

공개 프로젝트 구성으로 경쟁력 기반 확보 필요

실시간 운영체제의 시장동향은 CPU, 하드웨어, 소프트웨어 개발 시장동향, 그리고 상용 하드보드 시장의 동향까지 두루 포함해야만 정확하게 파악이 가능할 것이다. 그러나 일단 이 글에서는 상용 RTOS의 동향만을, 특히 국내 및 북미 시장 동향을 중심으로 서술하고 검토하도록 하겠다. 물론 여기서 상용 RTOS 시장동향이 주이므로 다른 시장동향은 철저히 상용 RTOS 공급 업체의 시각일 수 밖에 없으며 다소 다른 시각이 있을 수 있음을 미리 밝혀둔다.

■ 이두원/(주)두올정보기술 대표(<http://www.doall.co.kr>, dwlee@doall.co.kr)

연재 순서

- 1 실시간 운영체제(RTOS) 개요
- 2 실시간 운영체제 시장동향
- 3 실시간 운영체제와 임베디드 시스템
- 4 적용기술과 적용사례
- 5 상용 실시간 운영체제 가이드 - 이번호

서론

인터넷이 네트워크 세상을 평정하면서 우리나라에도 불기 시작한 임베디드 시스템 개발 열풍은 PDA를 중심으로 뜨겁게 달아오르고 있다. I/O와 운영체제, 개발환경까지 표준화되어 있는 PC에 익숙한 개발자들은 이러한 변화의 물결을 어떻게 수용해야 할 것인가?

실시간 및 임베디드 시스템은 PC와 비교해 표준 환경이 없기 때문에 운영체제와 I/O, 개발도구, 응용프로그램들이 제각각이다. 이런 환경에서 원하는 특정 시스템을 개발하기 위해선 이 분야를 타겟으로 한 수많은 제품의 장단점을 파악하고 접근해야 할 필요가 있다.

실시간 및 임베디드 시스템에 필요한 RTOS(Real-Time OS)와 통합 개발툴, 리눅스의 임베디드를 향한 움직임, 몇 KB급 ROM에 1~2MB이하의 플래시롬(Flash Memory)을 탑재한 가전제품 등 전통적인 임베디드 분야에 일대 변혁이 오고 있음을 느낄 수 있다.

이제 개발자는 데스크탑용 OS와 개발툴 못지 않게 임베디드 시스템용 개발 툴과 OS를 받아들여야 하는 시대가 다가오고 있다. 셀 수 없을 만큼 다양한 제품이 경쟁하고 있는 임베디드 및 실시간 분야의 OS와 개발툴. 이 시장에서 주목받고 있는 리눅스 계열 실시간 OS에 대해서 알아보도록 한다.

실시간 및 임베디드 시스템을 위한 운영체제

임베디드 시스템(리얼타임 시스템)을 위한 운영체제는 공장 제어 시스템이나 전자제품 등 산업용 장비에서 필요한 마이크로 시스템의 제어 용도로 출발했기 때문에 오랜 역사를 가지고 있다. 따라서 이 분야는 컴퓨터와 전혀 다른 모습으로 독자적인 영역을 형성해 왔다.

그러나 임베디드 시스템용 CPU의 성능이 향상되고, 네트워크와 연결된 형태가 요구되면서부터 RTOS 업계에 변화가 일기 시작했다. 그래픽 인터페이스를 추가하고 TCP/IP 프로토콜 스택과 자바 가상머신(JVM)을 탑재하면서 임베디드 OS도 데스크탑 OS의 모습을 갖춰 가기 시작한다.

다양한 애플리케이션에 GUI를 기본 채택하려는 추세에 따라 자동제어 업체를 비롯하여 정보가전 업계에서도 RTOS를 채택하려는 사례가 늘고 있는데, 국내의 경우 특히 상용 RTOS를 채택하는 비율이 높아 무척 매력적인 시장으로 비춰지고 있다. 상용 RTOS는 뛰어난 성능에 다양한 비주얼 툴을 통합 지원하는 통합 개발 환경 등 여러 장점을 갖고 있지만 몇 천만원에서 억대를 호가하는 가격이 가장 큰 걸림돌이며, 이러한 약점을 틈타 리눅스가 임베디드 시장에서 핫 이슈로 부상되기 시작했다.

