안드로이드폰에서 타임스탬프 변경 이벤트의 실시간 탐지

Authors : **안균승**, 김선재, 조성제

Presenter : **안균승**

Affiliation : **단국대학교, 컴퓨터보안 및 OS 연구실**

Email : staran1227@dankook.ac.kr

INDEX

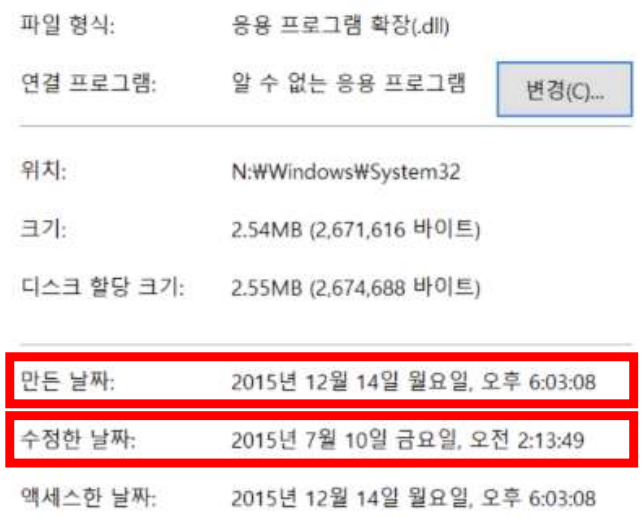
01 서론

서론 – 안티 포렌식

❖안티 포렌식(Anti-forensics) 정의

- 디지털포렌식 수사를 방해하기 위해 증거를 은닉, 변조, 파괴하는 기법 전반을 의미함
- **타임스탬프 변경**(timestamp tampering)는 파일이나 시스템 리소스의 생성, 수정, 접근 시간등의 메타데이터를 조작하여 실제 이벤트 발생 시점을 감추는, **안티 포렌식 기법**임

❖타임스탬프 변경 예시



라자루스 그룹이 사용한 타임스탬프 변경 예시

https://asec.ahnlab.com/ko/47820/

서론 – 포렌식 수사에서의 문제점 및 연구 목적

❖기존 대부분의 포렌식 수사는 사건이 발생한 사후에 진행 됨

- 타임스탬프 변조 행위가 발생한 이후에 조사가 시작 됨
- 용의자는 사건과 관련된 로그 파일, 메타데이터 등을 조작/삭제 가능

❖타임스탬프 변조로 인한 문제점

- 디지털 포렌식 분석가의 분석 시간 증가
- 범죄 이벤트 은닉 및 정보 수집 방해

❖**연구 목적**

- **이벤트** 발생 **이후**에 포렌식 **조사**가 **진행**되는 경우의 **문제**들을 **극복**하고자 **타임스탬프 변조 이벤트**를 **실시간**으로 탐지

