

이동 에이전트를 이용한 효율적인 네트워크 관리

이재형^o 오길호 김영학
금오공과 대학교 컴퓨터 공학부
(leejh, gilho, yhkim)@kumoh.ac.kr

An Efficient Network Management using Mobile Agent

Jae-Hyoung Lee^o Young-Hak Kim Gil-Ho Oh
School of Computer Engineering, Kumoh National University of Technology

요 약

최근 이동 에이전트를 이용한 네트워크 관리는 기존의 RPC 방식인 SNMP의 중앙 집중형 관리 모델에 비해 효과적이 연구되고 있다. 그러나 이동 에이전트의 크기는 관리해야 될 노드를 순회하는 동안 점점 커지게 된다. 또한, 질문의 수가 많아질 경우 이동 에이전트의 크기는 노드를 순회하는 동안 질문의 수에 비례하여 커지게 된다. 이는 네트워크 오버헤드를 증가시키게 되므로 전체 통신비용이 증가하게 된다. 따라서 본 논문에서는 전체 노드를 순회하는 데에 있어 질문의 수와 관리 노드의 수에 크게 영향을 받지 않는 최적의 관리영역으로 나누어 각각 이동 에이전트에게 작업을 분담시켜 관리함으로써, 전체 통신비용을 줄일 수 있는 분할 관리 정책을 제시한다.

1. 서론

네트워크의 대형화, 복잡화, 네트워크를 이용한 업무 증가 등으로 네트워크 관리에 대한 중요성이 부각됨으로 이에 따른 통신망 관리의 상호 운용성 제강을 목적으로 IETF는 SNMP(Simple Network Management Protocol), ISO/OSI는 CMIP(Common Management Information Protocol) 표준을 개발하였다. 이중 SNMP [1]는 TCP/IP에 기반한 RPC(Remote Procedure Call) 방식의 네트워크 관리 프로토콜로서, 구조가 단순하며 구현도 용이하다는 장점으로 현재 가장 널리 사용되고 있는 프로토콜로 자리 잡았다. 그러나 중앙 집중형 관리의 문제점으로 인해 이동 에이전트를 이용한 네트워크 관리에 대한 연구가 계속되고 있으며 이는 중앙 집중형 방식보다 효율적임이 증명되고 있다. 그렇지만 중앙 집중형 방식과 이동 에이전트와의 비교에서는 이동 에이전트의 이동성이라는 특성으로 인한 원격 통신비용을 줄일 수 있다는 장점은 부각되었지만, 노드 순회시 획득한 데이터들이 누적되기 때문에 오히려 네트워크 통신비용이 증가할 수 있다는 문제점들은 크게 고려하지 않았다[2]. 따라서 본 논문에서는 중앙 집중형 방식과의 비교에서 노드 순회시 이동 에이전트의 누적되는 데이터가 전체 통신비용에 미치는 영향을 고려하여, 방문해야 할 전체 노드 중에서 통신비용을 최소화 할 수 있는 최적의 분할 영역을 결정하고, 전체 노드를 결정된 분할 영역으로 나누어 관리함으로써 통신비용의 최적화를 위한 분할 관리 정책을 제시한다.

2. 중앙 집중형 모델과 이동 에이전트 모델 비교

2.1 중앙 집중형 네트워크 관리 모델

중앙 집중형 관리 모델인 SNMP는 관리자와 에이전트 사이의 통신을 통한 네트워크 관리를 수행하게 되는 구조로서, 관리자는 에이전트에게 관리에 필요한 특정 관리객체의 값을 읽어오는 Get(get-next)과 객체의 값을 변경하는 Set을 수행하며 에이전트는 관리자에게 특정 상황 발생시 Trap을 수행한다. SNMP를 이용한 네트워크 관리는 구현이 용이하고 관리가 간편하다는 장점이 있는 반면, 하나의 중앙 관리자가 관리 대상이 되는 모든 SNMP

에이전트와 관리 정보를 주고받기 때문에, 관리자에게 상대적인 부하의 증가가 발생하게 된다. 따라서 일정 수준 이상의 관리 대상이 늘어나게 될 경우 관리자의 성능뿐 아니라 네트워크 통신량의 급격한 증가를 보인다. 네트워크의 실제적인 관리는 폴링(Polling)을 통한 관리 요청이 관리 대상으로부터 중앙의 관리자에게 전달된 후에 이루어지게 되므로 문제 발생시 즉시 대처할 수 있는 실시간 관리가 어렵게 된다. 또한 관리 서비스 기능이 사전에 정의됨으로 새로운 관리 서비스의 추가가 어렵다. 따라서 새로운 네트워크 관리 요소의 도입이 필요할 경우 네트워크 관리 시스템은 관리 요소의 도입을 수용할 수 있을지 고려해야 한다.