이로써 본격적으로 펼쳐질 임베디드 OS 시장은 전통적인 RTOS 업체를 비롯, 마이크로 소프트, 리눅스 계열, 3Com(팜 OS)에 이르기까지 수많은 업체들이 참여해 다원화된 양상을 보이고 있다.

임베디드 분야의 RTOS

LynxOS, Vxworks, pSOS, OS-9 등 리얼타임 시스템을 위한 상용 RTOS는 지난 70년대부터 산업용 임베디드 시장에서 출발해 네트워크 기술과 GUI 기술, 자바 등의 기술을 속속 수용하면서 발전해 왔다. 초기에 간단한 OS 커널만 제공하던 틀에서 벗어나 커뮤니케이션 프로토콜 스택 등 다양한 미들웨어(Middleware)와 개발 환경을 추가하면서 OS 커널만 구입해 고객이 직접 개발해야 했던 불편함을 해소시켜 주고 있다. 임베디드 OS의 발전 추세도 데스크탑 OS와 비슷한 양상을 띄고 있는 것이다.

상용 RTOS는 특화된 시장을 중심으로 통합 개발 환경에서부터 각종 미들웨어까지 제공하기 때문에 가격이 PC나 유닉스 계열 운영체제보다 훨씬 비싼 것이 특징이다.

이는 바로 제품 가격 상승으로 이어지기 때문에 직접 개발하거

나 공개된 RTOS, 리눅스를 채택하는 사례가 늘어나고 있다. OS를 직접 개발하고 이를 적용하여 비용을 절약할 수는 있지만 개발 기간과 개발인력 측면에서는 부담이 따르며, 장기적으로는 새로운 업계 표준이 등장할 때마다 직접 이 기능을 OS에 추가해야 하는 것이 문제이다.

다음은 주요 상용 RTOS 업체들의 운영체제와 통합 개발 환경을 소개한 것이다. 여기서 소개하는 업체들 외에도 수많은 상용 RTOS 벤더들이 있지만 대표적인 업체들의 제품 위주로 소개한다. 자세한 정보는 <http://www.realtime-info.be>를 참고하면 된다.

Lynx Real-Time Systems사의 LynxOS

Lynx Real-Time Systems사는 1988년 이래 마이크로 프로세서 기반의 다양한 모듈과 통합 개발 환경을 가진 LynxOS를 공급하고 있다. LynxOS는 실시간 및 임베디드 시장에서 독특한 영역을 확보하고 있으며 업계표준인 POSIX를 만족하는 micro-Kernel레벨의 실시간 성능을 보장하는 컴팩트한 운영체제이다. 앞에서 언급한 장점 외에도 다양한 32비트 마이크로 프로세서 환경을 지원하기 때문에, 개발자들은 개발 기간이나 유지 비용을 절감하기 위해 많이 개발환경으로 채택하여 사용하고 있다.

LynxOS는 Unix 호환 및 POSIX 준수하는 커널 기반의 OS를 제공하고 산업 표준 개발 언어인 C, C++ 기반의 컴파일러, 실시간 애플리케이션 상의 네트워크 기반 디버거인 TotalView, 애플리케이션 분석 및 성능 향상 툴인 TimeScan, 소스 코드 및 런타임 최적화 도구인 LynxInsure++ 등을 제공하고 있다.

또한 임베디드 시스템 개발 환경에서 중요한 다양한 교차 개발 환경(Cross Development Environment)을 통합적으로 지원하고 있어 개발 효율성을 극대화 시킬 수 있다.

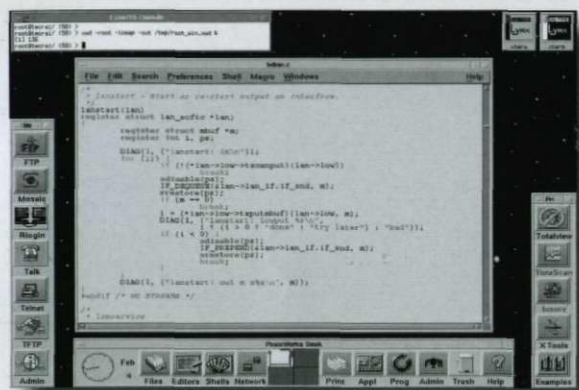
또한 LynxOS는 IEEE POSIX 표준에서 표준 API를 그대로 준수하였고 확장된 실시간 및 임베디드 표준에 있어 많은 기여를 해왔다. 기존의 Unix 표준 업체인 Sun Microsystems, IBM, Hewlett-Packard 등에서도 Third-Party의 역할로서 LynxOS를 지원하고 있다.

