안드로이드에서 eBPF를 이용한 타임스탬프 변경 이벤트 감지

WDSC 2025

Author : 안균승, 김선재, 정연수, 김보겸, 조성제

Presenter : 안균승

Affiliation : 단국대학교

Email : staran1227@dankook.ac.kr

INDEX

01 서론

서론 – 포렌식 수사

사회

‘전투기 촬영’ 10대 중국인들 “인천·제주·김포공항도 찍었다”…2~3차례 입국 이력

입력 2025.04.10 (16:00)

요약

이들은 경찰 조사에서 “평소 비행기 사진을 찍는 취미가 있다”는 취지로 진술한 것으로 알려졌습니다.

경찰은 이들을 출국 정지 조치하는 한편, 휴대전화 포렌식 등을 통해 대공 혐의점 여부 등을 조사하고 있습니다.

만약 사용자가 포렌식 수사 이전에
시간을 **조작**한다면
알리바이가 **조작**될 수 있음

서론 – 안티 포렌식, 타임 스탬프 변경

❖안티 포렌식

❖디지털포렌식 수사를 방해하기 위해 **증거**를 **은닉, 변조, 파괴**하는 기법 전반을 의미함

❖타임 스탬프 변경

❖파일, 시스템 리소스의 메타데이터를 조작하여 실제 **이벤트 발생 시점**을 **감추는 기법**

(예시) 시나리오

타임 스탬프	아티팩트
10:30	사진 촬영
11:00	사진 전송
11:30	갤러리 이미지 삭제
12:00	메시지 삭제

(예시) 조작된 시나리오

타임 스탬프	아티팩트
08:00	갤러리 이미지 삭제
09:30	메시지 삭제
17:30	사진 촬영
18:00	사진 전송

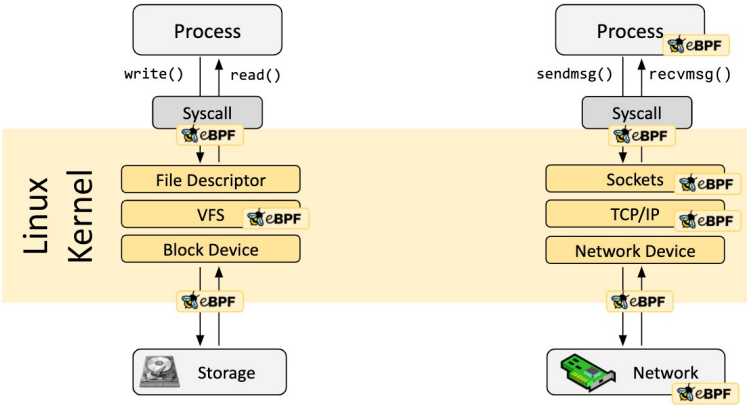
삭제 및 전송한 사진이 없는 것처럼 보임

서론 – eBPF

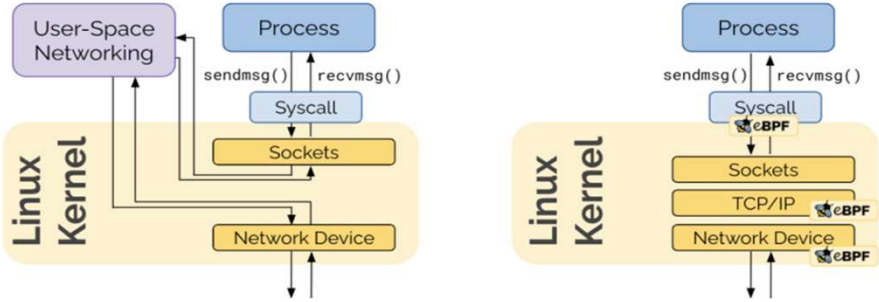
❖**eBPF**

- ❖리눅스 커널 내에서 사용자 정의 프로그램을 안전하게 작성하여 실행시켜주는 프로그래밍 기술임
- ❖**커널**이나 애플리케이션에서 발생하는 **특정 이벤트 지점**을 **후킹**(Hooking)할 수 있게 됨
- ❖따라서, 프로그램이 어떤 사용자 라이브러리나 다양한 라이브러리를 사용하더라도, eBPF는 해당 라이브러리 내부 동작을 몰라도 **최종적으로 호출되는 시스템 콜만 추적하면 분석이 가능함**
- ❖또한, 기존 리눅스 명령어와 달리 **커널 내부**에서 **작동**하므로 **필터링 시간이 더 적게 듦**

