

센서 운영 체제를 위한 공유 스택 기법의 성능 분석

구본철^o 김용태 허준영 홍지만 조유근

서울대학교 컴퓨터공학부

{bcgu, yikim, jyheo}@os.snu.ac.kr jiman@ssu.ac.kr ykcho@snu.ac.kr

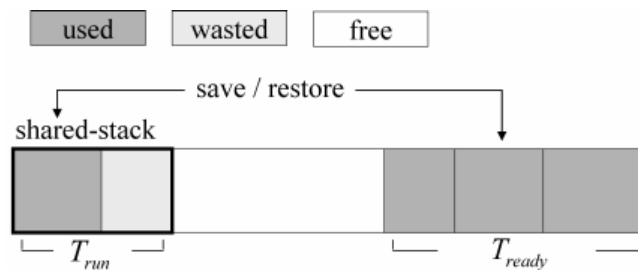
Performance Analysis of Shared Stack Management for Sensor Operating Systems

Boncheol Gu^o Yongtae Kim Junyoung Heo Jiman Hong Yookun Cho

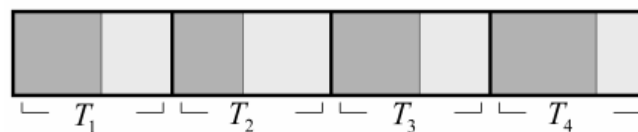
School of Computer Science and Engineering, Seoul National University

무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network)에서의 심각한 자원 제약으로 TinyOS에서 작업관리를 위해 이벤트 드리븐 모델을 도입했다. 하지만, 이벤트 드리븐 모델을 기반으로 하는 프로그래밍 방법은 응용 프로그램의 개발과 디버깅 그리고 유지 보수를 어렵게 만든다. 이에 MANTIS OS와 같은 멀티스레드 기반의 센서 운영체제가 등장하였다. 그러나, 멀티스레드의 고정 스택 기법은 스레드가 대기 상태에 있을 때에도 타 용도로 사용될 수 없기 때문에, 스레드가 증가함에 따라 메모리 부족 오류나 스택 오버플로우의 직접적인 원인이 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 공유 스택 기법이 제안되었다.

본 논문에서는 고정 크기 스택 기법과 공유 스택 기법의 성능을 분석하기 위해 수학적 모델을 제시하고 각각의 오버플로우 확률 함수를 통하여 공유 스택 기법과 고정 크기 스택 기법의 안정성을 비교한다.



(a) 공유 스택 기법



(b) 고정 크기 스택 기법

그림 1 스택 기법에 따른 메모리 구성

그림 1의 (b)는 스레드의 개수에 따라 정적으로 할당되는 스레드 스택이 증가함을 보이고 있고, 그림 1의 (a)에서는 현재 실행 중인 스레드만이 여분의 메모리 공간을 추가로 점유하고 있을 뿐 나머지 스레드들은 선점 지점에서 실제로 필요로 하는 양의 메모리 공간만을 점유한다는 것을 확인할 수 있다.

다만 공유 스택 기법이 문맥 교환 시 문맥 유지를 위한 복사 오버헤드를 유발할 수 있지만 대기 상태가 대부분인 센서노드들은 CPU 자원이 메모리에 비해 상대적으로 덜 제약적이라고 할 수 있고, 협동적인 스레드(cooperative thread)를 사용하면 문맥 교환 횟수를 상당 부분 감소시킬 수 있다.

스택 사용 모델을 기술하기 위하여 다음과 같은 표기법을 정의하자.

M	스택을 위해 할당된 메모리 크기	$P_{i,j}$	S_i 에서 S_j 가 될 확률
N	시스템 내의 전체 스레드 개수	R	탄생-죽음 비율(=b/d)
K	각 스레드 스택에 할당된 메모리 크기(=M/n)	F_OFP_n	고정 크기 스택 n개의 오버플로우 확률
S_i	스택이 사용한 메모리의 양이 i인 상태	S_OFP	공유 스택 모델의 오버플로우 확률

이때 각 스택 사용 모델은 이산 매개변수 마코프 체인(discrete parameter Markov chain)으로 표현될 수 있고, 현재 상태가 S_i 일 때 삽입, 삭제, 읽기 연산의 확률을 b, d, a라고 한다면 각 확률은 다음과 같이 표현된다.

$$F_OFP_n = \begin{cases} 1 - (1 - br^k \frac{1-r}{1-r^{k+1}})^n & (b \neq d) \\ 1 - (1 - b \cdot \frac{1}{k+1})^n & (b = d) \end{cases}, S_OFP = \begin{cases} b \left(\frac{r}{1-p_0} \right)^M \frac{1 - \frac{r}{1-p_0}}{1 - \left(\frac{r}{1-p_0} \right)^{M+1}} & (b \neq d) \\ \frac{1}{2 + 2 \cdot \frac{M}{n} - 2 \cdot \frac{M}{n} \left(\frac{M}{n+M} \right)^M} & (b = d) \end{cases}$$

위 식을 이용해 센서 네트워크를 이루는 일반적인 노드에 대한 조건이라고 할 수 있는 M=4096, b=d=0.5을 설정하고, n에 대한 확률을 그래프로 표시한 결과를 그림2에서 표시하였다.

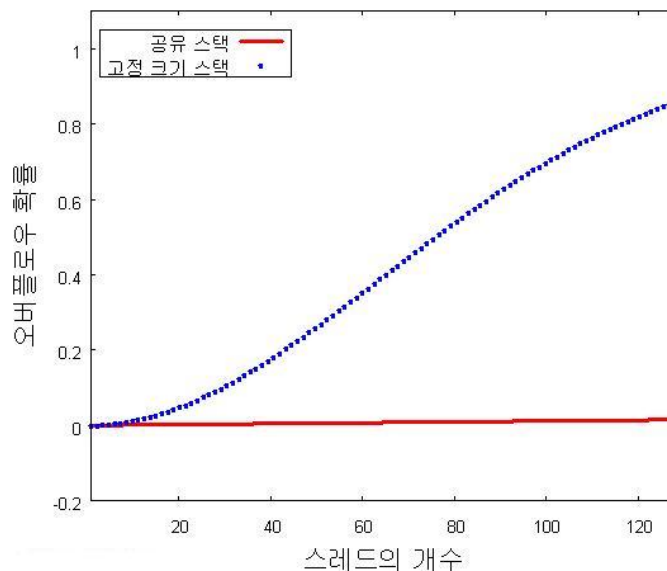


그림 2 오버플로우 확률 비교 그래프

이를 통해 스레드의 개수가 증가할수록, 공유 스택의 오버플로우 확률보다 고정 크기 스택의 경우가 현저히 낮음을 알 수 있다. 따라서, 무선 센서 네트워크의 제한된 메모리 자원을 공유 스택 통한 스레드 기법을 통하여 그 활용도를 극대화하는데 적용 할 수 있다.