임베디드 개발 환경의 표준 PosixWorks

LynxOS의 개발 환경인 PosixWorks는 UNIX/POSIX 환경의 다양한 호스트 플랫폼에서 수행 능력, 네트워크 시스템, 컴팩트한 임베디드 시스템에서부터 복잡한 시스템에 이르는 전반적인 개발환경을 지원한다.

PosixWorks는 Intel x86 계열, Motorola 68k, PowerPC 계열 및 microSPARC 및 microSPARC II 마이크로 프로세서를 지원하며, POSIX 개발 표준인 포터블, 실시간 어플리케이션 모델 등을 포함하여 아래와 같은 구성으로 제공하고 있다.

- 포터블 운영체제 표준 : POSIX 1003.1, 1003.1b
- 시스템 호출 및 라이브러리 : 4.3 BSD
- 네트워크 : TCP/IP, NFS, STREAMS 및 Net Boot
- 표준 GUI : X Windows 및 Motif
- 표준 언어 도구 : GNU gcc (C) 및 g++(C++)



(그림 1) LynxOS의PosixWorks 개발 환경

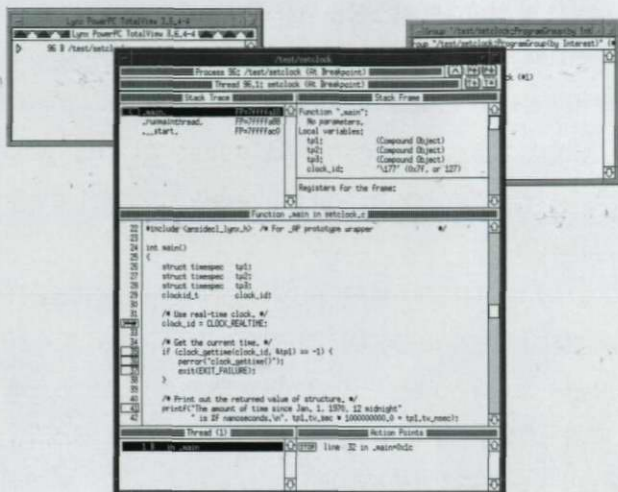
소스 레벨 디버거 TotalView

TotalView는 LynxOS를 위한 GUI중심의 강력한 소스레벨 디버거이다. TotalView는 멀티 프로세스, 멀티 스레드, 멀티 프로세서 기반 시스템 및 어플리케이션을 디버깅 할 수 있는 환경을 제공한다.

네트워크 환경에서 작동될 수 있도록 설계된 TotalView는 개발자들이 다중 프로세스를 관리하고 통제할 수 있게 하며 교차 중복, 이기종 시스템까지 지원한다.

TotalView 소스 레벨 디버거는 다양한 특성과 멀티 스레드 디버깅의 고수준 통합환경을 다음과 같이 제공한다.

- C, C++, Assembler display, execution 및 breakpoint
- 구조화된 데이터 및 OO class display
- 사용하기 쉬운 멀티 윈도우 GUI
- Context-sensitive help
- 멀티 프로세스, 멀티 스레드, 네트워크 멀티 프로세서 디버깅 지원하는 툴
- 프로세스와 프로세서를 교차하는 그룹 스레드 기능



