

主題

액티브 네트워크 관리 방안

이화여자대학교 컴퓨터학과 김 여 진, 채 기 준
한국성서대학교 정보과학부 임 지 영

차 례

1. 서론
2. 네트워크 관리 시스템(NMS: Network Management System)
3. 액티브 네트워크 관리 시스템(ANMS: Active Network Management System)
4. 결론

요 약

액티브 네트워크는 실행가능한 프로그램 코드를 패킷에 실어 전송함으로써 중간 노드의 역할을 하는 라우터나 스위치가 네트워크 상에서 능동적인 작업을 수행할 수 있도록 하는 소프트웨어 기반 차세대 네트워크 구조이다. 이러한 액티브 네트워크에 대한 연구는 기존의 컴퓨터 네트워크가 인터넷의 비약적인 발전으로 인한 많은 기능적인 요구사항을 충족시키지 못함으로 인해 시작되었으며 특히 액티브 네트워크의 기술을 도입하여 기존의 네트워크 관리 시스템을 보다 효율적으로 처리하기 위해서 제안된 모델인 액티브 네트워크 관리 시스템은 네트워크를 효율적이고 능동적으로 관리하는데 있어서 새로운 가능성을 제시하고 있다. 현재의 네트워크 관리 시스템이 중앙집중적인 방식을 사용함으로써 발생하는 확장성 제한과 네트워크의 경직성 등의 문제를 해결하기 위해 액티브 네트워크 관리 시스템은 네

트워크 관리를 분산적으로 처리하여 효율적이고 유연한 처리가 가능하다.

1. 서론

현재의 네트워크는 네트워크를 통과하는 패킷에 대해서 어떠한 처리도 하지 않으며, 사용자는 패킷의 포워딩 또는 라우팅 등에 직접적으로 영향을 주지 않는다. 즉, 현재의 네트워크는 라우터나 스위치 같은 중간 노드가 단순히 자기 노드로 들어오는 패킷을 저장했다가 다음 노드로 내보내는 중간 연결고리로서의 기능밖에 수행하지 않는다. 이러한 특징 때문에 현 네트워크는 네트워크 상에서 새로운 서비스를 제공하는데 어려움이 있으며, 필연적으로 네트워크 구조상에서 신기술 및 이에 관련된 표준을 통합하는데 많은 시간이 소요된다.

이러한 현재의 네트워크의 단점을 수정하기

위해 고안된 것이 액티브 네트워크이다. 액티브 네트워크는 기존의 네트워크에서 라우터나 스위치 같은 중간 노드들이 단순히 패킷 헤더만을 처리하던 것에서 더 나아가 패킷에 프로그램 코드와 데이터를 함께 넣어 전송하고 스위치나 라우터에서는 이 패킷에 들어 있는 프로그램 코드를 처리하는 방식을 사용한다. 즉, 액티브 네트워크는 네트워크 내에서 패킷내에 포함된 프로그램이 실행되는 것을 허용한다. 네트워크 상에서의 중간 노드가 단순히 패킷의 헤더를 읽어 포워딩만을 제공해주던 기존의 네트워크에서의 패킷 처리를 뛰어넘어 액티브 네트워크에서는 에러 상황이 발생했을 때 이를 처리하는 모듈이나 흐름 제어와 관련한 모듈은 물론 사용자가 원하는 프로그램까지도 네트워크를 통해 중간 노드로 전송되는 동안 실행시킬 수 있다. 이러한 액티브 네트워크의 장점은 네트워크 망 자체에 유연성을 부여해준다. 이렇게 액티브 네트워크는 네트워크 보안이나 관리와 관련된 프로그램을 네트워크 중간 노드에서 실행시킴으로써 네트워크 상에서의 보안 뿐 아니라 관리 측면에 있어서도 유연하고 안전한 관리를 제공해줄 수 있다[1].

