프로세스 기반 운영체제란 시스템 프로세스와 응용 프로세스가

별도의 기준으로 수행되는 것으로서 응용 프로그램의 오류가 시스템 프로세스의 동작에 영향을 미치지 않는다. 대표적인 쓰레드 기반 운영체제로는 윈드리버의 VxWorks가 있고 프로세스 기반 운영체제로는 임베디드 리눅스가 있다.

임베디드 운영체제 커널의 특징은 다음과 같다.

- 범용 운영체제에 비해 비교적 작은 크기
- 컴포넌트 방식의 구성으로 타깃 시스템에 따라 손쉽게 구성을 달리 할 수 있는 컴포넌트 기반 운영체제
- 빠른 부팅, 저전력 지원, 비디스크 방식의 운용
- 다양한 또는 저가의 프로세서에 대한 지원
- 간결한 구조에 의한 빠른 응답
- 메모리 기반의 파일 또는 데이터베이스 시스템

임베디드 운영체제가 무기 분야나 각종 제어 분야처럼 실시간성이 강하게 요구되는 응용 분야에 사용될 때에는 다음과 같은 기능이 필요하다.

- 빠른 인터럽트 서비스
- 멀티 태스크 (태스크/프로세스 또는 쓰레드) 환경에서의 연성 및 경성 실시간 스케줄링
- 실시간 자원 관리
- QoS 기능

2. 임베디드 미들웨어

미들웨어는 원래 분산 시스템에서 환경의 이질성과 구성의 복잡성을 쉽게 다룰 수 있도록 설계되어 운영체제와 응용 프로그램 사이에 존재하는 소프트웨어이다. 임베디드 미들웨어란 임베디드 시스템에서 임베디드 시스템 응용 환경

의 다양성, 이질성, 편재성(pervasiveness), 이동성(mobility), 실시간성(real-timeness) 등을 임베디드 응용 운영 및 개발 시 용이하게 다룰 수 있도록 지원하는 미들웨어이다. 임베디드 소프트웨어 미들웨어는 크게 pervasive 컴퓨팅 미들웨어, 멀티미디어 처리 미들웨어, 이동성 지원 네트워킹 미들웨어의 3가지 분야로 구분된다.

가) Pervasive 컴퓨팅 미들웨어 기술

퍼베이시브 컴퓨팅은 공간과 시간의 제약을 받지 않고 내장형 컴퓨터나 개인용 컴퓨터, 컴퓨팅 그룹 등과 같은 다양한 자원을 유무선 네트워크를 통하여 사용자의 의사소통이나 작업을 보다 원활하게 할 수 있도록 도와주는 컴퓨팅 환경을 말한다.

퍼베이시브 환경의 구축을 위해서는 다양한 디바이스와 많은 서비스를 통합할 수 있게 해주는 미들웨어에 관한 연구가 필요하며 이러한 연구는 지금까지 분산 시스템 분야와 모바일 컴퓨팅 분야에서 독립된 연구로 진행되어 왔으나 현재는 이러한 개별적 연구들을 통합하는 것이 전 컴퓨팅 분야에서 하나의 경향으로써 자리 잡고 있다.

나) 멀티미디어 처리 미들웨어 기술

멀티미디어 처리 미들웨어는 임베디드 시스템에 탑재되어 실시간 오디오 및 비디오 서비스를 제공하기 위한 기본적인 기능을 일괄적으로 제공하는 역할을 담당한다. 이러한 멀티미디어 서비스는 크게 실시간 대화형 또는 collaboration 서비스, 스트리밍형 서비스, 메시지형 서비스로 나눌 수 있다.

이러한 서비스는 기존의 PC나 고속 인터넷 환경에서의 서비스와 목적하는 바는 유사하나 특

별히 임베디드 시스템에 탑재되기 위해서 통신 환경이나 하드웨어의 성능에 맞도록 QoS를 적용하는 기술과 경량화 기술이 요구된다.