(그림 2) 소스 레벨 디버거 TotalView

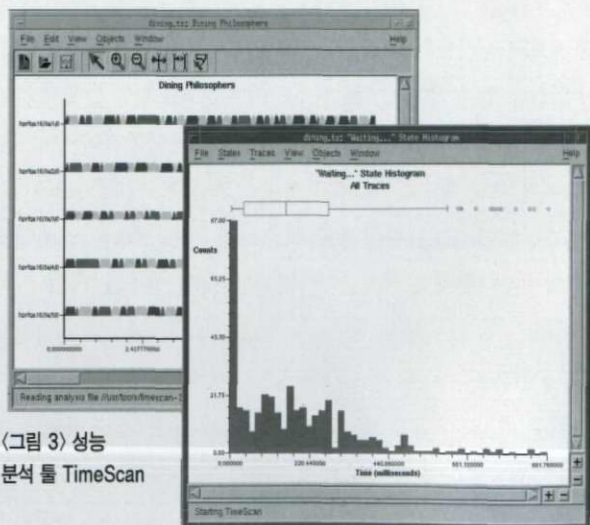
소스 및 성능 분석 툴 TimeScan

성능 분석 툴인 TimeScan은 멀티 프로세스, 멀티 스레드 및 멀티 프로세서 어플리케이션 지원 상태를 이벤트 중심으로 추적할 수 있는 툴이다. TimeScan 을 이용하여 개발자는 프로그램의 다양한 반응을 측정 및 도식화 할 수 있고 최소의 환경에서의 어플리케이션 성능으로 환경을 조정할 수 있다.

모든 버그가 소스레벨 디버거만으로 해결될 수 없기 때문에 Timescan은 디버깅 툴과 자원들로 인한 프로그램 설계의 복잡성 해결, Bottleneck, Deadlock체킹등의 탁월한 기능을 가진다.

TimeScan의 주요 이용단계로는 다음의 세 가지 단계가 있다.

- Code instrumentation
- Application execution/event capture
- Event-log analysis



(그림 3) 성능 분석 툴 TimeScan

System

pSOSystem은 pSOS+ 커널과 여기에 함께 엮어서 사용할 수 있는 다양한 시스템 컴포넌트를 합친 RTOS다. 특징으로는 핸드폰 같은 작은 시스템부터 IMT 2000 통신 장비 등 대형 장비에 이르기까지 다양한 임베디드 시스템을 지원하기 위한 모듈러 구조라는 점과 여러 종류의 CPU에 대한 지원에 대한 점이다.

원하는 사이즈의 컴포넌트를 구성할 수 있으며, 멀티태스킹도 지원하고 있다. 또 커널이 소프트웨어 인터럽트 구조이기 때문에 시스템 콜이 가능해 사용자 모드와 커널 모드, 커널 위치의 독립성을 보장할 수 있다.

WindRiver사의 VxWorks

윈드리버사의 토네이도는 교차 개발 환경을 지원하는 개발 환경이다. 타겟 시스템의 상태를 일목 요연하게 보여주는 타겟 브라우저와 다른 툴과 연동되는 디버거, 그리고 타겟 시스템에 대한 명령 해석기인 WindSh등을 포함하고 있다. 코드 실행이나 디버깅 또는 타겟 시스템의 메모리 등을 C언어 구문을 이용해 자유롭게 확인할 수 있으며, 필요에 따라 타겟 시스템에 내장시켜 현장 테스트에 이용될 수 있다.

그 밖에 프로젝트의 생성과 관리를 도와주는 프로젝트 도구는 다양한 서비스를 제공한다. 예를 들어 RTOS인 VxWorks 환경 설정시 미리 환경을 마치고 컴파일하기 전에 컴파일될 이미지의 크기를 알 수 있으며, 각각의 운영체제 컴포넌트를 포함하거나 제외시킬 때 서로 의존성을 검사해 환경 오류를 미리 알려줄 수 있는 것이다.

CPU에 대한 동일한 컴파일러 제공

WindView는 VxWorks의 각 시스템 태스크와 사용자 태스크에

Function	Source File	% Coverage
sort	data.c	100,00
deal	data.c	100,00
outdsp	cdemon.c	100,00
hit	data.c	100,00
strcpy	data.c	100,00
shuffle	data.c	100,00
house	data.c	83,33
memMgmt	memMgmt.c	82,61
data	data.c	50,00
watchdog	except.c	0,00
level1	except.c	0,00

