

멀티코어 임베디드 시스템 스케줄링 결과 시각화 도구

마유승, 우덕균, 김상철, 송준근, 이정우, 마평수, 김선태
 한국전자통신연구원 임베디드소프트웨어연구부
 e-mail : {ysma, dkwu, sheart, jun361, jeongwoo, pmah, stkim10}@etri.re.kr

A Tool for Visualizing Task Scheduling of Multi-Core Embedded Systems

Yuseung Ma, Duk-Kyun Woo, Sang Cheol Kim, Junkeun Song,
 Jung-Woo Lee, Pyeongsoo Mah, Seon-Tae Kim
 Embedded Software Research Division, Electronics and Telecommunications Research Institute

요 약

임베디드 시스템에서 멀티코어 프로세스의 채택이 늘어나고 있다. 멀티코어 시스템이 태스크들을 효율적으로 병렬화하여 성능을 극대화하였는지 살펴보기 위해서는 태스크들의 스케줄링 결과를 분석하고 시각화 해주는 도구가 필요하다. 본 논문에서는 멀티코어 임베디드 시스템을 위한 태스크 스케줄링 결과 시각화 도구를 소개한다. 자원 제약이 있는 임베디드 타겟 디바이스의 부하를 줄이기 위해 스케줄링 결과는 호스트 컴퓨터에 전달되어 분석 및 시각화된다. 시각화 형태는 시스템의 전체 동작을 한 눈에 파악할 수 있게 해주는 그래프 형태와 정밀한 분석을 가능하게 해 주는 리스트 형태로 제공된다. 제시된 도구는 멀티코어 임베디드 시스템의 태스크들의 스케줄링 결과를 쉽고 정확하게 파악할 수 있게 해 주어 시스템의 성능 향상에 도움을 준다.

1. 서론

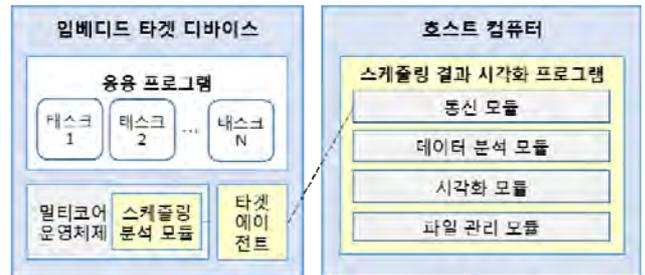
멀티코어 프로세서의 활용이 대중화되면서, 임베디드 시스템에서도 멀티코어 프로세스의 채택이 늘어나고 있다. 멀티코어 시스템[1]은 태스크들이 여러 코어에서 병렬로 동작하게 하여 사용자에게 빠른 성능을 제공한다. 이를 위해, 멀티코어 시스템은 태스크들이 여러 코어에 효율적으로 배분되도록 개발되어야 한다.

멀티코어 시스템이 태스크들을 효율적으로 병렬화하였는지 살펴보기 위해서는, 태스크들의 스케줄링 결과를 확인하는 기능이 필요하다. 특히, 한 코어에서 다른 코어로의 태스크 이주가 가능한 멀티코어 환경의 스케줄링 결과는 그 내용이 복잡하여, 이를 이해하기 쉬운 형태로 시각화하고 분석을 도와주는 도구의 사용이 중요하다. 하지만, 국내에서 이러한 기능을 제공하는 도구는 부족한 실정이다.

본 논문은 멀티코어 프로세스를 활용하는 임베디드 시스템에서 태스크들의 스케줄링 결과를 손쉽게 확인할 수 있도록 해 주는 시각화 도구를 소개한다. 태스크 스케줄링 결과의 추출은 운영체제의 지원이 필요한 기능인데, 본 도구는 국내에서 개발중인 멀티코어 운영체제[2]를 이용하여 국산 소프트웨어 경쟁력을 높이고자 한다.

2. 도구 아키텍처

자원 제약이 있는 임베디드 타겟 시스템에서는 타겟 디바이스의 부하를 최소화 해야 한다. 이를 위해 본 논문에서 제안하는 도구의 아키텍처는 그림 1 과 같다.



(그림 1) 도구 아키텍처

멀티코어 임베디드 시스템은 멀티코어 운영체제가 탑재된 타겟 디바이스에서 동작하는 응용 프로그램이다. 해당 응용 프로그램은 다수의 태스크로 구성되어 있고, 각 태스크들은 운영체제의 스케줄러에 의해 특정 코어에 할당되어 동작한다. 따라서 태스크들의 스케줄링 결과를 정확하게 파악하기 위해서는 멀티코어 운영체제의 지원이 필수적이며, 그림 1의 스케줄링 분석 모듈이 해당 기능을 담당한다.

