



임베디드 실시간 시스템의 개발 환경

조 주 현*

● 목 차 ●

1. 서 론
2. 임베디드 시스템의 특징
3. 고신뢰 실시간 운영체제
4. GUI기반 소스레벨 교차 디버거
5. 그래픽 및 임베디드 브라우저
6. 초고속 소형 실시간 DBMS
7. 임베디드 시스템 교육용 키트
8. 결 론

1. 서 론

최근 초고속인터넷 및 무선 통신환경의 급속한 보급과 더불어 디지털 TV, 인터넷 셋톱박스, 개인 휴대통신 단말기 및 각종 정보형 단말기 등이 일상 생활에 급속히 파고들며 따라 종래 통신장치나 자동제어 등의 제한된 영역에서나 들어 볼 수 있었던 임베디드 시스템이라는 용어가 이제는 일상 생활에서 흔히 접해볼 수 있게 되었다. 아울러 임베디드 시스템 시장은 급격히 팽창하고 있으며 데스크탑 PC시장을 추월할 것으로 예상되고 있다.

그러나 임베디드 시스템은 일반 PC환경과 달리 하드웨어 플랫폼 종류와 규모의 다양성, 개발시스템(Host)과 목적시스템(Target)이 다른 교차개발환경 등의 특수성으로 인하여 시스템 기능이 구현되는 소프트웨어의 개발 특히 프로그램의 시험이 일반 PC환경보다 몇배로 어렵다. 이러한 점으로 인하여 임베디드 시스템의 납기를 놓치거나 실패하는 경우가 많다.

따라서 임베디드 시스템은 신뢰성 높은 검증된 실시간 운영체제와 그 위에서 동작하는 풍부한 라

이브러리 및 응용소프트웨어의 지원이 중요하다. 그러나 무엇보다 더 중요한 것은 교차개발환경에서 소프트웨어 시험을 효과적으로 가능하게 해주는 GUI기반의 편리한 교차디버깅 도구가 제공되지 않으면 안된다. 국내에서도 실시간 운영체제의 개발 사례는 있으나 이러한 종합적인 환경이 뒷받침되지 않으면 첨단 외국제품에 비해 아무런 경쟁력을 갖지 못한다.

임베디드 시스템용 실시간 운영체제와 소프트웨어 개발환경 분야에서 대표적인 외국제품은 세계 시장의 대부분을 점하고 있는 미국 Wind River사의 Tornado/VxWorks이 있다. 국내에서도 아직은 이러한 외국 제품들을 전량 수입하여 사용하고 있는 실정이다. 이러한 외국제품은 풍부한 라이브러리, 프로토콜 및 응용 소프트웨어 뿐만 아니라 다양한 디바이스 드라이버 및 보드 지원 패키지(Board Support Package 혹은 Hardware Abstraction Layer)의 지원에 의한 높은 하드웨어 적응성 등의 장점에 많이 사용되고 있다. 그러나 이러한 외국제품은 신속한 기술지원의 어려움 뿐만 아니라 고가의 개발환경의 구입비용과 최종 임베디드 제품 단위별 로열티(run-time royalty)의 부담 때문에 저가의 임베디드 시스템의 개발에 널리 사용되지 못하고 있

* (주) 코스모 대표이사

는 실정이다. Windows-CE의 경우에는 정보형 단말 기용으로 사용자 인터페이스 개발환경은 매우 좋으나 저가 단말기의 적은 마진보다 로얄티가 높아 개발은 해놓고 납품을 할 수 없는 경우가 많다.

당사에서는 이러한 임베디드 시스템의 특수성을 감안하여 국산 전자교환기(TDX)용으로 개발되어 현장에서 오랫동안 사용되면서 보완되어온 실시간 운영체제(SROS)[1] 및 교차개발도구 그리고 실시간 DBMS(DREAM-S) 등을 기반으로 정보가전용 실시간운영체제(Qplus), GUI기반 소스수준 교차 디버깅 도구(Visual Cross Debugger) 및 종합 교차개발 환경(ESTO), 임베디드 그래픽 라이브러리(Embedded Qt) 및 임베디드 브라우저(RtBrowser), 메인 메모리 기반 객체관계형 실시간 DBMS(RtPlus) 등을 자체적으로 혹은 한국전자통신연구원(ETRI)과 공동으로 개발함으로써 임베디드 실시간 시스템 소프트웨어의 토탈 솔루션을 제공하고 있다.

