

# 타스크 우선 순위 재배치를 이용한 실시간 통신 시스템의 성능 향상

이주영\* · 김대웅

\*한국전자통신연구원, 교환전송기술연구소

## Real-Time Communication System Performance Optimization Using Task Priority Reassignment Scheme

Ju-Young Lee\* · Dae-Ung Kim

\*Switching & Transmission Technology Lab., ETRI

E-mail : jylee@etri.re.kr

### 요 약

실시간 통신 시스템은 서로 떨어져 있는 시스템간에 통신 매체를 통하여 호스트와 사용자 단말간에 통신을 수행하므로 종단간의 데이터 패킷 전달 시 보장된 응답시간 특성이 요구된다. 원격 액세스 서비스의 경우 여러 개의 채널에 대한 공평한 대역 서비스의 제공을 위해서 시스템 내부에서 각 채널에 대하여 균등하고 신속한 처리가 필요하다. 본 논문에서는 실시간 통신시스템의 대역 보장과 처리속도 향상을 위하여 전형적인 시스템을 모델링 하고, 다양한 타스크 우선 순위 할당 방법을 적용하여 성능을 비교한다. 비 주기적인 특성을 가지는 프로세스의 우선 순위 할당은 Rate Monotonic 방법 보다는 메시지 흐름에 따른 우선순위 할당 방법이 더 나은 성능을 보인다.

### I. 서 론

정보통신 산업의 활성화에 따라 공중망을 이용하여 IP 또는 인터넷에 접속하는 서비스가 급성장하고 있고 이에 따라서 통신시스템 개발도 대형화 고속화를 요구하고 있다. 가입자 모델속도의 고속화 및 ISDN서비스의 대중화에 따라 통신시스템의 성능도 고속화 대용량화 되어야 한다. 그러나 폭발적으로 증가하는 시스템 규모에 맞는 최적화된 시스템을 구현하는 방법에 있어서 지금까지는 프로세서나 메모리 등의 성능을 향상시키는 방안을 주로 이용하였으나 이런 하드웨어 성능개선만으로는 전체적인 시스템 성능을 향상시키는 데는 많은 제약이 따른다. 또한 통신시스템에서 성능이 우수한 실시간 운영체제를 이용하고 있으나 수백개의 타스크를 효율적으로 관리하기 위해서는 운영체제에서 제공하는 방법을 최대한 활용하는 기법에 대한 연구가 필요하다.

실시간 통신 시스템을 구성하는 여러 개의 서브시스템 구현 시 기능구현을 위해서 많은 시간을 투자하고 시스템 구현이 완료된 후에야 성능에 관한 문제를 고려하는 경향이 있다. 개발자들은 개발 초기에 시스템의 성능 요구사항을 명확히 이해하고 시스템을 구현해 나간다면 개발이 완료되는 시점에서는 기능이 적합한지는 물론이고 성능이 충분한지 검증할 수 있을 것이다. 이를 위해서 실시간 통신 시스템의 특징들을 살펴보고 성능을 최적화 하기 위하여 실시간 운영체제의 특성을 최대한 이용하여 성능이 우수한 시스템을 개발하는 방안을 제시한다.

본 연구를 통하여 기 개발된 시스템의 특성을 파악하여 유사한 모델을 만들고, 고전적인 타스크 우선순위 할당 방식에 의하여 성능을 측정하였고, 타스크 고정 우선순위 할당 방식에 따른 우선순위 재배치 등을 통하여 시스템 성능을 향상시킬 수 있음을 검증하였다. 또한, 본 논문에서 연구된 기술은 PC 통신시스템인 통신처리시스템의 구현

에 적용하였다[1].

## II. 실시간 통신 시스템

실시간 통신시스템에서는 내부에서 수행되는 동시 다발적인 일들을 처리하기 위하여 여러 개의 태스크로 일을 분담하여 처리하도록 설계한다. 통상 시스템 규격에 따라서 각각의 항목은 태스크 단위로 구현할 수 있다. 수행할 일을 태스크로 분리하기가 명백하지 않을 경우 다음과 같은 분류 체계를 따라서 태스크를 나눌 수 있다[2].

- 1) 응용태스크 : 실시간 시스템에서 실제 일을 처리하는 태스크이다.
- 2) 드라이버 태스크 : 응용태스크 또는 다른 태스크들에게 비 동기적인 I/O 서비스를 제공한다.
- 3) 데이터 액세스 태스크 : 여러 개의 태스크간에 공유되어야 할 데이터 구조에 대한 인터페이스를 제공한다.
- 4) 비 동기 서비스 루틴 : 인터럽트 루틴과 밀접하게 관련 상당한 긴 처리를 수행한다.

