분산형 망 관리 시스템의 트래픽 패턴 분석 시뮬레이션

김명호, 이상호
충북대학교 전자계산학과 컴퓨터네트워크 연구실

A Simulation for Analysis of Traffic Pattern of Distributed Network Management Systems

Myung-hogh Kim, Sang Ho Lee
Department of Computer Science, Chungbuk National University

요 약

국내외를 불문하고 네트워크 환경의 대중화로 인한 그 수요의 증가로 네트워크 기술 자체에 대한 이해는 물론이며, 네트워크에 연결된 수 많은 장비들에 대한 트래픽 문제의 해결과 효율적인 관리가 필수적이다. 중앙집중형 NMS는 네트워크에 연결된 수 많은 NE들을 구성하고 제어하기 위하여 대부분의 네트워크에서 SNMP를 이용하고 있으나. Manager와 Agent 들의 계속적인 Polling과 정보교환은 오히려 네트웍 트래픽을 증가시키는 역할을 하고 있다. 그리하여 최근에 SNMPv2를 이용한 분산형 망관리 시스템이 도입되고 있다. 따라서 본 논문은 망 관리 시스템의 내부적 부하인 SNMP의 네트워크 트래픽을 중앙집중형과 분산형 망관리 시스템으로 구분하여 시스템 다이내믹스 모델링기법과 시스템 다이내믹스 시뮬레이션 툴인 STELLA를 이용하여 네트워크 트래픽 패턴을 분석하여, 망 관리 시스템 구축시 적절한 요소의 가감을 통해 네트워크 트래픽을 줄이고, 효율적인 망관리 시스템을 구축하는 데 그 목적이 있다.

1. 서 론

현대의 컴퓨팅 환경은 네트워크 환경이라 할 수 있다. 독립적인 컴퓨터는 더 이상 그 이용가치를 극대화 할 수 없으며 네트워크를 기반으로 여러 대의 컴퓨터를 상호 유기적으로 활용할 때 그 이용가치는 극대화 된다.

현재까지 사용되는 대부분의 모델은 관리 기능을 가지고 있는 NMS와 관리대상인 NE들이 망관리 프로토콜(Network Management Protocol)을 이용하여 필요한 정보를 교환하고 처리하는 구조를 가진 중앙집중형(Centralized Network Management)이다[1][2]. 특히 IETF에서는 TCP/IP Internet 관리를 위해 SNMP(Simple Network Management Protocol) 표준을 개발하였다.

분산형 망관리 시스템은 SNMPv2의 InformRequest를 이용하여 Total-manager 하부에 Sub-manager를 두어 각각의 Agent들을 관리하게 함으로써, 중앙집중형 모델의 NMS로의 부하집중과 NMS와 NE간의 빈번한 정보교환으로 인하여 발생되는 네트워크 트래픽을 감소시킬 수 있다[7].

이러한 망 관리 시스템들을 구조적으로 분석하고 이해하기 위해 시스템 다이내믹스 접근방식은 기본적인 관심의 대상을 연구하고자 하는 특정 변수가 시간의 변화에 따라 어떻게 변화해 가는가에 둔다. 또한, 시스템 다이내믹스 개념은 모델 파라미터의 정확한 측정이나 변수의 추정값을 구하기 보다는 관심의 대상이 되는 변수의 시간의 흐름에 따른 역동적인 변화의 경향(안정적, 불안정적 경향, 상하 주기적인 파동을 보이는지 또는 성장과 쇠퇴를 보이는지 그렇지 않다면 평형상태를 유지하는지 등)에 보다 큰 관심을 둔다[4].

결국 망 관리 시스템에서 망 관리 프로토콜에 의해 네트워크 트래픽 변수의 시간 변화에 따른 네트워크 트래픽과 안정성을 분석해 보고자 한다.

본 논문의 2장에서는 중앙집중형과 분산형 망관리 방식의 기본 기능 및 구조를 비교한다. 3 장에서는 시스템 다이내믹스의 패러다임에 관해 살펴본다. 제 4장에서는 중앙집중형과 분산형 망관리 방식을 시스템 다이내믹스 인과지도, 모델링, 그리고 시뮬레이션 분석을 한다. 5장에서는 두 가지 망 관리 기법의 시뮬레이션 결과를 분석하여 망 관리 시스템 도입시 Sub_manager와 Agent간의 연관관계를 살펴보고 향후 망관리 시스템의 구축 기본방향을 제안한다. 마지막으로 결론에서는 향후 연구과제와 문제점을 고찰하였다.