그렇다면 이런 액티브 네트워크 기법을 이용해서 어떻게 네트워크 관리를 효율적으로 수행할 수 있는가? 그 방안에 대해서 다루기 전에 우선 기존의 네트워크에서는 어떠한 네트워크 관리방법을 사용해왔는지에 대해서 간단히 소개한 뒤 앞으로 액티브 네트워크를 어떻게 효율적이고 안전하게 관리할 수 있을 것인가에 대해 다루고자 한다.

2. 네트워크 관리 시스템 (NMS: Network Management System)

현대 사회의 네트워크는 더욱 복잡해지고 다

양해진 서비스를 충족하기 위하여 진보하고 있으며 네트워크를 통해 전달되는 데이터양도 폭발적으로 증가하고 있다. 네트워크 관리 시스템(NMS)은 네트워크를 구성하는 구성요소로부터 상태 데이터, 장애 데이터, 구성 데이터, 통계 데이터 등을 실시간으로 수집하고 분석할 수 있고, 구성요소의 이상 여부를 신속히 운용자에게 통보하여 조치할 수 있도록 도와주며, 수집된 자료들을 토대로 현재의 망 분석이나 향후의 망 계획수립에 필요한 정보를 제공하는 일련의 시스템을 말한다.

NMS는 관리 대상인 시스템을 중앙에서 관찰하고 제어하며 네트워크 전체를 예측하고 그 결과를 분석하여 효과적인 서비스가 가능하도록 해야 한다. 또한 네트워크 내에서 서비스를 제공하고 시스템의 장애를 복구하는데 있어 효율적인 대처가 가능해야만 하며 네트워크 상에 있는 수많은 시스템들을 관리할 수 있어야 한다. 그림 1은 이러한 NMS의 개략적인 구조를 나타낸다. 그림 1처럼 네트워크 관리자는 NMS 제품을 사용하여 현재 운영되는 워크스테이션으로부터 네트워크를 제어하고 모니터링 할 수 있다.

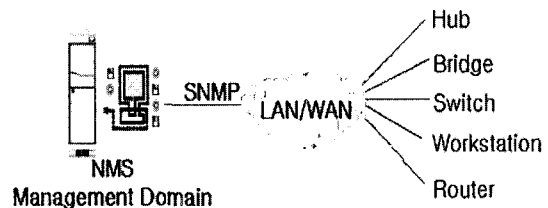


그림 1. NMS의 구조

3. 액티브 네트워크 관리 시스템 (ANMS: Active Network Management System)

액티브 네트워크 관리 시스템(ANMS)은 액티브 네트워크의 기술을 도입하여 기존의 네트워크

크 관리 시스템을 보다 효율적으로 처리하기 위해서 제안된 모델로 여러 프로젝트 그룹들이 이러한 액티브 네트워크 관리 구조에 대해 연구하고 있다.

현재의 네트워크 관리 기법들은 중앙집중적인 방식을 사용하고 있으므로 라우터나 스위치 같은 중간 노드에서 오류에 대비할 수가 없으며 확장성과 네트워크 제어 측면에서 취약성을 보이게 된다. 이러한 기존의 네트워크 관리 시스템의 문제점을 보완하기 위해서 액티브 네트워크 관리 시스템은 중앙에까지 이러한 정보를 전달해서 중앙의 처리를 기다릴 필요 없이, 장애가 발생한 노드가 바로 여러 처리를 해주는 작업이 가능하다. 이러한 네트워크 관리 방법을 이용하면, 네트워크에서 심각한 문제를 일으킬 수 있는 트래픽이 네트워크 전체로 퍼져나가기 전에 네트워크를 구성하는 노드 자체에서 이런 상황을 모니터링하여 처리해 주는 일도 가능하게 된다. 이 장에서는 기존의 액티브 네트워크 관리와 관련한 프로젝트들에 대해서 알아본 뒤 액티브 네트워크 관리에 관한 연구들이 현재 어떻게 진행되고 있으며 어떤 방향으로 나아가고 있는지에 대해 알아보고자 한다.