제안하는 도구는 타겟 디바이스의 부하를 줄이기 위해 호스트/타겟 통신을 이용하여 타겟 장치에서 추출된 스케줄링 결과를 호스트 컴퓨터로 전송한다. 상대적으로 자원이 풍부한 호스트 컴퓨터에서 스케줄링 결과를 분석하여 시각화하는 것이 효율적이기 때문이다. 이를 위한 타겟 디바이스와 호스트 컴퓨터 간 연동은 그림 1의 타겟 에이전트가 담당한다.

호스트 컴퓨터에서 동작하는 스케줄링 결과 시각화 프로그램은 크게 통신 모듈, 데이터 분석 모듈, 시각화 모듈, 파일 관리 모듈의 네 가지 모듈로 구성된다. 통신 모듈은 타겟 에이전트와의 통신을 담당한다. 데

이더 분석 모듈은 타겟으로부터 전달받은 스케줄링 결과를 분석한다. 시각화 모듈은 분석이 완료된 스케줄링 결과를 시간 순에 따른 그래프와 리스트 형태로 시각화 한다. 파일 관리 모듈은 필수적인 기능은 아니지만, 시스템 수정이 일어날 경우 전후 성능 비교 분석 시 유용하게 사용될 수 있다.

3. 호스트/타겟 통신 요구사항

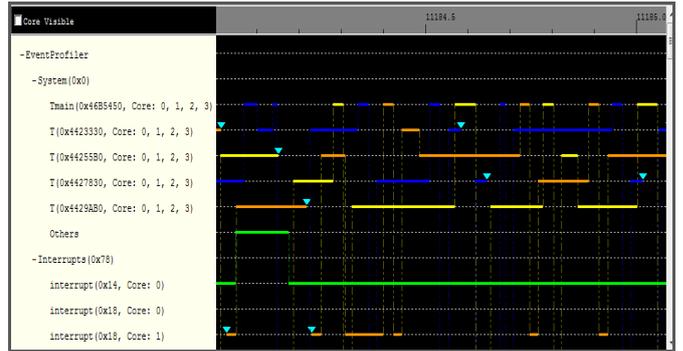
호스트/타겟 통신을 통해 멀티코어 시스템의 스케줄링 결과를 전달받기 위해서는 호스트와 타겟 사이에 주고받는 데이터의 내용이 정의되어야 한다. 본 장에서는 제안하는 도구의 통신 과정에서 사용되는 데이터의 내용을 아래와 같이 연결 제어, 동작 제어, 데이터 항목의 세 가지로 구분한다.

- ▶ **연결 제어:** 타겟 에이전트와의 연결을 관장하는 기능을 담당한다.
- ▶ **동작 제어:** 사용자가 원하는 시점에 스케줄링 결과 수집을 요청하고 종료하는 기능을 담당한다.
- ▶ **데이터 항목:** 타겟 시스템의 스케줄링 결과로 저장될 데이터 내용을 정의하며 아래와 같이 태스크 목록과 이벤트 목록으로 구성된다.
 - 태스크 목록 리스트: 스케줄링 결과 수집 전에 생성된 태스크들의 목록과 각 태스크들의 정보(아이디, 이름, 상태 등)를 제공한다.
 - 이벤트 목록 리스트: 스케줄링 결과 수집 시작 후 발생된 태스크들의 상태 변화 및 스케줄링과 관련된 이벤트들의 목록을 제공한다. 태스크 생성, 종료, 중지, 재 시작, 문맥전환 등의 이벤트가 포함한다. 모든 이벤트들은 시간 정보와 함께 저장되며, 문맥전환 이벤트의 경우 코어 번호가 필수적이다.

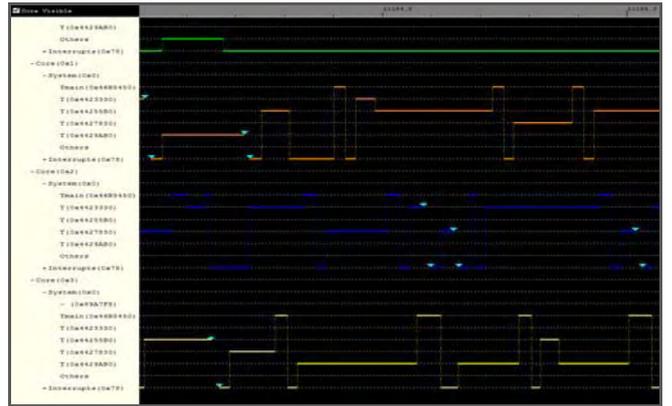
4. 구현 결과

본 도구에서 제공하는 스케줄링 결과는 그래프와 리스트 두 가지 형태로 제공된다.