2. SNMP를 이용한 망 관리 시스템

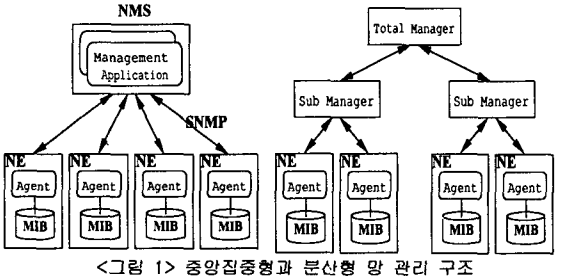
2.1 SNMP와 망 관리 시스템

매니저가 에이전트에 정보를 요청하거나 또는 수정하기 위해 GetRequest, GetNextRequest, SetRequest 중 하나를 수행한다. 이 request를 식별하기 위해 해당 ID를 각 Request PDU의 request-id 필드에 채운다. 원하는 객체에 대한 명시는 variable binding필드에 하게 된다. 이렇게 형성된 SNMP패킷이 UDP Datagram에 실려 일반 UDP통신과 같은 방식의 에이전트 측과 통신이 이루어 진다. 에이전트는 전달된 SNMP 패킷을 앞에서 설명한 Request 처리 순서에 의거해 분석, 해당 응답(GetResponse)을 매니저에게 보낸다. 트랩(Trap)은 한 방향으로써 에이전트가 일방적으로 해당 트랩 상황이 발생할 때 매니저에게 보내는 것이다. SNMP는 UDP상에서 동작하므로 비연결형 서비스에 해당하며, 관리 Station과 Agent간에는 어떠한 지속적인 연결도 설정되어 있지 않다[8].

이외에도 SNMPv2에서는 GetBulkRequest, InformRequest등의 동작이 추가되어 Manager-to-Manager Request-Response로 분산형 망관리 시스템이 가능하다.

2.2 중앙집중형 과 분산형 망 관리 시스템

기존의 중앙집중형 망 관리 방식에 기반한 망관리 시스템의 성능은 시간이 지남에 따라 점차로 감소하게 되는데, 이는 기존의 소규모 네트워크에 적합하게 구성된 경우에는 관리 성능이 어느정도 보장이 되지만, 시간이 흐름에 따라 네트워크의 규모가 물리적, 논리적으로 증가함에 따라 관리 트래픽이 증가 하고, 시스템 부하도 급증하기 때문이다. 따라서 최근들어 기존의 중앙망관리 방식의 단점을 보완하고, SNMPv2를 이용한 상이한 네트워크와의 상호 망관리를 위하여 분산 망 관리 구조를 채택하는 경우가 증가하고 있는 추세이다.



<그림 1> 중앙집중형과 분산형 망 관리 구조

이는 첫째, 라우터등의 네트워크 연결장비 오류시 네트워크 자체의 오류가 발생하여, 네트워크간 통신이 마비되므로 각각 네트워크에 Manager를 두어, 망관리 기능이 지속되도록 해야 한다.

둘째, 두 개이상의 네트워크가 상호간에 WAN으로 연결된 경우 대역폭 부족현상과 지연시간의 급증이 나타나게 된다.

셋째, 중앙 집중 망관리 구조는 하나의 Manager가 수 많은 Agent들을 관리하는 구조이기 때문에, Agent의 갯수가 일정수준 이상이 되는 경우엔 Manager에서 처리할 수 있는 용량을 초과하여 실시간 망관리가 불가능하다.

위의 세가지 이유는 중앙집중형 망 관리 구조가 분산형 망 관리 구조로 전이하는데 충분한 이유가 될것이다[8].