이와 같은 분류체계에 따르는 전형적인 시스템 구성은 그림 1과 같다.

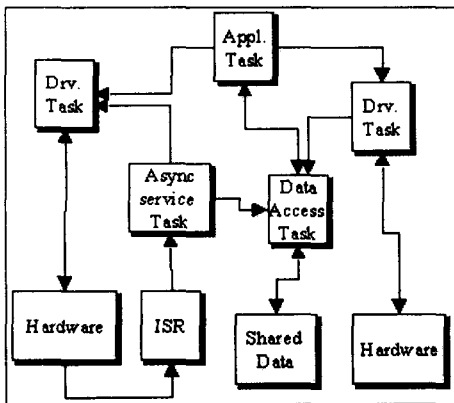


그림 1. 전형적인 실시간 통신 시스템 구조

통상적인 처리는 응용 태스크(Application Task)에서 수행된다. 이 태스크에서는 여러 가지의 시간에 민감하지 않고, 비 동기적이 아닌(non-asynchronous) 처리가 코드를 따라 한 라인씩 수행된다.

응용 태스크는 한 개 이상의 드라이버 태스크(Driver Task)에 의해 지원을 받는데 이 드라이버

태스크는 하드웨어와 관련된 일을 담당한다. 드라이버 태스크는 응용 프로그램에서 어떤 동작을 요청하기 전까지는 아무것도 하지 않고 대기 상태에 있다.

비 동기 서비스 루틴 태스크(Asynchronous Service Routine Task)는 인터럽트 루틴에서 넘겨주는 처리를 담당한다. 인터럽트 처리루틴은 최대한 짧은 처리를 하고 종료하도록 하며 시간이 걸리고 처리가 긴 루틴은 이 태스크에서 수행되도록 해야 다음 인터럽트 발생을 처리할 수 있다. 이 태스크는 통상 시스템에서 다른 태스크들보다 높은 우선 순위 갖는다. 왜냐하면 이 태스크에서 처리해야 할 일은 인터럽트 처리 루틴에서 해야 할 일로서 긴급하게 처리되어야 하기 때문이다.

데이터 액세스 태스크(Data Access Task)는 공유 데이터 영역을 관리하며 다른 태스크에서 데이터 구조를 사용하겠다고 요청하면 메모리를 할당해 주고 데이터의 일관성을 유지해 준다. 이러한 방식은 객체지향 프로그램의 개념과 유사한 점이 있다.

## III. 태스크 우선 순위 할당

실시간 통신시스템에서 사용하는 스케줄링의 대표적인 방식은 선점 우선 순위 방식이다. 우선 순위가 높은 태스크가 우선 순위 낮은 태스크의 수행을 가로채어 수행할 수 있을 때 우선 순위 낮은 태스크를 선점했다고 한다. 라운드로빈 방식이나 선입선서비스(first-come-first-serve) 스케줄링 대신에 선점방식(preemption scheme)을 사용하는 시스템을 선점방식의 우선 순위 시스템이라고 한다. 각각의 인터럽트에 할당되는 우선 순위는 그 인터럽트와 관련된 태스크의 긴급성에 토대를 둔다.

우선 순위 인터럽트는 고정우선순위(fixed priority) 또는 동적우선순위(dynamic priority)로 나눌 수 있다. 고정우선순위 시스템은 태스크의 우선순위를 변경할 수 없기 때문에 유연성이 없다. 동적우선순위 시스템은 태스크의 우선순위를 변경하는 것을 허용한다. 이러한 특징은 특정시스템의 처리관리 시스템에 있어 매우 중요하다.

선점우선순위 방식은 우선 순위가 더 높은 태스크에 의해 자원의 독점을 야기시킬 수 있다. 이는 우선 순위 낮은 태스크에게 가용한 자원을 부족하게 한다[3]. 선점 우선순위 방식의 시스템에

서는 특정 태스크가 자원을 독점할 때 시스템 전체적으로 성능이 저하되는 역효과가 나타나므로 자원의 효율적인 활용을 위하여 태스크 우선순위 할당이 매우 중요하다.

### 3.1. RM 우선 순위 할당 방식

RM(Rate Monotonic) 알고리즘은 정적인 태스크 우선 순위에 기초한 동적 선점방식의 알고리즘이다. 이는 태스크 집합에 대하여 다음과 같은 가정을 한다[3].