eBPF 후킹 가능 지점



eBPF와 기존 모니터링 명령어와 차이점



출처:eBPF Documentary

서론 – eBPF 이용 예시

❖Google: 보안 감사, 패킷 처리, 성능 모니터링

❖Netflix: 대규모 네트워크 인사이트 수집

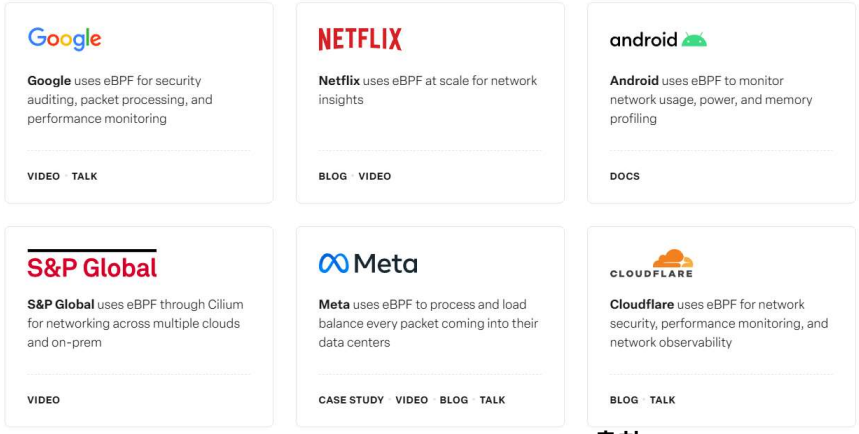
❖Android: 네트워크·전력·메모리 사용 모니터링

❖S&P Global: 멀티 클라우드 네트워킹(Cilium)

❖Meta: 데이터센터 패킷 처리·로드밸런싱

❖Cloudflare: 네트워크 보안·관측성·성능 모니터링

eBPF 사용 예시



출처:eBPF Documentary

서론 – bpftrace, 목적

❖**Bpftrace**

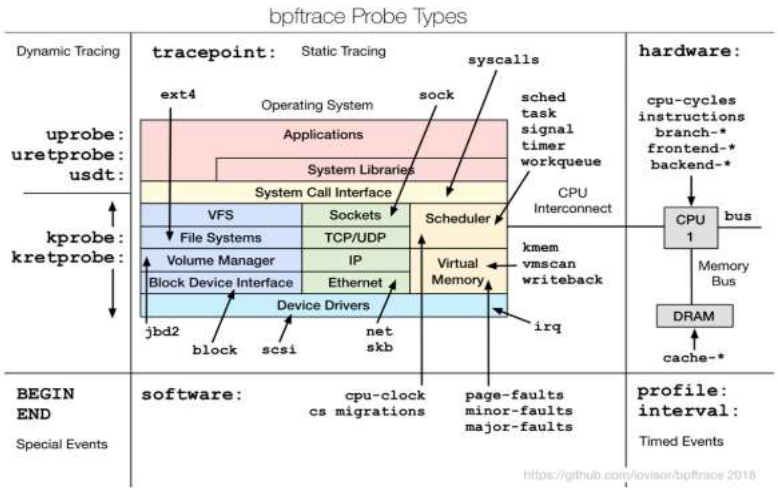
❖C언어로 작성된 스크립트를 컴파일하여 BPF를 통해 커널 내 추적이 가능해주게 하는 오픈소스 도구

❖**ExtendedAndroidTools**

❖오픈소스 프로젝트로 bpftrace와 python 등을 안드로이드 버전에 맞게 크로스컴파일 해주는 도구

❖이를 이용하여 안드로이드에서 시간 변경 이벤트를 **실시간**으로 **탐지**하여 디지털 포렌식 분석의 **신뢰성 보장**

bpftrace 의 후킹 가능 지점



02 관련 연구

관련 연구

❖"리눅스와 안드로이드 시 스템에서 타임스탬프 조작 식별을 위한 로그 분석 기법"(이산 등.)