2.2 이동 에이전트를 이용한 네트워크 관리 모델

중앙 집중형 관리의 문제점에 대한 방안으로 이동 에이전트를 네트워크 관리에 적용한 연구가 계속되고 있다. 이동 에이전트 기술은 기존의 프로세스간 통신(Remote Procedure Call)을 사용한 네트워크 프로그래밍 개념의 확장으로 호스트간의 원격 상호 작용 수를 줄여 네트워크 부하를 감소시킬 수 있다. 이는 실행 가능한 코드가 자신의 상태와 정보를 포함하여 네트워크를 통해 관리 대상에 이동함으로써 관리작업을 지역적으로 수행하게 되는데 이는 네트워크 부하분산과 병렬작업을 위한 컴퓨팅의 속도를 개선할 수 있는 장점을 가지고 있다[3].

2.3 각 네트워크 관리 모델의 비교

다음은 중앙 집중형 관리와 이동 에이전트 기반의 네트워크 관리의 구체적인 비교를 수식을 통해 적용한 것이다. 먼저 네트워크 통신량의 수치화를 위한 가정으로 관리 대상의 수 N , 관리 대상에 보내질 질문 수 Q , 관리 대상에 보내질 데이터의 크기 d 로 놓을 때, 네트워크 패킷으로 바뀐 전체 데이터의 크기를 D 라 하면, $D = \alpha(d) + \beta(d)d$ 이다. 여기서 $\alpha(d)$ 는 통신 컨트롤을 위한 정보의 크기이고, $\beta(d)d$ 는 데이터 d 가 네트워크 패킷으로 바뀐 크기이다. 이 경우,

$$D = \left\{ \frac{\alpha(d)}{d} + \beta(d) \right\} d \text{ 로 나타내며, } \left\{ \frac{\alpha(d)}{d} + \beta(d) \right\} d \text{ 는}$$

통신 오버헤드 함수를 나타내는데, 이를 $\eta(d)$ 로 놓으면, 전체 통신 데이터의 크기인 $D = \eta(d)d$ 로 나타낼 수 있다. (단, $\eta(d) > 1$) 위 식을 통해 분석한 각 관리 모델의 통신량 계산은 다음과 같다[4].

$$T_{RPC} = \sum_{n=1}^N \sum_{q=1}^Q (\eta(I_q)I_q + \eta(R_{q,n})R_{q,n}) \quad (\text{단, } I_q, R_{q,n} \text{ 는 각각 SNMP질문과 이에 따른 결과의 크기}) \quad (1)$$

$$D_{MA,n} = \sum_{m=1}^{n-1} \sum_{q=1}^Q R_{q,m} \quad (\text{if } n=1, D_{MA,n}=0, m \text{ 은 관리대상 수}) \quad (2)$$

$$T_{MA} = \sum_{n=1}^{N+1} (\eta(C_{MA} + D_{MA,n})(C_{MA} + D_{MA,n})) \quad (\text{단, } C_{MA}, D_{MA,n} \text{ 는 각각 코드와 관리 결과 데이터의 크기}) \quad (3)$$

식 (1)과 (2), (3)은 각각 중앙 집중형과 이동 에이전트 방식의 관리에 대한 전체 통신비용이다. 이를 토대로 할 때 중앙 집중형 방식의 관리는 관리 대상의 수 N과 관리 명령인 Q에 따라 전체 통신 비용이 증가하게 되며, 이동 에이전트를 이용한 관리에서는 마찬가지로 이동 해야될 관리 대상의 수 N과 이동 코드와 데이터의 크기가 중요한 요소로 자리 잡고 있다.