2. 임베디드 시스템 소프트웨어의 특징

임베디드 시스템은 과거와는 달리 이제 복잡한 기능이 요구되므로 단순한 제어 프로그램만으로는 실현이 불가능하고 실시간 운영체제 나아가 임베디드 리눅스 등 본격적인 임베디드 운영체제를 기반으로 대형의 소프트웨어를 개발해야 가능하게 되었다. 그럼에도 단말기 등 많은 저가의 임베디드 시스템은 프로세서 및 메모리 등의 한계성으로 인하여 소프트웨어는 소형이면서 고속처리가 가능해야 한다. 또한 임베디드 시스템은 일반 PC시장과 달리 하드웨어 플랫폼의 종류가 매우 다양할 뿐만 아니라 그 응용 분야도 초소형 제어에서부터 대형 제어에 이르기까지 매우 다양하여 표준의 단일 솔루션을 제공하기가 매우 어렵다고 할 수 있다. 더욱이 임베디드 프로세서는 발전 속도가 매우 빠르

므로 임베디드 프로세서도 쉽게 변경될 수 있어야 한다.

특히, 임베디드 시스템은 소프트웨어 개발환경에서 일반 시스템과 크게 다르다. 즉 PC등 소프트웨어 개발용 일반 컴퓨터 시스템(Host System)과 개발된 소프트웨어가 실제로 수행하는 목적 시스템(Target System)이 분리된 교차개발(Cross Development)환경이라는 것이다. 따라서 소프트웨어의 개발, 특히 시험이 매우 어려우므로 이에 대한 효과적인 개발도구를 제공하는 것이 임베디드 시스템의 가장 큰 과제라 할 수 있다.

따라서 임베디드 시스템의 개발 환경은 그 구성요소인 임베디드 프로세서, 실시간운영체제, 교차 디버깅 등 개발도구, 그래픽 라이브러리, 임베디드 응용 소프트웨어 등은 서로 다른 종류가 상호 연동이 될 수 있는 개방형 구조가 되어야 하며 또한 이식성이 매우 높은 구조로 되어야 한다. 실시간 운영체제는 하부의 머신인 하드웨어가 바뀌어도 쉽게 이식할 수 있는 구조로 되어야 하며 위로는 응용소프트웨어와의 인터페이스(API)가 표준을 가능한 한 따르면서 간단하여야 한다. 그러므로서 다른 종류의 실시간 운영체제 혹은 Linux 등에서 동작하는 라이브러리, 네트워크 프로토콜 및 응용소프트웨어 등이 쉽게 이식될 수 있어야 한다.

교차개발도구는 타겟 임베디드 프로세서 및 운영체제가 달라도 쉽게 지원이 가능해야 한다. 과거에는 타겟 운영체제와 개발도구가 결합되어 분리할 수 없는 한 세트로 지원되었으나 다양한 사용자의 요구를 충족하기 위하여서는 이들도 분리할 필요가 있다. 또한 개발도구의 사용자 인터페이스는 표준이 없으나 교차개발환경에 고유한 새로운 인터페이스를 설계하기보다 기존 PC환경 등에서 프로그램 개발에 많이 사용되는 인터페이스를 기본으로 하여 임베디드 실시간 디버깅에 고유한 것을 추가 및 보완함으로써 가능한 한 교차개발환경을 몰라도 교차개발환경에서 프로그램 디버깅을 손쉽게

계 할 수 있는 사용자 인터페이스 투명성(transparency)을 제공하는 것이 교차개발도구의 목적이라 할 수 있다.

특정 임베디드 시스템의 사용자 인터페이스를 설계하기 위한 그래픽 라이브러리, 외부 시스템과의 통신을 위한 통신프로토콜 등의 라이브러리, 기타 모든 임베디드 시스템 소프트웨어는 가능한 한 표준을 따르면서도 임베디드 시스템에 실장되기 위해서는 그 크기가 소형이어야 한다는 점이 어려운 과제이다.