연구 대상: 안드로이드 스마트폰

❖안드로이드 스마트폰

- 국내 스마트폰 보급률은 99%, 그 중 안드로이드 스마트폰이 72% 사용
- 20, 30 세대의 55.6%는 스마트폰을 4시간 이상 사용

❖안드로이드 스마트폰이 일상생활에서 다양한 정보들을 많이 저장하므로 안드로이드 스마트폰을 대상으로 연구 수행

머니on : 여론조사·통계

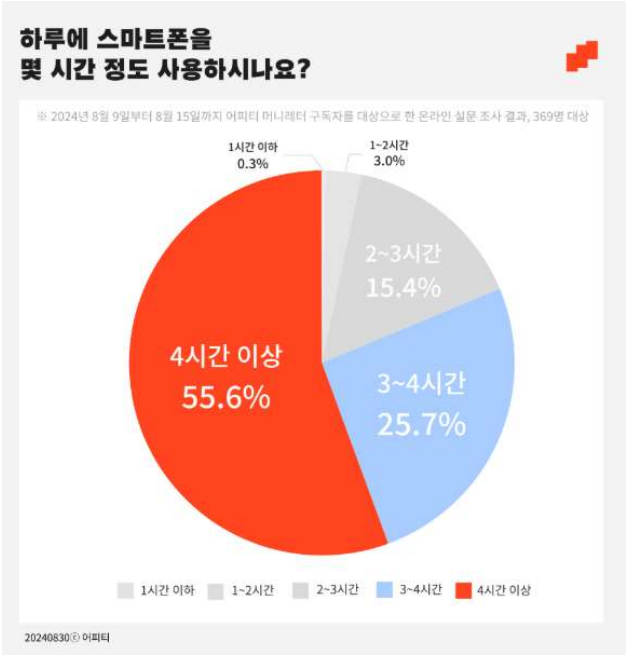
[여론조사on] 스마트폰 안 쓰는 성인, 이제 없다…보급률 99% 시대

이장원 기자

입력 2025.07.07 23:21 | 수정 2025.07.08 09:59

스마트폰 사용자 986명에게 현재 주로 사용하는 브랜드를 물었다(자유응답). 그 결과 삼성이 72%, 애플 24%, 이외 브랜드 2% 순으로 나타났다. 2%는 현재 사용 중인 스마트폰 브랜드를 정확히 모르거나 답하지 않았다. 삼성, 애플이 작년 대비 각각 3%p, 1%p 늘었다.

스마트폰 보급률과 국내 안드로이드 폰 점유율



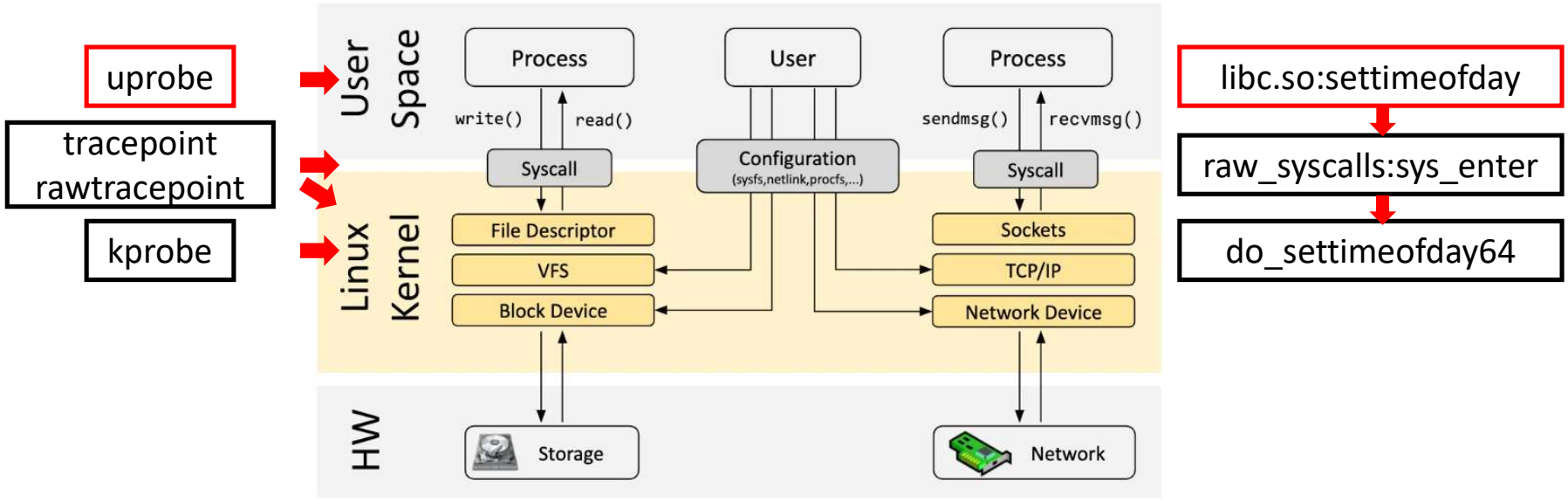
스마트폰 사용 시간 통계

02 배경 지식 및 관련 연구

배경지식: eBPF

❖eBPF

- 리눅스 커널 내부에서 안전하게 사용자 정의 코드를 실행할 수 있게 해 주는 기술
- uprobe, tracepoint, rawtracepoint, kprobe 지점을 후킹 가능
- 사용자가 라이브러리 수준에서 시간을 조작하더라도, **커널(or 시스템 콜 수준)**에서 **타임 관련 이벤트**를 관찰·로깅하여 **시스템 시간 변조**여부를 **탐지**할 수 있음