다) 이동성 지원 네트워킹 미들웨어 기술

단말 이동성 지원은 기존 컴퓨팅 시스템에 대비하여 임베디드 시스템이 갖는 두드러진 특성으로서 유선과 무선으로 대별되는 기반 네트워크 환경에 이동 중인 단말의 이음새 없는(seamless) 접속을 보장하는 네트워크 연동기술, 생활 혹은 산업현장에 적용되는 임베디드 시스템 운용 환경과 단말의 역동성을 수용하기 위한 Ad-hoc 그룹통신 및 라우팅 기술, 그리고 시스템 혹은 응용 환경의 변화에 능동적으로 적응하기 위한 능동 메시징 기술로 구성된다.

3. 임베디드 소프트웨어 기본응용

임베디드 응용 및 서비스는 다양한 임베디드 시스템을 통해 사용자가 만날 수 있는 최상위 레벨의 임베디드 소프트웨어 기술이다. 기본 응용으로는 브라우저와 미디어 플레이어 등이 있다. 브라우저의 세부 기술로는 마크업 언어 처리 기술, 네트워크 프로토콜, 휴먼 인터페이스 기술, 멀티미디어 처리, 플러그인 컴포넌트 처리 기술이 있다. 미디어 플레이어의 세부 기술로는 오디오 비디오 인코딩 기술, 오디오 비디오 플레이어 기술, 플러그인 플래시 컴포넌트 기술이 있다.

정보가전의 활성화와 함께 명령어 중심의 사용자 인터페이스(CUI, Character User Interface)가 메뉴 방식으로 바뀌게 되어 임베디드 시스템의 그래픽 환경은 필수 요소로 자리잡게 되었고, 다양한 임베디드 GUI(Graphic User Interface)와 이에 따른 응용 프로그램들이 등장했으며, 인터

넷의 발전과 대중화에 힘입어 웹 브라우저의 형태인 WUI(Web User Interface)로 한층 더 발전하고 있다.

디지털홈을 구축하는 PC이외에 정보가전기기들의 사용자 인터페이스는 한층 더 발전된 고급 GUI 형태로 나아갈 것이다. 고급 GUI는 제품에 특화된 GUI로서 아이콘의 모양이나 배치 형태가 해당 제품의 기능 및 사용자의 특성에 따라 최적화되어 사용자의 편리성을 높이면서 효율적으로 동작하는 GUI이다.

미래의 사용자 인터페이스는 현재의 키보드와 마우스, 마이크와 스피커, 모니터 등을 중심으로 하는 인터페이스에서 벗어나 인간과 컴퓨터의 자연스러운 인터페이스를 제공하는 Augmented GUI, NUI (Natural User Interface), IVUI (Intelligent Visual User Interface) 형태로 발전될 것이다. Augmented GUI는 인간의 오감과 휴먼 인식 기술을 이용한 멀티모달(Multimodal) 기능을 지원한다. NUI는 인간과 컴퓨터 사이에 편리하고, 자연스러운 인터페이스를 제공한다. IVUI는 영상 정보를 3차원적으로 분석하여 사용자의 얼굴과 표정을 인식할 수 있는 컴퓨터-비전 기술과 가상의 인간을 합성하는 Graphic Animation 기술의 결합으로 인간의 감정을 이해하고 표현하는 미래형 HCI (Human and Computer Interaction)이다.

4. 임베디드 소프트웨어 개발 도구

임베디드 소프트웨어 개발 도구란 타깃에 내장되어 실행될 프로그램을 개발하는 데 필요한 도구이다. 가장 기본적인 것으로서 크로스 컴파일 툴체인과 디버거가 있다. 그리고, 타깃 모니터링 및 프로파일링 도구, 디바이스 드라이버 개

발 툴킷, GUI 빌더도 중요한 소프트웨어 개발 도구이다. 더욱 편리한 개발을 위해서 위에서 언급한 개발 도구들이 통합개발환경(Integrated Development Environment)으로 제공된다.

가) 타깃 이미지 생성 도구

타깃 이미지 생성 도구란 임베디드 시스템이 동작하는 데 필요한 커널, 라이브러리, 유틸리티, 응용 프로그램들 중에서 개발자가 필요한 부분만 선택하면 최적화된 타깃 이미지를 생성해주는 도구이다. 타깃 이미지 생성 도구는 각 컴포넌트들 간의 의존성을 관리하므로, 개발자가 어떤 컴포넌트를 선택하면 그 컴포넌트의 실행에 필요한 컴포넌트들이 같이 선택된다. 예전에는 커널 컴포넌트들 간의 의존성과 응용 프로그램들 간의 의존성이 따로 관리되었으나 근래에는 타깃 이미지를 구성하는 모든 컴포넌트들의 의존성이 통합적으로 관리된다.

