

무선 센서 운영체제를 위한 슬랩 할당기

민홍⁰¹, 이상호¹, 허준영¹, 김석현¹, 홍지만², 조유근¹

¹서울대학교 컴퓨터공학부 시스템소프트웨어 연구실

{hmin, shyi, jyheo, shkim, ykcho}@os.snu.ac.kr

²승실대학교 컴퓨터공학부

jiman@ssu.ac.kr

An smart slab allocator for wireless sensor operating system

Hong Min⁰¹, Sangho Yi¹, Junyoung Heo¹, Seokhyun Kim¹, Jiman Hong², and Yookun Cho¹

¹School of Computer Sci. & Eng., Seoul National University

²School of computing, Soongsil University

무선 센서 네트워크 분야는 최근 들어 하드웨어 시스템의 급속한 발달과 그 응용 분야의 다양성과 특수성 때문에 많은 연구가 수행되고 있다. 국토의 반 이상이 산불로 인해 재로 변한 그리스의 대형 화재는 무선 센서 네트워크를 통한 재난 방지 시스템의 도입이 얼마나 필요한지를 극명하게 보여주고 있다. 이러한 실용적인 시스템에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있고, 수많은 연구 결과들이 이 분야에 대한 전망을 밝게 해주고 있다. TinyOS와 같은 센서 운영체제에서는 동적 메모리 할당으로 인한 오버헤드가 너무 크기 때문에, 모든 메모리를 정적으로 할당하고 있다. 이로 인해 응답속도는 빠르지만 메모리 사용률이 낮고, 동적으로 모듈을 업데이트 할 수 없다는 단점이 있다. SOS에서 사용하는 메모리 관리 기법은 동적 메모리 할당을 제공하면서도 빠른 시간 내에 처리할 수 있다는 장점이 있지만, 특정 메모리 크기에 대한 연속적인 요구를 수용하지 못하는 단점이 있다. MANTIS OS에서 사용하는 동적 메모리 할당기와 실시간 시스템을 지원하는 TLSF의 경우, 다양한 크기의 메모리 공간을 할당할 수 있다는 장점이 있지만, 적합한 빈 공간을 찾기 위한 검색 시간과 인접 메모리 영역의 병합 (Coalescing)과 사용하고 남은 빈 공간에 대한 분리 (Splitting) 작업으로 인한 불필요한 오버헤드가 발생한다. 본 논문에서는 기존의 동적 메모리 관리 시스템에서 간과 했던 메모리 병합과 분리 작업으로 발생하는 추가적인 오버헤드를 줄이고, 각각의 센서 응용에 따라 최적화된 작업을 수행하는 동적 메모리 관리 시스템을 제안한다. 새롭게 제안된 센서 운영체제를 위한 슬랩 할당기는 기존의 동적 메모리 시스템 환경 하에서 쉽게 추가할 수 있고, 응용의 메모리 할당 패턴을 분석하여, 이를 적용함으로써 특정 응용 프로그램에 최적화된 동적 메모리 할당 및 해제를 수행할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

센서 노드에서 동작하는 시스템을 설계하기 위해서는 다음과 같은 요구 사항을 고려해야 한다.

- 효율적인 자원 사용 - 센서 노드는 자원의 제약성을 갖기 때문에, 새로운 시스템을 적용할 때 과도한 메모리 공간을 사용해서는 안 됨
- 빠른 수행시간 - 슬랩 할당기를 통해 얻을 수 있는 가장 큰 효용은 불필요한 작업의 감소로 응답 시간을 단축시키는 것임
- 구현의 간편성 - 단순한 시스템 설계를 통해 구현 및 적용이 쉬워야 함
- 시스템 안정성 - 새로운 시스템 적용으로 인해 시스템의 안정성이 위협받아서 안 됨

본 논문에서 새롭게 제안한 슬랩 할당기는 이러한 요구사항들을 고려하여 설계하였다.

응용 프로그램의 동적 메모리 할당 및 해제 패턴을 분석하고 이를 슬랩 할당기 시스템에 적용하기 위해서 그림1과 같은 과정을 필요로 한다.