3. 고신뢰 실시간 운영체제

임베디드 시스템의 가장 기반이 되는 구성요소가 실시간 운영체제이다. 임베디드 시스템은 과거와는 달리 더 복잡한 기능이 요구되므로 단순한 제어 프로그램만으로는 불가능하고 점점 더 대형의 소프트웨어의 개발이 필요하며 이를 위하여는 멀티태스킹이 가능한 실시간 운영체제 나아가 임베디드 리눅스 등 본격적인 임베디드 운영체제를 기반으로 하지 않으면 안된다. 그럼에도 임베디드 시스템은 프로세서 및 메모리 등의 한계성으로 인하여 운영체제는 소형이면서 고속처리가 필수적이다. 또한 임베디드 시스템은 프로세서 및 하드웨어의 종류가 매우 다양할 뿐만 아니라 그 규모도 초소형 로봇 제어에서부터 대형 제어에 이르기까지 매우 다양하여 표준의 단일 운영체제의 솔루션을 제공하기가 매우 어렵다.

이를 위하여 실시간 운영체제의 구조를 멀티태스킹이 가능한 초소형 마이크로커널(micro-kernel)을 기반으로 각종 기능 모듈을 선택하여 원하는 운영체제를 재구성할 수 있는 구조(Scalable Architecture)로 설계가 되면 소형 제어에서 대형 제어에 까지 적용할 수 있다. 실시간 운영체제의 응용 인터페이스(API)는 운영체제의 표준인 IEEE POSIX (Portable Operating System Interface)의 실시간 확장

규격을 가능한 한 따르도록 해야 한다. 이렇게 함으로서 다른 실시간 및 범용 운영체제의 인터페이스(API)의 차이로 인한 프로그램 개발의 어려움을 극복하고 기존의 검증된 풍부한 소프트웨어에 대한 손쉬운 이식성을 제공함으로써 단기간에 임베디드 시스템 개발의 경쟁력을 확보할 수 있다.

당사에서는 통신시스템용으로 개발되어 국설교환기에 탑재되어 오랫동안 사용되어온 SROS (Scalable Real-time OS)를 보완하여 다양한 프로세서를 지원하도록 하고 교차 개발도구 등을 보완하여 제공하고 있다. SROS는 멀티태스킹 소형 커널인 마이크로커널을 기반으로 각종 I/O, 통신 모듈을 추가할 수 있는 구조이다. SROS는 고신뢰성이 요구되는 대형 통신 및 제어 시스템의 소프트웨어에 반드시 필요한 몇 가지 기능을 갖추고 있다. 즉 메모리 관리 기법에 의하여 다수의 사용자 실행모듈을 지원하여 각 실행모듈은 커널 및 상호간에 영역이 분리되어 오류의 영향을 한 모듈내로 완전하게 제한함으로써 시스템 다운을 방지한다. 또한 메모리 동시 기록 기법에 의한 이중화 구조를 지원하여 동작중인 프로세서가 다운되어도 수행 중인 프로그램이 그대로 대기중인 프로세서에서 완벽하게 동작을 계속함으로써 고장에 대한 투명성을 제공한다[1,2].

당사는 위 SROS 기술을 기반으로 ETRI와 공동으로 정보가전 기기를 위한 그래픽 등 각종 라이브러리를 부가한 실시간 운영체제인 Qplus도 제공하고 있다. Qplus는 정보형 단말기, 디지털 TV, 고기능 셋톱박스 등 정보형 가전 및 단말기를 위한 특화된 기능을 풍부하게 갖추고 있다.