나) 통합개발환경

임베디드 소프트웨어를 편리하게 개발하기 위해서는 뛰어난 통합개발환경이 필수적이다. 통합개발환경은 점차 다양한 호스트 플랫폼을 지원하는 추세이다. 개발자가 어떤 플랫폼에 있더라도 사용하던 익숙한 통합개발환경을 이용할 수 있어야 한다. 임베디드 리눅스용 통합개발환경인 TimeSys의 TimeStorm이나 QNX의 Neutrino RTOS용 통합개발환경인 Momentics는 윈도, 리눅스, 솔라리스 등의 호스트 플랫폼을 지원하고 있다.

통합개발환경은 다양한 타깃에서 실행될 수 있는 프로그램의 개발을 지원한다. 이를 위해서는 통합개발환경의 크로스 컴파일러, 크로스 유틸리티, 크로스 디버거가 X86, PowerPC, ARM,

StrongARM, XScale, MIPS 등의 다양한 타깃을 지원해야 한다.

다) 디버깅

임베디드 소프트웨어 개발이란 응용 프로그램 개발뿐만 아니라 새로운 타깃 하드웨어로 커널 포팅, 커널에 새로운 기능 추가, 커널의 기능 수정, 그리고 다바이스 드라이버 개발도 포함한다. 이를 위하여 커널을 디버깅할 수 있는 디버거가 필요한데, 소프트웨어적인 방법과 하드웨어를 이용하는 방법이 있다. KGDB는 리눅스 커널을 디버깅할 수 있게 해주는 프로그램이다. 그런데, 커널이 죽으면 호스트의 디버거와 타깃 간의 통신 채널도 죽게 되어 원인을 파악하기 어렵다.

더욱 신뢰성 있는 디버깅을 하기 위해서는 JTAG/BDM을 지원하는 하드웨어를 이용하여 디버깅해야 한다. 그러면, 운영체제가 죽더라도 어느 위치에서 어떤 상태로 죽었는지를 알아낼 수도 있고, 가상 메모리와 물리 메모리(physical memory)의 상태를 알 수 있다. JTAG/BDM 하드웨어를 이용할 경우, 커널 디버깅 외에도 커널을 새로운 하드웨어로 포팅하는데 필요한 몇 가지 중요한 작업을 할 수 있다. 타깃에 부트로더가 없는 경우에도 플래시 메모리 퓨징(fusing) 및 이미지 다운로드를 할 수 있고, 부트로더를 포팅하거나 개발 및 디버깅하는데 JTAG/BDM 하드웨어가 이용된다.

라) 모니터링 및 프로파일링

일반적인 소프트웨어는 단지 원하는 기능이 정상적으로 실행되면 된다. 그러나, 임베디드 소프트웨어의 경우, 이것이 타깃에서 실행되면서 CPU나 메모리와 같은 자원을 얼마나 소비하고 어느 정도 성능을 발휘하는지 파악하는 것이 매

우 중요하다. 또한, 프로그램이 실행되면서 발생하는 상세한 커널 이벤트의 분석도 필요하다.

타깃 모니터는 타깃에서 실행되는 프로세스나 스레드의 리스트, 각 프로세스의 CPU, 메모리(스택, 힙, 텍스트) 사용량, 타깃 전체의 메모리 사용량 등을 보여준다. 타깃 모니터는 이 정보들을 개발자가 한 눈에 파악하기 용이하도록 그래프로 표현하기도 한다.