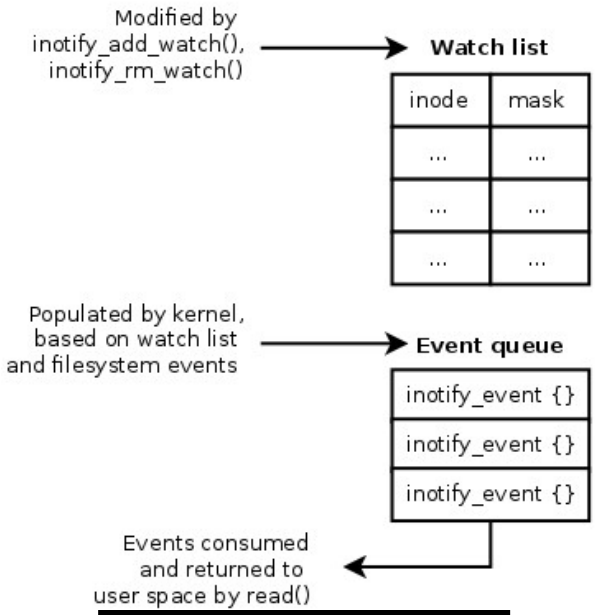
eBPF 후킹 가능 지점

https://ebpf.io/what-is-ebpf/

배경지식: inotify API

❖inotify API

- 파일 시스템에서 시스템 콜을 통해 **특정 파일**이나 **디렉터리**의 **생성, 삭제, 메타데이터**(권한·소유자·타임스탬프) **변경, 내용 쓰기** 등의 이벤트를 실시간으로 **감지**
- Inotify_init(), inotify_add_watch(), inotify_rm_watch()을 통해 감시 파일 등록, 삭제 및 감시 이벤트 종류(mask) 설정
- 즉, 특정 **파일·디렉터리**에 대한 **메타데이터 변경**(예, 타임스탬프 변경)을 실시간으로 모니터링 가능



inotify API 동작 과정

https://lwn.net/Articles/604686/

관련 연구

❖Palmbach 등[3]은 NTFS 파일시스템의 여러 아티팩트 로그 파일들을 활용하여 타임스탬프 조작을 탐지하는 방법을 제안함

❖Oh 등[4]은 NTFS 파일시스템에서 다양한 로그·메타데이터 아티팩트를 통합 분석하여 타임스탬프 조작을 탐지하는 알고리즘을 제안함

☞위 연구들은 NTFS 파일 시스템에서의 로그 파일 기반으로 타임스탬프 조작을 탐지하는 방법임.

- 이들 연구들의 한계점: MS Windows 로그 파일의 무결성이 보장된다는 전제, 사후에 해당 이벤트를 탐지

❖본 논문은 **안드로이드** 시스템에서의 타임스탬프 조작을 **실시간** 탐지함

[3] Palmbach, David, and Frank Breitinger. "Artifacts for detecting timestamp manipulation in NTFS on windows and their reliability." Forensic Science International: Digital Investigation, Vol. 32, 300920, 2020.
[4] Oh, Junghoon, Sangjin Lee, and Hyunuk Hwang. "Forensic detection of timestamp manipulation for digital forensic investigation." IEEE Access 12, pp.72544-72565, 2024.

관련 연구

❖이산 등[5]은 리눅스·안드로이드 환경에서 여러 시스템 로그를 활용해 과거 및 미래 시점의 시스템 시간 조작을 탐지하는 방법을 제시함

- 반면 본 논문은 실시간으로 시스템 시간 뿐 아니라 **파일**에 대한 **시간 메타데이터** 변조도 탐지

❖안균승 등[6]은 eBPF를 활용하여 settimeofday 시스템 콜을 모니터링하여, 시스템 날짜 및 시간 설정, date, toybox date, hwclock 명령어를 통한 날짜 및 시간 변경 행위를 탐지함

- 본 본문은 [6] 연구에 다음 기법을 추가 구현함
  - **추가**적인 **시스템 시간 변경 방법**(네트워크 시간대로 설정, 지역 시간대로 설정) 고려
  - **파일**의 **시간 메타데이터 조작**에 대한 탐지를 실시함

[5] 이산, 조민혁, 정지헌, 조성제, “리눅스와안드로이드시스템 에서타임스탬프조작식별을위한로그분석기법”, 한국차세대 컴퓨팅학회논문지, 제20권, 제4호, pp. 34–45, 2024.
[6] 안균승, 김선재, 정연수, 김보겸, 조성제, “안드로이드에서 eBPF를 이용한 타임스탬프변경이벤트감지”, 차세대컴퓨팅학 회하계워크숍, 제주도, 2025, pp. 1-4

