사이버 공격 시뮬레이션을 위한 공격자 및 호스트 모델링*

정정례**, 이장세***, 박종서***, 지승도***

Attacker and Host Modeling for Cyber-Attack Simulation

Jeong-Rea Jeong, Jang-Se Lee, Jong Sou Park, Sung-Do Chi

Abstract

The major objective of this paper is to propose the method of attacker and host modeling for cyber-attack simulation. In the security modeling and simulation for information assurance, it is essential the modeling of attacker that is able to generate various cyber-attack scenarios as well as the modeling of host, which is able to represent behavior on attack concretely. The security modeling and simulation, which was announced by Cohen, Nong Ye and etc., is too simple to concretely analyze attack behavior on the host. And, the attacker modeling, which was announced by CERT, Laura and etc., is impossible to represent complex attack excepting fixed forms. To deal with this problem, we have accomplished attacker modeling by adopted the rule-based SES which integrates the existing SES with rule-based expert system for synthesis and performed host modeling by using the DEVS formalism. Our approach is to show the difference from others in that (i) it is able to represent complex and repetitive attack, (ii) it automatically generates the cyber-attack scenario suitable on the target system, iii) it is able to analyze host's behavior of cyber attack concretely. Simulation tests performed on the sample network verify the soundness of proposed method.

Key Words: Attacker modeling, Cyber attack simulation, Rule-based SES

* 본 논문은 한국 시뮬레이션 학회 2002년 추계 학술대회에서 발표한(우수논문상 수상) 내용을 보완한 것임.

** (주) 어필텔레콤

*** 한국항공대학교 컴퓨터공학과

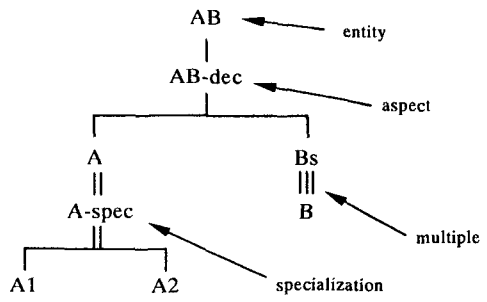
1. 서 론

전 세계적인 정보화와 인터넷의 보급은 컴퓨팅 환경의 변화와 더불어 정보 통신에 대한 의존도를 증대시키고 있다. 반면, 정보통신 시스템 자체의 버그, 부적절한 구성 설정, 개방형 인터넷 기반구조 등에 따른 취약성을 이용한 해킹 및 사이버 테러 등과 같은 불법적인 행위가 증가하는 추세에 있다[1]. 이러한 불법적인 행위를 방지하기 위해서는 물리적인 기반 구조를 대상으로 직접적인 실험을 통하여 취약 요소 평가, 피해 파급효과 분석, 보안 대책의 적절성 평가 등을 시행해야 한다. 그러나, 실제의 기반구조를 대상으로 실험을 시행할 경우 비용, 시간, 피해의 책임문제, 피해배상 등의 많은 문제를 내포함에 따라, 정보보호의 관점에서 시뮬레이션 접근은 정보기반구조에서의 보안 대책 및 위험 요소 분석을 위한 필수 불가결한 요소로 인식되고 있다. 최근까지 네트워크 보안 모델링에 있어서 Cohen[2], Amoroso[3], NongYe[4] 등의 연구는 나름대로의 의미있는 연구 결과들을 제시하고 있지만 Cohen의 접근은 원인-결과 모델에 의한 사이버 공격과 방어의 표현을 너무 단순하게 표현했기 때문에 실제 적용을 하는데 어려움이 있으며, Amoroso가 제시한 침입 모델에 대한 연속적인 행동은 침입 모델에 대한 행동을 보이는 장점을 가지는 반면, 보안 메커니즘 중심의 표현으로 인해 컴퓨터 시뮬레이션 접근이 분명치 않은 단점을 가진다. 또한, NongYe의 접근은 복잡한 시스템에 대한 단계적 접근이 돋보이지만 이러한 단계를 적용한 모델링 및 시뮬레이션 기법에 대한 구체적인 예시가 없는 실정이다. 한편, 네트워크 보안 모델링 및 시뮬레이션을 위하여 다양한 공격을 표현하고 생성하기 위한 연구로서 공격자에 대한 모델링이 시도되고 있다. 최근 미국 CERT에서 발표된 기술 문서[6]에서는 AND/OR 트리[6,7]를 이용하여 공격에 대한 정보를 구조화 시켜 재사용이 가능한 형태로 표현하는 방법으로 공격자 모델을 제시한 바 있다[7]. 그러나 AND/OR 트리를 이용한 공격자 모델의 경우 반복적인 공격표현이 어렵고, 공격 패턴에 대한 광범위한 데이터가 존재한다는 가정 하에 공격자 모델링을 수행할 수 있기 때문에 아직까지 의미 있는 결과를 내기에는 부족하다. 또한, Laura[8]는 실제 네트워크로부터 수집된 컴포넌트들의 정보와 기존의 공격 리스트 정보를 통해 공격의 단계를 상태전이도로 표현한 공격 그래프 도구(Attack Graph Tool)를 제안하였다. 공격 그래프 도구는 공격 단계를 상태전이도로 표현함으로써 일련의 공격들을 알기 쉽게 표현할 수 있다는 장점을 갖지만, 공격 템플릿 이외의 공격에 대해서는 표현이 불가능하고, 공격의 복잡성이 증가하면 상태전이도 표현의 한계성을 갖는다. 이를 극복하기 위하여 본 논문에서는 시스템의 구조를 표현하는 기존 SES에 합성용 규칙기반 전문가 시스템 방법론을 통합한 Rule-Based SES를 적용하여 공격자를 모델링하고, 이산사건 형식론인 DEVS를 이용하여 호스트를 모델링한다. 제안된 모델링 방법은 1) 반복적이고 복잡한 공격에 대한 표현이 가능하고, 2) 공격 대상 시스템에 적합한 공격 시나리오를 자동 생성할 수 있으며, 3) 공격에 대한 호스트의 구체적인 행위를 분석할 수 있다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 우선, 공격자 모델링에 사용되는 Rule-based SES와 DEVS 형식론에 대해 소개하며, 이를 이용한 공격자 및 호스트에 대한 모델링 방법을 제안한다. 끝으로 사례연구를 통해 제안하는 모델링 방법의 타당성을 검증한다

