

# DVD Recorder System 에 최적화된 마이크로 커널 개발

박상준\*, 김영윤\*  
\*삼성전자 DM 연구소  
e-mail : psjoon@hotmail.com

## Micro Kernel optimized in DVD Recorder System

Sang-Joon Park\*, Young-Yoon Kim\*  
\*DM R&D Center, SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD

### 요 약

일반적으로 마이크로 커널을 기반으로 하는 운영체제는 범용 운영체제에 비교하여 모듈성과 재사용성 그리고 확장성 등의 특징을 갖는다. 특히 마이크로 프로세스의 라이프 사이클이 짧아지고 그에 따른 시스템의 변화에 용이하게 적용 가능한 마이크로 커널 기법은 새롭게 개발되는 운영체제를 중심으로 채택되고 있는 개발 방법이다. 본 논문에서는 이러한 마이크로 커널의 개념을 도입하여 DVD recorder system 에 최적화하기 위해 개발된 마이크로 커널을 구현하는 방안을 제시하였다.

### 1. 서론

최근 초고속 인터넷 및 무선 통신 환경의 급속한 보급과 더불어 디지털 TV, 인터넷 셋톱 박스, 개인 휴대통신 단말기, PDA 및 각종 정보형 단말기 등이 일상 생활에 급속히 파고 들며 따라 종래 통신 장치나 자동제어 등의 제한된 영역에서나 들어 볼 수 있었던 임베디드 시스템(Embedded system)이라는 용어가 이제는 일상 생활에서 흔히 접해 볼 수 있게 되었다.

(단위 : 억원)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005
통신 장비	20,331	21,289	29,340	32,507	33,868	37,949
정보 가전	19,680	19,769	21,145	24,208	29,674	32,636
차량	1,150	1,403	1,597	1,764	1,998	2,111
보안	672	739	814	944	1,059	1,147
의료 기기	267	282	312	348	383	417
산업 전자	1,670	1,685	1,856	2,064	2,266	2,433
항공 전자	920	956	1,071	12,225	1,383	1,446
합계	44,691	46,123	56,143	63,061	70,632	78,139

<표 1> 국내 임베디드 소프트웨어 시장규모  
(출처 : Gartner, 2001.8)

아울러 정보 가전 기기가 세계 가전 시장에서 새로운 컴퓨팅 플랫폼으로서 빠른 속도로 떠오름으로서 임베디드 시스템 시장은 급격히 팽창하고 있다[1]. <표 1>은 증가하는 임베디드 시스템 시장의 경향을 잘 보여주고 있다.

뿐만 아니라 임베디드 시스템의 규모가 커지고 복잡하고 다양한 기능을 수행하게 됨에 따라 그 소프트웨어도 간단한 제어용 프로그램만으로는 충분하지 않게 되었으며 운영체제(Operating System)가 필요하게 되었다. 임베디드 시스템의 특성상 초기에는 실시간 처리 요소를 갖는 다중처리(multi-tasking)가 가능한 상용 실시간 운영체제(Real-Time OS)가 주로 사용되었다. Psos, VxWorks, VRTX 등 이러한 상용 운영체제는 실시간 처리기능을 제공하는데 목적을 두고 신뢰성에 중점을 두며, 범용성이 아닌 주로 한 가지 특수한 목적에 최적화된 시스템 운영체제이다. 그러나 최근 임베디드 시스템에 네트워크 접속, 멀티미디어 처리 등의 기능이 요구됨에 따라 운영체제도 점차 범용 운영체제의 기능이 가까워지고 있다[2]. 하지만 이러한 변화에도 불구하고 범용 운영체제와 실시간 운영체제는 엄격히 다른 특성을 갖고 있다. 범용 운영체제는 적용되는 하드웨어가 컴퓨터 시스템으로 한정되어있으나 실시간 운영체제는 여러 임베디드 시스템에 적용 되어야 한다. 이것은 실시간 운영체제가 높

은 이식성과 재사용성이 요구되어야 함을 말해준다. 이러한 이유로 시스템의 기본기능과 응용기능을 분리하여 모듈성과 재사용성, 이식성을 향상시킨 마이크로 커널 개념을 도입하게 된다. 또한 임베디드 소프트웨어 엔지니어는 프로세서 및 메모리 등의 한계성으로 인하여 소형이면서 고속 처리가 요구되는 임베디드 시스템에 실시간 운영체제를 필요한 기능만으로 최적화하면서 좋은 성능을 갖게 하는 것이 중요한 문제로 대두된다.