3.1 기존의 프로젝트

기존의 액티브 네트워크 관련 연구들은 액티브 네트워크의 구조를 정의하고 자신들이 정의한 구조 내에서 효율적인 액티브 네트워크 관리를 구현하기 위한 시스템 개념 정의 및 구축에 초점을 맞추고 있다. 액티브 네트워크 관리를 위한 시스템을 정의했던 기존의 대표적인 프로젝트들에 대해 간략하게 설명한다.

가. Smart Packets

Smart Packets는 DARPA의 후원을 받은 액티브 네트워크 프로젝트 중 하나로 액티브 네트

워크 기술을 네트워크 관리와 모니터링에 적용하기 위한 방안을 중심으로 미국의 BBN 연구소에서 수행하고 있는 프로젝트이다[2]. Smart Packets의 프로그램은 네트워크 관리를 효율적으로 지원하기 위한 안정적인 언어로 구현되었다. Smart Packets는 크고 복잡한 네트워크를 관리하는 데 있어서 관리 결정을 내릴 지점을 관리가 필요한 노드 쪽으로 이동하는 등의 방안을 통해 효율적인 네트워크 관리를 지원한다. 한편, Smart Packets 프로젝트는 개발중인 액티브 네트워크 기술 중에서 네트워크 관리 분야에 대해 설명하기 위해 제안된 프로젝트로서 액티브 네트워크 환경에서 가장 유용하면서도 적응이 빠른 프로그래밍 환경을 구축하기 위해서 시작되었다. 그와 동시에 이러한 유용하고 신축적인 환경 하에서도 지나친 부하가 걸리지 않도록 하는 문제와 보안성을 유지해야 하는 문제를 해결해야만 했다.

따라서 Smart Packets 프로젝트는 이러한 요구사항을 만족하기 위해 Smart Packets 구조를 설계함에 있어서 두 가지 중요한 요소를 고려했다. 라우터같은 네트워크 노드들의 상태를 유지하는 것은 비용이 많이 들고 관리상의 문제를 야기하는 경우가 많으므로 라우터의 상태가 변하는 것을 막지 않았으며, 실행가능한 프로그램 코드를 실은 패킷은 보안상으로 굉장히 위험하므로 관리 체제 자체에서 그 패킷에 대한 보안 기능을 제공해줄 수 있도록 했다.

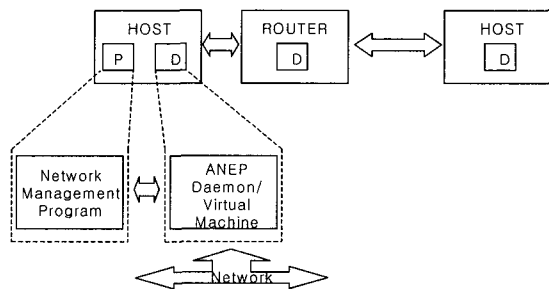


그림 2. Smart Packets 시스템의 개략적인 구조

그림 2는 Smart Packets 시스템의 개략적인 구조를 나타낸다[2]. ANEP(Active Network Encapsulation Protocol)[3] 때문에 네트워크 상으로 Smart Packets를 전송하는 역할을 하는데 그 액티브 네트워크 상에서 Smart Packets는 end-to-end 또는 hop-by-hop 모드 중 하나로 전송되게 된다. End-to-end 모드에서 프로그램은 패킷이 도착해야 하는 목적지에 도달했을 경우에만 실행되게 되지만 hop-by-hop 모드에서는 그 패킷을 보낸 송신자 측과 목적지 그리고 그 사이에 있는 모든 hop에서도 프로그램 코드의 실행이 가능하다.

나. ABLE(Active Bell Labs Engine) [4]

네트워크 관리나 제어에 대한 정보에 접근하기 위해서 네트워크 관리 시스템은 접근 제어 알고리즘을 필요로 하는데 이 경우 보안성을 제공해 주기 위해 네트워크를 일정한 틀에 맞추게 되면 네트워크 자체에서 필요로 하는 유연성을 침해할 우려가 있다. 벨 연구소에서 제안한 ABLE은 보안성과 유연성 등의 서로 상충되는 네트워크 관리 목적을 최대한 절충한 액티브 네트워크 구조이다[5].