2. Rule-based SES 및 DEVS 개요

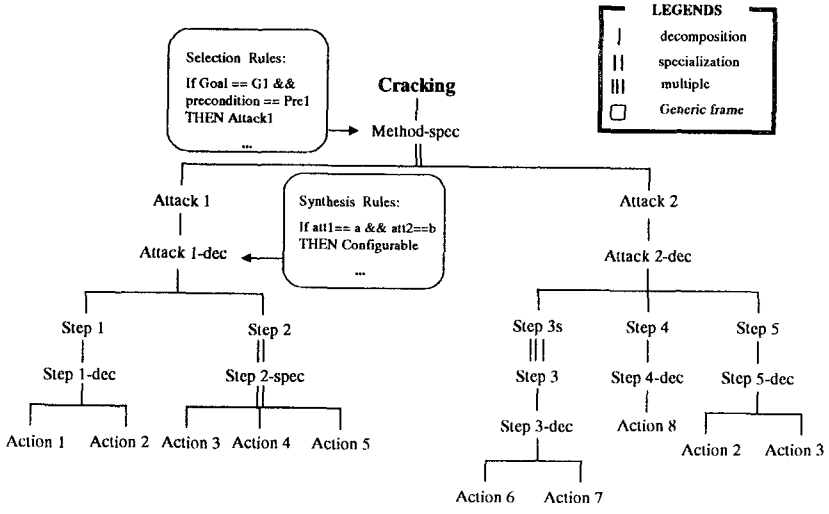
2.1. Rule-based System Entity Structure (Rule-based SES)

SES(System Entity Structure)는 구성원들의 분할, 분류, 결합관계, 제약조건 등을 표현할 수 있는 구조체를 말한다[9,10,11]. <그림 1>은 간단한 SES를 나타낸 것이다.



<그림 1> 간단한 SES의 예

여기서, entity는 임의의 실체를 의미하며 여러 개의 aspect와 specialization을 가질 수 있다. Aspect는 entity의 분할구조 관계를 나타낸다(그림 1에서 한 줄의 수직선에 의해 표현). Specialization은 entity 종류들의 분류구조 관계를 나타낸다(그림 1에서 두줄의 수직선에 의해 표현). Multiple entity는 동종의 entity들의 집합관계를 나타내는 것으로, 시스템에서 개수가 가변적인 여러개의 entity를 표현할 때 사용된다(그림 1에서 세줄의 수직선에 의해 표현). 한편, SES로 표현되는 여러 가능한 구조 중에서 하나의 대상이 되는 구조를 선택하기 위한 Pruning과정을 적용할 수 있는데, Pruning과정은 설계대상 시스템에 필요로 하는 구성 요소들 및 결합관계의 선택 폭을 제한시켜 줄 수 있다[12]. 이를 통해, 구조적 설계문제를 합성문제로 전환시킬 수 있다. 여기서, 합성문제란 충분한 지식을 통해 표현된 모든 구성원들의 집합으로부터 하나의 시스템을 체계적으로 구성하는 것을 뜻한다. 즉, 합성문제에 있어서 설계 전문가의 지식과 경험으로부터 추출한 일련의 규칙들을 활용하여 자동화함으로써, 설계과정을 줄일 수 있다. Rule-based SES에서는 SES상의 각 Entity들이 선택 및 분할에 관련된 각종 속성 값과 이들을 처리하는 규칙들을 갖는다. 즉, Pruning과정은 요구사항과 제약조건에 상응하는 적절한 Entity를 선택하기 위하여 전문가 시스템을 활용한다. 이러한 방법으로 선택된 Entity들로 구성된 PES(Pruned Entity Structure)는 주어진 요구사항 및 제약 조건을 충족시키는 하나의 설계 구성대안이 될 수 있다[13]. <그림 2>는 Rule- based SES의 예를 나타낸 것이다. 여기서 분할노드(예, Attack1-dec)를 가진 Entity(예, Attack1)는 합성에 관련된 규칙들을 가지며, 분류노드(예, Method-spec)를 가진 Entity(예, Cracking)는 종류별 선택에 관련된 규칙들을 가짐으로써, 해당 속성 값의 부여 시



<그림 2> Rule-based SES 접근방법의 예

최적의 대안이 제시될 수 있다. 이를 위하여, 각 Entity별 속성 값과 규칙들을 체계적으로 표현하고 있는 Generic frame을 이용한다. 즉, Generic frame에 정의되어있는 다양한 규칙과 제약 조건에 따라, 모든 가능한 대안들을 표현하는 SES로부터 하나의 대안인 PES를 얻어낼 수 있다.