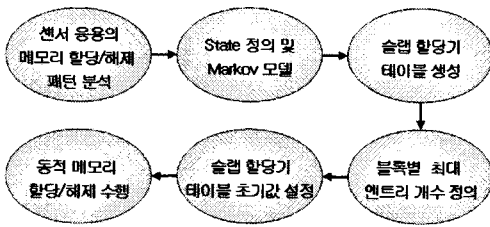


그림 1. 슬랩 할당기 시스템 설계 과정

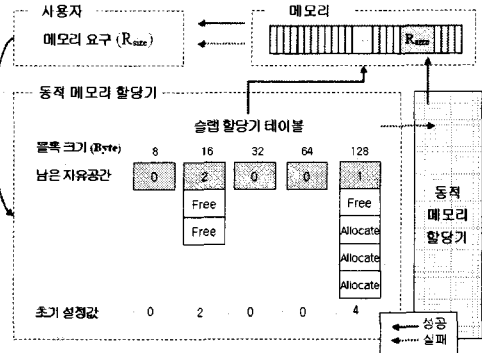


그림 2. 슬랩 할당기 시스템

먼저, 응용 프로그램의 동적 메모리 할당과 해제 패턴을 분석하기 위해서, 응용프로그램 수행과정의 일부를 샘플링 한다. 다음으로 Markov 모델을 사용하기 위하여 요청의 크기에 따라 상태를 정의하고 슬랩 할당기의 테이블을 생성한다. 슬랩 할당기 시스템의 구조는 그림 2와 같고 Markov 모델링을 통한 시스템 정량화는 그림3을 통해 알 수 있다. 응용에 적합한 블록 크기 별 최대 엔트리 개수를 모델을 통해 도출하고, 슬랩 할당기를 초기화 한 후에 동적 메모리 시스템에 추가한다.

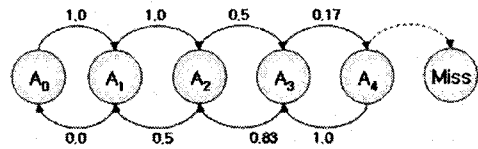
할당/해제	+	+	-	+	-	+	-	+	+	-
문자열	A ₁	A ₂	A ₁	A ₂	A ₁	A ₂	A ₁	A ₂	A ₃	A ₂
할당/해제	-	+	+	-	+	-	+	+	-	-
문자열	A ₁	A ₂	A ₃	A ₂	A ₃	A ₂	A ₃	A ₄	A ₃	A ₂

(a) 128 bytes

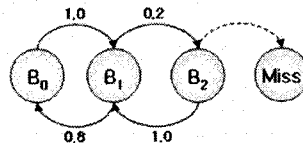
할당/해제	+	+	-	-	+	-	+	-	+	-
문자열	B ₁	B ₂	B ₁	B ₀	B ₁	B ₀	B ₁	B ₀	B ₁	B ₀

(b) 16 bytes

+ (할당) / - (해제)



(a) 128 bytes



(b) 16 bytes

그림 3. Markov 모델과 상태 그래프

센서 응용의 경우, 메모리 할당 패턴이 단순하고, 할당하는 크기가 다양하지 않기 때문에 대부분의 메모리 할당과 해제를 예측할 수 있고, 이러한 정보를 활용한 슬랩 할당기를 통해서 99%의 정확성을 가지고 동적 메모리 할당을 수행할 수 있다.

무선 센서 네트워크 분야는 다양한 분야에서 사용될 수 있고, 실용적인 특성 때문에 많은 연구가 이루어지고 있다. 제한된 자원을 효율적으로 사용하기 위해 많은 연구들이 진행되었고, 많은 발전을 거듭해오고 있다. 그러나 센서 운영체제 상에서 동적 메모리 할당에 대한 기존연구들은 센서 응용 프로그램의 특성에 대한 분석 없이, 기존의 범용 시스템에서 사용하는 기법을 그대로 적용했기 때문에, 불필요한 작업으로 인한 수행시간 증가와 메모리 관리 비용의 증가라는 문제점을 드러내고 있다. 본 논문에서는 센서 응용 프로그램을 그 특성에 따라 분류하고, 각 응용에 적합하도록 설정할 수 있는 슬랩 할당기를 제안하고 있다. 새로운 스랩 할당기는 기존의 시스템 상에 적용하기 쉬울 뿐 아니라, 적절한 모델링 기법을 사용함으로써, 동적 메모리 할당 수행 시간을 약 30%정도 이상 줄일 수 있었다.