보안 모델의 연동을 위한 블랙보드구조의 적용*

서희석**, 조대호**

An Application of Blackboard Architecture for the Coordination among the Security Systems

Hee Suk Seo, Tae Ho Cho

Abstract

The attackers on Internet-connected systems we are seeing today are more serious and technically complex than those in the past. So it is beyond the scope of amy one system to deal with the intrusions. That the multiple IDSes (Intrusion Detection System) coordinate by sharing attacker's information for the effective detection of the intrusion is the effective method for improving the intrusion detection performance. The system which uses BBA (BlackBoard Architecture) for the information sharing can be easily expanded by adding new agents and increasing the number of BB (BlackBoard) levels. Moreover the subdivided levels of blackboard enhance the sensitivity of the intrusion detection. For the simulation, security models are constructed based on the DEVS (Discrete EVent system Specification) formalism. The intrusion detection agent uses the ES (Expert System). The intrusion detection system detects the intrusions using the blackboard and the firewall responses these detection information.

Key Words: IDS, firewall, network security, coordination, DEVS formalism, BBA, simulation

* 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구 (R05 - 2002 - 000 - 00107 - 0) 지원으로 수행되었음.

** 성균관대학교 정보통신공학부

1. 서론

인터넷은 과거에 비하여 혁명적인 방법으로 필요한 정보에 접근하며, 그 정보를 사용할 수 있게 하는 놀라운 기술적 진보의 산물이다. 또한 동시에 혁명적인 방법으로 정보를 파괴하고 변경할 수 있는 능력을 제공하는 위험물이기도 하다[1]. 현재 인터넷의 규모는 날로 커지고 있으며, 다양한 서비스를 제공하고 있다. 이로 인해 각각의 호스트에 대한 보안을 수행하는 것보다 네트워크 전체에 대해 보안 서비스를 제공하는 것이 더 효과적인 방법으로 여겨지고 있다. 네트워크 보안 모델을 사용하게 되면 다양한 호스트들이 제공하는 서비스에 대한 접근 제어를 효과적으로 사용할 수 있는 장점이 존재한다[2]. 네트워크 보안의 접근 방법은 침입을 탐지하기 위해 침입 탐지 시스템을 사용하는 방법, 내부 시스템과 네트워크를 보호하기 위해 방화벽을 구축하는 방법, 일회용 비밀 번호(one-time password)와 같은 강력한 인증 방법을 사용하는 방법과 네트워크를 통해 전달되는 중요한 데이터들을 암호화하여 전달하는 방법들이 존재한다. 본 논문에서는 네트워크 보안 접근 방법 중 침입 탐지 시스템과 침입 차단 시스템을 사용하여 시뮬레이션을 수행할 것이다[3].

침입 탐지는 컴퓨터 시스템이나 네트워크에서 발생되는 이벤트를 주시하고, 보안 문제에 관계된 징후를 분석하는 방법이다[4]. 침입 탐지 시스템은 능동적으로 네트워크를 보호하는 방법으로 방화벽과 함께 네트워크 보호에 많이 사용되는 시스템이다. 방화벽은 내부 네트워크와 인터넷 사이에서 엄격한 접근 제어 수단을 제공하는 수단으로 사용된다. 인터넷에서 들어오거나 내부 네트워크로 나가는 모든 패킷은 반드시 방화벽을 지나간다. 트래픽이 방화벽을 지나가기 때문에 방화벽은 그 트래픽이 내부 네트워크로 들어올지 아닐지를 판단할 수 있다. 네트워크의 속도가 급속하게 증가하고 발전하는 상황에서 많은 양의 데이터를 처리해야 하는 보안 시스템을 직접 사용하여 성능을 평가하는 것은 효율적이지 못하다[5]. 이러한 문제를 해결하기 위하여 DEVS 방법론을 사용하여 시뮬레이션 모델을 구축하였고, 이러한 모델들을 사용하여 네트워크 보안 모델을 구축하였다.

현재 침입은 광범위해지고 복잡하게 되어 하나의 침입 탐지 시스템이 독립적으로 네트워크의 침입을 판단하기 어렵게 되었다. 이를 위해 네트워크에 여러 개의 침입 탐지 에이전트를 배치하였고, 이러한 다수의 에이전트가 서로 정보를 공유하며 침입을 탐지하도록 구성하였다. 침입 탐지 에이전트는 효과적으로 침입을 탐지하기 위하여 전문가 시스템을 내장하고 있으며, 에이전트들 간의 통신은 블랙보드구조 (Blackboard Architecture)를 사용하여 서로 통신하도록 하였다. 공유메모리의 한 종류인 블랙보드구조를 사용하므로 각 에이전트들은 침입 탐지에 필요한 정보의 게재 및 열람이 용이하다. 본 연구진은 블랙보드구조를 사용하여 침입을 탐지하는 것이 효과적인 방법임을 이전의 연구에서 보였다[6,7]. 이번 연구에서는 블랙보드 레벨의 세분화를 통하여 침입 탐지의 민감도를 높일 수 있음을 보인다. 또한 블랙보드의 세분화를 통하여 다양한 상황에 대한 대처가 용이함을 설명한다. 침입 탐지 시스템의 성능을 알아보기 위해 서비스 거부 공격 (Denial of Service) 공격 중 mailbomb 공격과 jolt 공격을 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다.

2장에서는 본 연구에서 사용된 이론 및 시스템에 관해 설명할 것이고, 3장에서는 보안 모델링을 위해 구성된 각 모델들에 대해 설명할 것이다. 4장에서는 이러한 모델들 간의 연동에 대해 설명할 것이고, 5장에서는 시뮬레이션 수행 및 결과에 대해 설명한다. 마지막으로 6장에서는 결론에 대하여 설명할 것이다.

2. 배경 이론

이 장에서는 논문의 배경 이론에 대해서 설명한다. 2.1에서는 분산 인공 지능의 한 분야인 블랙보드구조에 대해서 설명하고, 2.2에서는 모델링

및 시뮬레이션 이론인 DEVS 형식론에 대해서 설명한다. 2.3에서는 침입 탐지 시스템에 대해 설명하고, 2.4에서는 침입 차단 시스템에 대해 설명할 것이다.

2.1 BBA

분산 인공 지능의 한 영역인 블랙보드구조는 분산된 에이전트들이 공동 작업을 통하여 문제를 해결하기 위한 방법을 제공한다[8-10]. 블랙보드 구조의 한 요소인 블랙보드는 문제에 적합한 추상화된 몇 개의 레벨로 분할되어 있다. 특정한 레벨을 통해 통신을 수행하던 에이전트들은 상호 작용을 통하여 인접한 레벨로 전이할 수 있다. 이러한 방법을 통해 에이전트들이 수집한 데이터는 한 레벨을 통해 공유되고, 이렇게 공유된 데이터들을 활용하여 목표로 하는 단계로의 전이를 할 수 있다. 일반적으로 목표 레벨은 바로 찾아가기 어려운 작업으로 여러 에이전트들이 서로 조금씩 일을 분담하여 처리하여 그 결과를 블랙보드를 통해 공유하여 최종적으로 목표에 이르고자하는 방법이다. 블랙보드구조의 단순성으로 인해 분산 인공 지능 분야에서 많이 사용되는 개념이다.