타깃 프로파일러는 실시간으로 타깃에서 발생하는 이벤트를 보여주거나, 실행시에는 이벤트를 로깅만 하고 나중에 이들에 대한 정보를 보여줄 수도 있다. 전자를 실시간 프로파일링이라고 하고 후자를 사후(post-mortem) 프로파일링이라고 한다. 이미 실행 중인 프로세스나 태스크에 프로파일러를 연결하여 프로파일링을 하기도 한다(동적 프로파일링). 함수나 소스코드 라인 별로 CPU 사용시간을 측정하기도 하며, 각 태스크나 프로세스가 어떻게 스케줄링되고 있는지도 그래프로 보여준다. 프로파일링을 하는 대상이 너무 많으면 타깃 시스템에 부하를 줄 수도 있고, 정작 원하는 정보를 얻기 어렵기 때문에 이벤트 필터링 기능을 제공한다. 또한 개발자가 새로운 이벤트를 정의하여 시스템 이벤트들과 함께 프로파일링할 수도 있다.

타깃 모니터와 타깃 프로파일러도 통합개발환경 안에 통합되고 있다. 통합된 타깃 모니터는 디버거와 같은 도구와 연동되기도 한다. 예를 들면, 타깃 모니터의 프로세스 리스트에서 하나의 프로세스를 선택한 후 이 프로세스에게 원하는 시그널을 보내거나, 이 프로세스를 디버거에 연결시켜서 동적으로 디버깅을 시작할 수 있다.

마) GUI 빌더

과거에는 흑백의 단순한 텍스트만을 보여주던

〈표 1〉 임베디드 운영체제 관련 시장 규모

(단위: 백만불)

2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	평균 성장률
638.4	608.2	656.0	760.4	863.7	1017.7	1168.3	13.9%

※ 출처 : VDC, 2002

〈표 2〉 임베디드 소프트웨어 개발 도구 관련 시장 규모

(단위: 백만불)

2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	평균 성장률
376.1	333.1	351.1	382.3	422.5	471	525.2	9.5%

※ 출처 : VDC, 2002

임베디드 시스템들이 점차 화려하고 멋진 그래픽을 보여주는 디스플레이를 탑재하고 있다. 요즘 생산되는 핸드폰들은 모두 컬러 LCD를 탑재하고 있고, 320X240 이상의 해상도를 가진 컬러 LCD를 탑재한 PDA의 사용이 늘어나고 있다. 임베디드 GUI 응용 프로그램을 빨리 개발할 수 있도록 임베디드 소프트웨어용 통합개발환경도 GUI 빌더를 제공해야 한다.

III. 해외 동향

임베디드 운영체제는 통합개발환경과 함께 판매되는 경우가 증가하고 있고, 특히 버티컬 마켓(또는 응용 분야)에 맞춰서 미리 최적화된 패키지 형태로 제공되는 경향이 점차 대두되고 있다. 또한 이런 경향은 임베디드 운영체제의 매출에도 영향을 미치고 있다. 일단 임베디드 S/W 분야 전체의 동향을 살펴보고 그중에서 운영체제와 개발도구 시장에 대해 자세히 알아보자.

1. 임베디드 S/W 분야

VDC의 2002년 통계에 의하면 임베디드 소프트웨어 관련 제품의 2002년 매출은 약 13억 달

러이고 2007년까지 해마다 13.3%씩 증가하여 25억 달러의 규모가 될 것이다. 2002년 기준으로 윈드리버사가 매출 1위(2002년 총 매출액의 17.7%)를 지키고 있고, 그 뒤를 마이크로소프트(11.1%)가 따르고 있다. 임베디드 리눅스 업체로는 몬타비스타가 14위(1.2%)를 차지했다. 네트워크 기반 임베디드 시스템에서 높은 시장 점유율을 보였던 VxWorks, pSOS, VRTX, QNX와 같은 전용 실시간 운영체제는 2001년을 기점으로 점차 시장 점유율이 하락하고 있다(IDC, 2001). 반면 임베디드 시스템의 다기능화 추세로 WinCE 및 임베디드 리눅스와 같은 범용 운영체제 기반의 임베디드 운영체제가 빠르게 시장을 넓혀가고 있다.

임베디드 운영체제 관련 시장의 규모는 2002년 6억8백만 달러였으나 2007년에는 11억6천8백만 달러가 될 것으로 예측된다. 응용 분야 중에서 임베디드 운영체제가 가장 많이 사용된 분야는 2002년 기준으로 통신 분야(25%)와 가전기기 분야(25%)였으며 산업 자동화 분야(15.3%)와 군사/항공 분야(12.8%)가 각각 3,4위를 차지했다. 2002년에 판매된 운영체제는 PowerPC용(29.3%)이 제일 많았으며 x86(25.1%)과 ARM(17.2%)이 뒤를 따르고 있다.

