

분산 컴퓨터 시스템의 성능 평가를 위한 모델연구

조영철, 권옥현
서울대학교 제어계측공학과

Modeling for Performance Evaluation of Distributed Computer Systems

Young Cheol Cho, Wook Hyun Kwon

Dept. of Control and Instrumentation Eng., Seoul National University

This Paper proposes a model for simulation and performance evaluation of distributed computer systems(DCS). The model is composed of operating system(OS), resource, task, environment submodel. Task Flow Graph(TFG) is suggested to describe the relation between tasks. This paper considers task response time, the scheduler's ready queue length, utilization of each resource as performance indices. The distributed system of Continuous Annealing Line(CAL) in iron process is simulated with the proposed model.

1. 서론

고성능 마이크로 프로세서와 네트워크기술의 발전에 따라 실시간 제어분야에 분산 컴퓨터 시스템(Distributed Computer Systems)이 널리 사용되고 있다. 이러한 분산 컴퓨터 시스템의 성능은 마이크로 프로세서의 성능, 운영체제(Operating System), 네트워크 프로토콜, 응용 프로그램 등의 요소와 복잡하게 연관되어 있다.

분산시스템의 성능평가에 대한 기존의 연구는 분산 시스템의 태스크 스케줄링[1], 최적의 태스크 할당과 모듈의 중복[2], 분산 환경의 네트워크구조와 프로토콜의 성능분석[3]이 있다. 또한 분석방법에는 Markov Models과 Petri-Nets[4], Queueing Model[5]등이 있다. 그러나, 전체 시스템의 성능은 운영체제, 네트워크, 각 자원의 성능 등의 요소를 모두 고려하여야 한다. 또한, 시스템의 구성과 응용 프로그램의 특성이 바뀌는 경우 같은 방법으로 시스템의 성능을 분석하는 것이 어렵다.

본 논문은 분산 제어 시스템의 성능 분석을 위한 모델을 개발한다. 이러한 모델의 개발을 위하여 시뮬레이션 패키지[SES/design]를 사용한다.

2. 분산 시스템 모델

일반적인 분산 시스템의 모델은 아래의 그림 1과 같이 기본 모델과 응용 모델로 나누어진다.

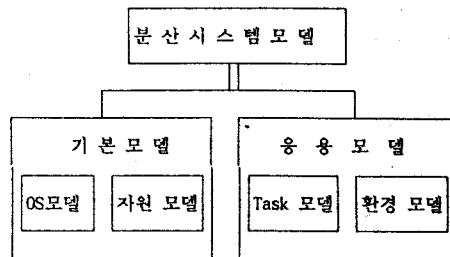


그림 1. 분산 시스템 모델

OS모델은 자원의 관리, 태스크관리등 시스템의 관리를 위한 기본 기능을 정의한 서브모델의 집합이다. OS모델의 서브모델에는 스케줄러 모듈, 태스크관리 모듈, 자원 관리 모듈, 동기관리 모듈, 타이머관리 모듈등이 있다. 자원모델은 컴퓨터를 구성하는 CPU, 보조기억장치(H.D.D), 모뎀, CRT, 네트워크등의 모듈을 포함한다.

응용모델은 태스크모델과 환경모델로 구성되어 진다. 태스크모델은 동적인 생명 주기(life cycle)를 가지며 자원을 요청하여 액세스를 하고 OS모델의 시스템 콜을 실행한다. 환경모델은 분산 시스템의 다양한 입력을 나타낸다. 이러한 입력에는 플랜트로부터의 이벤트 입력과 운영자로부터 키보드 입력등이 있다.

2.1 OS모델

분산 시스템의 운영체제를 모델링하기 위하여 여러 운영체제의 공통적인 면을 찾아내어 전형화 할 필요가 있다. 운영체제 모델은 기능적으로 스케줄러, 태스크관리, 자원 관리, 동기관리, 타이머관리 모듈등으로 구성된다.

아래 그림 2은 스케줄러 모듈을 나타내고 있다. 스케줄러의 준비큐(ready queue)에는 수행 가능한 상태의 태스크가 서비스를 기다린다. 큐잉원칙은 선점가능한(preemptive) 우선순위원칙으로 한다. 동일한 우선 순위의 태스크에 대하여 FIFO(First Input First Service)원칙에 따른다.

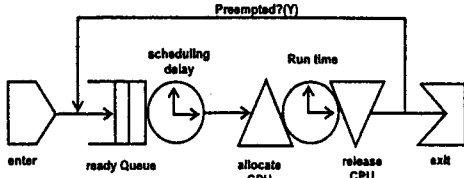


그림 2. 스케줄러 모듈

실행할 태스크가 결정되면 그 태스크는 CPU자원을 할당받아 수행한다. 수행중 다른 태스크에 의해 선점되는 경우에는 CPU자원을 반납하고 다시 준비큐에 되돌아간다. 선점없이 수행을 끝마친 태스크는 CPU자원을 반납하고 스케줄러 모듈을 빠져나간다. 준비큐의 시간지연은 문맥교환시간과 리스케줄링시간의 지연을 의미한다.