3. 시스템 다이내믹스

3.1 시스템 다이내믹스 개요

시스템 다이내믹스(System Dynamics) 개념은 1956년 미국 MIT 대학의 Jay W. Forrester 교수에 의해 본격적으로 도입된 이후 상당히 광범위한 영역에 걸쳐 시뮬레이션 기법으로 활용되고 있다. 시스템 다이내믹스는 모든 현상들을 원인과 결과의 흐름으로 파악하고 그 흐름의 순환을 규명하여 시뮬레이션을 통해 대상 시스템의 추이와 향후 현상을 사전에 알아보는 개념적 도구이다. 모든 시스템과 연관된 현상은 많은 인과적 요소들이 상호 맞물려 작용하고 있으며, 요소간 상호작용 속에는 영향도(magnitude, amplification), 시간적 지연(time-lag), 피드백(feedback) 등이 존재한다. 여기서 결과로 인식되는 현상은 수준(level or stock)으로, 현상을 낳게 한 원인은 단위 시간당 유입 · 방출량(inflow & outflow rate)으로 해석되며, 이들간의 수학적인 상호관련성은 적분과 미분의 관계로 나타내어 진다[4].

시스템 다이내믹스의 핵심은 결국 시스템 내에서 상호 작용하는 요소들간의 피드백 메카니즘을 수리적으로 해석하고 있다는 점이다

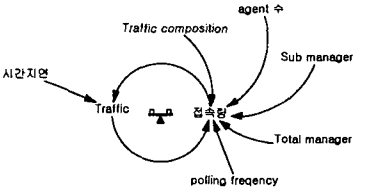
시스템 다이내믹스에서 정의되는 모든 수식은 개념적으로 수준변수(level variable)와 변화율변수(rate variable)로 표현될 수 있다. 이들 간의 관계는 다음과 같이 정의된다.

$$\frac{dL}{dt} = R \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

위의 식에서 L은 하나의 수준 변수를 의미하며, R은 변화율 변수를 의미하고, t는 시간을 의미한다. 시간에 따른 수준 변수의 변화율이 바로 변화율 변수의 값이 된다. 수준변수는 저량 변수(stock variale)라고도 하며, 이는 행위의 결과로 저장되는 변수를 의미한다. 반면, 변화율 변수는 흐름 변수(flow variable)라고도 하며, 이는 수준 변수의 값을 변화시키는 역할을 한다. 이외에 변화율 변수의 계산식을 단순화시키기 위하여 사용되는 보조변수가 있다. 이들 변화율 변수나 보조변수에서는 다양한 함수식을 활용하여 변수와 변수들간의 관계가 정의된다[5][6].

3.2 망 관리 시스템의 트래픽 인과관계도

망 관리 시스템의 트랙픽은 Agent수를 주도로한 접속량을 중심으로 <그림 4>와 같이 피드백 루프를 그리고 있다. 인과지도(causal map)를 컴퓨터상에서 시뮬레이션 할 수 있도록 구체화된 시뮬레이션 모델로 전환시켜야 한다.

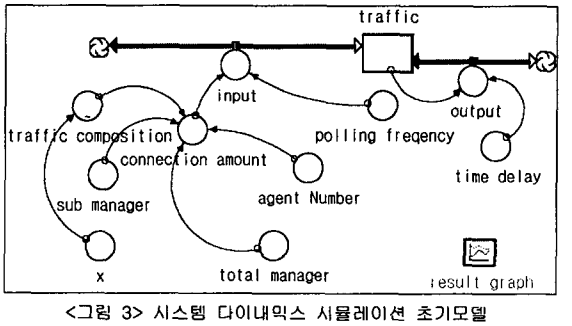


<그림 2> NMS의 트래픽 인과관계도

4 시스템 다이내믹스 모델링

시스템 다이내믹스 모델 수립을 위해 시뮬레이션 프로그램인 STELLA(System Thinking Environment Laboratory for Loop Analysis)를 이용하여 시스템 다이내믹스 모델을 시뮬레이션 시키고 그 결과를 그래프로 제시해 보고자 한다.

제일먼저 인과관계도에 나타나 있는 변수(요소)들을 수준변수(트래픽량), 변화율변수(접속량), 보조변수 및 상수 등으로 분류하고, 문제의 핵심이 되는 트래픽량을 Agent수, Manager, Polling주기 등의 관계를 시스템 다이내믹스 모델로 도식화 하였다. 중앙집중형과 분산형 망 관리 시스템의 모델링의 차이점은 Sub_manager의 존재와 InformRequest 동작여부에 의해 결정될 것이다.