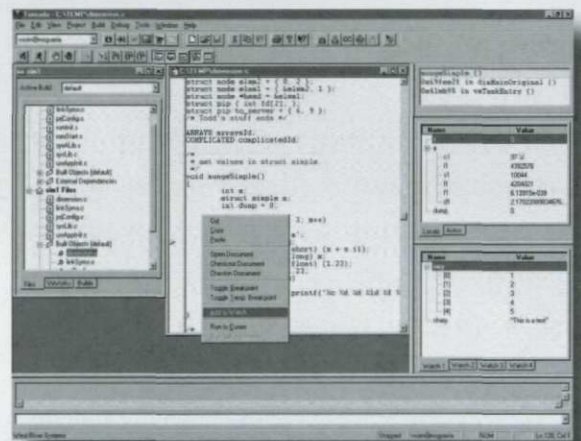
〈그림 7〉 Tornado의 CodeTest

서 발생하는 수많은 이벤트를 모아 사용자가 정의한 방법에 따라 실시간 또는 오프라인으로 각 태스크의 동작을 확인할 수 있게 도와주는 도구, 각 태스크 간 또는 각 태스크와 외부 입출력 장치와의 동기화가 매우 중요한 임베디드 시스템의 특징으로 볼 때 디버깅이나 시스템 최적화 시에 유용한 도구이다.

이런 여러 임베디드 시스템의 특성을 고려한 유용한 도구들이 많다는 점 외에도 토네이도가 가진 가장 큰 특징 가운데 하나는 지원하는 거의 모든 CPU에 대한 동일한 컴파일러와 디버거를 제공한다는 데 있다.

실시간 운영체제 VxWorks

VxWorks는 지원하는 수십 종의 CPU 구조에 대해서 최적화된, 그러면서 사용자에게는 일관된 인터페이스를 제공하는 실시간 운영체제이다. 마이크로 커널을 핵심으로 100개 정도의 모듈을 이용해 원하는 대로 운영체제를 구성할 수 있으며, 우선 순위를 지원하는 선점형 멀티 태스킹과 중첩된 인터럽트 핸들링 환경을 제공한다.



〈그림 8〉 Vxworks의 개발 환경

일반적인 트랩(Trap) 기반의 운영체제에 비해 모든 커널 호출이 단순한 C함수로 되어 있으므로 오버헤드가 최소화되어 있다. 이는 성능에만 영향을 미치는 것이 아니고, 운영체제의 크기 조절에도 중요하다. 커널 관련 함수가 C로 이뤄졌기 때문에 필요없으면 언제라도 제거할 수 있는 것이다.

임베디드 시장에서의 리눅스

리눅스는 PC외에 다른 특수한 분야의 OS로 포팅되었는데, 이

들은 주로 PC와는 다른 환경과 구조를 갖는 컴퓨터들이다. 대표적인 예로 산업 자동화와 군사용으로 쓰이는 VME 시스템용 OS로 리눅스가 사용되고 있다.

MITRE는 군사용 장비 제조 업체로 탱크와 장갑차, 아파치 헬기 제어용으로 PowerPC603 CPU 기반의 VME 보드에 리눅스를 포팅했다. 또다른 예로 미국 NASA는 인텔 80960 CPU에 리눅스를 포팅해 네트워크 장비를 개발했다. 이외에도 리눅스는 제어 체측, 게임기에도 활용되어 변화된 리눅스로 포팅된 경우가 많다.

슬림 사이즈로서의 임베디드 리눅스

ELKS, uCLinux 등 슬림 사이즈 리눅스들이 속속 발표되고 있는데 이들은 주로 PDA 같은 휴대형 임베디드 장비를 타겟으로 하고 있다. PDA용 리눅스는 컴팩트한 커널에 디바이스 드라이버 사용과 기본적인 프로그래밍 환경과 PDA를 제어하고 애플리케이션을 개발할 수 있는 환경까지 제공한다.