태스크관리 모듈은 사용자 프로그램 및 타이머 관리자의 요청에 따라 태스크를 생성(FORK)하고 수행이 끝난 태스크를 제거(EXIT)하는 등 태스크 관리 전반에 대한 일을 한다.

태스크관리모듈은 전체적인 응용 프로그램을 묘사하기 위하여 제안된 태스크 흐름도(Task flow Graph, TFG)를 관리하는 기능을 한다. 아래의 그림 3는 태스크 순차도의 예이다.

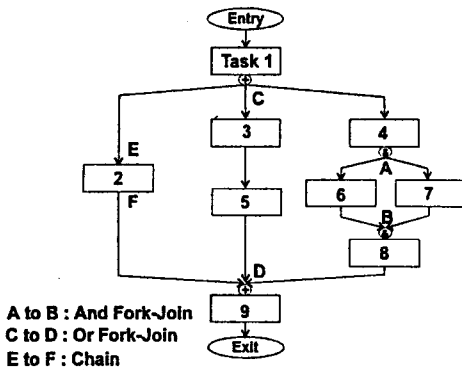


그림 3. 태스크 흐름도의 예

태스크 흐름도는 chain, And-Fork, And-Join, Or-Fork와 Or-Join의 서브그래프로 구성된다. chain은 태스크의 순차관계를 나타낸다. And-Fork와 And-Join은 두개 이상의 태스크를 병렬적으로 FORK하여 동시에 완결을 끝마친 후에 다른 진행이 가능하도록 한다. Or-Fork와 Or-Join은 여러 가지중 하나를 선택하여 실행하도록 한다. 하나를 선택하는 방법은 조건적 분기와 확률적 분기가 있다.

자원관리 모듈은 태스크의 요구에 의해 자원을 할당하고 회수하고 LOCK/UNLOCK등으로 접근을 제한하는 일을 한다. 이 모듈은 자원의 유형을 독점사용유형과 공유사용유형으로 나누어 관리한다. 독점사용유형의 예로 CPU, 네트워크, 입출력 장치등 자원이 하나만 존재하는 경우이며, 공유사용유형으로는 데이터메모리, 파일 등이

있다.

동기관리 모듈은 태스크간의 통신을 묘사할 수 있도록 한다. 태스크간의 통신은 메시지 전송과 메시지 수신을 통하여 이루어지며 메시지를 수신하는 태스크는 메시지가 도착할 때까지 대기(wait state)상태에 머물게 된다.

타이머관리 모듈은 타이머로부터 이벤트를 받아 실시간 타이머 인터럽트를 제공한다.

2.2 태스크 모델링

응용태스크은 전체 시스템의 성능을 좌우하는 핵심적인 부분이다. 태스크의 모델링에서는 시간의 정보, 자원의 사용정보 그리고 태스크의 동기관계가 명세화 되어야 한다. 시스템의 성능을 고려한 태스크모델의 명세화항목은 아래와 같다.

- ㄱ. 기동 이벤트
- ㄴ. 상주/비상주
- ㄷ. 우선순위
- ㄹ. CPU수행시간
- ㅁ. 요구자원과 액세스량
- ㅂ. 동기관계(SNDMSG, RCVMSG)

3. 성능지표

본 논문에서는 분산시스템의 성능지표로 아래의 3가지를 고려한다.

- ㄱ. 태스크의 응답시간
- ㄴ. 스케줄러의 준비큐의 길이
- ㄷ. 각 자원의 이용률

태스크의 응답시간이란 하나의 태스크가 생성된후 태스크가 소멸할때까지 걸린 총시간을 말한다. 태스크의 응답시간은 시스템자원의 성능(CPU, H.D.D transfer rate, Network transfer rate등)과 관련이 있을 뿐아니라 태스크의 자원사용에 의한 블럭킹, 태스크간의 동기관계와도 연관이 있다.

준비큐의 길이(ready queue length)는 스케줄러의 준비큐에 대기중인 태스크의 수를 말한다. 이 성능지표는 평균적인 CPU의 부하량뿐만 아니라 전체수행시간동안의 CPU부하량의 변화를 관찰할 수 있도록 돕는다.

준비큐의 길이가 CPU의 부하량을 측정하는 성능지표라면 각 자원의 이용률은 네트워크와 입출력장치에 대한 이용률을 의미한다.

4. 시뮬레이션

앞장에서 제안한 분산 시스템의 모델과 성능분석 지표를 포함체철 냉연공장의 연속냉연공정(CAL)에 적용하였다.