2.2 DEVS formalism

Zeigler에 의해 정립된 DEVS 방법론은 연속적인 시간상에서 발생되는 이산 사건을 처리하는 시스템을 시뮬레이션 하기 위해 이론적으로 정립된 모델링 방법론이다[11-13]. 이는 모델의 구조와 행동을 시뮬레이션 수행으로부터 추상화시키기 위해 모델을 집합 이론적 방법으로 이용한 것으로, 시스템을 계층적(hierarchical)이고 모듈화(modular)된 형식으로 기술한다.

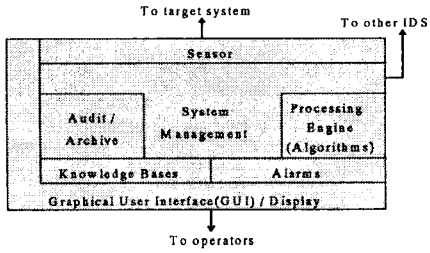
DEVS에서는 기본 (Basic) 모델과 결합 (Coupled) 모델을 정의한다. 기본 모델은 시스템의 동적인 특성을 표현하기 위한 모델이고, 결합 모델은 시스템의 구성 요소간의 상호 작용을 표현하기 위한 모델이다. 이 모델들은 다음의 항들로 명세 할 수 있다.

$M = \langle X, S, Y, \delta_{int}, \delta_{ext}, \lambda, t_a \rangle$
- X : 입력 사건의 집합
- S : 상태들의 집합
- Y : 출력 사건의 집합
- δ_{int} : 내부 상태 변이 함수
- δ_{ext} : 외부 상태 변이 함수
- λ : 출력 함수
- t_a : 시간 갱신 함수

$DN = \langle D, \{M_i\}, \{I_i\}, \{Z_{i,j}\}, select \rangle$
- D : 구성 요소 이름의 집합
- M_i : 구성 모델
- I_i : 모델 i와 연관된 모델의 집합
- $Z_{i,j}$: 모델 i와 j모델간의 연결 함수
- $select$: $tie-breaking$ $selection$ 함수

2.3 침입 탐지 시스템

침입 탐지 시스템은 컴퓨터 네트워크나 시스템이 정해진 보안 정책을 위반하는지를 주시하는 시스템이다[14-18]. 침입 탐지 시스템은 크게 3가지의 중요 구성 요소로 이루어져 있다[2].



<그림 1> 침입 탐지 시스템의 구성 요소

- 정보를 얻을 수 있는 정보의 소스 (event log, network packet …)
- 침입을 판별하기 위한 분석 엔진
- 분석 엔진의 결과에 의해 행동하게 되는 대응 요소 (response component)

<그림 1>은 일반적인 침입 탐지 시스템이 갖추고 있는 구성 요소들을 나타낸다. Sensor는 침

입 탐지 시스템이 필요로 하는 정보를 얻어오는 부분이다. 호스트 기반의 침입 탐지 시스템은 호스트 내의 log 정보를 얻어오고, 네트워크 기반의 침입 탐지 시스템은 네트워크 상의 패킷을 얻어 오도록 구성한다. Audit/Archive 모듈은 침입 탐지 시스템의 저장 공간으로 활용되며, Knowledge Base 모듈은 사용자 정보, 시스템 정보, 공격의 정보, 대응책이나 다른 통계적 정보 등을 갖도록 구성한다. Alarm 모듈은 침입을 탐지한 경우 관리자나 특정인에게 알리기 위해 필요한 요소이며, Display 모듈은 침입 탐지 시스템의 사용자 인터페이스(User Interface)를 담당한다. Processing Engine은 침입 탐지 시스템의 핵심구성 요소로 수집된 여러 정보를 활용하여 실제적으로 침입을 판단한다. 마지막으로 System Management 모듈은 각 구성 요소를 관리하고 연결하는 역할을 한다.

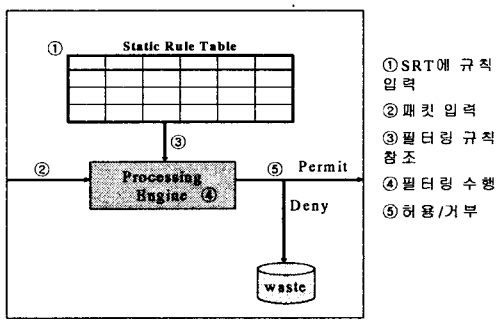
2.4 방화벽

<표 1> 방화벽의 종류 및 특징

방화벽의 종류	특 징
네트워크 계층 방화벽	• 패킷의 정보를 기반으로 정책 적용 • 처리 속도가 빠름 • 세부적 정책 설정의 어려움
전송 계층 방화벽	• 전송 계층에서 얻어지는 정보를 기반으로 정책 적용 • 인증 기능 제공 기능
응용 계층 방화벽	• 다양한 정책 설정 가능 • 각 응용 프로토콜에 대해 선별적 정책 적용 가능
하이브리드 방화벽	• 보안상 가장 효율적 • 시스템 구현이 어려움

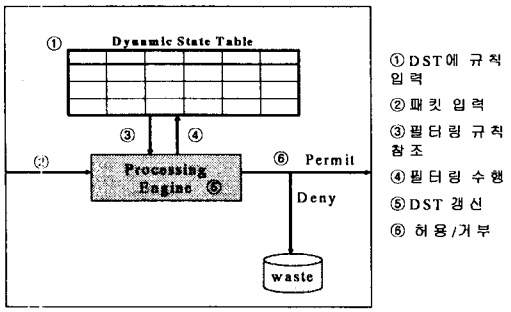
인터넷 방화벽은 외부 네트워크와 내부 네트워크 혹은 네트워크 간에 설치되어 관리자의 정책에 의해 트래픽의 흐름을 막거나 허용하는데 사용된다[1,19,20]. 즉 방화벽은 외부에서 내부로 들어오는 트래픽에 대해서 제약을 가할 수 있을 뿐만 아니라 내부 사용자가 외부 네트워크로 접속하여 기밀 정보를 외부로 유출하는 것을 막을 수 있다. 방화벽은 그 동작 계층에 따라 <표 1>과 같이 몇 가지로 분류된다. 이 중 네트워크 계층 방화벽에 대해 자세히 설명한다. 네트워크 계층 방화벽은 다시 정적 패킷 필터링과 동적 패킷 필터링으로 분류된다. 정적 패킷 필터링은 관리자가 미리 입력한 필터링 규칙만을 가지고 패킷의 허용 여부가 결정되는 방화벽이다. 네트워크로 유입되는 개개의 패킷 헤더를 보고 허용, 거부가 결정된다.

이 방법은 처리 속도가 빠르고, 응용 서비스에 쉽게 연동되며, 구현이 용이하다는 장점을 갖는다. 반면 데이터의 내용에 관한 세부적인 분석이 불가능하다. 또한 패킷의 헤더는 공격자에 의해 쉽게 조작될 수 있다는 단점과 공격당하게 되면 네트워크에 미치는 영향이 매우 크다는 단점을 갖는다. <그림 2>는 정적 패킷 필터링의 동작 과정을 나타낸다.



<그림 2> 정적 패킷 필터링의 동작과정

동적 패킷 필터링은 입력되는 패킷에 의해 필터링 테이블이 갱신된다. 즉 네트워크로 유입되는 패킷에 의해 동적으로 DST (Dynamic State Table)이 갱신되고, 이렇게 갱신된 테이블을 참조하면서 필터링을 수행하게 된다. 이 방법은 정적 패킷 필터링에 비해 정확하며 상위 프로토콜의 정보도 활용할 수 있다. <그림 3>은 동적 패킷 필터링의 동작 과정을 나타낸다.