2. 운영체제 및 개발도구 분야

2002년 임베디드 운영체제 관련 시장에서는 마이크로소프트(25%)가 1위를 하였고 윈드리버(24.5%)를 하였다. Symbian(4.8%)과 Palm(4.8%), 그리고 QNX(4.7%)가 그 뒤를 따르고 있으며 몬타비스타는 9위(2.8%)를 차지하였다. 그러나, 실시간 운영체제 관련 시장의 관점에서 본다면 윈드리버가 1위를 고수하고 있고, 마이크로소프트는 2위를 차지하였다.

<표 2>에 의하면 2002년에 3억3천3백만 달러로 하락했던 개발 도구 시장은 해마다 평균 9.5%씩 성장하여 2007년에는 5억2천5백만 달러 규모 성장할 것으로 예측하고 있다. <표 2>의 임베디드 소프트웨어 개발 도구 관련 시장은 운영체제와 함께 번들되지 않는 개발 도구의 시장 규모만을 반영한 것이다. 점점 더 많은 수의 개발 도구들이 임베디드 운영체제에 번들로 포함되고 있는 추세이다.

임베디드 소프트웨어 개발 도구가 주로 사용되는 버티컬 마켓은 2002년에 통신 분야(31.1%), 가전기기 분야(19.4%), 군사/항공 분야(18.7%) 순이었는데, 2007년에는 통신분야(28.1%), 가전기기(19.4%), 군사/항공 분야(20.6%)가 될 것으로 예측된다(VDC, 2002). 향후 10년간 HCI (Human-Computer Interfaces) 분야는 급속도로 성장할 것이며, 컴퓨터의 편재성(ubiquity)과 비전문가에 의한 광범위한 사용은 HCI를 IT혁명에서 결정적인 요소로 만들 것으로 전망되고 있다.

IV. 국내 · 외 제품 동향

이장에서는 임베디드 소프트웨어 제품 중에서

운영체제, 개발 도구 분야 제품을 살펴보자.

1. 임베디드 운영체제 제품

가) WinCE와 Windows XP Embedded

마이크로소프트사는 임베디드 운영체제로 WinXPe(Windows XP Embedded)와 WinCE를 제공한다. 전자는 Windows XP를 컴포넌트화하여 필요한 부분만으로 최적의 운영체제를 구성할 수 있게 한 것이고, 후자는 경성 실시간과 더욱 작은 규모를 지원하는 것이다.

윈도CE와 WinXPe는 모듈화된 구조를 가지고 있다. 이러한 구조는 임베디드 시스템에 필요한 최소한의 부분만으로 운영체제를 구축함으로써 손쉽고 효율적으로 시스템을 구축할 수 있도록 해준다. 서로 구분된 별개의 모듈과 하위 모듈들의 집합, 또는 구성요소 집합으로 이루어져 있는데, 이들은 각각 해당 운영체제의 주요 기능들을 전체적으로 또는 부분적으로 지원한다. 장치 제조업체에서 모듈과 구성요소의 최소 집합을 선택하면 특정 장치에 대한 요구사항에 맞게 운영체제를 디자인할 수 있다.

나) VxWorks

윈드리버사에서 개발한 실시간 운영체제로 다양한 프로세서에서 복잡한 실시간 응용을 위한 개발 및 실행 환경으로 가장 널리 사용되고 있다. VxWorks 실시간 운영체제는 코어 기능을 하는 윈드(wind) 마이크로커널, 네트워킹 기능, 파일 시스템, 입출력 관리, 그리고 표준적 런타임(run-time) 기능이 포함되어 있다. VxWorks는 수십 종의 CPU를 지원하면서도 사용자에게는 일관된 인터페이스를 제공하는 실시간 운영체제이다.