<그림 3> 시스템 다이내믹스 시뮬레이션 초기모델

네트워크 패킷 사용량(Traffic compostion)은 WAN인 MCI의 OC-3로 1일 사용량이 측정된 결과이며, 구성은 WWW(21%), FTP-data(14%), NNTP(8%), Telnet(8%), SMTP(6%), IP(6%), Domain(5%), IRC(2%), Gopher(2%), FTP-control(1%), 기타(27%)로 나타났다[9]. Total_manager에서 Sub_manager에게 데이터를 요구하는 Traffic 발생은 Manager 와 Agent간의 트래픽 발생량의 20% 가중의 트래픽이 발생하고, Determinstic Model이며 Sub_manager에서의 InformRequest 발생은 Poisson Model로 가정하였다. 또한 Sub_manager수는 가변적이며, Aget의 총수는 1,000개로 가정하였다.

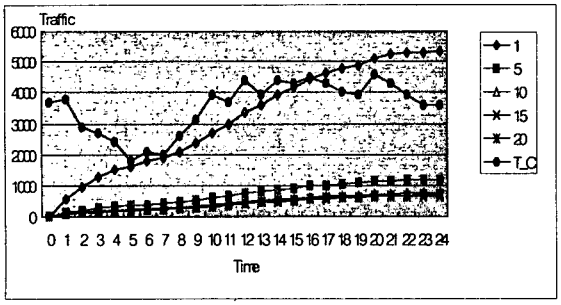
또한 전체 Trffic의 합의 감소는 시간지연에 따라 10%정도의 감소를 갖으며, Sub_manager수가 1개 일때를 중앙집중형 망 관리 모델로 가정한다.

```
traffic(t) = traffic(t - dt) + (input - output) * dt
INIT traffic = 0
INFLOWS:
input = PULSE(connection_amount,0,polling_freqency)
OUTFLOWS:
output = traffic*time_delay
agent_Number = 1000
connection_amount =
((agent_Number/sub_manager)*0.3*total_manager+sub_manager*1.
2)*traffic_composition*0.05
polling_freqency = .5
sub_manager = 1 ... 20
time_delay = .1
total_manager = 1
x = COUNTER(1,24)
traffic_composition = GRAPH(x)
(0.00, 37.0), (1.00, 38.0), (2.00, 29.0), (3.00, 27.0), (4.00, 24.0),
(5.00, 18.0), (6.00, 21.0), (7.00, 20.0), (8.00, 26.0), (9.00, 31.0),
(10.0, 39.0), (11.0, 37.0), (12.0, 44.0), (13.0, 39.0), (14.0, 44.0),
(15.0, 43.0), (16.0, 45.0), (17.0, 43.0), (18.0, 40.0), (19.0, 39.0),
(20.0, 46.0), (21.0, 43.0), (22.0, 39.0), (23.0, 36.0), (24.0, 36.0)
```

<그림 4> 시뮬레이션 초기모델 프로그램 코드

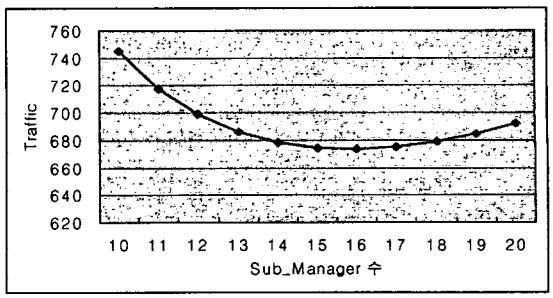
5. 시뮬레이션 결과 분석

트래픽을 수준변수(저량, stock)로 하고, 망 관리 시스템의 주요 요소인 Manager와 Agent들의 수와 지연시간, 폴링주기 등의 수식에 의한 변화율변수를 통한 시스템 다이내믹스 시뮬레이션 결과 망 관리 트래픽은 전체 트래픽의 5%미만 수준이었으며, 중앙집중형보다는 분산형 망 관리 시스템의 트래픽이 부하가 적어, 25%이상의 효율을 보였다. <그림 5>의 그래프에서 보여주는 상향곡선은 망 관리 내부 누적 트래픽을 나타내고 있다. 참고로 범례의 T_C는 Traffic Composition을, 각 숫자는 Sub_manager의 갯수를 나타내고 있다.