4. GUI기반 소스레벨 교차디버거 (Visual Cross Debugger)

임베디드 시스템의 개발환경은 소프트웨어를 개발하는 PC 등 일반 컴퓨터 시스템(Host System)과

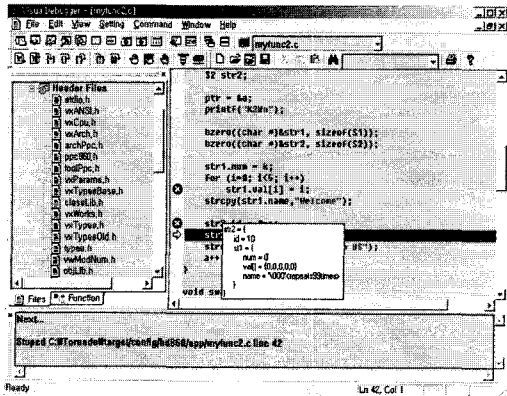
개발된 소프트웨어가 실제로 탑재되어 동작하는 목적 시스템(Target System)이 분리된 교차개발(Cross Development)환경이다. 이러한 환경에서는 호스트시스템으로부터 작성된 프로그램을 타겟 시스템으로 신속하게 탑재(download)하여 정상적으로 동작하는지 시험하는 과정이 임베디드 시스템 소프트웨어의 개발의 많은 부분을 차지한다. 이를 위한 가장 핵심적인 개발도구가 GUI(Graphical User Interface)를 기반으로 한 소스 수준의 교차디버거이다. 이러한 교차개발도구도 다양한 임베디드 프로세서 및 타겟의 운영체계를 쉽게 지원할 수 있는 개방형 구조로 되어야 한다.

당사에서 개발한 Visual Cross Debugger는 임베디드 시스템의 교차개발환경에서 소프트웨어의 시험을 효과적으로 할 수 있는 프로그램 소스 수준의 실시간 디버거이다. 이 디버거는 펌웨어의 디버깅 뿐만 아니라 타겟 운영체계에 의존적인(OS-aware) 디버깅도 가능하다. 자체 솔루션인 통신용 실시간 운영체제(SROS) 및 정보가전용 실시간 운영체제(Qplus) 뿐만 아니라 세계적인 실시간 운영체제(VxWorks) 및 임베디드 리눅스와도 동작할 수 있다. 이 디버거는 PC 환경에서 전문 프로그램을 개발할 때 많이 사용하는 Visual-C와 유사한 GUI를 기반으로 하여 다중쓰레딩(멀티태스킹) 디버깅 및 실시간 디버깅 등의 기능을 보강하였으므로 여러

운 교차개발 구조에서의 프로그래밍을 쉬운 PC에서의 프로그래밍 수준으로 끌어 올리는 데 큰 의의가 있다.

5. 그래픽 및 임베디드 브라우저 (RtBrowser)

초고속 인터넷의 발달 더불어 IMT2000, 무선랜 등의 무선통신서비스의 급속한 보급이 예상되는 가운데 휴대폰, PDA, 웹폰, 인터넷디지털 TV, 셋탑 박스 등으로 대변되는 인터넷 접속이 가능한 모든 임베디드 시스템에는 인터넷 브라우저가 필수적으로 요구되고 있다. 특히 인터넷 서비스가 점점 더 복잡해지고 다양화 됨에 따라 임베디드 시스템도 인터넷 banking, 전자상거래, 지리정보시스템 등 그 적용분야가 광범위해지고 있다. 이러한 추세에 따라 임베디드 브라우저도 사용자원의 최소화 요구조건 외에도 PC상에서 사용되고 있는 인터넷브라우저 수준의 다양한 브라우징 기능 제공이 요구되고 있는 실정이다. 그러나 아직까지 임베디드 시스템에서 사용되고 있는 브라우저 제품들은 PC환경에서 사용되고 있는 제품에 비해 기능이 부족하고 자바스크립트, HTML, HTTP 등의 최신규격을 지원하지는 데 여러 가지 문제점을 안고 있다. 당사에서는 이런 문제점을 해결하고 최신 규격을 지원하는 임베디드 브라우저(RtBrowser)를 개발하여 제공하고 있다. RtBrowser는 임베디드 Qt를 이식하여 사용하



였다. 임베디드 시스템용 소형 그래픽 라이브러리로서 Gtk, Zinc 등이 있으나 기능의 풍부함과 이식성 및 호환성을 고려하여 Qt를 기본으로 하였다.

6. 초고속 소형 실시간 DBMS

일반적으로 통신 시스템 및 제어 시스템에서는 고속의 트랜잭션 처리 성능이 요구되며 이 처리 능력이 시스템의 성능의 한계를 결정 지우는 경우가 많다. 더욱이 최근 인터넷의 급속한 보급에 따라서 정보제공 서버의 사용자수는 광범위하게 폭발적으로 증가하고 있어 다수의 대형컴퓨터를 설치하고도 처리성능이 부족한 경우가 많다. 그러나, 이러한 서버에 주로 사용되고 있는 ORACLE 등 디스크 기반 DBMS는 풍부한 기능을 갖추고 있어 널리 사용되고 있으나 이러한 초고속이 요구되는 서버에는 성능의 한계가 드러나고 있다.