2.2 Discrete Event System Specification (DEVS)

이산 사건 모델링을 위한 대표적인 형식론인 DEVS(Discrete Event System Specification)모델은 연속적인 시간상에서 이산적으로 발생하는 사건들에 대하여 시스템의 행위를 측정하는 것으로 다음과 같은 집합에 의해 표현된다[9,10].

$$M = < X, S, Y, \delta_{int}, \delta_{ext}, \lambda, ta >$$

여기에서

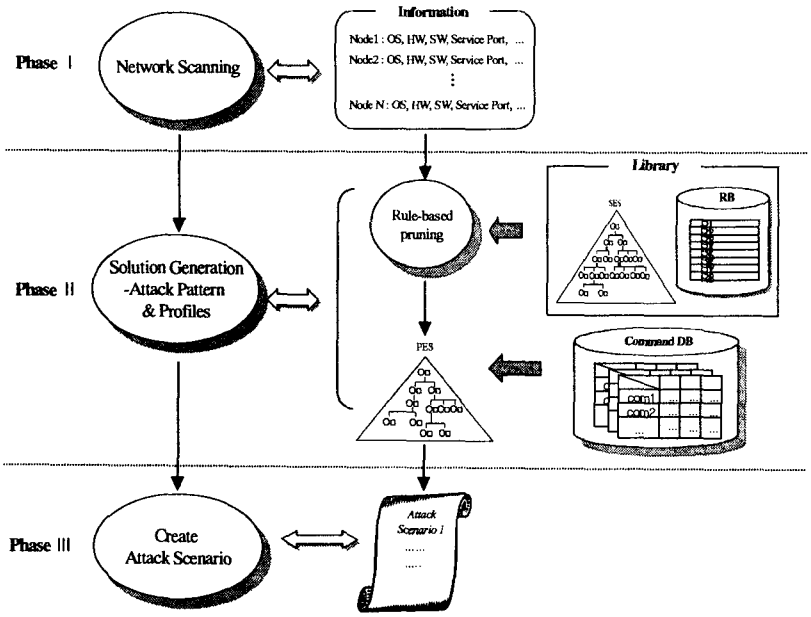
X : 입력 집합
S : 상태 집합
Y : 출력 집합
δ_{int} : $S \rightarrow s$, 내부상태 전이함수
δ_{ext} : $Q \times X \rightarrow S$, 외부상태 전이함수
$Q = \{(s,e) | s \in S, 0 \leq e \leq ta(s)\}$
λ : $S \rightarrow Y$, 출력함수
ta : $S \rightarrow R+0,\infty$, 시간 진행 함수,
단, $R+0,\infty$s는 음수를 제외한 실수집합

입력 집합 X는 시스템 외부에서 발생하는 사건들의 집합을 의미하고, 출력 집합 Y는 출력 변수들의 집합을 나타낸다. 상태 집합 S는 상태 변수들의 각 정의 구역들의 곱집합을 의미하며 상태 s는 시간 진행에 따른 시스템의 순차적인 스냅 샷(snap shot) 상태를 의미한다. 사건 진행 함수 ta(s)는 시스템이 외부 사건을 입력받지 않는 한 상태 s에 머물 수 있도록 허용한 시간으로 정의한다. 내부 상태 전이 함수 δ_{int}는 외부사건이 없는 경우 시간 진행에 따라 모델의 상태변화를 설명해주는 함수로 정의하고, 외부상태 전이 함수 δ_{ext}는 시스템 외부에서 발생한 사건에 의한 모델의 상태변화를 나타내는 함수로 정의한다. 출력 함수 λ는 상태 s에서 시스템의 출력을 정의한다[9,10].