3. 분할 관리 정책을 통한 네트워크 관리

3.1 이동 에이전트 관리 모델의 문제점 분석

이동 에이전트를 이용한 네트워크 관리에서의 문제점은 관리 대상의 수 N과 관리 명령 Q가 증가할수록 이동할 데이터의 크기인 Q는 계속 증가한다는 것이다. 이에 대한 단점을 보완하기 위해 각각의 노드를 방문할 때 검색한 SNMP 변수들과 그 값은 누적 시키지 않고 관리자에게 전송하여 주는 locker pattern을 적용시켜 좀더 효율적인 관리를 해주는 모델도 제시되고 있다[5]. 다른 방안을 위해 2.2절의 식 (2)를 분석해 보면, 관리 대상 N에 대한 Q의 증가율에 가장 영향을 주는 파라미터는 SNMP의 질문 수 Q임을 알 수 있다.

3.2 분할 관리 정책

이동 에이전트를 이용한 네트워크 관리에서의 보다 효율적인 성능을 위해 다음을 제시한다. 먼저, 통신량의 수치화를 위한 가정은 2장과 같으며, 모든 노드간의 네트워크 대역폭이 동일한 균등 네트워크 환경으로, 전체 관리 대상 N에 대한 통신량에 대해 N을 K개의 관리 대상으로 분할한다고 가정했을 때, N/K개의 영역으로 나누어진다고(단, $N \% K = 0$). 나누어진 영역의 수를 $C = N/K$ 로 놓으면,

$$t_{MA,C_i} = \sum_{n=1}^{K+1} \eta(C_{MA} + D_{MA,n})(C_{MA} + D_{MA,n}), \quad 1 \leq i \leq N/K \quad (4)$$

$$T_{DIV} = t_{MA,C_1} + t_{MA,C_2} + \dots + t_{MA,C_{N/K}} + t_{MA,C} \quad (5)$$

일 때, 효율적인 통신을 위한 분할 조건은

$$T_{MA} \geq T_{DIV} \quad (6)$$

이 된다. 여기서 식 (4)의 t_{MA,C_i} 는 분할 영역에서의 통신량이며 (5)는 각 분할 영역 통신량의 합계인 전체 통신량이 된다. 따라서, 식(6)이 만족되는 관리영역으로 나누어 관리하면, 보다 효율적인

관리가 된다. 이에 따른 이동 에이전트의 과정은 관리되는 영역의 수인 C로 나누어지며 각각은 관리 대상의 수인 K번의 순회 관리를 마치고, 복귀하게 된다.

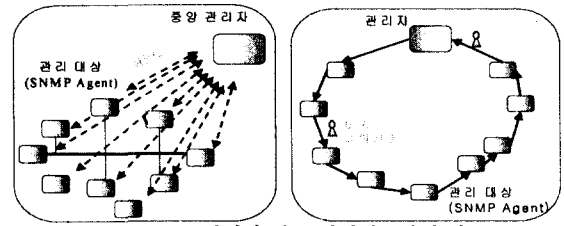


그림 1. RPC방식과 이동 에이전트방식 비교

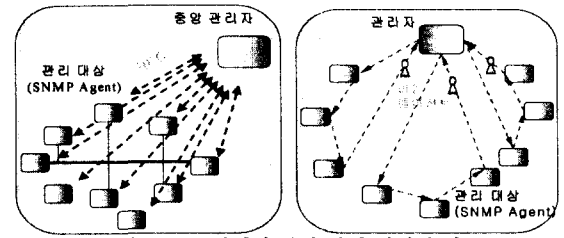


그림 2. RPC방식과 분할 관리 정책의 비교

그림 1은 RPC방식과 이동 에이전트를 이용한 전체 노드의 관리에 대한 비교이고, 그림 2는 RPC방식과 이동 에이전트를 이용한 분할 관리 정책에 대한 비교이다.