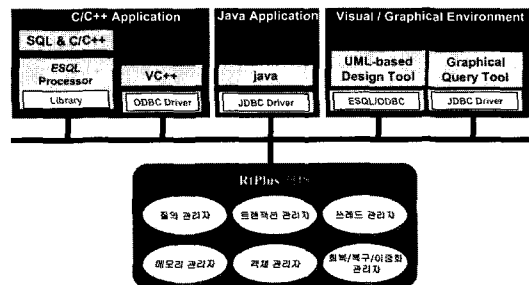
기존의 DBMS는 데이터베이스를 디스크에 생성하고 접근하므로 캐쉬를 이용하더라도 접근 속도에 한계가 많다. 메인 메모리 상주형 DBMS는 메인 메모리에 데이터베이스를 상주시켜 자료를 접근하도록 하는 방식으로 접근속도가 대단히 빠르다. 이러한 방식은 반도체 메모리의 가격이 하락하면서 더욱 관심을 끌게 되었으며 반도체 메모리는 활성 메모리이므로 트랜잭션이 정상적으로 종료한 자료는 디스크와 같은 비활성 메모리에 효과적으로 백업을 하여야 한다.

당사에서 개발한 메모리 상주형 실시간 DBMS (RtPlus)는 한국전자통신연구원(ETRI)에서 10여년간 개발되어 상용화된 국산 전전자 교환기용 분산 실시간 DBMS(DREAM-S)의 후속 모델로, 범용 멀티미디어 처리를 위하여 객체관계형 데이터 모델을 기반으로 개발된 실시간 DBMS이다. RtPlus는 SQL92 표준을 지원하며, 이를 확장하여 객체 식별자(OID), 클래스 및 질의의 상속, 그리고 사용자 정의 데이터 타입(User defined type) 등의 객체지향

모델을 지원한다. 기존의 관계형 모델에서 사용된 각 릴레이션 간의 관계를 정의하기 위해서 주키와 외래키를 사용하는 방식이나, RtPlus에서는 릴레이션 즉 클래스간의 관계의 정의를 다양하게 표현할 수 있다. 즉 Object Pointer에 의한 단순 관계, 집합(SET), 역관계(INVERSE) 등을 정의할 수 있다. 모든 관계는 Object Pointer를 사용하여 직접 접근하므로 기존 관계형 모델에서 복잡한 조인(join) 연산이 필요없게 되어 복잡한 질의 처리에서의 성능을 대폭적으로 높일 수 있었다.

RtPlus의 플랫폼으로는 Solaris, Linux 등 모든 UNIX계열, Windows계열 뿐만 아니라 VxWorks 등 상용 실시간 OS도 지원하고 있다. 또한 통신 및 제어 시스템과 대형 서버에 필수적으로 요구되는 이중화 구조를 지원하여 고신뢰성을 제공한다. RtPlus는 독립적으로 초고속 소형 DBMS로 사용될 수 있으며 기존의 디스크 기반 DBMS에 전처리기(front-end)로 사용되어 성능을 대폭적으로 높이는 도구로도 사용될 수 있다.

RtPlus는 일반 DBMS가 갖추고 있는 사용자 및 관리자 지원도구를 풍부하게 갖추고 있다. ODBC에 의한 표준 원격접근 인터페이스 및 JDBC에 의한 Java 인터페이스를 제공한다. 편리한 GUI 기반의 DDL 및 DML 도구인 Graphic Query Language (RtGQL), UML 기반의 데이터 베이스 설계 도구 등도 갖추고 있다.