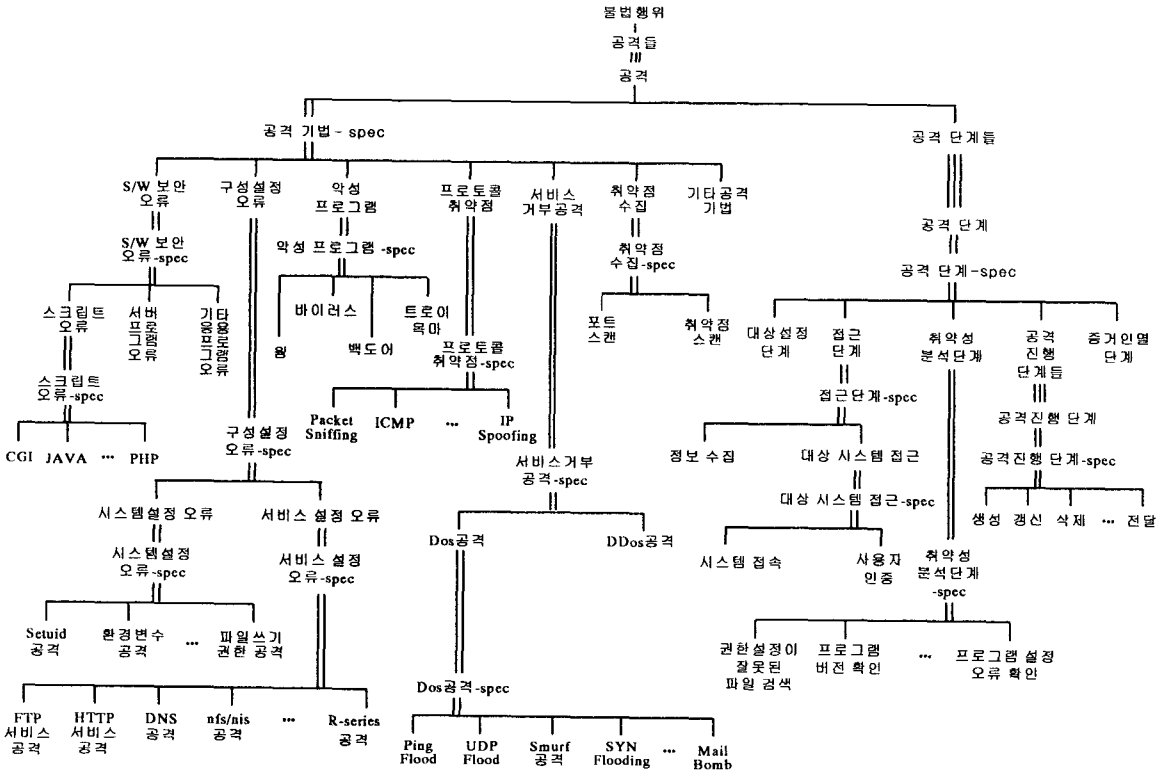
3. 공격자 및 호스트 모델링

3.1. 공격자 모델링

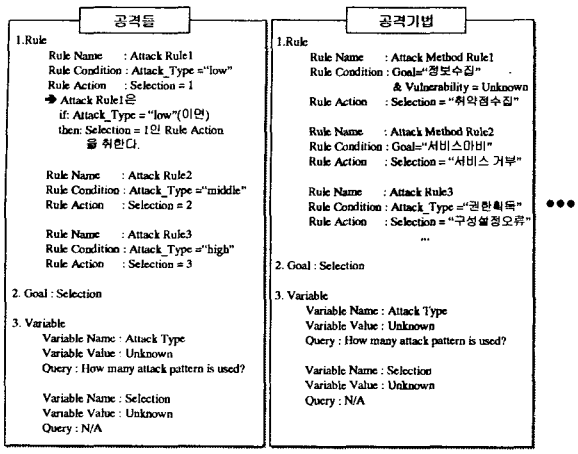
공격자 모델은 대상 호스트의 상태에 따라 다양한 공격을 수행하기 위하여 Rule-based SES를 이용하여 공격 시나리오를 생성한다. <그림 3>은 공격자 모델이 공격 시나리오를 생성해내는 과정을 나타낸 것이다. 첫 번째 단계에서 네트워크 구성원들로부터 하드웨어 타입, 운영체제 타입, 파일 시스템 등과 같은 시스템 정보들을 얻어온다. 두 번째 단계에서는 불법행위를 표현하는 SES, 제약조건 및 Rule을 저장하고 있는 Library, 그리고 공격 대상 호스트에 대한 다양한 시스템 정보를 이용하여 하나의 공격 패턴 PES를 생성한다. 마지막 단계에서는 공격 명령어, 명령어가 수행되기 위한 선행 조건, 그리고 명령어 수행 후의 상태 변화를 나타내는 후행조건 등을 저장하고 있는 Command DB로부터 공격 패턴 PES의 각 단말 노드에 명령어를 일대일로 매핑시킴으로써 하나의 공격 시나리오를 구성하게 된다. <그림 4>는 Library에 저장되어 있는 불법행위 SES를 나타내며, <그림 5>는 공격 패턴 PES를 생성하기 위한 규칙과 제약조건을 정의한 Generic Frame의 예를 나타낸다. 또한, <그림 6>은 <그림 4>의 불법행위 SES, <그림 5>의 Generic Frame 및 공격 대상 호스트의 시스템 정보를 이용하여 생성한 취약점 수집 공격과 Seuid 공격의 조합으로 이루어진 하나의 공격패턴 PES를 나타내며, 최종적으로 생성된 공격패턴 PES에 적절한 공격 명령어를 선택함으로써 하나의 공격 시나리오를 생성하게 된다(표 1 참조).