3.3 통신 오버헤드

중앙 집중형 방식의 SNMP는 데이터 전송시 UDP방식을 사용한다. 따라서, $\eta(D) = \left\{ \frac{\alpha(d)}{d} + \beta(d) \right\}$ 에서의

$\alpha(d) = 60$ (IP+UDP+SNMP header), $\beta(d) = 1$ 로 놓을 수 있다. 오버헤드 파라미터는 각 관리 노드 N, SNMP 질문 수 Q에 따른 6개의 MIB 값을 회수하도록 설정된 SNMP 변수의 크기는 72 bytes이다. 이 때, 오버헤드 함수 $\eta(I_q) = 1.83$ 이 된다. 마찬가지로 $\eta(R_{q,n}) = 1.83$ 이다. 이동 에이전트의 데이터 전송에는 TCP/IP가 사용되고 오버헤드 함수 $\eta(C_{MA} + D_{MA,n})$ 에서의 $\alpha(d)$ 는 TCP 연결 설정과 해제에 관한 통신량으로 200 bytes가 생성되며, $\beta(d)$ 는 TCP의 연결 메시지의 요구(request)와 승인(acknowledgment)에 추가되는 오버헤드로 다음과 같다 [4].

$$\beta(d) = \frac{2H_{TCP/IP}}{d} \left[\frac{d}{P_{TCP}} \right] + 1 \quad (7)$$

이때, P_{TCP} 는 최대 TCP payload의 크기(1460 bytes)이며, $H_{TCP/IP}$ 는 TCP/IP 헤더의 크기이다. 또한, 생성되는 관리 에이전트의 클래스 크기 ($C_{MA} + D_{MA,n}$)는 4420 bytes이다. 따라서, 오버헤드 함수 $\eta(C_{MA} + D_{MA,n}) = 1.09$ 가 된다. 그러나, 이동 에이전트에서는 관리 대상을 순회하면서, 질문 수 Q에 따른 데이터 $D_{MA,n}$ 가 증가하게 되므로 오버헤드 함수의 크기도 그에 따라 변하게 된다.

3.4 통신 비용계산

다음은 네트워크 통신비용을 알아보기 위해 전체 네트워크 통신량과 네트워크 소요시간과의 관계를 각 모델별로 수식을 통해 표현한 것이다. (단, 네트워크 지연시간(delay)은 δ , 네트워크 대역폭(bandwidth)은 B 이다.)

$$C_{RPC} = 2 \sum_{n=1}^N \sum_{q=1}^Q \delta + \frac{T_{RPC}}{B} \quad (8)$$

$$C_{MA} = (N+1)\delta + \frac{T_{MA}}{B} \quad (9)$$

$$C_{MA,C_i} = (K+1)\delta + \frac{t_{MA,C_i}}{B}, C_{DIV} = \max_{1 \leq i \leq \frac{N}{K}} \{C_{MA,C_i}\} \quad (10)$$

식 (8)은 RPC에 대한 전체 네트워크 소요시간에 대한 수식이다. 이는 N개의 관리 노드에 대한 Q번의 request와 response가 발생

하므로 $2 \sum_{n=1}^N \sum_{q=1}^Q \delta$ 의 네트워크 지연시간이 추가로 소요되며, (9)

는 이동 에이전트에 대한 소요시간으로 이동에 소요되는 $(N+1)\delta$ 의 지연분이 필요하다. (10)도 각 분할 영역에 대한 지연분 $(K+1)\delta$ 가 발생하며, 분할 영역에서의 총 소요시간 C_{DIV} 는 각 영역 중 최대소요시간을 필요로 하는 관리 에이전트의 소요시간 $\max_{1 \leq i \leq \frac{N}{K}} \{C_{MA,C_i}\}$ 가 된다.

4. 실험 결과 및 고찰

실험을 위한 이동 에이전트 플랫폼으로는 자바를 기반으로 한 IKV++의 Grasshopper가 이용되었으며, 각각의 SNMP노드는 펜티엄 PC 10대를 이용하여 각 노드의 반복 순회를 통해서 노드 수를 증가시켜나갔다. 다음은 식 (8)과 (9), (10)에 대한 전체 소요시간을 실험을 통해서 입증하고, 성능 평가를 보인 그래프이다.