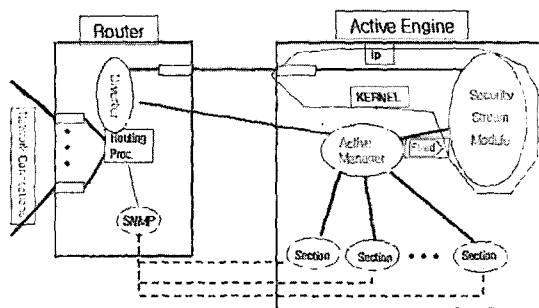


그림 3. ABLE의 구조

그림 3은 ABLE의 전체적인 구조를 나타낸다.

ABLE의 특징적인 구조로서 Diverter라는 부분을 들 수 있는데 이 Diverter는 라우터의 일부로 노드에 들어온 액티브 패킷을 액티브 엔진으로 보내주는 역할을 한다. 액티브 엔진에 들어 있는 액티브 관리자(Active Manager)는 세션을 생성하고 관리하며 종료하는 일을 담당하며 세션이 사용하는 자원(CPU와 대역폭, 디스크 공간)을 관리하는 역할을 맡는다. 커널 공간 속에 위치하는 Security Stream Module은 세션이 사용하는 대역폭을 모니터링한다[5].

다. FAIN (Future Active IP Networks)

FAIN은 2000년에 유럽에서 시작한 프로젝트로서 개방적이고 프로그램 가능하며 신뢰성 있는 액티브 네트워크 구조를 개발하는 것을 목표로 삼고 있다[6]. FAIN 프로젝트는 지금까지 제안되었던 액티브 네트워크 기술을 실제로 구현하려는 목적으로 시작되었으며 FAIN의 구조는 전통적인 계층 기반의 네트워크 구조와 분산 컴포넌트 기반의 네트워크 구조를 결합한 형태로 이루어져 있는데 이런 구조면에서의 결합은 서비스 제공을 위한 생산규격화와 위치투명성 등의 많은 장점을 제공해준다. 그림 4는 이런 FAIN의 전체적인 구조를 나타낸다.

그림 4에서 나타나는 FAIN 프로젝트의 기본 네트워크 구조를 구성하는데 필요한 요구사항은 서비스 관련 조항과 보안성 관련 조항이라는 측면에서 서술될 수 있다. 서비스 조항의 목적은 어플리케이션 서비스나 네트워크 서비스 같은 서비스를 유연하게 지원하는데 있어서 필요한 구조적인 요구사항을 확인하는데 있다. 이 조항의 초점은 서비스의 실행과 관리 환경이라는 점에 맞춰지게 된다. 코드 분배와 코드 실행을 위한 메커니즘 역시 중요한 요구사항이 된다. 한편, 보안성 조항의 목적은 액티브 네트워크 상에서 보안을 제공해 주기 위한 구조적인 요구사항을 정의하는 것이다.

이런 FAIN의 액티브 노드 플랫폼은 자원 접근 제어를 담당하는 커널 운영체제와 관리나 보안 기능을 제공하는 액티브 구성요소로 구성되는데 이러한 환경은 각 어플리케이션의 실행이 다른 컴포넌트들에게 간섭을 받지 않도록 지원하므로 독립적이고 안전한 실행을 보장할 수 있다.