본 논문에서는 실시간 운영체제 개념을 살펴본 후 임베디드 시스템인 DVD Recorder System 에 적용하기 위해 제작한 마이크로 커널을 설명한다.

## 2. 기존 시스템의 특성

### 2.1 실시간 운영 체제의 특성

실시간 운영체제는 임베디드 시스템에 탑재되어지는 운영체제다. 임베디드 시스템이란 PC 처럼 매우 많은 기능을 수행할 수 있도록 설계된 범용적 시스템 (General purpose system)과는 달리 특정한 작업/기능 (Specific function)만을 하도록 설계되어 있는 컴퓨터 시스템을 말한다. 처리해야 할 작업이 많아지면서 복잡해진 임베디드 시스템에서 가장 필요했던 기능은 다중처리(Multitasking)이었다. 처리할 여러 개의 작업을 태스크로 나누어 처리해야 했기 때문이다. 따라서 예전에 컴퓨터 시스템에서만 쓰이던 다중처리 기능이 임베디드 시스템에도 필요하게 된 것이다. 그러나 일반 컴퓨터 시스템과는 달리 대부분의 임베디드 시스템은 실시간(Real-time)이라는 특성을 만족시켜야 했기 때문에 나오게 된 것이 실시간 운영체제다.

여기서 실시간이란, 임의의 정보가 시스템에 입력됐을 때, 주어진 시간안에 작업이 완료되어 결과가 주어지야 하는 것을 의미한다. 즉 실시간 운영체제란 주어진 작업을 정해진 시간 안에 수행 할 수 있는 환경을 제공하는 운영체제다. 이것은 예측가능하고 일정한 응답 시간을 요구하는 응용 프로그램의 지원을 위한 운영체제를 말한다.

일반적인 운영체제는 하드웨어 자원(메모리, I/O 디바이스, 하드디스크 등)을 얼마나 효율적으로 사용하고, 사용자들에게 얼마나 공평하게 이 자원을 분배할 것인지에 초점을 맞추고 있는 반면 실시간 운영체제는 정해진 시간 제약을 해결하는데 초점을 맞추고 있다. 그런 이유로 실시간 운영체제에서는 하드웨어 자원을 좀 낭비하더라도 작업의 시간 제한을 맞추려 하고, 공평성의 개념보다는 우선 순위가 높은 태스크가 많은 시간 동안 수행할 수 있도록 한다.

### 2.2 마이크로 커널의 특성

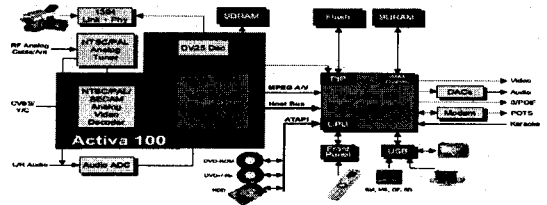
일반적인 응용 소프트웨어의 구현과 비교하여 상대적으로 유연성과 모듈성에 적은 노력을 기울이던 운영체제도 마이크로 프로세서의 라이프 사이클이 짧아지고 이에 따른 다양한 시스템의 변화에 적응하기 위해 구조적인 유연성과 모듈성을 통한 재사용성이 운영체제 구현의 중요한 요소로 부각되었다. 이러한 이

유로 시스템의 기본기능과 응용기능을 분리하여 모듈성과 재사용성을 향상시킨 마이크로 커널 개념이 도입되었다. 특히 이러한 마이크로 커널 방식은 상대적으로 다양한 하드웨어와 변화가 많은 시스템에 적용되는 실시간 운영체제에 많이 도입되었다[3]. 마이크로 커널은 기본적으로 프로세스 관리, 프로세스간 동기 및 통신, 인터럽트 관리, 시스템 콜 및 기본 입출력 제어 기능 등을 갖고 있어야 한다. 즉 가장 중요한 핵심 기능만 커널에 포함하고 나머지 기타 기능은 응용 프로세스 형태로 구성되거나 라이브러리 형식으로 제공하며 이것을 제어하는 기능만 갖는 것이 마이크로 커널이다.

이런 마이크로 커널을 표준화하려는 노력도 꾸준히 진행되어왔다. 이런 노력의 하나로 일본의 내장형 실시간 시스템용 마이크로 운영체제 규격 개발 프로젝트인 uTRON(Micro the Real-time Operating system Nucleus)이 있다. TRON(The Real-time Operating system Nucleus)은 1984 년 일본 정부의 지원아래 사카무라 켄 교수를 중심으로 추진해온 실시간 운영체제 프로젝트인데 ITRON(Industrial TRON)은 이 TRON 프로젝트중에서 내장형 실시간 운영체제(Embedded real-time OS) 사양(Specification)을 말한다. 이 논문에서 제시하는 마이크로 커널은 이 ITRON 의 마이크로 커널 사양인 uITRON4.0 형식을 바탕으로 개발 되었다.