03 탐지 방법

탐지방법 - 개요

❖타임스탬프 변경 이벤트를 **시스템 시간 변경**과 **파일 시간 메타데이터 변경** 이벤트로 분류

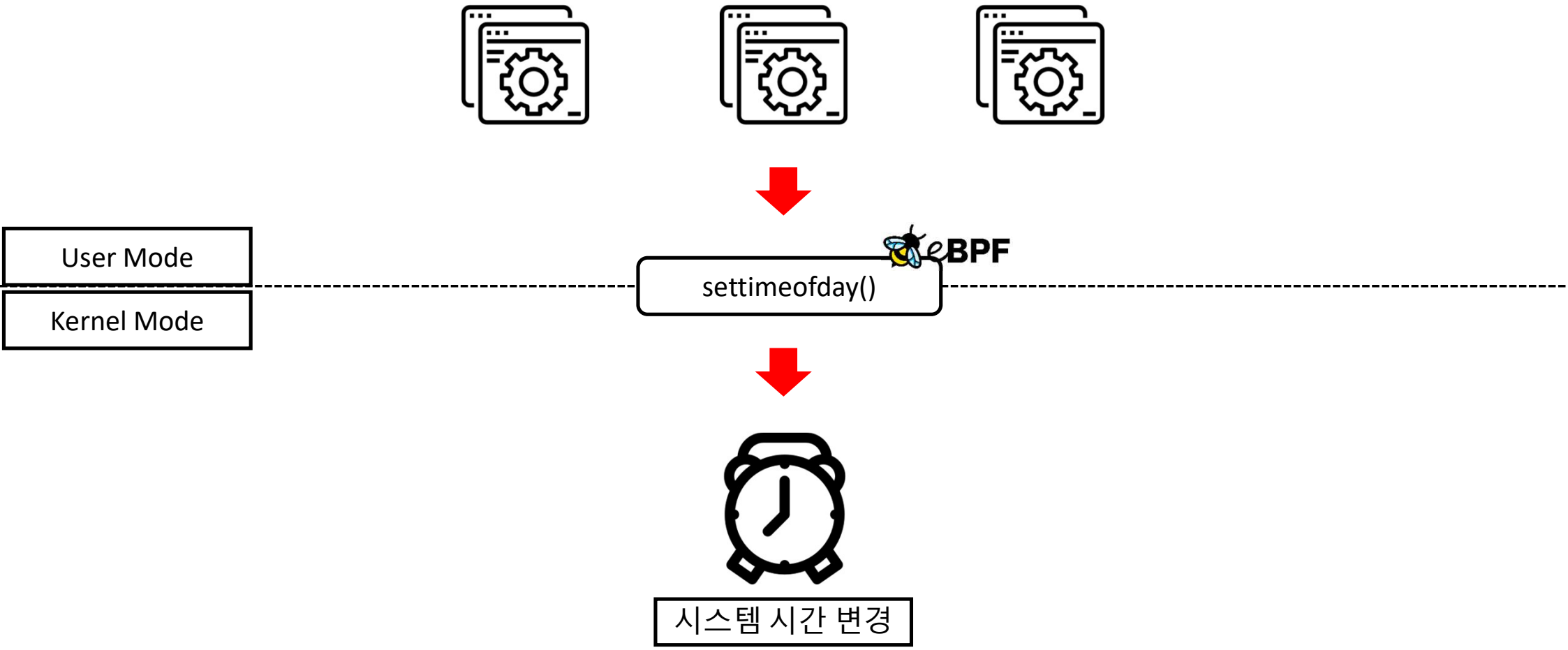
1) 시스템 시간 변경

- 시스템 수준에서 설정 메뉴 또는 명령을 통한 시간 변경
- 탐지방법: settimeofday 시스템 콜 후킹을 통한 감시

2) 파일 타임스탬프 관련 메타데이터 변경

- 파일에 대한 mtime(파일의 내용이 마지막으로 수정된 시간) 변경
- 탐지방법: inotify API를 통한 감시와 stat()을 이용한 파일의 메타데이터 획득 후 비교

탐지방법 - 시스템 시간 변경 탐지



탐지방법 - 파일의 시간 메타데이터 변경 탐지

inotify API(감시)