- 1) 경성(hard) 제한 시한이 존재하는 태스크 집합  $\{T_i\}$ 의 모든 태스크들에 대한 요청은 주기적이다.
- 2) 모든 태스크는 다른 태스크와 독립이다. 사건의 선행 제약사항 또는 어느 태스크의 쌍에 대해 상호 배타적 제약 사항이 존재하지 않는다.
- 3) 모든 태스크  $T_i$ 의 마감시한 간격은 그 태스크의 주기  $P_i$ 와 같다.
- 4) 각 태스크의 요구되는 최대 수행시간  $C_i$ 는 알려진 값이고 상수이다.
- 5) 문맥 교환(context switch)을 위해 필요한 시간은 무시할 수 있다.
- 6)  $n$ 개의 태스크들의 가용도 계수(utilization factor)의 합은

$$\mu = \sum C_i / P_i \leq n(2^{1/n} - 1)$$
 이며  $n(2^{1/n} - 1)$ 는  $\ln 2$ 에 접근한다. 즉  $n$ 이 무한대일 때 약 0.7이다.

RM 알고리즘은 태스크의 주기에 따라 정적 우선 순위 할당한다. 짧은 주기를 가지는 태스크는 더 높은 정적 우선 순위 갖는다. 주기가 긴 태스크일수록 낮은 우선 순위 갖는다. 실행시간에 디스퍼서는 동적 우선 순위 가장 높은 태스크요청을 선택한다.

모든 가정이 충족되면 RM 알고리즘은 모든 태스크가 마감시한 내에 수행되는 것을 보장한다. 이 알고리즘은 단일 프로세서 시스템에 대해 최적적이다.

위의 6)번 가정에서 태스크의 주기가 가장 높은 태스크의 주기의 배수일 때  $n$ 개의 태스크의 가용도 계수 =  $C_i / P_i$  1로 이론적인 최대치에 접근한다.

비율 단조형 우선 순위 할당에서 각각의 프로세서는 각각의 주기에 기초하여 유일한 우선 순위 할당 받는다. 주기가 작을수록 우선 순위 높다.(즉,  $T_i < T_j \Rightarrow P_i > P_j$ ). 이 할당방법은 어떤 프로세스 집합이라도 스케줄 될 수 있다는 점에서 고정 우선 순위 할당 방식과 함께 최적적이다.

그러므로 주어진 프로세스 집합은 RM 할당방식으로 스케줄 될 수 있다.

### 3.2. 실시간 통신시스템의 메시지 흐름의 특징

- 1) 메시지 도착은 외부 통신매체의 특성에 따라 가변적이다. 즉 태스크에 대한 요청이 비 주기적이다.
- 2) 태스크간에 종속적인 관계가 있다. 즉 메시지를 수신하는 측의 태스크에서 메시지를 처리하지 않으면 채널 태스크에서는 아무일도 할 수 없다.
- 3) 패킷망, 인터넷등 전용 망들은 일정한 대역을 보장하지 못한다. 즉 실시간 통신 시스템은 외부 통신속도에 영향을 받는다.
- 4) 시스템 내부에서는 수 많은 채널 프로세서에서 CPU를 할당받아 사용하므로 적절한 우선 순위 할당을 통하여 공평하게 각 채널 태스크들이 제한시간 내에 메시지를 처리하도록 해야 한다.

이와같은 특성으로 인하여 실시간 통신시스템은 태스크의 수행 주기를 기반으로 하는 RM 스케줄링 방식으로 우선순위를 정하였을 때 스케줄이 불가능할 수도 있다.

## IV. 성능시험 모델

본 절에서는 실시간 통신시스템의 한 예로 원격 액세스 시스템 서비스 모델을 정의하였다. 이 시스템은 120 가입자 채널을 처리하는 시스템으로 외부 인터페이스는 전용 통신 장치에서 담당하는 것을 전제로 하여 외부 회선과 통신하는데 필요한 CPU 부하는 없는 것으로 가정하였다. 원격 액세스 시스템은 통상 서로 다른 망간을 연동하는 목적으로 사용되므로 시스템 내부에서는 채널 수에 해당하는 프로세스가 생성되어 서비스를 하며, 서로 다른 망간에 프로토콜 변환기능을 가지고 있다. 또한 가입자 액세스 망의 속도에 비하여 데이터 전용선의 속도가 상대적으로 빠르기 때문에 흐름제어 기능을 가진다.

시스템의 최악의 동작 조건으로는 최대 가입자 채널에서 최고 대역 폭을 이용할 경우이다. 따라서 채널만 최고 대역 폭을 56 kbps로 가정하였으며, 최대 패킷 크기는 1000 바이트를 사용하였다. 이 가정에 따라 채널별로 초당 평균 7 개의 패킷이 전송되는 조건을 만들면 최대 부하를 발생시킬 수 있다.