<그림 3> 공격자 모델의 시나리오 생성 방법



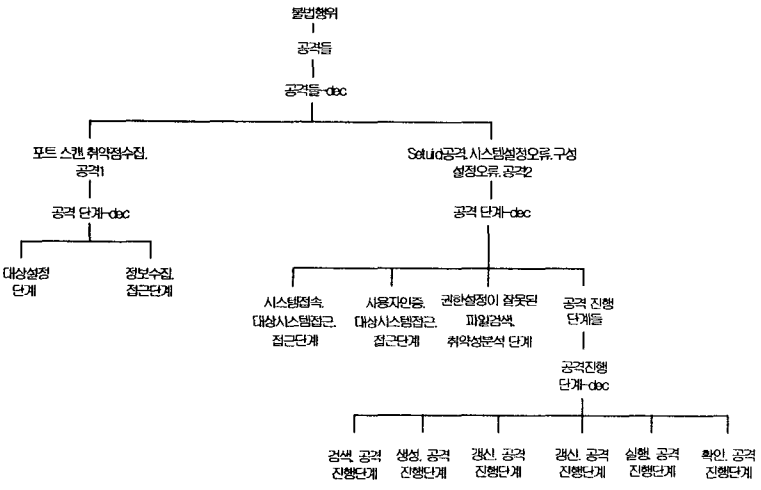
<그림 4> 불법행위 SES



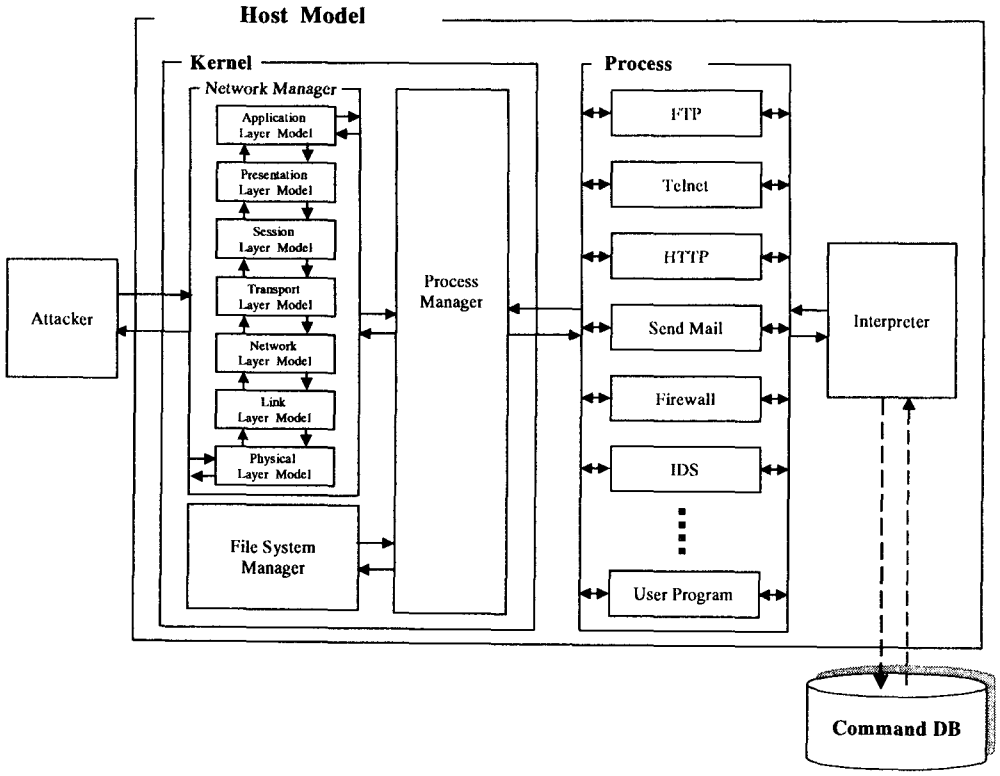
<그림 5> Generic Frame의 예

3.2. 호스트 모델링

보안관점에서 호스트의 기능 및 요소에 대한 상세화 / 추상화를 통하여 호스트에 대한 모델링을 시도하였다. <그림 7>에서와 같이 Attacker Model과 연결될 수 있는 호스트 모델은 크게 Kernel Model과 Process Models로 나뉜다. 또, Kernel Model은 다시 Network Manager Model, File System Manager Model과 Process Manager Model로 구성되며, Process Models은 제공하는 기능에 따라 파일전송서비스를 제공하는 FTP Model, 원격접속 서비스를 제공하는 Telnet Model, 웹 서비스를 제공하는 Http Model 등과 같은 여러 개의 서비스 모델로 상세화된다. 호스트 모델을 구성하는 주요 모델들의 기능 및 속성에 관해 간단히 설명을 하면, Network Manager Model은 OSI 7 layer에 따라 패킷을 생성하여 외부로 전달하는 기능과 외부로부터 받은 패킷에 대한 전달 및 간단한 처리 기능을 수행한다. File System Manager Model은 중요 파일 및 디렉토리에 대한 정보를 가지며, 파일 읽기, 수정, 삭제 등과 같은 작업 요청에 대하여 파일 접근 권한에 따라 작업을 수행하고 처리 결과를 보내는 역할을 한다. 각각의 파일은 파일 이름, 파일 크기, 파일의 유형(정규파일, 디렉토리등), 파일의 허가권, 소유권, 그룹 ID, 저장 위치, 현재 상태(작업 중, idle) 등의 속성 값을 갖는다. Process Manager Model은 프로세스에 대한 정보를 저장, 관리하며 스케줄링 기능을 제공한다. Process Manager Model은 Process ID(PID), 현재 사용자 ID, 제공되는 서비스명, 프로세스 상태 등과 같은 개별의 process정보를 가지고 있어서 요청이 들어올 때마다 해당하는 프로세스와 적절히 연결 시켜주는 역할을 한다. Process Model들은 서비스 요청에 따라 수행되는 다양한 서비스 모델들로 구성된다. 즉,