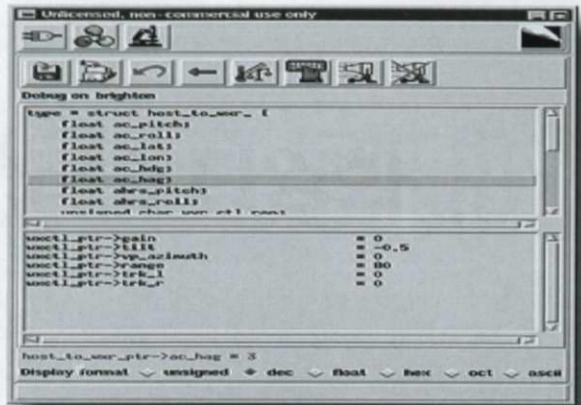
ELKS의 커널 사이즈는 200KB 정도로 400KB 이상의 메모리(RAM)를 가진 시스템이면 충분히 운영할 수 있다. uCLinux는 모토롤라 68000 계열과 콜드파이어에 포팅됐고, 이를 이용한 네트워크 제품이 출시되었다.

이밖에도 etLinux, EMJLinux 등 x86 계열의 임베디드 리눅스 관련 프로젝트가 진행중에 있으며 Lineo사의 Embeddix, MontaVista사의 HardHat Linux 등 상용 임베디드 리눅스 제품이 속속 출시되고 있다. 이들 제품은 임베디드 리눅스 기반으로 Set-Top Box, PDA 단말기 등 여러 제품들을 개발 및 생산할 수 있는 환경을 제공해 준다. 자세한 내용은 <http://rtlinux.to> 라는 RT-Linux Forum 사이트를 통해 알아보면 되겠다.

리얼타임 OS로서의 리눅스

리눅스는 PC를 기반으로 발전되어왔기 때문에 RTOS가 될 수 없다고 말해지고 있지만 이러한 한계를 뛰어 넘으려는 시도도 활발히 전개되고 있다. 리눅스에 RTOS 기능을 심을 수 있는 변형된 커널이나 모듈이 발표되고 있는 것이다.

참고로 RTOS가 자랑하는 실시간 처리 기능은 일반적인 멀티미디어 단말기 외에 공장이나 실험실에서의 데이터 습득이나 프로세스 제어에 필수적인 사항으로 표준 리눅스 커널에서는 지원하지 않는다. 하지만 워크스테이션에 실시간 리눅스를 탑재해 다양한 데이터 습득 장치를 연결 테스트한 결과 높은 성능을 발휘



〈그림 9〉 RealTime Linux의 디버깅틀

한 것으로 조사됐다.

대표적인 실시간 리눅스는 RTLinux로 빠른 인터럽트 관리 기능과 하드 리얼타임을 지원한다. RTLinux는 일반 리눅스 커널을 패치해 사용하는데 큐를 이용해 프로세스를 관리한다. 이밖에도 광범위한 실시간 처리 분야를 다루는 KURT, RTHAL을 이용하여 커널 변형을 최소화한 RTAI, 임베디드 및 실시간 기능을 포함한 RedLinux 등의 프로젝트가 진행 중에 있다.

상용 실시간 리눅스로는 최근에 발표한 Zentropix사의 RealTime Linux가 있다. 현재 버전은 2.2이며 리눅스 커널버전 2.2.10 기반에 DIAPM RTAI 버전 0.7를 이용하여 제품화 하였다. 추가적으로 개발 툴인 R2D2라는 디버깅 툴이 포함되어 있으며 관련 예제 소스도 함께 패키징화 하였다.

결론

여기까지 상용 실시간 운영체제들에 관하여 알아 보았는데 그 종류가 상당히 많아서 다 다루지는 못하고 특정 제품만을 다룬 것에 대하여 아쉽게 생각한다. 그리고 이러한 임베디드 분야에서 현재 활발히 진행되고 있는 리눅스 응용 솔루션의 활용 범위가 증대되고 있으며 우리나라에서도 리눅스를 이용한 개발 기술 및 사례를 많이 만들고 공개 프로젝트도 구성하여 경쟁력있는 기반을 구성했으면 한다.

지금까지 실시간 및 임베디드 운영체제에 관하여 5회에 걸쳐 알아 보았다. 우리에게 익숙해져 있는 PC 개발 환경에서 이러한 실시간이나 임베디드 시스템에 대한 내용이 약간 생소하게 여겨졌을 지는 모르겠지만 이 연재를 통해 독자들에게 이러한 기술에 대한 이해에 약간의 도움이 되었길 바란다. 