<그림 3> 동적 패킷 필터링의 동작과정

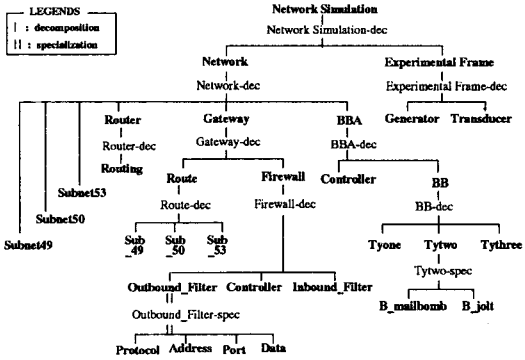
3. 네트워크 구조

이번 장에서는 네트워크 보안 모델에 대해 설명한다[21]. 3.1에서는 네트워크 구조에 대해서 설명하고, 3.2에서는 시뮬레이션 수행을 위해 필요한 패킷을 수집하는 방법에 대해 설명한다. 3.3에서는 침입 탐지 모델에 대해 설명하고, 3.4에서는 방화벽에 대해서 설명한다.

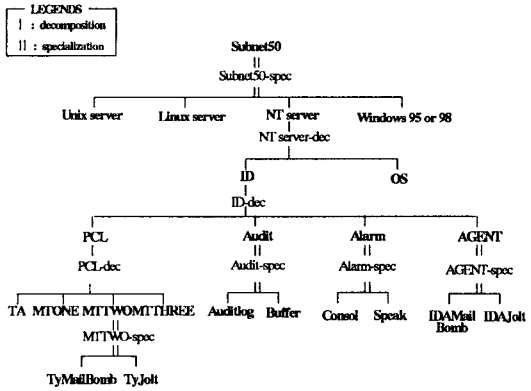
3.1 네트워크 구조

본 논문에서는 복잡한 네트워크 구조를 계층적으로 표현하기 위해서 SES (System Entitiy Structure)를 사용하였다[11]. SES는 시스템의 구조적인 지식을 효과적으로 표현할 수 있는 방법을 제공한다. SES는 분해 (decomposition), 분류 (taxonomy)와 연결 관계 (coupling relationship)가 결합된 지식 표현 방법이다. 각 개체 (entity)와 개체와의 관계는 분해과 세분화 (specialization)의 관계로 표현된다.

<그림 4>는 시뮬레이션을 위해 구성된 전체 네트워크 모델의 SES를 나타낸다. SES를 사용하여 모델 간의 관계와 계층을 파악하기 용이하도록 하였다. Network Simulation 모델은 크게 Network 모델과 Experimental Frame 모델로 구성된다.



<그림 4> 전체 네트워크의 구조



<그림 5> 서브넷 50의 구조

Experimental Frame 모델은 다시 Generator 모델과 Transducer 모델로 구성된다. Generator 모델은 시뮬레이션의 입력으로 사용될 패킷을 생성하는 모델이고, Transducer 모델은 시뮬레이션 수행 후의 통계 자료를 처리하기 위한 모델이다. Network 모델은 다시 BBA, Gateway, Router, Subnet53, Subnet50과 Subnet49 모델로 구성된다. Gateway 모델은 Route 모델과 Firewall 모델로 구성되고, Firewall 모델은 Outbound_Filter, Inbound_Filter와Controller 모델로 구성된다. Outbound_Filter 모델은 다시 Protocol, Address, Port와 Data 모델로 세분화된다. 에이전트 간의

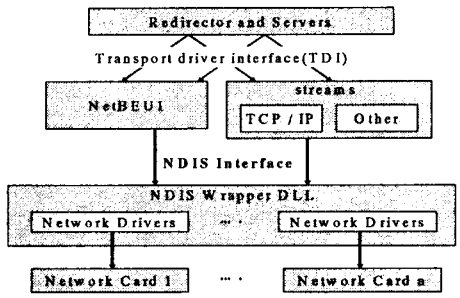
통신을 담당하는 BBA 모델은 Controller 모델과 BB 모델로 구성된다. BB 모델은 다시 Tyone, Tytwo와 Tythree 모델로 구성되고, Tytwo 모델은 다시 B_mailbomb 모델과 B_jolt 모델로 세분화된다. <그림 5>는 <그림 4>의 Subnet50을 구성을 자세히 표현한 것이다. Subnet50 모델은 Unix server, Linux server, NT server와 Windows 95/98 모델로 세분화된다. 각 서버 모델은 OS 모델과 ID 모델로 구성되는데, ID 모델은 다시 PCL (Packet Classify Library), Audit, Alarm과 AGENT 모델로 구성된다. PCL 모델은 TA, MTONE, MTTWO와 MTTHREE 모델로 구성되고, 이중 MTTWO 모델은 다시 TyMailBomb 모델과 TyJolt 모델로 세분화된다. Audit 모델은 Auditlog 모델과 Buffer 모델로 세분화되고, Alarm 모델은 Consol 모델과 Speak 모델로 세분화된다. AGENT 모델은 IDAMail-Bomb 모델과 IDAJolt 모델로 세분화된다.

3.2 패킷 Generator 모델

본 연구진이 구성한 시뮬레이션 환경은 실제 보안 시스템의 환경과 가깝도록 구성하기 위해 시뮬레이션의 입력으로 사용되는 패킷을 네트워크에서 수집한 실패킷(real packet)을 사용하였다.

윈도우즈 운영 체제는 네트워크 드라이버 인터페이스 사양 (Network Driver Interface Specification)이라는 인터페이스 환경을 제공한다. 즉, 네트워크 인터페이스 카드를 제조하는 회사는 윈도우즈 운영 체제 특유의 전송 드라이버를 작성하는 대신에, 단일 네트워크 드라이버의 최상층으로서 NDIS 인터페이스를 제공한다. 이렇게 함으로써 어떤 프로토콜 드라이버로도 이 인터페이스를 호출하여 자신의 네트워크 요구를 네트워크 카드에 지시할 수 있다. 이는 네트워크 드라이버를 다양한 전송 프로토콜의 세부 구조로부터 보호하고 여러 프로토콜을 네트워크 드라이버로부터 보호하기 위함이다.

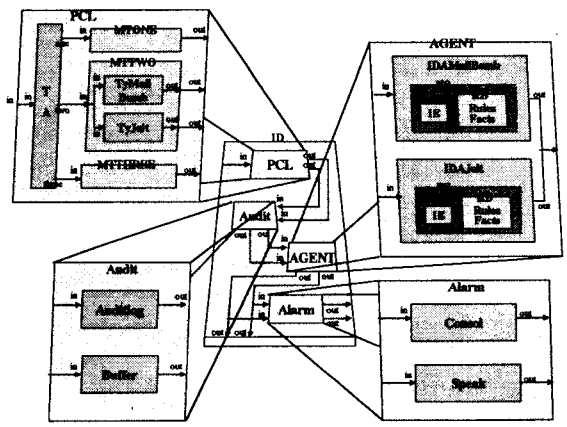
시뮬레이션의 입력으로 사용되는 패킷은 <그림 6>에서와 같이 네트워크에서 수집한 패킷을 사용하게 된다. 네트워크에서 수집된 패킷은 데이터 링크 계층의 데이터로 이 데이터를 Network Simulation 모델의 Generator 모델이 받게 된다. 패킷 Generator 모델은 네트워크에서 수집된 패킷을 data link, ip와 tcp 계층으로 분류한다. Generator 모델은 각 계층의 헤더 정보를 분석하고, 응용 계층에서 사용할 데이터를 분리하여 시뮬레이션의 입력으로 사용할 수 있는 형태로 만든다.