<그림 6> PES(Pruned Entity Structure)의 예

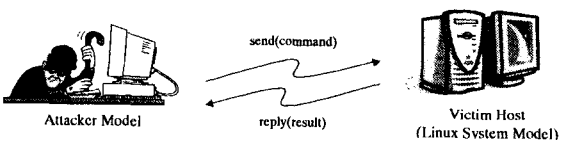


<그림 7> 호스트 모델의 구성도

Process Model들은 원격 접속 서비스를 제공하는 Telnet Model, 단말노드 간의 파일 전송 서비스를 제공하는 FTP Model, 웹 서비스를 제공하는 Http Model, 전자메일 서비스를 제공하는 Send-Mail Model, 다른 네트워크 망이나 대상 호스트 모델로 패킷을 전달해주는 Router Model, 불법적인 패킷을 차단하는 Firewall Model, 외부로부터 불법 침입을 탐지하는 서비스를 제공하는 IDS Model, 그리고 인증 서비스를 제공하는 SSL Model 등으로 구성될 수 있다. 마지막으로, Interpreter Model은 입력된 명령어를 토큰으로 분리하여 해당 명령어를 분석하고 Command DB를 통해 명령어 수행에 필요한 선행조건과 명령어 수행 후 발생되는 시스템의 변화를 표현하는 후행조건 등을 패킷에 실어서 Process 모델에 전달하게 된다.

4. 사례연구

제안된 공격자와 호스트 모델링의 검증을 위하여 간단한 샘플 네트워크에 대한 시뮬레이션을 수행하였다. <그림 8>은 실험대상이 되는 샘플 네트워크로서, Attacker 모델은 Rule-based SES를 이용하여 공격 시나리오를 생성하며 Victim 호스트는 <그림 7>과 같은 모델 구조를 갖는다. 또한, 두 모델 사이의 네트워크 망은 생략하였다.



<그림 8> 샘플 네트워크

<표 1> 생성된 공격 시나리오

Attack	Step	Command	Condition
1. 포트 스캔 -취약성수집	대상설정		
	정보수집	nmap -sS 33.34.35.3	
2. Setuid공격 -시스템 설정오류 공격	시스템 접속	telnet 33.34.35.3	Open_Port_List에 port 23이 있을경우
	사용자 인증	login dayfly77 1230	대상 시스템에 계정이 존재
	권한설정이 잘못된 파일 검색	find / -perm -4000	
	검색	string /home/dayfly77/prog1	
	생성	cat > ls /bin/sh	Setuid공격에 사용되는 임의의 공격 패턴
	갱신	chmod 755 ls	
	갱신	export PATH=.	
	실행	execute /home/dayfly77/prog1	실행권한이 존재
	확인	id	

<그림 8>에서와 같이 Attacker Model은 공격 대상 Victim Host에 사이버 공격의 명령어 패킷을 전달한다. Attacker Model로부터 전달 받은 패킷은 Victim 호스트의 Network Manager Model의 OSI 7 Layer Model을 거치게 되고, 각각의 Layer Model은 앞에서 설명한 기본적인 패킷 처리를 수행하고 자신의 상위 Layer Model로 패킷을 전달한다. Network Manager Model에서 필터링 된 패킷은 Process Manager Model과 File System Manager Model을 거치면서 명령어에 따라 적절하게 모델의 리소스들을 변화시키고 처리 결과를 Attacker Model에게 응답한다. 공격자 모델은 공격을 수행하기 위해 공격 시나리오를 생성하게 되는데, 이때 공격 대상 호스트에 대한 정보(IP주소, 열린 포트 리스트 등)가 있는지 여부에 따라 공격순서를 정하게 된다. 만약 공격 대상에 대한 정보가 없다면, 다른 공격에 앞서서 대상에 대한 정보 수집공격을 수행한다. 공격 대상에 대한 정보 수집이 이루어지면, 공격 목표 등과 같은 공격자 모델의 속성 값들의 조합을 통하여 수행하고자 하는 공격의 범위가 좁혀진다. 표 1은 공격 대상 호스트가 제공하는 서비스의 종류, 공격 목적, 공격 취약점, 인증된 사용자 계정의 유무 등과 같은 여러 가지 제약조건과 규칙에 따라 pruning과정을 거치고, Command DB를 통해 얻어오는 명령어의 적용을 통해 얻어진 공격 시나리오를 나타낸 것이다. 생성된 공격 시나리오는 setuid가 설정된 파일을 이용한 공격으로, 공격 대상 시스템에 대한 허가된 사용자 ID와 password를 알고 있다는 사실과 일부 setuid설정이 되어있는 실행파일이 존재한다는 가정 하에 이루어지는 공격이다. 생성된 공격 시나리오에 대해 시뮬레이션을 수행한 결과, 표 2의 결과를 얻을 수 있었다. 시뮬레이션 결과를 보면, 우선 공격자 모델은 대상호스트 모델에 허가된 사용자 ID와 Password를 가지고 telnet 접속을 시도한다. 그런 다음 find명령을 통해서 seuid 설정 파일을 검색한다. 검색된 목록 중에 "ls -al" 이라는 telnet명령을 자동으로 수행하는 prog1이라는 임의의 setuid 파일을 선택한다. 그 다음 단계로 bin/sh을 실행시키는 ls라는 실행파일을 생성하고, ls실행파일에 대한 실행 권한 및 환경변수 PATH의 값을 변경한다. 이러한 과정을 수행한 후, prog1 파일을 수행하면 이전에 수행되던 telnet 명령 "ls-al"이 수행되는 것이 아니라 환경 변수 PATH에 설정되어 있는 home/dayfly77/ls를 실행하게 된다. 이때 ls 파일은 bin/sh을 실행하도록 되어있기 때문에 공격자