### 2.3 DVD Recorder (Digital Video Disk Recorder)

정보 기술의 발전과 보편화에 따라 정보저장에 대한 수요는 매 5 년마다 10 배씩 증가하는 추세에 있으며 기록밀도의 증가에 따른 대용량화 및 소형화로 개인 가전 및 정보가전 제품에 적용되고 있고, 정보의 질 또한 고급화로 변하고 있는 추세이다. 이것을 가장 잘 반영하고 있는 것이 디지털 다기능 디스크 저장장치(DVD Recorder) 이다. (그림 1)은 ZORAN 사의 DVD Recorder 의 구조를 보여주고 있다.

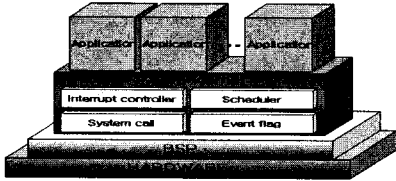


(그림 1) Active 100 DVD Recorder Reference Design  
(출처 : www.zoran.com, 개발된 마이크로 커널과 무관함)

보통 DVD Recorder 의 경우 크게 입력/출력을 담당하는 부분(I/O Interface), 데이터를 암호화/복호화하는 부분(Decoding/Encoding), 디지털신호처리 부분(DSP Process)으로 구성된다. 사용자의 요구에 따라 입력 인터페이스에서 고속으로 들어오는 데이터를 처리하기 위한 응용 태스크들은 입출력 인터페이스에 빠른 응답성, 태스크간 통신의 신속성이 요구되어진다. 결국 이 태스크들을 관리해야하는 마이크로 커널은 이런 특징들에 적합하게 구조화되어야 한다.

### 3. u-Kernel for DVD Recorder System

개발된 마이크로 커널은 크기를 최소화하고 구조를 단순화하고, 속도를 최대화하기 위하여 DVD Recorder System 구축에 핵심이 되는 부분은 커널 내에 구현하고 일반적인 기능들은 응용태스크 형태로 구성하는 방안을 제안하고 있다. 이것은 확장성을 보장하고 높은 재사용성을 갖는다. 즉 새로운 하드웨어에 적용하기 위해 필요한 추가적인 기능은 라이브러리 형태나 응용 태스크로 구현한다. (그림 2)는 제안하는 마이크로 커널의 구조를 나타낸다.



(그림 2) DVD Recorder System 에 적용된 마이크로 커널

#### 3.1 Scheduling Policy

스케줄링(Scheduling)이란 Multitasking 환경에서 다음에 어떤 태스크를 수행할 것인지를 결정하는 알고리즘 구현부이다. 여기서 Multitasking 이란 여러 태스크가 번갈아서 CPU 를 사용할 수 있도록 태스크의 순번을 정하고 실제로 태스크의 수행을 전환하는 처리를 말한다[5]. 개발된 마이크로 커널은 우선순위 기반의 스케줄링 정책(Priority-based scheduling policy) 을 선택하였다. 그리고 응답성이 좋은 선점형(Preemptive) 즉 어떤 태스크가 상위 우선순위의 태스크를 실행 준비 상태(Ready status)로 만들면 현재 실행중인 태스크는 선점되어 곧바로 상위 우선순위 태스크로 CPU 의 제어권이 넘어가는 방식을 채택하였다. 이때 스케줄러는 현재 태스크의 문맥(context)을 현재 태스크 스택에 저장하고 새로운 태스크의 문맥을 해당 태스크의 저장 영역에서 CPU 의 레지스터로 복귀하고 새로운 태스크의 코드를 실행한다. 이것을 “문맥전환”이라고 한다. 실제로 개발된 마이크로커널에서 스케줄링이 시도되는 경우는 다음과 같다.

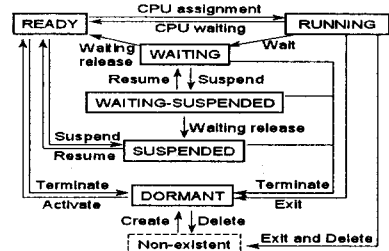
- 태스크가 실행준비 상태(READY)가 될 때
- 실행중인 태스크가 대기상태(WAITING)가 될 때
- 인터럽트 처리가 끝날 때
- 실행중인 태스크가 제한된 시간을 초과했을 때

개발된 마이크로커널에서의 우선순위는 DVD Recorder 의 작업이 입력 데이터의 흐름에 따라 처리하기 위한 태스크들이 계층적으로 나누어져 우선순위가 분명하다. 이런 이유로 태스크는 고정적인 우선순위(Static Priority)를 갖고 있으며 이것은 태스크 ID 와 동일하게 사용된다.