<그림 6> NDIS을 사용한 패킷 수집

3.3 ID 모델

<그림 7>은 각 호스트에 탑재된 침입 탐지 모델의 구성도이다. 침입 탐지 모델은 크게 PCL, Audit, Alarm과 AGENT 모델로 구성된다. 각 모델의 세부 기능은 아래에서 설명한다.



<그림 7> 침입 탐지 모델의 구성

3.3.1 PCL 모델

PCL 모델은 AGENT 모델에서 사용될 패킷을 분류하고, 필터링하는 역할을 수행하는 모델이다. 침입 탐지 시스템은 많은 양의 데이터를 처리해야 하므로 네트워크에서 수집된 모든 패킷을 검사하는 것은 비효율적이다. 그러므로 침입 탐지에 필요한 정보만을 추출할 필요가 있는데 이러한 역할을 하는 부분이 바로 PCL 모델이다. mailbomb 공격을 예로 들어 PCL 모델의 동작을 설명한다. mailbomb 공격은 메일 서버에 많은 양의 메일을 보내 메일 서버의 동작을 느리게 하거나 전복시키기 위한 DoS 공격의 일종이다. 일반적으로 한 사용자가 다른 사용자에게 전자 메일을 보내기 위해서는 TCP 프로토콜을 사용하고, 25번 포트를 사용한다. 그러므로 PCL 모델의 TyMailBomb 모델은 TCP 프로토콜을 사용하고, 25번 포트를 사용하는 패킷만을 통과시키고, 그 이외의 패킷은 소멸시킨다. 이렇게 함으로써 침입 탐지 시스템의 처리량을 줄이게 된다.

3.3.2 Audit 모델

컴퓨팅 환경이나 네트워크 환경에서와 같이 침입 탐지를 위한 처리 환경에서도 정보의 저장은 매우 중요한 역할을 한다. 정보의 저장은 시스템의 상태값, 공격 과정, 공격의 과거 자료들, 크래커들을 구분하기 위한 증거 자료나 다른 여러 곳에 사용될 중요한 정보원으로 활용된다. Audit 모델은 Auditlog 모델과 Buffer 모델로 구성된다. Auditlog 모델의 역할은 다음과 같다. 침입 탐지 시스템은 종종 자신이 사용한 감사 기록 정보나 네트워크에서 수집한 정보를 보관한다. 감사 정보는 일반적으로 보안상의 중요한 가치를 지니므로 안전한 저장소에 저장할 필요가 있다. Auditlog 모델은 이렇게 침입 탐지 시스템의 log 정보를 기억하는 저장소이다. 다음으로 Buffer 모델에 대해서 설명한다. 일반적으로 침입 탐지 시스템은 많은 양의 데이터를 처리해야 하고, 이렇게 많은 양의 데이터 처리를 위해서 저장 공간이 필요하게 된다. 침입 탐지 시스템이 대상 시스템의 처리 용량이나 성능과 맞추기 위해서 하드웨어적이나 소프트웨어적으로 구현된 버퍼 (or cache) 공간이 필요하다. Buffer 모델은 이렇게 대상 시스템의 많은 트래픽을 잃지 않고 저장하면서 사용하기 위해서 구현된 모델이다.

3.3.3 AGENT 모델

AGENT 모델은 침입 탐지 모델의 핵심 모델로 침입을 판별하기 위해 규칙 기반 전문가 시스템을 내장하도록 하였다. AGENT 모델은 Audit 모델에서 전달받은 패킷을 전문가 시스템에서 사용하는 사실 (fact)의 형태로 전환하고, 이 사실을 전문가 시스템에게 넘겨준다. 전문가 시스템은 자신이 갖고 있는 규칙에 이 사실을 적용하여 침입을 판별하게 된다. 전문가 시스템의 지식 기반 (Knowledge Base)는 <그림 1>의 Knowledge Base에 해당하는 모듈로서 침입 탐지에 필요한 다양한 규칙을 가지고 있다. AGENT 모델이 침입을 탐지하게 되면 Alarm 모델에게 이 사실을 알린다.

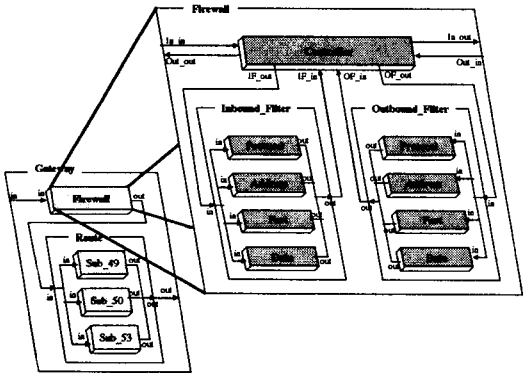
3.3.4 Alarm 모델

침입 탐지 시스템이 호스트나 네트워크의 상황을 살피면서 침입이나 의심스러운 행위 등을 탐지하게 되면 이러한 침입 상황을 알리는 모듈이 있어야 한다. 이러한 모듈은 많은 침입 탐지 시스템이 갖고 있고, 유용한 역할을 담당하게 된다. Alarm 모델의 역할은 단순한 텍스트 형태의 메시지를 화면에 내보내기도 하고, 특정 사용자에게 자동으로 메일을 보내거나 전화 연결을 시도한다. 또 설정된 특별한 곳으로 팩스를 보내게 할 수도 있으며, 원격지나 현재 사용 중인 컴퓨터의 특정한 프로그램을 실행하도록 좀 더 향상된 기능을 제공하기도 한다. 본 연구진은 화면에 경고를 보내는 consol 모델과 일정한 경보음을 내보내는 speak 모델을 구성하였다.