시나리오 :

- ① 초기화시 메시지 큐와 메모리 파티션 및 모든 타스크를 생성한다.
- ② producer는 메모리 파티션에서 메모리 블록을 할당받아 포인터를 얻어서 패킷을 복사한 후 RXQ[channel]에 포스트 시킨다. 패킷을 RXQ에 포스트 시킬 때 각 채널의 부하를 균등하게 하기 위하여 각 큐별로 라운드로빈 방식으로 패킷을 보내며 초당 비트율을 유지하기 위하여 각 채널에는 초당 평균7개의 패킷이 적정한 시간 간격으로 보내지게 한다.
- ③ 채널 타스크는 RXQ[channel]에 펜드하고 있다가 패킷을 읽어낸 후 패킷의 헤더를 분석한 후 CONSQ에 포스트 시킨다.
- ④ consumer는 CONSQ에 펜드하고 있다가 메시지가 도착하면 패킷의 헤더를 읽고 난 후 메모리 블록을 해제시킨다.
- ⑤ 각 타스크는 메시지(패킷)처리시 카운터를 증가시키며 monitor는 1초마다 카운터를 수집하여 처리율을 계산한다.
- ⑥ CPU util 타스크는 우선 순위 가장 낮은 타스크로서 CPU의 가용도를 카운트한다.
- ⑦ 타스크 우선 순위는 producer, 채널 타스크, consumer에 대하여 경우의 수대로 설정하여 시험한다.

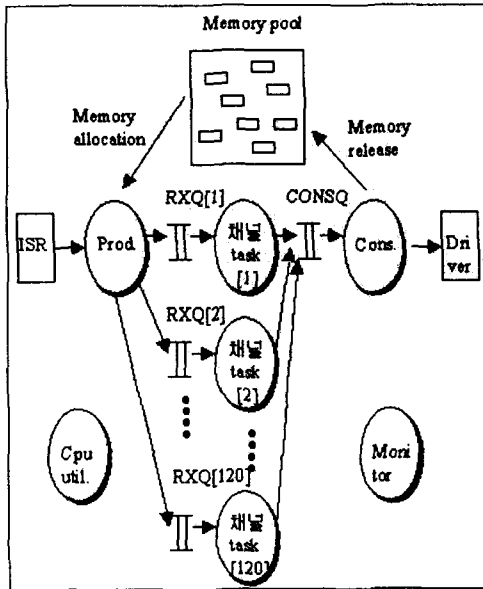


그림 2. 원격 액세스 시스템 모델

이상의 시나리오를 이용하여 성능 시험한 결과는 다음 표 1. 과 같다.

표 1. 우선 순위 따른 CPU 가용도

우선순위할당			평균패킷처리율 (packet/sec)			CPU 가용 도
prod.	chan.	cons.	prod.	chann.	cons.	평균
High	Med.	Low	841.6	7.013	841.6	73.2
High	Low	Med.	841.7	6.770	812.85	96.9
High	High	High	841.3	7.010	841.3	71.8

성능시험 결과, 타스크간에 서로 의존적이고 이벤트 발생이 비주기적인 실시간 시스템은 RM기반으로 우선순위를 할당하는 것 보다 메시지 흐름을 기반으로 우선순위를 할당 하는 것이 더 나은 스케줄 가능성을 나타냄을 알 수 있다.

## V. 결론

본 논문에서는 원격 액세스 시스템 서비스 모델링을 통하여 최대 부하 시 CPU의 가용도를 측정하여 시스템의 성능을 향상시키는 타스크의 우선순위 할당 방법 연구하였다. 타스크 우선 순위 할당 방식에 따라 CPU 가용도에 큰 차이가 나타남을 보였다. 실시간 통신 시스템은 Rate Monotonic 특성을 가지지 않기 때문에 메시지의 흐름에 대한 특성을 고려하여 타스크의 우선 순위를 할당해야 한다. 또한 IPC성능을 높이기 위해 메시지 큐를 이용하여 문맥교환 없이 타스크에서 일련의 작업을 연속적으로 처리하도록 하는 연구가 필요하다.

\* 본 논문은 한국통신 출연 연구 과제로 수행됨.

## 참고문헌

- [1]이주영, 윤성재, 김대웅, "대용량 통신처리시스템에서 서브시스템과 OAM 장치간 연동을 위한 망관리 정합장치 구현," JCCI'97, 1997. 4.
- [2]David E. Simon, Larry Mittag, Doug Abbott, "Using a Real-Time Kernel Effectively in Embedded Systems," 1995 High-Performance Systems Design Symposium, 1995.
- [3]Hermann Kopetz, "REAL\_TIME SYSTEMS : Design Principles for Distributed Embedded Applications," Kluwer Academic Publishers, 1997.