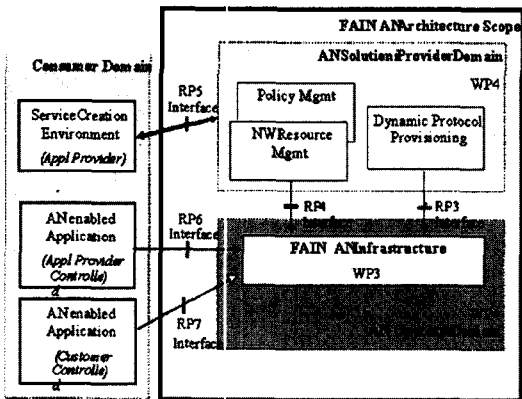


그림 4. FAIN의 구조

라. SENCOMM (Smart Environment for Network Control, Monitoring and Management)

BBN Technologies에서 연구되고 있는 SENCOMM의 목적은 액티브 네트워크를 사용하여 네트워크를 제어, 모니터링, 관리하는데 있어서 효율적인 방안을 구현해보고자 하는 것이다[7]. 그림 5에서 나타나듯 SENCOMM은 SMEE (SENCOMM Management Execution Environment)

라는 구성요소를 가지고 있는데 NodeOS의 위에서 실행되는 이런 SMEE는 다른 실행환경(EE)들과 공존하면서 그들을 제어하는 일을 맡고 있다. 액티브 네트워크 상에서 SENCOMM 구조를 구현함으로써 네트워크 관리자는 유연한 제어와 모니터링 서비스를 제공할 수 있게 된다.

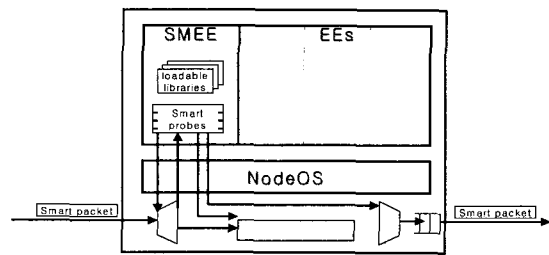


그림 5. SENCOMM의 구조

마. NESTOR

(Network Self Management & Organization)

콜롬비아 대학에서 개발된 NESTOR 시스템은 동적인 네트워크 상에서 높은 수준의 자동화된 보안성과 서비스 정책들을 제공하기 위한 자체 구성(self-configuration)이 가능한 메카니즘을 제공하는 것을 목적으로 한다. 현재의 네트워크 구성 관리 패러다임은 정적인 네트워크 상에 수동으로 네트워크 상의 변경 사항을 전파해야만 하지만 NESTOR는 네트워크 상의 보안 또는 서비스 정책을 동적인 네트워크 내로 전파하기 위해

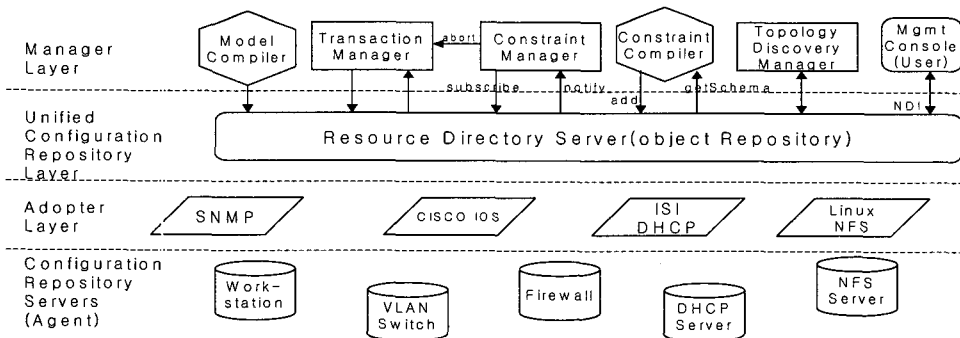


그림 6. NESTOR의 구조

자동화된 접근을 사용하고자 한다. 그림 6은 NESTOR의 구조를 설명한다[8].