3.4 Firewall 모델

방화벽도 한계와 결점을 갖고 있지만 방화벽이 네트워크를 연결하고 그 네트워크를 보호할 수

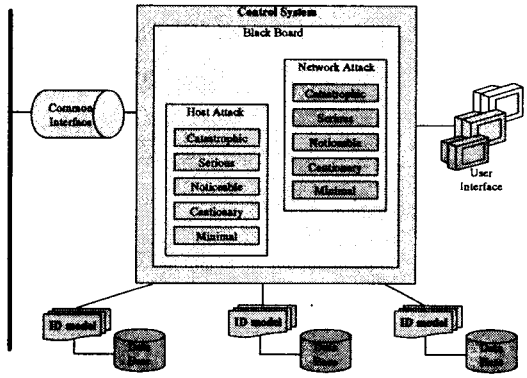
있게 해주는 효과적인 방식이기 때문에 많이 설치를 하고 있다. 방화벽은 인터넷과 내부 네트워크 사이의 엄격한 접근 제어 수단을 제공하는 방법이다. <그림 8>은 시뮬레이션을 위해서 사용될 방화벽 모델의 구성을 보이고 있다. 방화벽 모델은 Controller 모델, Inbound_Filter 모델과 Outbound_Filter 모델로 구성된다. Inbound_Filter 모델과 Outbound_Filter 모델은 Protocol 모델, Address 모델, Port 모델과 Data 모델로 구성된다. Controller 모델은 인터넷이나 내부 네트워크로부터 패킷을 받게 되는데 그 패킷을 방향에 의해서 Inbound_Filter 모델이나 Outbound_Filter 모델로 전달하게 된다. 각 Filter 모델은 받은 패킷을 각각 가지고 있는 보안 정책에 의해서 패킷을 처리하여 다음 모델로 전달하게 된다. Controller 모델은 각 Filter 모델로부터 받은 패킷을 보고, 다음 모델로 보내던지 버리게 된다. 예를 들어 mailbomb 공격의 경우 Firewall 모델은 인터넷으로부터 패킷을 받게 된다. 이 패킷을 Controller 모델에게 전달하게 되고, Controller 모델은 이 패킷을 Inbound_Filter 모델에게 전달하게 된다. Inbound_Filter 모델은 IP(Internet Protocol) 주소를 조사하여 자신이 갖고 있는 규칙 테이블 정보에 의하여 패킷을 버릴 것인지 내부 네트워크로 들여보낼 것인지를 판단하게 된다.



<그림 8> 방화벽의 구성

4. 보안 모델간의 연동

이번 장에서는 보안 모델 간의 연동이 어떻게 이루어지는가에 대해서 설명한다. 우선 침입 탐지 모델 간의 연동에 대해서 설명하고, 다음으로 침입 탐지 모델과 방화벽 모델 간의 연동을 통해서 공격자의 패킷이 내부로 들어오는 것을 차단하는 방법을 소개한다. <그림 9>는 대상 네트워크의 블랙 보드 구조를 나타낸다. 침입 탐지 에이전트들은 침입을 탐지하기 위해서 관련된 정보를 블랙보드 상에 게재하거나 열람하기 위해서 블랙보드 구조를 사용한다.



<그림 9> 대상 네트워크의 블랙보드구조

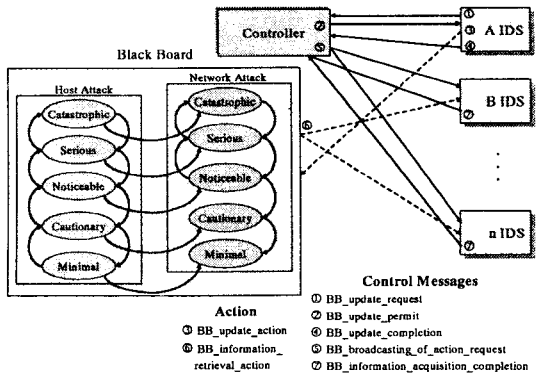
4.1 침입 탐지 모델의 연동

블랙보드의 레벨은 Joseph Barrus & Neil C. Rowe가 제안한 Danger value를 사용하였다[22]. Joseph과 Neil이 제안한 Danger value는 다섯 개의 다른 레벨로 나뉘어 진다. 본 연구진이 사용한 블랙보드의 레벨은 이러한 분류에 의하여 호스트 공격에 대한 다섯 가지 레벨과 네트워크 공격에 대한 다섯 가지 레벨로 각각 분류하였다. 이 다섯 가지 레벨은 Minimal, Cautionary, Noticeable, Serious와 Catastrophic이다. 각 에이전트는 두 가지 메시지에 의해서 통신을 수행한다. 하나는 제어 메시지이고, 다른 하나는 데이터 메시지이다. 제어 메시지는 에이전트와 제어기

사이의 통신에 필요한 메시지이고, 데이터 메시지는 에이전트와 블랙보드 간의 데이터 전송에 사용되는 메시지이다.

우선 호스트 공격이 발생한 경우 블랙보드의 상태를 살펴본다. 호스트 공격은 네트워크 상의 호스트 중 하나의 호스트만이 공격을 받고 있는 경우이다. 이러한 경우 공격을 받고 있는 호스트는 블랙보드 상의 Host-Attack에 해당 정보를 게재하게 된다. 블랙보드에 메시지를 게재하기 위해서 해당 에이전트는 BB_update_request 메시지를 제어기에게 보낸다. 이러한 방법을 사용하는 이유는 통신상의 무결성과 에이전트 간의 메시지 전송 충돌을 방지하기 위해서이다. 블랙보드에 메시지를 게재할 수 있다면 제어기는 해당 에이전트에게 BB_update_permit 메시지를 전송한다. 이 메시지를 수신한 에이전트는 블랙보드에 침입에 관련된 정보를 게재(BB_update_action)하고 BB_update_completion 메시지를 제어기에게 보낸다. 제어기는 각 에이전트에게 BB_broadcasting_of_action_request 메시지를 보내고 이 메시지를 수신한 각 에이전트는 블랙보드에서 침입 관련 정보를 열람(BB_information_retrieval_action)한다. 정보를 모두 열람한 에이전트는 제어기에게 BB_information_acquisition_completion 메시지를 보내 통신을 마치게 된다. 이러한 과정을 거쳐 공격을 받고 있는 에이전트는 블랙보드 상에서 전이를 하게 된다. 블랙보드의 레벨이 Host-Attack의 Serious 레벨에 이르면 공격 IP (Internet Protocol)에서 에이전트로 전송되는 모든 패킷은 방화벽에 의해서 차단된다.

다음은 네트워크 공격이 발생한 경우 블랙보드의 상태를 살펴본다. 네트워크 공격은 네트워크 상의 여러 호스트들이 공격을 받는 경우이다. 이러한 경우 공격을 받고 있는 호스트는 블랙보드 상의 Network-Attack에 해당 정보를 게재하게 된다. 한 에이전트가 공격을 받게 되면 Host-Attack에서 레벨의 전이를 하게 된다. 이렇게 한 에이전트가 공격 정보를 블랙보드에 게재하고 있는 동안, 다른 에이전트 또한 공격을 받게 된다면 이는 네트워크 공격에 해당한다. Network-Attack의 각 레벨은 다음과 같이 정해졌다. Network-Attack의 Minimal, Cautionary, Noticeable, Serious와 Catastrophic 레벨은 2개 이상의 호스트가 해당 공격을 받는 경우에 해당된다. 예를 들어, Network-Attack의 Cautionary 레벨은 2개 이상의 Host-Attack 레벨이 Cautionary 이상일 때를 의미한다. 하나의 호스트가 Cautionary 레벨이고, 하나의 호스트가 공격을 받아 Minimal에서 Cautionary로 전이를 하게 되면, 네트워크 전체는 Network-Attack의 Cautionary 레벨이 된다. 네트워크 공격 시 블랙보드 상의 메시지 전송 방법은 기본적으로 호스트 공격에서의 전송 방법과 동일한 방법으로 메시지를 전송한다. 구성된 시뮬레이션 환경에서는 네트워크 공격을 받는 경우 몇 번의 전이를 거쳐 Network-Attack의 Noticeable 레벨이 되면 공격지에서 전송되는 모든 패킷을 차단하여 네트워크가 공격자로부터 보호되도록 하였다. 공격이 지속되어 Network-Attack의 Serious 레벨에 이르면 네트워크로 유입되는 모든 패킷을 차단하여 네트워크 전체를 보호하였다. 이러한 조치를 통하여 관리자는 네트워크 전체나 일정 호스트에 보안 설정을 다시 할 수 있으며 해당 공격을 막을 수 있다. 이와 같이 블랙보드의 레벨을 세분화하여 관리함으로써 각 레벨에 대한 대처를 용이하게 하고, 침입 탐지의 민감도를 높일 수 있