	표준형 임베디드 S/W 플랫폼	마이크로 임베디드 S/W 플랫폼	나노 임베디드 S/W 플랫폼			
플랫폼 지원도구	호스트 독립 IDE GUI 기반 DDK	Mobile Builder 경량 GUI Builder	Device Configurator 유비쿼터스환경 시뮬레이터			
임베디드 GUI & 멀티미디어	Connected MM 3D지원 GUI	실시간 MM 인코딩 경량 GUI	SoC형 MM 조립형 MM			
유비쿼터스 컴퓨팅 미들웨어	사용자 상황인식 이동네트워크지원	로봇 환경 인식 유무선동합네트워크지원	센서 Ad Hoc 스마트 메시징			
임베디드 OS	Fast Boot, 저전력 동적자원관리	All IP 지원 실시간 처리	초소형 인터럽트 핸들러 초소형 네트워크 모듈			
H/W 추상화 계층(HAL)	중대형 H/W지원	소형 H/W지원	초소형 H/W지원			
하드웨어	Processing	Communication	Storage	Power	Sensor	Actuator

〈그림 1〉 Qplus 구성기술

마이크로커널을 핵심으로 100개 정도의 모듈을 이용해 원하는 대로 운영체제를 구성할 수 있도록 조립식 구조를 가지고 있으며, 우선순위를 지원하는 선점형 멀티태스킹과 중첩된 인터럽트 핸들링 환경을 제공한다.

다) 몬타비스타 리눅스(Montavista Linux)

몬타비스타 리눅스는 x86/IA-32, PowerPC, StrongARM, MIPS, SH, ARM, Xscale, MIPS, SH 등을 포함하는 6개의 대표적인 프로세서 아키텍처를 사용하는 20여개 이상의 프로세서와 이들 CPU를 사용한 18개의 새로운 보드를 포함하여 60여개 이상의 보드를 지원한다.

MontaVista 리눅스는 임베디드 시스템 개발에 필수인 교차개발 성능에도 초점을 맞추어 Red Hat, Yellow Dog Linux, SuSE, Mandrake, Solaris 및 Windows NT/2000 상에서 동작하는 VMWare 등이 포함된 14개 주요 개발 호스트 환경에 맞는 개발툴을 제공한다.

임베디드 시스템에서 필수적인 실시간성을 지원하기 위해 선점형 커널을 개발하여 실시간 기능을 제공한다. 또한 MontaVista 리눅스에는 15개의 새로운 임베디드 응용프로그램 패키지도 제공하는데, 이들 추가적인 패키지에는 보다 작은 메모리를 사용하는 임베디드 서버인 httpd 지원, 802.11b 무선통신표준 지원 등이 포함되어 있다. x86과 PowerPC에서 사용 가능한 향상된 리눅스 트레이스 툴이 추가되었고 저널링 파일 시스템의 보완판인 ext3가 새롭게 추가되어 Reiser와 JFFS를 함께 사용할 수 있다.

라) TimeSys Linux

TimeSys Linux는 경성 실시간 시스템에도 사용될 수 있는 실시간 성능을 보장하는, 로열티 없는 리눅스 운영체제이다. 또한, 툴체인, 디바이스 드라이버, 리눅스 유틸리티 및 라이브러리, 그리고 부트로더가 포함되어 있는 SDK(Software Development Kit)를 사용하면 8개 프로세서 아

키텍처(PowerPC, ARM, StrongARM, SuperH, MIPS, XScale, UltraSPARC, X86)에 기반한 35가지의 프로세서를 사용하는 70여 개의 타깃보드에서 TimeSys Linux를 바로 사용할 수 있다.

마) ETRI의 Qplus

Qplus는 한국전자통신연구원에서 개발 중인 국산 임베디드 소프트웨어 플랫폼이다. 임베디드 소프트웨어 플랫폼은 운영체제와 미들웨어, 그리고 개발 지원 도구를 포함한다. Qplus는 점점 더 다양해지는 타겟의 규모와 특성에 맞도록 세 가지 플랫폼으로 나뉜다. 표준형 임베디드 소프트웨어 플랫폼은 편재된 통신 환경에서 정보 가전, 통신기기 등의 다양한 구조 및 장치에 적용하는 약 500K 커널 크기의 임베디드 소프트웨어 플랫폼이다. 마이크로형 임베디드 소프트웨어 플랫폼은 산업기기, 항공기 등에서 경성 실시간성을 지원하는 약 100K 커널 크기의 임베디드 소프트웨어 플랫폼이다. 나노형 임베디드 소프트웨어 플랫폼은 센서, 액추에이터 등 SoC형 초소형 기기에 탑재되어 제한된 컴퓨팅과 네트워킹 기능을 실시간에 수행하는 약 10K 커널 크기의 임베디드 소프트웨어 플랫폼이다.