- ▶ **그래프 형태 스케줄링 결과 시각화**
태스크 스케줄링 결과의 이해하기 쉽고 직관적인 시각화 형태는 시간 값을 수평축, 태스크 목록을 수직 축으로 표현 하는 CPU 획득 그래프이다. 본 도구에서는 CPU 획득 그래프를 태스크 중심 스케줄링 결과 시각화와 코어 중심 스케줄링 결과 시각화의 두 가지 형태로 제공하여 사용자의 편의성의 제공한다.
태스크 중심 스케줄링 결과 시각화 그래프는 그래프의 수직 축을 코어를 고려하지 않고 태스크 목록으로 하며 그 형태는 그림 2 와 같다. 태스크 별로 유희 상태를 바로 파악할 수 있으며, CPU 획득 결과가 코어 별로 다른 색으로 표현되어 태스크의 코어 이동 내역을 손쉽게 파악할 수 있다.
코어 중심 태스크 스케줄링 결과는 코어 별로 스케줄링 결과를 구분해서 살펴볼 경우 유용하며 그 형태는 그림 3 과 같다. 이를 위해 수직 축 트리의 최상위 노드를 코어 번호로 하고, 자식 노드들을 해당 코어에서 동작한 적이 있는 태스크들로 구성한다.



(그림 2) 태스크 중심 스케줄링 결과 그래프 시각화

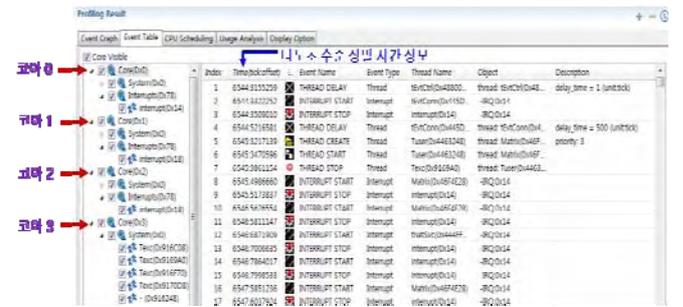


(그림 3) 코어 중심 스케줄링 결과 그래프 시각화

▶ 리스트 형태 스케줄링 결과 시각화

그래프 형태 스케줄링 결과 시각화 기능이 시스템의 전체적인 동작을 쉽게 확인할 수 있다면, 리스트 형태 스케줄링 결과는 태스크 별 스케줄링 이벤트들을 자세하게 살펴볼 수 있다. 본 도구에서 제공하는 리스트 형태 스케줄링 결과 시각화 화면은 그림 4 와 같다.

이벤트들은 기본적으로 발생 시간에 따라 순차적으로 나열되어있으나 이벤트 종류 별 또는 태스크 별로 정렬이 가능하다. 또한 이벤트 발생 시간은 나노초 수준까지 정밀하게 제공하여 정확한 스케줄링 결과를 파악할 수 있도록 하였다. 화면 좌측의 태스크 트리의 최상위 노드를 마찬가지로 코어 번호로 설정하여 이벤트들을 코어 별로 살펴볼 수 있다.



(그림 4) 리스트 형태 스케줄링 결과 시각화

5. 결론

본 논문은 멀티코어 임베디드 시스템을 위한 태스크 스케줄링 결과 시각화 도구를 소개하였다. 해당 도구는 국내에서 개발중인 멀티코어 운영체제와의 연동을 통해 수행된다. 자원 제약이 있는 임베디드 타겟 디바이스의 부하를 줄이기 위해 타겟에서 추출된 스케줄링 결과는 호스트 컴퓨터로 전달되어 분석 및 시각화된다. 스케줄링 결과는 발생 시간과 태스크 목록을 두 축으로 하는 2 차원 그래프 형태로 표현하고 태스크들의 코어 별 동작을 색상으로 구분하여 시스템의 전체적인 동작을 쉽게 파악할 수 있도록 하였다. 또한 태스크 스케줄링과 관련된 이벤트들의 발생 정보를 나노초 수준으로 정밀하게 제공하여 스케줄링 결과를 정확하게 분석할 수 있다. 본 도구는 멀티코어 임베디드 시스템의 태스크들의 스케줄링 결과를 쉽고 정확하게 파악할 수 있게 해 주어 시스템의 성능 향상에 도움을 준다.

ACKNOWLEDGEMENT

이 논문은 2015 년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.10047067, 고성능과 실시간성을위한 멀티코어 임베디드 시스템용 대칭형 멀티프로세싱 RTOS 기술 개발)

참고문헌

- [1] Georgios Kornaros, "Multi-Core Embedded Systems", CRC Press, 2010
- [2] 김상철, 송준근, 마유승, 우덕균, 마평수, 김선태, "대칭형 실시간 운영체제를 위한 효율적인 멀티코어 스케줄링", 한국통신학회 학술대회논문집(하계), 2015, 1536-1537.