<그림 10> 침입 탐지 시스템과
블랙보드구조 간의 메시지

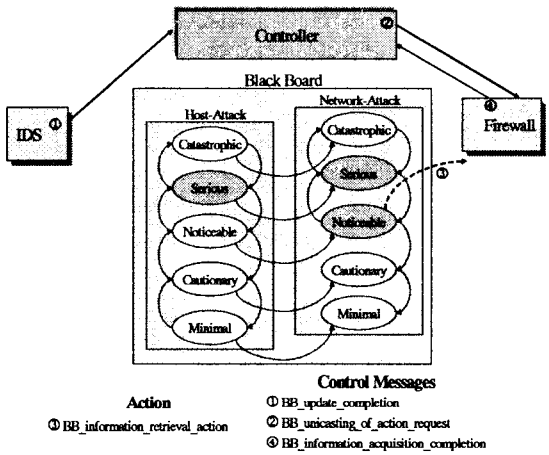
다. <그림 10>은 mailbomb 공격이 발생한 경우, 블랙보드를 통해 침입 탐지 에이전트들이 서로 통신하는 것을 나타낸다. mailbomb 공격이 여러 호스트에 행해져 Network-Attack의 Cautionary 레벨에서 Noticeable 레벨로 전이하는 과정을 보여준다.

4.2 침입 탐지 시스템과 침입 차단 시스템의 연동

침입 탐지 시스템과 침입 차단 시스템간의 통신에 사용되는 메시지는 역시 두 가지이다. 제어 메시지는 침입 탐지 에이전트와 제어기, 제어기와 침입 차단 시스템이 통신하는데 사용되는 메시지이이다. 데이터 메시지는 방화벽과 블랙보드간의 데이터 전송에 사용되는 메시지이다.

호스트 공격이 발생한 경우 침입 탐지 시스템과 침입 차단 시스템의 연동에 대해 설명한다. 공격을 받고 있는 침입 탐지 시스템에 의해 BB_update_completion 메시지가 제어기에 전해지고 현재 블랙보드의 상태가 Serious 레벨인 경우, 제어기는 침입 차단 시스템에게 BB_unicasting_of_action_request 메시지를 보낸다. 이 메시지를 수신한 침입 차단 시스템은 블랙보드에서 침입 관련 정보를 열람 (BB_information_retrieval_action)하게 된다. 정보를 모두 열람한 침입 차단 시스템은 제어기에게 BB_information_acquisition_completion 메시지를 전송하여 통신을 마치게 된다. 침입 차단 시스템은 이렇게 열람한 정보를 갖고 자신의 규칙 테이블을 수정하여 공격자의 패킷이 네트워크로 유입되는 것을 막는다.

다음은 네트워크 공격이 발생한 경우 보안 시스템의 연동에 대해 설명한다. 네트워크 공격은 여러 호스트가 공격을 받은 경우이므로 Network-Attack 상에서 레벨의 전이가 발생한다. Network-Attack의 Noticeable 레벨에서는 모든 공격자의 패킷을 차단하므로 네트워크 상에 유입되는 공격 패킷을 좀 더 빠르게 차단할 수 있다. 또한 Network-Attack의 Serious 레벨에서는 네트워크의 모든 패킷을 차단한다. 이러한 조치는 네트워크를 사용할 수 없음을 의미하지만 네트워크 전체에 행해지는 공격을 막기 위한 최후의 수단이 될 것이다. 이 상태가 되면 관리자는 신속하게 보안 패치를 설치하고 공격 시스템을 파악하여 신고하는 등의 필요한 조치를 취해야 한다. <그림 11>은 블랙보드의 레벨이 Network-Attack의 Noticeable이 된 경우 침입 탐지 시스템과 침입 차단 시스템이 연동되는 메커니즘을 나타낸 것이다.

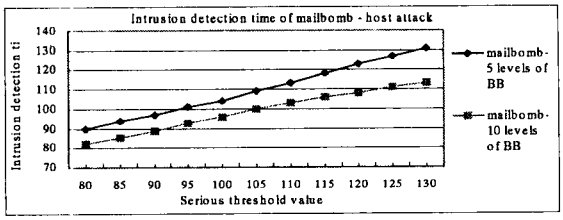


<그림 11> 침입 탐지 시스템과 침입 차단 시스템의 연동

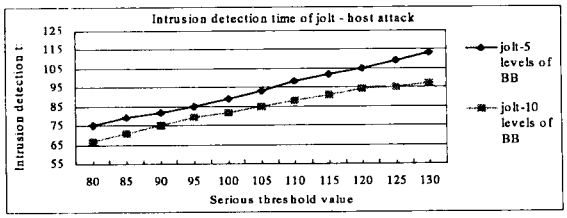
5. 시뮬레이션 결과

본 논문에서는 두 가지의 경우에 대해서 시뮬레이션을 수행하였다. 첫 번째 경우는 호스트 공격이 발생한 경우 침입 탐지 시스템이 침입을 탐지하는 경우이고, 다른 경우는 네트워크 공격이 발생한 경우 침입을 탐지하는 경우이다. 시뮬레이션을 수행하기 위한 시뮬레이션 환경은 본 연구진이 개발한 DEVS-ObjC를 사용하였다. 내부 시스템을 공격하기 위해서 mailbomb 공격과 jolt 공격을 사용하였고, 이런 공격을 통해 침입 탐지의 성능을 측정하였다. mailbomb 공격은 서비스 거부 공격의 한 형태이다. mailbomb 공격은 많은 양의 메일을 메일 서버에 보냄으로써, 메일서

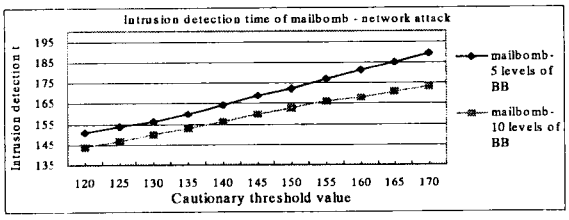
버의 동작을 느리게 하거나 동작을 멈추게 하는 공격이다. mailbomb 공격의 패킷을 생성하기 위해 Kaboom version 3.0을 사용하였다. jolt 공격 역시 서비스 거부 공격의 한 형태이다. jolt 공격은 IP 데이터그램을 작은 조각으로 나누고, 그 나누어진 패킷을 공격 대상 시스템에 전송하는 공격이다. 이러한 패킷을 수신하는 대상 시스템의 CPU는 과부하가 걸리게 된다. 즉 작은 패킷을 저장하고 다시 재조립하는데 CPU의 모든 시간이 소모되어 버린다. 결과적으로 CPU의 사용량은 거의 100%에 이르게 되고, 다른 작업을 처리할 수 없게 된다.