현재 표준형 임베디드 소프트웨어 플랫폼은 StrongARM, ARM, XScale, PPC, X86 기반의 아키텍처를 지원하며 일반인에게도 공개가 되어 사용되고 있다. 표준형 임베디드 소프트웨어 플랫폼의 타깃빌더는 타깃 시스템의 커널, 루트 파일 시스템, 그리고 시스템 환경을 편리하게 설정할 수 있도록 해준다. 표준형 임베디드 소프트웨어 플랫폼용 응용 프로그램을 원격으로 개발할 수 있도록 Esto라는 원격 통합개발환경도 제공한다.

2. 임베디드 소프트웨어 개발 도구 제품

에디터, 컴파일러, 디버거, 모니터, 프로파일러 처럼 임베디드 소프트웨어를 개발하는 데 필요한 도구들은 개별적으로 판매되기 보다는 이 도구들이 통합되고 원격 개발에 필요한 기능이 추가된 통합개발환경 형태로 판매되고 있다.

그리고, 각 개발 도구 회사들은 자사의 개별적인 도구나 통합개발환경을 Eclipse 플랫폼에 플러그인하는 추세이다.

임베디드 운영체제에서 리눅스가 점점 큰 비중을 차지하면서 점점 더 많은 개발 도구 업체들이 임베디드 리눅스를 지원하는 통합개발환경을 지원하고 있다.

가) Eclipse

이클립스 프로젝트의 목표는 다양한 개발 도구들이 쉽게 통합될 수 있는 통합개발환경을 개발하는 것이다. 이클립스는 1999년에 IBM의 연구원들에 의해 개발되기 시작하였는데, 2001년에는 공개 소스 프로젝트가 되고 이클립스 컨소시엄(<http://eclipse.org>)이 구성되었다. 이클립스의 초기 멤버로는 Borland, MERANT, QNX, Rational, Red Hat, SuSE, TogetherSoft가 있고, 그 후에 Fujitsu, Sybase, Oracle, OMG, MontaVista, TimeSys, Intel, Ericsson 등의 유명한 업체들이 참여하고 있다. 한국에서는 한국전자통신연구원이 2002년 8월부터 이클립스 멤버로 참여하여 교차개발 IDE, 디바이스 드라이버 개발도구, 실시간성 분석기, 편재형 환경 시뮬레이터를 개발하고 있다.

나) TimeSys사의 TimeStorm

TimeStorm 개발 도구는 타깃보드에 부트로더

를 올리고 운영체제가 동작하게 하는 bring-up 및 포팅 작업에서부터 운영체제나 응용의 개발, 수정, 컴파일, 검증에 이르는 다양한 리눅스 개발 프로세스를 편리하고 빠르게 할 수 있게 해주는 것으로서, 통합개발 환경인 TimeStorm IDE, 타깃보드상에 개발한 임베디드리눅스의 테스트 검증을 지원하는 도구인 TimeStorm LVS(Linux Verification Suite), 리눅스 커널 빌드, 디바이스 드라이버 개발, 루트 파일 시스템 설정 및 빌드 등의 일을 지원하는 도구인 TimeStorm LDS(Linux Development Suite), JTAG기반 디버깅 도구인 TimeStorm LHD(Linux Hardware-Assisted Debugging), 그리고 마지막으로 실시간 시스템의 성능과 행위를 모델링과 분석 및 시뮬레이션할 수 있게 해주는 도구인 TimeWiz가 있다.

라) Montavista사의 DevRocket

몬타비스타는 개발 환경으로 KDevelop을 제공해 왔으나 임베디드 소프트웨어 개발 환경으로써는 부족한 점이 있었다. 이에 2003년 말 이클립스 기반 임베디드 리눅스용 소프트웨어 통합개발 환경인 DevRocket을 발표하였다.

x86과 PowerPC에서 사용 가능한 향상된 리눅스 트race스 틀이 추가되었으며, 저널링 파일 시스템의 보완판인 ext3가 새롭게 추가되어 Reiser와 JFFS를 함께 사용할 수 있다. DevRocket은 PowerPC 계열, IA-32 계열, ARM 계열 등 30여 개의 프로세서를 지원하며 100개 이상의 레퍼런스 보드를 지원하고 있다.