7. 임베디드 시스템 교육용 키트

최근 각종 임베디드 시스템이 대중화 되면서 통신시스템, 제어장치, 정보형 기기 등의 개발의 필요성이 급속히 증가되어 대기업 뿐만 아니라 중소기업에서도 임베디드 시스템의 프로그래밍 기술인력의 수요가 광범위하게 확산되고 있다. 그러나 아직 국내 대학에서는 이러한 산업계에서 필요로 하는 기술을 교육하지 않아 기업에서 처음부터 다시 교육을 하여야 하며 교육하여도 쉽게 적응하지 못하여 제품개발의 경쟁력을 갖지 못하는 경우가 많다. 특히 국내에서는 응용 기술, 예를 들어 인터넷 홈페이지 구축 기술은 학원마다 앞다투어 가르치나 국제 경쟁력을 위한 핵심기술은 간과하고 있는 실정이다. 이를 위하여 당사는 8Bit 마이크로프로세서에서부터 32Bit 임베디드 프로세서 보드 및 다양한 펌웨어의 개발 경험을 바탕으로 단말기용으로 대중화되어 사용되고 있는 ARM프로세서 기반의 제어용 보드를 개발하여 당사의 각종 시스템 소프트웨어를 탑재하고 다양한 실습용 프로그램을 제공하여 실습해 볼수 있도록 하였다. 교육용 키트는 교육교재 및 실습교재 등도 포함되어야 하므로 관련 교수들과 공동으로 작성하여 제공할 예정이다.

8. 결 론

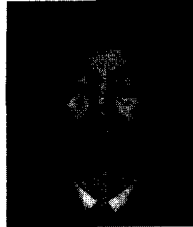
지금까지 임베디드 시스템과 실시간운영체제, 교차디버거, 임베디드 브라우저 및 실시간 DBMS에 대해 살펴보았다. 실시간 운영체제는 이미 많은 외국제품들이 국내시장에 들어와 많은 시장을 점유하고 있으나 고신뢰 기능과 같은 특화된 기능을 가지는 실시간 운영체제를 개발하고 편리한 교차개발환경을 자체적으로 개발하여 임베디드 시스템 소프트웨어의 종합 솔루션을 제공함으로써 임베디드 시스템의 기반기술 분야에서 국제 경쟁력을 확

보하는데 큰 의의가 있다고 볼 수 있다. 특히 객체관계형 실시간 DBMS(RtPlus)는 실시간 DBMS에도 객체관계형 모델을 도입한 것은 획기적이라 할 수 있다. 또한 임베디드 브라우저와 교차디버거도 임베디드 시스템의 제품경쟁력을 한 단계 높이는 중요한 제품이다. 그러나 이러한 시스템 소프트웨어 분야는 오랜 기술 축적이 필요할 뿐만 아니라 장기간의 투자가 필요한 분야이나 상대적으로 국내에서는 기반기술에 대한 인식 부족 등으로 지속적인 기술 축적이 어려운 상황이다. 세계적인 시장조사기관인 Gartner는 2년내 포스트 PC의 시장규모가 PC시장을 앞지를 것으로 예측하고 있다. 이러한 상황에서 국제 경쟁력을 갖는 임베디드 시스템 솔루션을 확보하고 효과적으로 교육하고자 하는 노력은 아무리 강조해도 지나치지 않을 것이다.

참고문헌

- [1] Boo Geum Jung, Young Jun Cha, Sung Ik Jun, Ju Hyun Cho, "Dynamic Code Binding for Scalable Operating Systems in Distributed Real-time Systems," RTSCA '95, pp.96-100, Tokyo, Japan, Oct. 25-27, 1995.
- [2] S. I. Jun, B. G. Jung, et al., "SROS: A Dynamically Scalable Distributed Real-time Operating System for ATM Switching Network," IEEE Globecom '98, pp.2918-2923, Sydney Australia, Nov. 8-12, 1998.
- [3] 박유미, 배명남, 김원영, 한미경, 유한양, 최완, 김해근, 조주현, "객체관계형 실시간 DBMS Tachyon," 정보과학회지 추계학술발표대 2000, 2000.10.28.

저자약력



조 주 현

- 1978년 서울대학교 전자공학과(이학사)
1985년 한국과학기술원 전산학과 객체지향시스템 전공(이학석사)
1992년 한국과학기술원 전산학과 네트워크전공 박사과정 수료
1978년-1997년 한국전자통신연구원 실시간운영체제연구실장, 국산 전자교환기(TDX, ISDN, ATM)의 분산 실시간운영체제 및 교차개발도구, 분산 실시간DBMS 개발
1998년-현재 (주)코스모 대표이사
관심분야: 임베디드 시스템, 실시간 시스템 소프트웨어, 멀티미디어 DBMS 보안
e-mail : jhcho@cosmo.re.kr