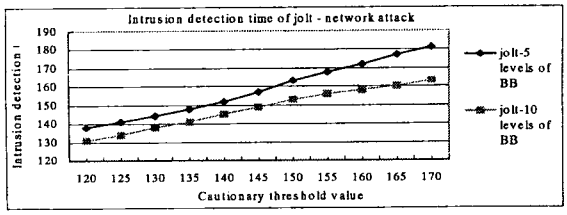
<그림 12> mailbomb 공격의 침입 탐지 시간 - 호스트 공격인 경우



<그림 13> jolt 공격의 침입 탐지 시간 - 호스트 공격인 경우



<그림 14> mailbomb 공격의 침입 탐지 시간 - 네트워크 공격인 경우



<그림 15> jolt 공격의 침입 탐지 시간 - 네트워크 공격인 경우

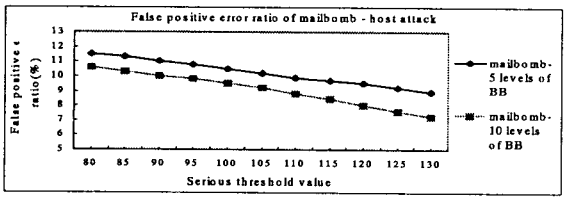
시뮬레이션을 위한 성능 지표로는 침입 탐지 시간, false positive error ratio와 false negative error ratio를 선택하였다. 본 연구진은 이미 이전의 연구에서 하나의 침입 탐지 시스템과 여러 개의 침입 탐지 시스템을 사용한 경우에 여러 개의 침입 탐지 시스템을 활용하는 것이 효과적으로 침입을 탐지함을 보였다[6,7]. 이전의 연구에서는 블랙 보드의 레벨을 5가지 레벨-Minimal, Cautionary, Noticeable, Serious, Catastrophic-로 구분하였다.

<그림 12,13,16,17,20,21>은 공격이 하나의 호스트에 대해서 발생한 경우이고, <그림 14,15,18,19,22,23>는 공격이 네트워크에 발생한 경우이다. 시뮬레이션은 이전의 연구와 비교함으로 새로운 시스템의 성능을 보인다.

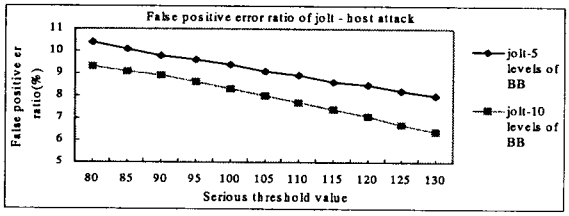
<그림 12-15>는 mailbomb 공격과 jolt 공격이 발생한 경우 블랙보드의 레벨이 5개로 분류된 기존의 시스템과 10개로 분류된 제안된 시스템의 침입 탐지 시간을 측정한 것이다. 시뮬레이션을 위해서 선택된 블랙보드의 레벨은 Host-Attack은 Serious 레벨이고, Network-Attack은 Cautionary이다. 블랙보드 레벨의 임계값(Serious, Cautionary)이 변함에 따라 다른 레벨의 임계값 역시 같은 비율로 변한다.

두 가지 공격에 대해서 기존의 시스템보다 제안된 시스템이 침입을 더 빠르게 탐지한다. 이러한 결과는 블랙보드의 레벨을 세분화하므로 각 에이전트가 침입의 상황을 좀 더 빠르게 파악했음을 보여준다. 침입을 빠르게 탐지하게 되면 관리자는 침입에 더 빠르게 대응할 수 있다. 네트워크 관리자가 침입을 신속하게 파악하여 대처를

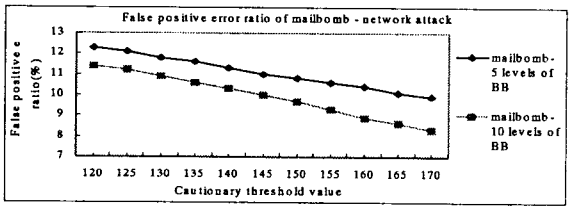
하게 되면 네트워크를 좀 더 안전하게 유지할 수 있다. 네트워크의 보안 레벨을 낮추게 되면 (본 시스템에서는 블랙보드의 임계값을 높이게 되면), 기존의 시스템과 제안된 시스템의 성능의 차이가 더 커지게 된다. 보안 레벨을 낮추면 침입 탐지 시스템이 정보를 공유하는데 있어 민감도가 증가하기 때문이다. 민감도에 관련된 이러한 현상은 모든 다른 시뮬레이션 결과에도 적용이 된다.



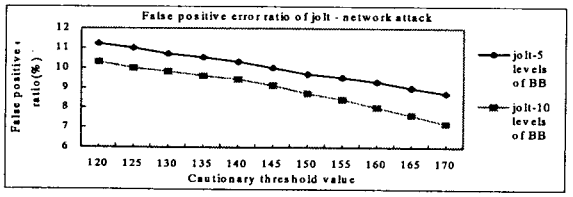
<그림 16> mailbomb 공격의 FPER - 호스트 공격인 경우



<그림 17> jolt 공격의 FPER - 호스트 공격인 경우



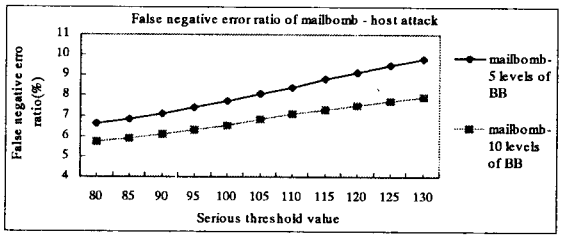
<그림 18> mailbomb 공격의 FPER-네트워크 공격인 경우



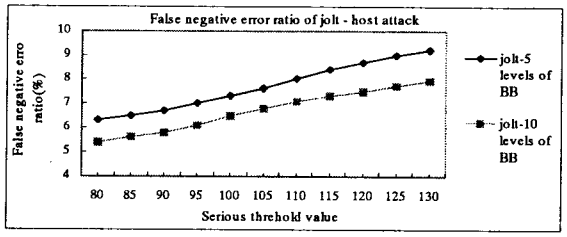
<그림 19> jolt 공격의 FPER - 네트워크 공격인 경우

<그림 16-19>는 mailbomb 공격과 jolt 공격이 발생한 경우 5개의 블랙보드 레벨을 갖는 기존의 시스템과 10개의 블랙보드 레벨을 갖는 제안된 시스템의 false positive error ratio를 나타낸 것이다. <그림 16-19>에서는 보안 수준이 강화됨에 따라 false positive error ratio가 증가함을 보인다. 이러한 에러율은 증가는 보안 수준이 증가함에 따라 침입 탐지 시스템이 두 가지 공격에 대해 더 많은 실수를 생성하기 때문이다. <그림 16-19>에서 보이듯 10개의 블랙보드 레벨을 갖는 시스템의 에러율이 더 낮음을 알 수 있다. 이러한 결과는 침입 탐지 시스템이 블랙보드의 세분화를 통해 더 민감하게 침입에 반응하였기 때문이다.

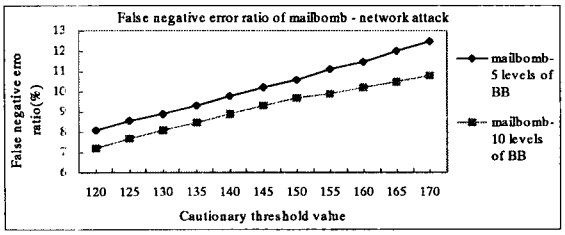
<그림 20-23>는 mailbomb 공격과 jolt 공격이 발생한 경우 기존 시스템과 제안된 시스템의 false negative error ratio를 나타낸 것이다. 아래 그림과 같이 보안 레벨이 강화될수록 false negative error ratio가 감소함을 알 수 있다. 기존의 시스템에 비해 제안된 시스템의 오류가 적은데, 이것은 블랙보드 레벨의 세분화를 통해 에이전트간의 활발한 통신이 이루어졌음을 의미한다.