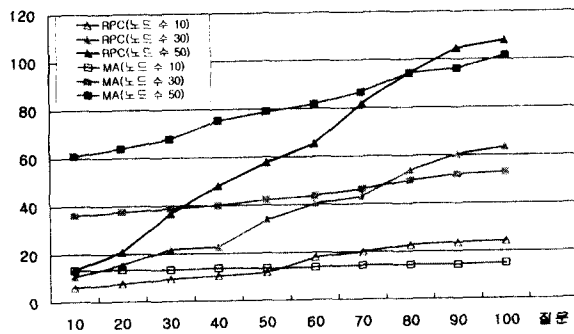
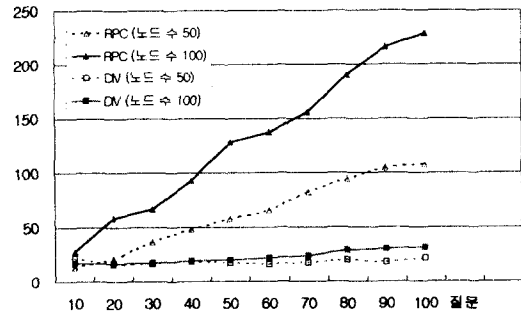


그림 3. SNMP와 이동 에이전트 관리의 통신비용 비교

그림 3은 SNMP와 이동 에이전트 관리방식에서 각각 질문 수 Q와 관리 대상 수 N을 증가 시키면서 실험한 결과로서 SNMP 방식에 비해 이동 에이전트 방식이 성능의 커다란 향상이 없음을 볼 수 있다. 주목할 만한 부분은 이동 에이전트의 경우 관리 대상수가 10일 경우 가장 완전한 기울기를 보이고 있으며, 질문 수가 커짐에도 큰 영향이 없음을 볼 수 있다.



따라서 그림 4에서는 총 관리 대상 수를 각각 50, 100으로 놓고, 분할 영역 관리 대상 수 $K=10$ 으로 놓으면, 각 분할 영역 $C=5, 10$ 으로 나누어진다. 이에 관리 에이전트를 각 분할 영역 C 의 수 만큼 생성하여 파견하였다. 따라서 분할 영역에서의 관리는 적절한 분할 영역을 결정하여 나눌 경우에 Q와 N의 크기에 거의 영향을 받지 않는 효과적인 관리가 된다.

5. 결론 및 향후 연구 과제

본 논문에서는 네트워크 관리 시스템에서의 중앙 집중형 방식의 문제점을 해결하기 위해 이동 에이전트를 이용한 관리 방식에서의 보다 효율적인 성능향상을 위한 방안을 제시하였다. 이동 에이전트를 이용한 네트워크 관리에 있어서의 네트워크 통신량은 이동하는 에이전트의 크기에 따라 변하는 데 본 논문에서는 이에 영향을 주는 파라미터인 관리에 필요한 질문 수와 관리 대상의 수에 따른 네트워크의 전체 통신비용의 증가를 알아보고 이를 줄이기 위한 분할 관리 정책을 제시하고 성능평가 및 비교 분석을 통해 제시한 정책의 효율성을 보였다.

이동 에이전트를 이용한 분할 관리에 있어서 이동하는 에이전트의 크기와 이동할 노드의 수에 따른 최적의 관리 에이전트의 분할 수를 결정하는 것은 향후 연구 과제로 남아 있으며, 이는 네트워크 관리 뿐 아니라 이동 에이전트 분야에 있어서도 중요한 관심 사항이 될 것이다.

참고 문헌

- [1] W.Stallings, SNMP, SNMPv2 and RMON, Addison Wesley, 1996
- [2] Gavalas D., Greenwood D., Ghanbari M., O'Mahony M., "An Infrastructure for Distributed and Dynamic Network Management based on Mobile Agent Technology", IEEE International Conference on Communications (ICC'99), 1999.
- [3] D. Chess, C. Harrison, A. Kershenbaum, "Mobile Agents: Are They a Good Idea?", 1995
- [4] G. Picco and M. Baldi, "Evaluating the Tradeoffs of Mobile Code Design Paradigms in Network Management Applications." In Proceedings of the 20th International Conference on Software Engineering(ICSE'98).Kyoto (Japan), April, 1998
- [5] 권혁찬, 김홍환, 유관중, "네트워크 관리를 위한 이동 에이전트의 성능평가", 한국정보처리학회 논문지 제8-C권 제1호, pp 68-74, 2001.2