❖ 리눅스 및 안드로이드 환경에서 **로그 기반 분석**을 통해 타임스탬프 조작을 탐지하는 기법을 제안함

❖"Forensic Detection of Timestamp Manipulation for Digital Forensic Investigation" (Oh et al.)

❖ MS Windows NTFS 파일 시스템 상의 타임스탬프 조작을 탐지하기 위한 **정적 분석 기법**을 제시 함

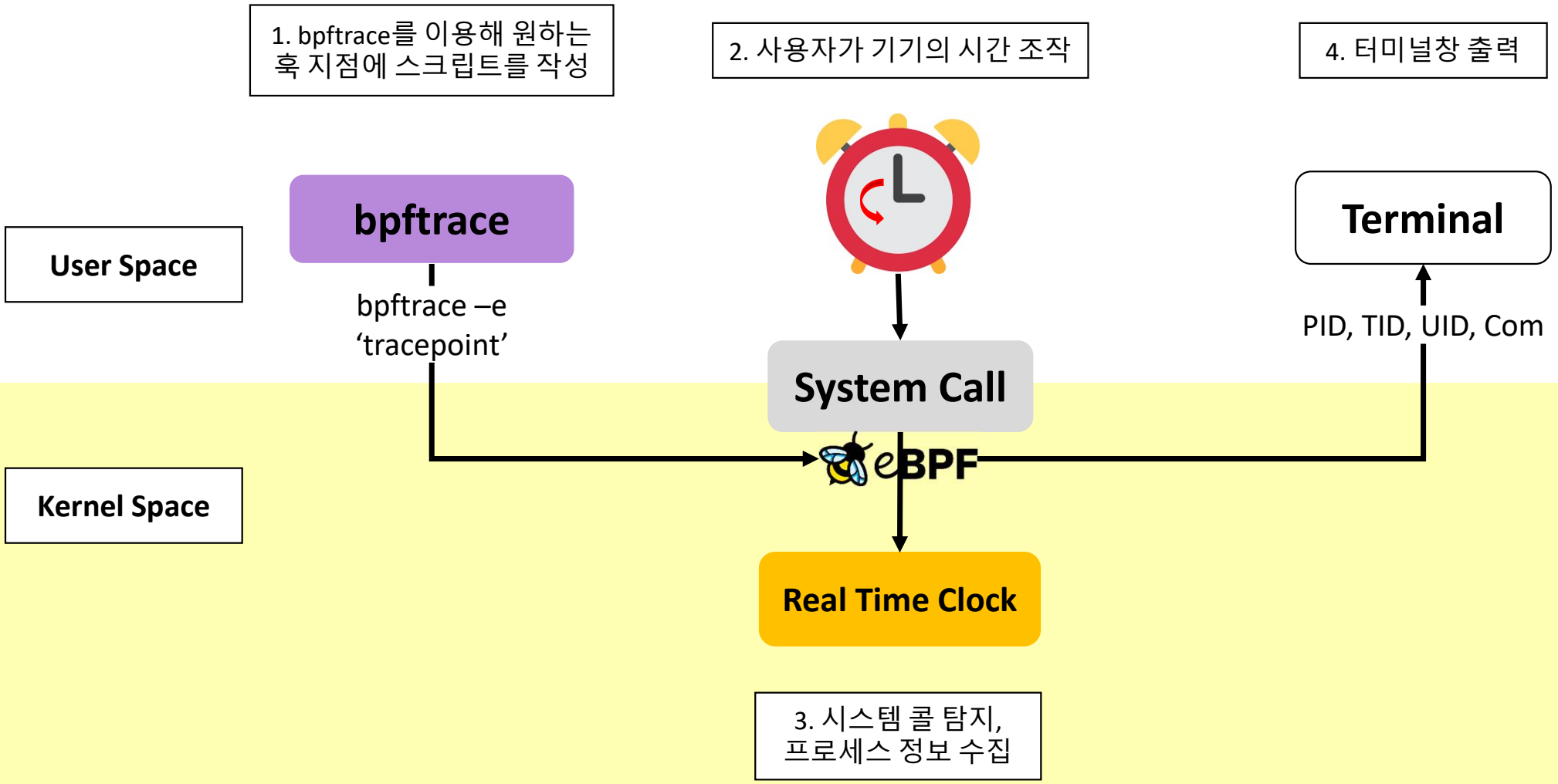
❖"BPFroid: Robust Real Time Android Malware Detection Framework" (Agman et al.)