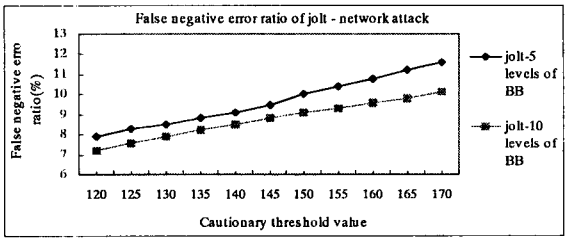
<그림 20> mailbomb 공격의 FNER-호스트 공격인 경우



<그림 21> jolt 공격의 FNER - 호스트 공격인 경우



<그림 22> mailbomb 공격의 FNER-네트워크 공격인 경우



<그림 23> jolt 공격의 FNER - 네트워크 공격인 경우

6. 결론

현재 인터넷상에서 진행되고 있는 공격들은 과거에 비하여 더 심각하고, 기술적으로 더 복잡해졌다. 그래서 침입을 탐지하기 위해 하나의 침입 탐지 시스템을 사용하는 것은 효과적이지 못하다. 다수의 침입 탐지 시스템을 사용하여 서로 정보를 공유하며 침입을 탐지하는 것이 침입 탐지의 성능을 높이는 좋은 방법이다. 정보를 공유하기 위해서 블랙보드구조를 사용하는 시스템은 새로운 침입 탐지 에이전트를 추가하거나, 블랙보드의 레벨의 수를 쉽게 증가시킬 수 있어 확장이 용이하다. 블랙보드 레벨의 세분화를 통해 에이전트들 간의 정보 교환을 충분히 함으로 침입 탐지의 성능을 높일 수 있다. 침입 탐지 시스템 간의 연동뿐 아니라 침입 탐지 시스템과 침입 차단 시스템의 연동은 네트워크를 안전하게 보호하는 방법을 제공한다.

향후 과제로는 다양한 유형의 침입에 대한 시뮬레이션이 수행될 것이고, 시뮬레이션을 통해 침입을 탐지하기 위해 SVDB(Simulation based Vulnerability DataBase)을 활용하는 방법이 진행될 것이다.

참고 문헌

[1] E. D. Zwicky, S. Cooper and D. B. Chapman, *Building Internet Firewalls second edition*, O'reilly & Associates, 2000.

[2] E. Amoroso, *Intrusion Detection-An Introduction to Internet Surveillance, Correlation, Traps, Trace Back, and Response*, Intrusion.Net Books, 1999.

[3] S Mclure, J. Scambray and G. Kurtz, *Hacking Exposed: Network Security Secrets and Solutions*, McGraw-Hill, 1999.

[4] R. Bace, *Intrusion Detection*, Macmillan Technical Publishing, 2000.

[5] F. Cohen, "Simulating Cyber Attacks, Defences, and Consequences," *Computer & Security*, Vol.18, pp. 479-518, 1999.

[6] Seo, Hee Suk and Cho, Tae Ho, "Simulation of Network Security with Collaboration among IDS Models," *Lecture Notes on Artificial Intelligence*, Springer Verlag, LNAI 2256, pp438-448, Dec. 2001.

[7] Seo, Hee Suk and Cho, Tae Ho, "Modeling and Simulation of Network Security with the Coordination of IDSes and Firewall," Proceedings of International Conference on Security and Management, Las Vegas, Nevada, USA, pp 207-212, Jun. 2002.

[8] G. Van Zeir, J. P. Kruth and J. Detand, "A Conceptual Framework for Interactive and Blackboard Based CAPP," *International Journal of Production Research*, Vol. 36(6), pp. 1453-1473, 1998.

[9] K. Decker, A. Garvey, M. Humphrey and V. R. Lesser, "Control Heuristics for Scheduling in a Parallel Blackboard System," *International Journal of pattern Recognition and Artificial Intelligence*, Vol. 7, No. 2, pp. 243-264, 1993.

[10] F. Klassner, V. R. Lesser and S. H. Nawab, "The IPUS Blackboard Architecture as a

Framework for Computational Auditory Scene Analysis," IJCAI-95 Workshop on Computational Auditory Scene Analysis, Montreal, Canada, Aug. 1995.

[11] B. P. Zeigler, *Object-Oriented Simulation with Hierarchical, Modular Models*, USA:Academic Press, San Diego CA, 1990.

[12] B. P. Zeigler, *Theory of Modeling and Simulation*, John Wiley, NY, USA, 1976, reissued by Krieger, Malabar, FL, USA, 1985.

[13] T.H. Cho and Bernard P. Zeigler, "Simulation of Intelligent Hierarchical Flexible Manufacturing: Batch Job Routing in Operation Overlapping," *IEEE trans. Syst. Man, Cyber. A*, Vol. 27, pp. 116-126, Jan. 1997.

[14] N. Puketza, M. Chung, R. Olsson and B. Mukherjee, "A Software Platform for Testing Intrusion Detection Systems," *IEEE Software*, pp.43-51, Oct. 1997.

[15] U. Lindqvist and P. A. Porras, "Detecting Computer and Network Misuse Through the Production-Based Expert System Toolset (P-BEST)," Proceedings of the IEEE Symposium on Security and Privacy, Oakland California, May 1999.

[16] P. Porras and P. Neumann, "EMERALD: Event Monitoring Enabling Responses to anomalous live disturbances," Proceedings of the 20th National Information Systems Security Conference, National Institute of Standards an Technology, 1997.

[17] M. Crosbie and G. Spafford, "Active Defence of a Computer System using Autonomous Agents," Technical Report No. 95-008, COAST Group, Dept. of Computer Science, Purdue University, Feb. 1995.

[18] P. Neumann and D. Parker, "A Summary of computer misuse techniques," In Proceedings of the 12th National Computer Security Conference, pp. 396-407, Oct. 1989.

[19] Duan Haixin, Wu Jianping and Li Xing, "Policy based access control framework for large networks," Proceedings of IEEE International Conference on ICON 2000, Sept. 2000.

[20] Noureldien A. Noureldien and Izzeldin M. Osman, "On Firewalls Evaluation Criteria," Proceeding of TENCON 2000, pp 104-110, Sept. 2000.

[21] B. A. Forouzan, *TCP/IP Protocol Suite*, McGrawHill, 2000.

[22] J. Barrus and N. C. Rowe, "A Distributed Autonomous-Agent Network-Intrusion Detection and Response System," Proceedings of Command and Control Research and Technology Symposium, Monterey CA, pp. 577-586, Jun. 1998.

● 저자소개 ●

서희석
2000 성균관대학교 산업공학과 학사
2000~2002 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 석사
2002~현재 성균관대학교 정보통신공학부 박사과정
관심분야 : 네트워크 보안 시뮬레이션, 취약성 분석, 지능제어

조대호
1983 성균관대학교 전자공학과학사
1987 알라바마대 전자공학과 석사
1983 아리조나대 전자 및 컴퓨터공학과 박사
1993~1995 경남대학교 전자계산학과 전임강사
1995~1999 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 조교수
1999~현재 성균관대학교 정보통신공학부 부교수
관심분야 : 모델링 및 시뮬레이션, 네트워크 보안, 지능제어, ERP