<표 2> Setuid 공격에 따른 시뮬레이션 결과

Time	Model	What	Remarks
0.0	Attacker	nmap -sS 33.34.35.3	대상 호스트에 대한 열린 포트 검사
4.0	Target	Processing OK!!! (Open_port_List= 80,23)	열린 포트 리스트 전달 (HTTP: 80, Telnet : 23전달)
8.2	Attacker	telnet 33.34.35.3	공격 대상노드에 telnet 접속
8.0	Target : NMM	telnet 33.34.34.3 [Physical -> Link]	MAC Address를 검사
8.1	Target : NMM	telnet 33.34.35.3 [Link -> Network]	IP Address 검사
8.2	Target : NMM	telnet 33.34.35.3 [Network -> Transport]	Opent port List 와 packet.dest_Port와 비교
12.8	Target : PMM	Processing OK!!! (로그인 요구)	프로세스 생성 [11.12.13.4 |Telnet | Running | Anybody]
15.1	Attacker	로그인	대상 호스트에 로그인
21.9	Target : PMM	Processing OK!!!	프로세스 정보 변경 [11.12.13.4 |Telnet | Running | dayfly77]
26.2	Attacker	Find / -perm -4000	적절한 setuid 파일 검색
33.0	Target : FMM	Processing OK!!!	Setuid가 설정된 파일의 목록을 전달
37.3	Attacker	string /home/dayflly77/prog1	Setuid가 설정된 파일 prog1을 분석
45.2	Target : FMM	Processing OK!!!	실행파일에 대한 명세 전달 (ex) prog1 => ls al 수행
49.5	Attacker	cat > ls /bin/sh	bin/sh을 실행시키는 ls라는 실행 파일 생성
57.4	Target	Processing OK!!!	cur_directory에 ls파일 생성 및 실행파일의 명세 (ex) ls.content = /bin/sh
61.5	Attacker	chmod 755 ls	ls의 권한 변경(실행가능)
69.6	Target : PMM	Processing OK!!!	ls파일의 접근 권한을 rwxr-xr-x로 변경
73.9	Attacker	export PATH=.	PATH를 설정
81.8	Target	Processing OK!!!	PATH 값 변경 (ex) PATH = /home/dayfly77
85.9	Attacker	execute /home/dayfly77/prog1	파일 실행
94.0	Target : PMM	Processing OK!!!	root권한 획득- 프로세스 맵의 정보 수정 [11.12.13.4 | Telnet | Running | root]
94.1	Attacker	id	현재 권한 정보 요청
106.2	Targe	Success!!!	권한획득 확인(Uid = 0 gid=508groups=508)

* ***NMM : Network Manager Model, PMM : Process Manager Model, FMM : File System Manager Model***

는 root 권한의 shell을 얻게 된다. 시뮬레이션 결과에서 알 수 있듯이 공격자 모델에 의해서 생성된 패킷이 대상 호스트 모델에 전달되면, Victim 호스트 Model 내부에서 Process Manager Model, Network Manager Model, 그리고 File system Manager Model 등에 전달되고, 패킷에 포함된 명령어의 수행에 따라 적절히 모델 상태와 속성을 변화시키게 된다. 이와 같이, 공격자 모델에 의하여 Victim 호스트의 상태에 따른 적절한 공격 시나리오를 생성하고, 그에 따른 호스트의 구체적인 변화를 분석할 수 있다.