❖ **eBPF**를 이용하여 **실시간** 안드로이드 악성앱 **탐지**를 **시도**함

❖반면 본 연구에서는 **실시간**으로 **타임스탬프 변경 이벤트를 감지**하려고 함

03 날짜 및 시간 변경 탐지 방법

날짜 및 시간 변경 탐지 방법



04 실험 및 결과 분석

실험 및 결과 분석 – 실험 환경 설정

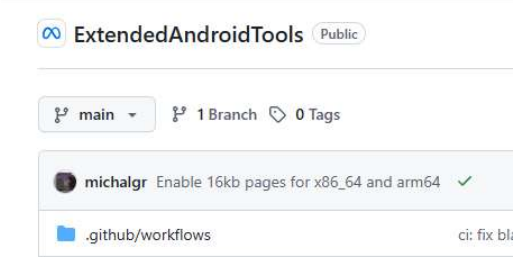
❖리눅스 OS 환경에서 **ExtendedAndroidTools**를 설치

❖깃허브에 적힌 명령어를 통해 **bpftrace**를 자동 다운로드 및 **크로스 컴파일** 함

❖ADB를 통해 안드로이드 기기의 **커널헤더 파일**을 추출해 압축해제 함

❖크로스컴파일된 bpftools(bpftrace)와 압축해제된 커널헤더파일을 ADB를 통해 이동 시킴

ExtendedAndroidTools 깃허브 저장소



ExtendedAndroid Tools 사용 명령어

```
# Build the Docker image
./scripts/build-docker-image.sh

# Run the environment
./scripts/run-docker-build-env.sh

# Build a target of your choice from within the container
> make python
> make bpftools
```

A23N 커널 헤더 파일

사용된 기기 및 도구

안드로이드 폰	eBPF 도구	디버깅 도구
Galaxy A23N Android 14	ExtendedAndroidTools, bpftrace	Android Debug Bridge 1.0.41

실험 및 결과 분석 - bpftrace 스크립트 실행

❖./bpftrace –l 명령어를 통하여 현재 사용가능한 훅(hook) 지점을 확인

❖아래 명령어를 통해 bpftrace 실행

```
./bpftrace –e `uprobe:/system/lib64/libc.so:settimeofday{
        printf("PID: %d\n", pid);   printf("COM: %s\n", comm);
        printf("TID: %d\n", tid);   printf("UID: %d\n", uid);
        system("cat /proc/%d/cmdline", pid);
}
```

후킹에 사용된 시스템 콜

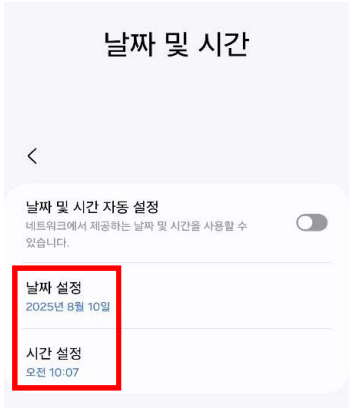
시스템 콜	설명
settimeofday()	시스템의 날짜 및 시간을 변경하는 시스템 콜