<그림 5> 중앙집중형 및 분산형 망 관리 시스템에서 Sub_manager수의 변화에 따른 트래픽 패턴

<그림 5>는 Sub_manager수 변화에 따른 망 관리 시스템의 트래픽 량을 나타내고 있다. Sub_manager수에 따라 망 관리 시스템의 트래픽은 현저히 줄어 들고 있지만, 특정 시점(Sub-manager 수 15~20개사이)에서는 오히려 Sub_manager 수에 의해 트래픽이 증가하는 현상을 보이고 있다. <그림 6>에서 Sub_manager수의 변화에 의한 트래픽 증가률을 비교하여 보면, Sub_manager 수가 16개인 시점을 기점으로 트래픽 증가량이 다시 증가되는 변환점이 되고 있다. 결국 Manager와의 통신이 manager-agent와의 통신보다 부하가 20% 높고, Agent수가 1,000라면, Sub_manager수가 16개인 시점에서 망 관리 시스템이 효율이 최적이 되고 있다는 결과를 보여준다.



<그림 6> Sub_manager수에 의한 트래픽 분석

6. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 중앙집중형 망 관리 시스템과 분산형 망 관리 시스템에서 관리 시스템의 트래픽 패턴과 특성을 분석하고, 분산형 망 관리 시스템에서 Sub_manager 수에 의한 트래픽 증가량을 분석하였다. 본 시스템 다이내믹스를 통하여 망관리 시스템의 트래픽 패턴의 분석 결과 sub-manager를 사용하여 agent를 관리 하는 분산형 망 관리 시스템이 중앙집중형보다 다소 트래픽 증가량이 적었으며, Sub_manager수의 증가는 트래픽 감소라는 선형적 상관관계가 아니라, Agent를 관리하는 Sub_manager는 일정시점에서 오히려 트래픽을 증가시키는 결과를 보이고 있다. 결국 본 논문은 망 관리 시스템에서 Sub_manager가 관리 할 수 있는 Agent의 갯수가 제한적이다 라는 결과를 만족한다. 이는 망 관리 시스템 구축시 또 다른 정책자료 쓰일수 있을 것이다. 이상에서 언급한 연구의 기여에도 불구하고, 시스템 시뮬레이션 모델이 추상적이고 거시적이며, 또한 모델에 포함된 요소들이 제한되어 있어서 시스템의 전체 특성을 대표하기는 어렵다. 그러나 네트워크 트래픽 패턴분석의 새로운 시도자체로 만족할 만하다.

향후 연구로는 시스템의 면밀한 분석을 위하여 좀더 다양한 변수(요소)들을 찾아내고, 실제 망 관리 시스템에 도입하여 풍부한 인용자료를 기반으로 연구되어야 할 것이다.

참고문헌

[1] J. Herman, "Distrivuted Network Management", *Data Communications*, June 1992, pp. 74-84

[2] Roch H. Glitho and Stephen Hayes, "Telecommunication Management Network : Vision vs. Reality", *IEEE Communication Magazine*, March 1995

[3] William Stallings, "SNMP, SNMPv2 and RMON : Practical Network management",2nd ed, Addison-Wesley, 1996.

[4] Meadows, Donella H. "The Unaboidable A Priori." In Jorgen Randers.(ed), *Element of the System Dynamics Method.* Massachusetts, The MIT press,1980.

[5] Jay W. Forrester,"System Dynamics and the Lessons of 35 Years",MIT,1991.

[6] 김도훈, 문태훈, 김동환, 「시스템 다이내믹스」, 대영문화사, 1999.

[7] RFC 1901,"Introduction to Community-based SNMPv2", Network Working Group.

[8] 박준우,"SNMPv2를 이용한 ATM통합 망관리 시스템의 성능분석",경희대학교 공학석사 학위논문,1997.

[9] K. Thomson, G. J. Miller, and R. Wilder, "Wide-Area Internet Traffic Patterns and Characteristics", *IEEE Network*, November/December 1997.