#### 3.2 Task State Transition

태스크란 응용 프로그램을 논리적으로 나눈 단위이다. 태스크는 우선순위를 갖고며 상황에 따라 여러가

지 상태를 갖고 있고 또한 조건에 따라 상태 천이가 이루어진다. (그림 3)은 uTRON4.0 사양의 상태도이다. 개발된 마이크로 커널에서는 구조를 간략화하기 위해 태스크의 상태를 DVD Recording 을 처리하는데 기본적으로 필요한 실행상태(RUNNING), 실행 준비상태(READY), 대기상태(WAITING), 정지상태(SUSPENDED)만을 적용하였다.



(그림 3) 태스크 상태도

실행상태는 태스크가 CPU 를 할당받아 작업을 수행하는 상태를 말하며 우선순위가 선점되어 CPU 를 할당 받기를 기다리는 상태를 실행 준비상태, 자원이나 여러가지 조건이 부재하여 실행을 멈추고 일시적으로 대기하는 대기상태, 다른 태스크에 의해서 강제로 정지된 상태를 정지상태라고 한다.

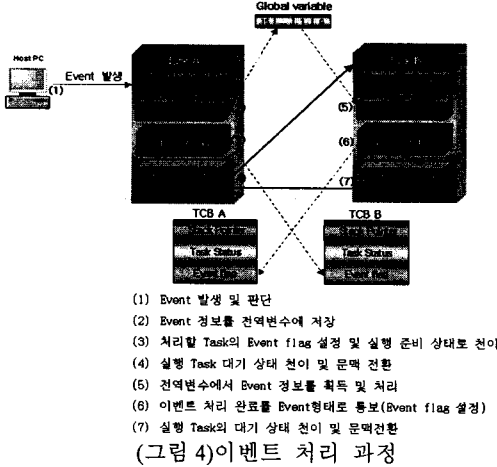
#### 3.3 Task Synchronization & Communication

태스크 동기화란 특정 수단을 통해서 서로의 동작시점을 제어하는 것을 말한다. 또한 태스크 통신이란 태스크간 정보를 전달하는 것이다. 이 커널에서는 이 두 가지를 이벤트 플래그를 통하여 구현하였다. 이벤트 플래그는 플래그에 특정한 값이 설정될 때까지 태스크들을 대기시키는데 사용된다. 설정되는 값들은 주로 비트 필드(Bit Field)값으로 주어진다. 일반적인 경우 이벤트 플래그를 사용하기 위해서 이벤트 큐(Event Queue)와 이벤트 컨트롤 블록(Event Control Block)을 메모리에 할당하지만 이 커널에서는 태스크 컨트롤 블록(Task Control Block) 자료구조에 이벤트 플래그 필드를 할당하고 전달할 이벤트의 내용을 저장하는 버퍼를 전역 변수형태로 선언한다. 이것은 메모리의 사용을 적게하고 이벤트가 발생과 정보 전달의 시간 지연을 줄일 수 있다.

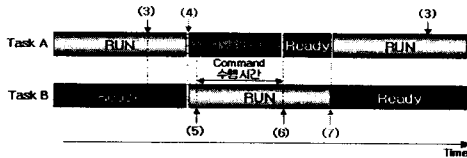
이벤트가 발생하면 처리할 내용을 전역변수에 저장하고 태스크 컨트롤 블록의 이벤트 플래그 필드를 해당 비트를 설정함으로써 이벤트 발생을 태스크에 알린다. 그리고 정보를 받을 태스크는 이벤트의 종류를 이벤트 플래그 필드를 통해 인지하고 그 내용을 전역 변수에서 가져와 처리하게 된다. 만약 이벤트 큐를 사용한다면 신속히 처리해야할 이벤트가 발생하고 이를 기다리는 태스크가 없을 때 이벤트 처리가 지연된다. DVD Recorder 경우 입출력 인터페이스 또는 호스트가 발생시킨 이벤트를 바로 처리해야 하는 특성을 갖는다. 결국 이 마이크로 커널은 이벤트가 발생하면 바로 적당한 태스크에 이벤트 발생을 컨트롤 블록을 설정

함으로서 처리할 수 있게 만든다. (그림 4)와 (그림 5)는 이벤트 발생과 처리과정을 보여주고 있다.