제일 위의 계층에서 관리자는 자료에 접근하고 조작하면서 네트워크 구성작업을 수행한다. 시스템 관리자나 소프트웨어 에이전트가 관리자의 역할을 수행할 수도 있다. 시스템 관리자는 그래픽이나 텍스트 기반의 인터페이스 툴을 사용하여 저장소에 쌍방향 접근을 하거나 특정 작업을 위해 특별히 스크립트나 프로그램을 실행시킬 수 있다. NESTOR 관리자는 디렉토리 접근 프로토콜(DAP: Directory Access Protocol)을 사용해 저장소에 접근한다.

3.2 최근의 액티브 네트워크 관리 동향

이렇게 액티브 네트워크 관리와 관련한 연구들은 네트워크 관리 시스템이 기본적으로 가져야 할 5가지 관리기능을 중심으로 기존의 네트워크 관리 시스템을 효율적으로 개선하는데 목표를 두고 있다. 즉, 관리 대상의 물리적이고 논리적인 형태를 관리하며(구성관리), 관리대상의 문제를 검토해서 해결하며(장애관리), 가용성이나 사용량, 에러정보 등을 저장하여 그를 통한 분석과 통계를 제공한다(성능관리). 또한 암호나 인증 등을 이용하여 정보의 흐름을 제어하며 보호하고(보안관리), 서비스 사용에 따른 사용정보를 수집하고 처리(과금관리)할 수 있도록 지원한다. 특히 액티브 네트워크 관리 시스템의 경우 네트워크 관리기능의 분산화와 네트워크의 유연성이라는 액티브 네트워크의 장점을 십분 활용하기 위해 대개의 ANMS 관련 프로젝트들은 장애관리와 성능관리 측면에서 네트워크 관리를 개선하는데 초점을 맞추고 있다. 이에 발맞추어 최근의 액티브 네트워크 관리와 관련된 연구는 네트워크 상에서 발생하는 트래픽을 모니터링하고 제어하여 오류가 발생시 네트워크를 효율적으로 관리할 수 있도록 하는 쪽으로 방향이 잡혀가고 있다. 여기

서는 클러스터링을 이용하여 네트워크의 오류 상황을 모니터링하는 기법과 액티브 모니터를 이용하여 네트워크 모니터링을 수행하는 기법에 대해서 소개한다.

가. 클러스터링을 이용한 트래픽 모니터링 기법

네트워크 상의 한 노드에서 오류가 발생했을 경우, 그 노드와 연결된 노드들은 데이터 전송에 어려움을 겪게 된다. 이 경우 에러가 생긴 노드를 중심으로 네트워크에 문제가 발생하는 영역이 급격히 넓어져가게 된다.

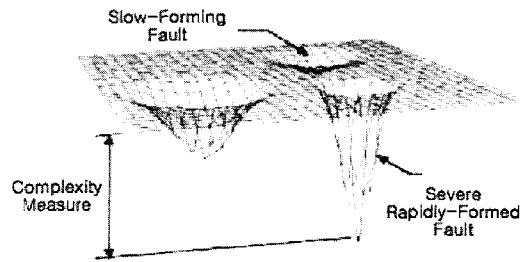


그림 7. 네트워크 트래픽을 Complexity의 계산값으로 모니터링한 모습

그림 7은 클러스터링을 이용한 네트워크 오류 모니터링을 보여준다[9]. 이 기법에서는 이러한 에러가 난 지역을 군집화(클러스터링)하여, 군집의 크기가 정해진 기준(여기서는 Complexity의 계산값으로 측정한다)을 초과하면 그 군집은 네트워크상에서 문제가 있거나 문제를 일으킬 소지가 있다고 판단하여 네트워크 오류 관리를 해주게 된다. 그림 7에서 아래로 깊게 패인 부분이 바로 네트워크상에서 오류관리를 해주어야 할 트래픽 발생 영역이다. 이 때, 액티브 네트워크의 장점을 이용하여 중앙에까지 이러한 정보를 전달해서 중앙의 처리를 기다릴 필요 없이, 장애가 발생한 노드가 바로 에러 처리를 해주는 작업이 가

능하며, 이러한 네트워크 관리 방법을 이용하면 네트워크에서 심각한 문제를 일으킬 수 있는 트래픽이 발생하기 이전에 네트워크 자체에서 이런 상황을 모니터링하여 처리해주는 일이 가능하게 된다.