4.1 CAL시뮬레이션모델

본 시스템은 프로세스 컴퓨터, 로칼 제어기(PLC), 판온 제어기로 구성되어 있다. 프로세스 컴퓨터와 로칼 제어기사는 전용네트워크로 연결되어 있으며 판온제어기와는 point-to-point 모뎀으로 연결되어 있다. 아래의 그림 4은 CAL분산시스템의 전체 모델이다.

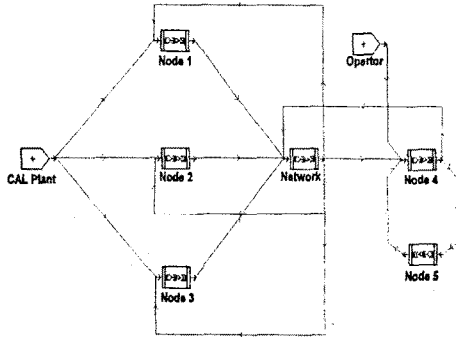


그림 4. CAL분산시스템 모델

위의 그림에서 CAL Plant 모델과 Operator는 환경모델이며 Network는 자원모델이다. 노드1, 2, 3, 4, 5에는 각 노드에서 사용되는 각 자원과 OS모델이 할당되며 태스크들이 TFG로 나타난다. CAL시스템에서 노드1은 중앙제어와 데이터수집을 관리하며 노드2, 노드3, 노드4는 로칼 제어기이며 노드5는 판온제어기이다.

4.3 CAL시스템 태스크 분석

노드1의 기능은 가공 코일을 추적하면서 자동설정 제어, 지시대이터 입력, 데이터수집, 실적송신을 행한다. 노드1의 기능은 아래의 항목으로 구분된다.

- 트랙킹(TRK)
- 자동설정(SET)
- 실적데이터 수집(DTG)
- 실적송신(SND)
- 지시대이터 입력(PID)

노드2-5들은 플랜트를 주기적으로 스캔하여 제어를 행하고 노드1과 데이터를 주고 받는 역할을 한다. 이러한 모델을 기반으로 하여 노드1의 성능은 아래의 표 1, 2와 그림5의 결과와 같다.

태스크	우선 순위	CPU Run Time(ms)	Loading Time(ms)	응답시간(ms)		
				Min	Max	Mean
PID	5	1	10	1.06	59.6	11.3
TRK	9	1	20	1.74	5.48	3.04
DTG	6	4.0	30	4.24	74.9	19.7
SET	6	3.0	0	3.03	19.01	5.14
SND	6	5.0	0	5.02	14.88	6.90

표 1. 태스크 파라미터와 응답시간

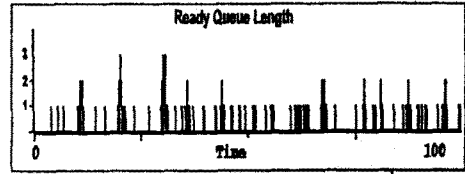


그림 5. CPU준비큐길이

자원	이용률(Utilization)
CPU	0.29
DISK	0.30
Network	0.26
Modem	0.05

표 2. 자원의 이용률

5. 결론

본 논문은 분산시스템의 성능을 측정하기 위하여 시뮬레이션모델을 제안하였다. 시뮬레이션을 위한 모델은 OS 모델, 자원모델, 태스크모델, 환경모델로 구성된다. 태스크들 사이의 연관관계는 태스크순차도(TFG)로 묘사가 되며 태스크모델은 분산시스템의 성능인 태스크응답시간, 자원의 이용률을 고려하여 고안하였다.

이러한 모델을 철강공정의 분산시스템에 적용하여 성능을 측정하였다. 측정된 성능은 실제로 관측한 성능과 비교하여 유사함을 검증하였다. 본 논문에서 제안한 모델은 새로운 분산시스템의 개발과 변경시에 실제 구현없이도 시뮬레이션을 통하여 시스템의 성능을 예측할 수 있어 유용하다.

참고문헌

- [1] Lui Cha, Ragunathan, Rajkumar, John P.Lehoczky, "Priority Inheritance Protocols : An Approach to real-Time synchronization", IEEE Trans on Computers, vol. 39, No. 9, September, 1990
- [2] Wesley W.Chu, Kin K-Leung, "Module Replication and Assignment for Real-Time Distributed Processing System", Proc. of The IEEE vol. 75, No. 5, May, 1987
- [3] Lui Sha, Shirish, Sathaye, "A systematic Approach to Designing Distributed Real-Time Systems", IEEE computers, vol.26, No.9, September, 1993
- [4] Dart Zen Peng, Kang G. Shin, "Modeling of Concurrent Task Execution in A Distributed System for Real-Time Control", IEEE trans. on Computer, vol c-36, April, 1987
- [5] L. Kleinrock, Queuing Systems, vol 2, John Wiley & Sons, New York, 1975