실험 및 결과 분석 - 실험 환경 및 사용 명령어

시간 변경에 사용된 명령어

명령어	사용 방법	설명
시스템 설정 앱에서 시간 변경	일반 -> 날짜 및 시간 -> 날짜 설정	시스템 시간을 사용자 지정 날짜 및 시간으로 설정
$ **date** MMDDhhmmYYYY.ss	adb shell 접속 후 명령어 실행	시스템 시간을 사용자 지정 날짜 및 시간으로 설정
$ **toybox date** MMDDhhmmYYYY.ss	adb shell 접속 후 명령어 실행	시스템 시간을 사용자 지정 날짜 및 시간으로 설정
$ **hwclock -s**	adb shell 접속 후 명령어 실행	하드웨어 클록을 시스템 시간으로 설정

시스템 설정 앱에서 시간 변경



date 명령어를 통한 시간 변경

```
a23:/ # date
Fri Aug 15 13:01:17 KST 2025
a23:/ # date 081022052025
Sun Aug 10 22:05:00 KST 2025
```

toybox date 명령어를 통한 시간 변경

```
a23:/ # toybox date
Fri Aug 15 22:06:04 KST 2025
a23:/ # toybox date 081022052025
Sun Aug 10 22:05:00 KST 2025
```

hwclock -s 명령어를 통한 시간 변경

```
a23:/ # date
Fri Aug 15 22:08:01 KST 2025
a23:/ # hwclock
1970-11-21 11:33:31+0000
a23:/ # hwclock -s
a23:/ # date
Sat Nov 21 20:33:35 KST 1970
```

실험 및 결과 분석 - 실험 결과 및 분석

시간 변경에 사용된 앱 또는 명령 실행 결과

	시스템 설정 앱	date	toybox date	hwclock
PID	1318	13065	17150	13061
Com	**binder:1318_7**	**date**	**toybox**	**hwclock**
TID	2429	13065	17150	13061
UID	**1000**	**0**	**0**	**0**
Cmdline	**system_server**	X	X	X

시간 변경 이벤트 탐지 분석 결과

시간 변경 방법	탐지	실행 명령어
시스템 앱 설정	가능	binder:1318_7
date	가능	date
toybox date	가능	toybox
hwclock –s	가능	hwclock

05 결론

결론 – 목적, 기여

❖연구 목적

- ❖안드로이드 환경에서 발생하는 시간 조작(타임스탬프 변경) 행위를 **실시간**으로 탐지할 수 있는 기법 제안
- ❖로그 기반 정적 분석의 한계를 보완하고, **커널 수준에서의 직접 감시**를 통해 위·변조에 강한 탐지 체계 구현

❖연구 기여

- ❖eBPF 기반의 실시간 탐지 프레임워크를 구현해 settimeofday() 시스템 콜을 후킹함으로써 시간 변경 시도를 식별
- ❖시스템 앱, 사용자 명령어, 저수준 도구까지 범용적으로 탐지할 수 있도록 설계
- ❖ExtendedAndroidTools와 bpftrace를 활용해 실제 안드로이드 기기에서 구현·실험

결론 – 성과, 향후 연구

❖연구 성과

- ❖모든 시간 변경 방법(date, toybox date, hwclock, 시스템 설정 앱)에서 **실시간 탐지 성공**
- ❖실행 주체(PID, TID, UID, 프로세스명, cmdline)까지 확보하여 **분석 신뢰성 향상**
- ❖기존 로그/메타데이터 기반 방식 대비 **위·변조 대응 능력**과 **실시간성** 확보

❖향후 연구

- ❖안드로이드 OS의 다양한 기기에서 호환성 검증 및 최적화
- ❖bpftrace 스크립트 경량화 및 실행 속도 향상
- ❖시간 변경 외 다른 안티포렌식 행위(로그 삭제, 메타데이터 변조 등) 확장 대응
- ❖탐지 이후 자동 대응 절차 설계(알림, 로그 백업 등)

Q&A