나. 액티브 모니터를 이용한 트래픽 모니터링 기법

기존의 네트워크 관리 시스템은 중앙의 관리자에게 모든 관리 권한이 부여된 중앙집중적인 구조이기 때문에 새로운 네트워크 모니터링을 적용하거나 네트워크 오류에 즉각적인 반응을 보이기가 매우 힘들었다. 이를 개선하기 위해 액티브 모니터 네트워크는 프로그래밍 가능한 트래픽 모니터와 관리자를 네트워크 상에 가지고 있으며 동적으로 네트워크 분석 프로그램을 로딩할 수 있으므로 네트워크 모니터링을 유연하게 처리할 수 있게 된다. 그림 8은 액티브 모니터가 포함된 액티브 모니터 네트워크를 나타낸다[10].

니터를 제어하는 관리자와 통신을 주고 받으며 액티브 네트워크의 트래픽을 모니터링하고 제어하게 된다.

4. 결론

액티브 네트워크는 기존의 네트워크가 가지고 있던 비효율성이나 수동성, 보안 문제, 네트워크 관리 문제 등의 많은 문제점들을 개선할 수 있는 새로운 네트워크 접근 방식이다. 이렇게 차세대 네트워크 구조인 액티브 네트워크는 프로그램 코드를 네트워크 내에서 실행가능하게 지원함으로써 기존의 네트워크 관리 시스템이 제공하지 못했던 유연성과 중앙집중화되어 있던 기존 네트워크 시스템의 분산화라는 장점을 네트워크에 제공할 수 있다. 특히 네트워크를 관리하려고 할 때 액티브 네트워크 기술은 관리자가 네트워크를 효율적으로 제어하고 모니터링 할 수 있도록 지원할 수 있다. 기존의 네트워크 관리 시스템의

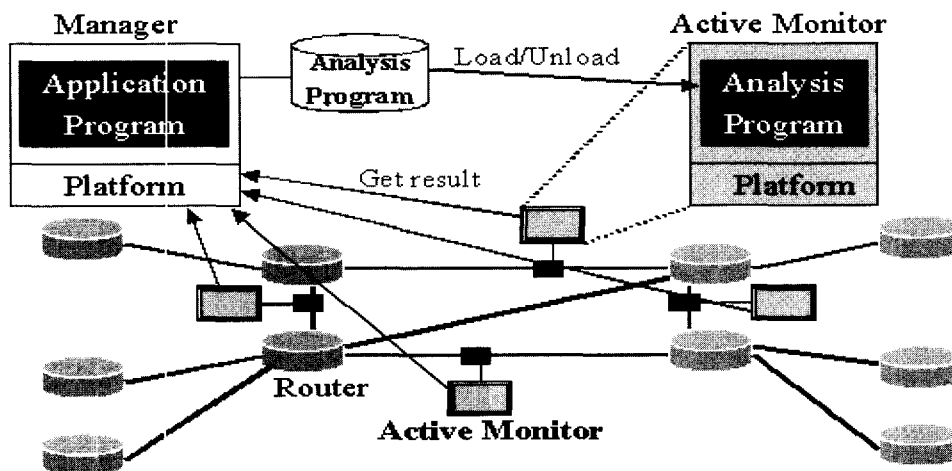


그림 8. 액티브 모니터 네트워크

그림 8에서처럼 네트워크 분석 프로그램을 포함하고 실행시키는 액티브 모니터는 모니터링된 어플리케이션 프로그램을 실행시키고 액티브 모

문제점을 보완해 액티브 네트워크 관리 시스템은 장애가 발생했을 때 중앙에까지 네트워크 관리 정보를 전달해서 중앙의 처리를 기다릴 필요 없

이 장애가 발생한 노드가 바로 에러 처리를 해주는 작업 같이 유연하고 분산화된 대응이 가능하다. 이러한 액티브 네트워크 기술의 특성을 이용하여 최근의 액티브 네트워크 관리 시스템은 네트워크 일부를 액티브 노드로 전환하여 그 노드 자체에서 트래픽이나 오류를 모니터링하는 기능을 향상시키는 방향으로 발전하고 있다.