플랫폼 이미지 워저드는 플랫폼 이미지를 생성을 편리하고 빠르게 할 수 있게 해준다. 이를 위하여 즉시 적용 가능한 플랫폼 이미지를 생성할 수 있고, 플랫폼 이미지에 파일 추가하면 자동적으로 의존성 검사가 수행된다. 또한, 플래시나

하드디스크에 적합한 다양한 파일 시스템을 생성할 수 있고, 사용자의 임베디드 시스템 설계에 맞추어진 커널을 포함한다.

DevRocket의 디버거는 로컬 디버깅과 원격 디버깅을 모두 지원하며 KGDB나 KDB를 이용한 소프트웨어 기반 커널 디버깅과 JTAG/BDM을 이용한 하드웨어 기반 커널 디버깅도 지원한다.

임포트 워저드(Import Wizard)는 기존 프로젝트를 DevRocket으로 가져올 수 있게 해주고 라이브러 워저드는 런타임 라이브러리를 쉽게 생성할 수 있도록 도와준다.

LTT(Linux Trace Toolkit)에 기반한 DevRocket의 트레이스 도구는 CPU 사용과 할당을 포함한 시스템 레벨가 유저 레벨의 사건들을 추적하여 그래피컬하게 보여준다.

마) QNX Momentics

Momentics는 QNX의 RTOS인 Neutrino를 위한 이클립스 기반 통합개발환경이다. ARM, MIPS, PowerPC, SH-4, StrongARM, XScale, x86 등의 다양한 타깃을 지원하며, 윈도와 솔라리스, 그리고 QNX Neutrino 호스트에서 실행된다. C/C++, Embedded C++, Java 언어를 지원한다.

타깃 이미지 생성 도구인 시스템 빌더, 멀티쓰레드 및 분산 환경을 지원하는 원격 디버거, 타깃 모니터링 도구인 타깃 네비게이터 뷰, 디바이스 개발 도구인 DDK, 메모리 분석도구, 시스템 분석 도구 등이 제공된다.

V. 결론

이제까지 간략히 임베디드 소프트웨어에 사용되는 기술들에 대하여 언급하였으며, 현재 제품으로 소개되어있는 운영체제와 개발도구 분야

제품에 대해 간략히 소개하였다. 임베디드 S/W는 향후 IT 산업의 기반이 될 유·무선 통신망과 Post-PC를 이용한 정보 서비스에 핵심적으로 필요한 소프트웨어로서 파급 효과가 매우 크며 수요가 폭발적으로 증가하고 있다. 이런 환경에서 최근 임베디드 S/W는 국가 신성장 동력 분야중 하나로 선정되어 국가적인 투자가 진행되고 있다. 대표적인 노력으로는 한국전자통신연구원에서 수행하고 있는 임베디드S/W표준플랫폼(코드명 : Qplus/Esto) 기술개발이다.

국산 임베디드 S/W 플랫폼으로 첨단 제품 개발이 가능하게 되면, 외산 임베디드 S/W 제품 사용에 대한 고가의 로열티 지불이 격감되며 개발기간 단축, 생산 원가 절감으로 이어져 국가의 이익이 증가된다. 또한 임베디드 S/W의 활성화는 데스크탑 운영체제 시장에서 마이크로소프트 윈도우에 뒤쳐져서 잃은 시장을 회복할 수 있는 좋은 기회가 될 것이다.

저자소개



김 홍 남

- 1980년 서울대학교 전자공학과 (학사)
- 1989년 Ball State University (석사)
- 1996년 The Pennsylvania State University (박사)
- 1983년-1998년 시스템 공학연구소 연구원
- 1998년-2003년 한국전자통신연구원 팀장
- 2003년-2004년 한국전자통신연구원 임베디드S/W 기술센터 센터장
- 현 재 한국전자통신연구원 임베디드S/W 연구단 단장
- 주관심분야 임베디드 운영체제, 임베디드 개발도구, 임베디드 미들웨어