5. 결론

본 논문은 사이버 공격 시뮬레이션을 위한 공격자 및 호스트에 대한 모델링 방법의 제안을 주 목적으로 하였다. 정보보증을 위한 보안 모델링 및 시뮬레이션에 있어서 다양한 사이버 공격 시나리오를 생성할 수 있는 공격자와 공격에 따른 호스트의 변화를 구체적으로 나타낼 수 있는 호스트에 대한 모델링 방법이 필수적이다. 본 논문에서는 시스템의 구조를 표현하는 기존 SES에 합성용 규칙기반 전문가 시스템 방법론을 통합한 Rule-Based SES를 적용하여 공격자를 모델링하고, 이산사건 형식론인 DEVS를 이용하여 호스트를 모델링한다. 제안된 모델링 방법은 1) 반복적이고 복잡한 공격에 대한 표현이 가능하고, 2) 공격 대상 시스템에 적합한 공격 시나리오를 자동 생성할 수 있으며, 3) 공격에 대한 호스트의 구체적인 행위를 분석할 수 있다. 샘플 네트워크에 대한 시뮬레이션 테스트를 통하여 제안된 모델링 방법의 타당성을 검증하였다. 향후 연구로는 공격자 모델의 정확한 행동 표현을 위하여, Pruning과정에 필요한 다양한 규칙 및 제약조건들에 관한 연구와 Command DB의 확장에 따른 모델의 상세화 관련 연구가 진행되어야 할 것이다. 또한 다양한 운영체제를 기반으로 하는 호스트 모델에 대한 연구를 수행하여, 통합적인 호스트 모델에 관한 연구도 진행되어야 할 것이다.

Acknowledge

본 논문은 과학기술부 한국과학재단 지정 경기도 지역협력연구센터(RRC)인 한국항공대학교 인터넷정보검색연구센터의 지원에 의한 것임.

참고문헌

[1] T.A Longstaff, C.Chittister, R. Pethia, Y.Y. Haimes, "Are We Forgetting the Risks of Information Technology", IEEE Computer, Dec. 2000.

[2] Fred Cohen, "simulating Cyber Attacks Defenses, and Consequences". 1999 IEEE Symposium on Security and Privacy Special 20th Anniversary Program, The Claremont Resort Berkeley, California, May 9-12. 1999

[3] Amoroso, E., Intrusion Detection, AT&T Laboratory, Intrusion Net Books, January, 1999

[4] Nong Ye, Joseph Giordano, CACS - A Process Control Approach to Cyber Attack Detection, Communications of the ACM.

[6] http://www.cert.org, "Attack Modeling for Information Security and Survivability", CMU, 2001

[7] 브루스 슈나이어 지음, 채윤기 옮김,"디지털 보안의 비밀과 거짓", 나노미디어, 2001

[8] Laura P. Swiler, Cynthis Philips, David Ellis, and Stefan Chakerian, "Computer-Attack Graph Generation Tool", DARPA Information Survivability Conference & Exposition II, Vol 2, 2001.

[9] Zeigler, B.P. Object-oriented Simulation with Hierarchical, Modular Models: Intelligent Agents and Endomorphic systems, Academic Press, 1990

[10] Zeigler, B.P. Multifacetted Modeling and Discrete Event Simulation, Academic

Press, 1984
[11] S.D. Chi, Modeling and Simulation for High Autonomy Systems, Ph.D. Dissertation, Dept, of Electrical and Computer Engineering, Univ. of Arizona, 1991
[12] Chi, S.D., Lee, J.S., Lee, J.K and Whang. J.H. "NETE: Campuse Network Design Tool", in Proc. IASTED International Conference, July, 1997.
[13] "정보시스템의 구성 및 성능 분석 자동화 방법론에 관한 연구", 과학재단, 1998.4

● 저자소개 ●

정정례
2001년 2월 : 한국항공대학교 컴퓨터공학과 졸업
2003년 2월 : 한국항공대학교 컴퓨터공학과 석사
2003년 3월~현재 : (주)어필텔레콤 연구원
관심분야 : 모델링 및 시뮬레이션, 네트워크 보안.

이장세
1997년 2월 : 한국항공대학교 전자계산학과 졸업
1999년 2월 : 한국항공대학교 컴퓨터공학과 석사
1999년 3~현재 : 한국항공대학교 컴퓨터공학과 박사과정
관심분야 : 모델링 및 시뮬레이션, 네트워크 보안, 지능시스템 설계, 인공생명.

박종서
1983년 2월 : 한국항공대학교 통신공학과 졸업
1987년 12월 : North Carolina State University 컴퓨터공학과 석사
1994년 8월 : Penn State University 컴퓨터공학과 박사
1996년 2월 : Penn State University 컴퓨터공학과 조교수
1996년 3월~현재 : 한국항공대학교 컴퓨터공학과 조교수
관심분야 : Network Security, VLSI, 항공우주용 제어기설계.

지승도
1982년 2월 : 연세대학교 전기공학과 졸업
1984년 2월 : 연세대학교 전기공학과 석사
1985년~1986년 : 두산 컴퓨터(현 한국 디지털)근무
1991년 : 미국 아리조나대학교 전기전산공학과 박사
1991년~1992년 : 미국 SIMEX Systems and S/W 회사 S/W담당자로 근무
1992년~현재 : 한국항공대학교 컴퓨터공학과 부교수
관심분야 : 이산사건 시스템 모델링 및 시뮬레이션, 컴퓨터 보안,
지능시스템 디자인 방법론, 시뮬레이션 기반 인공생명, 교통모델링.