참고문헌

- [1] David L. Tennenhouse, Jonathan M. Smith, W. David Sincoskie, David J. Wetherall and Gary J. Minden, "A Survey of Active Network Research", IEEE Communications Magazine, Vol. 35, No. 1, pp. 80-86, Jan. 1997.
- [2] Beverly Schwartz, Alden W. Jackson, W. Timothy Strayer, Wenyi Zhou, R. Dennis Rockwell, and Craig Partridge, "Smart Packets for Active Networks", BBN Technology, Jan. 1998.
- [3] D. Scott Alexander, Bob Braden, Carl A. Gunter, Alden W. Jackson, Angelos D. Keromytis, Gary J. Minden, David Wetherall, "Active Network Encapsulation Protocol (ANEP)", Jul. 1997.
- [4] <http://www.cs.bell-labs.com/who/ABLE/index.html>
- [5] Danny Raz, Yuval Shavitt, "Active Networks for Efficient Distributed Network Management", IEEE Communications Magazine, 38(3): pp. 138-143, Mar. 2000.
- [6] Alex Galis, Bernhard Plattner, Jonathan M. Smith, Spyros Denazis, Eckhard Moeller, Hui Guo, Cornel Klein, Joan Serrat, Jan Laarhuis, George T. Karetzos and Chris Todd, "A Flexible IP Active Networks Architecture", IWAN 2000 Conference, Oct. 2000.
- [7] Alden W. Jackson, James P. G. Sterbenz, Matthew N. Condell, Joel Levin, David J. Waitzman, "SEN-COMM architecture", BBN Technologies, Apr. 2000.
- [8] Y. Yemini, A. V. Konstantinou, and D. Florissi, "Nestor: An architecture for self-management and organization", Tech. Rep., Dept. of Computer Science, Columbia University, Sep. 1999.
- [9] Amit B. Kulkarni and Stephen F. Bush, GE Corporate R&D "Active Network Management and Kolmogorov Complexity", IEEE Openarch 2001, Apr. 2001.
- [10] Toru Hasegawa, Shigehiro Ano, Koji Nakao, Fumito Kubota, "Programmable Remote Traffic Monitoring Method Using Active Network Approach", IWAN 2001 Conference, Sep. 2001.



김 여 진

zzir97@ewha.ac.kr

2001년 이화여자대학교 컴퓨터학과
(공학사)

2002년~현재 이화여자대학교 과학
기술대학원 컴퓨터학과 석사과정

<관심분야> 액티브 네트워크, 네트워크 보안



채 기 준

kjchae@ewha.ac.kr

1982년 연세대학교 수학과(이학사)

1984년 미국 Syracuse University
컴퓨터학과(이학석사)

1990년미국 North Carolina State
University 컴퓨터공학과(공학박사)

1990년~1992년 미국 해군사관학교 컴퓨터학과 조교
수

1992년~현재 이화여자대학교 컴퓨터학과 교수

<관심분야> 네트워크 보안, 액티브 네트워크 보안 및
관리, 인터넷/무선통신망/고속통신망 프로토콜 설계
및 성능분석



임 지 영

jylirn@bible.ac.kr

1994년 이화여자대학교 전자계산학
과(이학사)

1996년 이화여자대학교 대학원 전
자계산학과(이학석사)

2001년 이화여자대학교 과학기술대학원 컴퓨터학과
(공학박사)

2001년~2003년 이화여자대학교 공과대학 컴퓨터학
과 대우전임강사

2003년~현재 한국성서대학교 정보과학부 전임강사

<관심분야> 네트워크 보안, 액티브 네트워크, 네트워
크 성능분석