(그림 5)에서 보듯이 두 개의 태스크에서 하위 태스크는 항상 실행상태나 실행 준비상태를 갖게 된다. 태스크가 여러 개인 경우 최소한 최하위 태스크가 이 두 상태중 하나의 상태를 갖게 구현되었다.



(그림 4)이벤트 처리 과정



(그림 5)태스크 상태 천이

이것은 하위 태스크가 상위 태스크로 문맥전환이 일어날 때 하위 태스크를 실행 준비상태로 변경후 이루어지기 때문이다. 그러므로 개발된 마이크로 커널은 이상 태스크(Idle Task)없이도 모든 태스크가 실행되지 않는 경우를 방지하여 안정성을 유지할 수 있다.

### 3.4 Development Environment

개발된 커널은 태스크 관리와 태스크간 통신을 제외한 나머지 기능들을 응용 태스크로 구현함으로써 보다 경량화하는데 중점을 두었다. 현재 커널의 크기는 10Kbyte 이며 소스는 5 개의 파일로 구성되었다.

또다른 특징으로는 구조를 단순화하기 위해 태스크 컨트롤 블록을 스택포인터, 태스트 상태, 이벤트 플래그의 세 개의 영역만 할당하였다.

뿐만 아니라 리얼타임의 특성을 위해 라운드로빈(Round Robin)방식을 일부 적용하였다. 즉 실행 태스크의 시간 제한을 두어 태스크간 실행 효율성을 보장하였다. 그러나 누적 시간이 아닌 현재 실행시간을 기준으로 적용되었다.

### 4. 결과

실시간 운영체제는 범용 운영체제와는 다르게 자원의 효율성 보다는 시간의 제약성이 중요한 요소이다.

그러므로 실행 시간에 대한 예측은 실시간 시스템의 중요한 요소중에 하나이다. 이런 관점에서 실시간 운영체제의 성능은 다음과 같은 요소로 측정된다.

- 문맥전환 시간(Switching time): 스케줄러에 의해 새로운 태스크가 실행되는데 걸리는 시간
- 인터럽트 응답시간(Interrupt Latency) : 인터럽트 발생후 처리부분까지 이동하는데 걸리는 시간

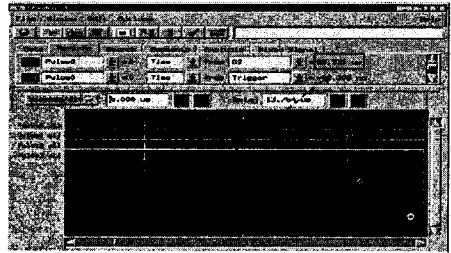
이 커널의 성능을 검증하기 위해 이 논문에서는 로직 어날라이저(Logic Analyzer)를 이용하여 측정하였다. <표 2>는 이렇게 얻어진 결과를 보여주고 있고 (그림 6)은 로직 어날라이저의 측정 화면을 나타낸다.

(단위 : μs)

	Average
Switching time	28.2
Interrupt Latency	10.3

<표 2> 성능측정 표

(단 process는 ARM7TDMI 이며 속도는 33.8MHz)



(그림 6)Logic Analyzer 측정 화면

### 5. 결론

본 논문에서는 높은 모듈성과 유연성을 장점으로 하는 마이크로 커널 기법을 통하여 DVD Recording System 을 위한 운영체제의 구현에 대해 기술하였다. 특히 이러한 마이크로 커널의 경량화와 구조의 단순화는 다양한 하드웨어가 존재하고 자원의 한계성을 갖고 있는 임베디드 시스템에 유리한 구조를 갖는다.

결론적으로 본 논문에서는 마이크로 커널 기법을 통한 운영체제의 구현시 그 유연성과 모듈성의 장점을 극대화하고, 경량화, 구조의 단순화를 통해 임베디드 시스템에 적절한 마이크로 커널을 제시하였다.

### 참고문헌

- [1] 조주현, "임베디드 실시간 시스템의 개발환경", 정보처리 학회지, 제 9 권 제 1 호, 2002.1, 정보처리학회
- [2] 김선자 외, "인터넷 정보가전용 RTOS 기술현황", 정보과학회지, 제 19 권 제 4 호, 2001, 한국정보과학회
- [3] R.Farrow, "Microkernels: The soul of a new OS", UNIXWORLD, pp62-64, Nov.1993
- [4] 차영준 외, "마이크로 커널을 기반으로 하는 분산 실시간 운영체제의 구현에 관한 연구", 통신 정보 합동 학술대회, 1998
- [5] Jean J. Labrosse, "MicroC/OS-II, The Real-Time Kernel, 2002. pp39-51