파일의 mtime(수정시간)을
time_i로 변경

과거로 시간 변경 예시
mtime : 13시 20분
time_i : 10시 20분

미래로 시간 변경 예시
mtime : 13시 20분
시스템 시간 : 13시 25분
time_i : 15시 25분

정상 작동 예시
mtime : 13시 20분
시스템 시간 : 13시 25분
time_i : 13시 25분

time_i가 mtime보다 과거 시간인가? → 시간 조작 발생

time_i가 mtime보다 미래인 경우,
time_i가 현재 시스템 시간보다 미래인가? → 시간 조작 발생

정상 작동

04 구현, 실험 및 평가

개발 환경

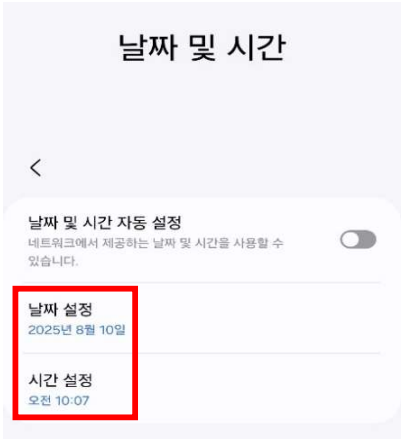
bpftrace는 Linux용 고급 추적 언어입니다. bpftrace는 LLVM을 백엔드로 사용하여 스크립트를 eBPF 바이트코드로 컴파일하고 libbpf 와 bcc를 사용하여 Linux BPF 하위 시스템과 기존 Linux 추적 기능(커널 동적 추적(kprobes), 사용자 수준 동적 추적(uprobes), 추적점 등)과 상호 작용합니다. bpftrace 언어는 awk, C 및 DTrace와 SystemTap과 같은 이전 추적 프로그램에서 영감을 받았습니다. bpftrace는 Alastair Robertson 이 만들었습니다 .

확장된 안드로이드 도구(Extended Android Tools)는 우리 모두가 사랑하는 안드로이드용 리눅스 도구들을 크로스 컴파일하는 메이크파일과 빌드 환경 세트입니다. 모든 도구는 기본 빌드 시스템(autotools, cmake 등)과 안드로이드 NDK를 사용하여 빌드됩니다. 참조 빌드 환경은 Docker를 통해 제공됩니다.

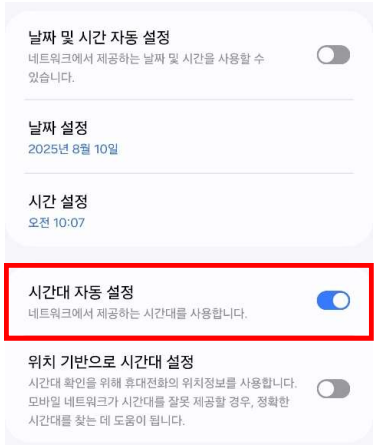
실험기기	Galaxy A23N(pre-rooting)
운영체제	Android 14
커널버전	4.19.157
사용도구/사용 API	bpftrace, ExtendedAndroidTools, inotify API
크로스 컴파일 환경	Ubuntu 22.04
디버깅도구	Android Debug Bridge 1.0.41

실험 방법 및 관련 명령어

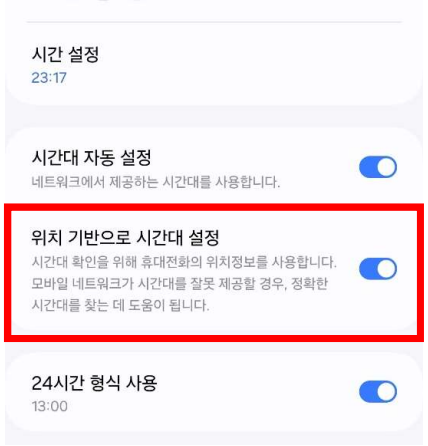
시간(or 타임스탬프) 변조 방법	설명
날짜 및 시간 수동 설정	시스템 시간 변경 (settimeofday 기반 탐지)
네트워크 시간대로 설정	
위치 기반 시간대로 설정	
hwclock –s	
date –s “YYYY-MM-DD HH:MM:SS”	
toybox date –s “YYYY-MM-DD HH:MM:SS”	
touch –d [-m, -d, -t] “YYYY-MM-DD” <file name>	파일의 수정시간 변경 (inotify API 기반 탐지)



시스템 설정 앱에서 시간 변경

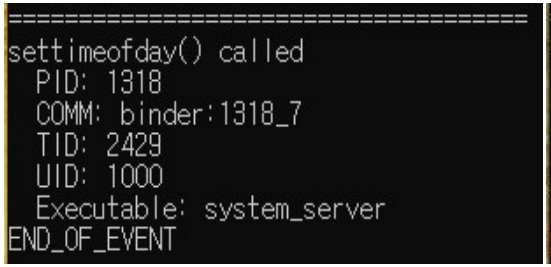


네트워크 시간대로 시간 변경

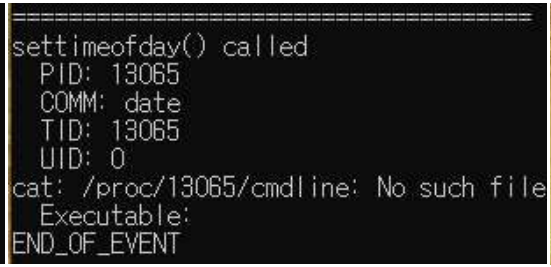


위치 기반 시간대로 시간 변경

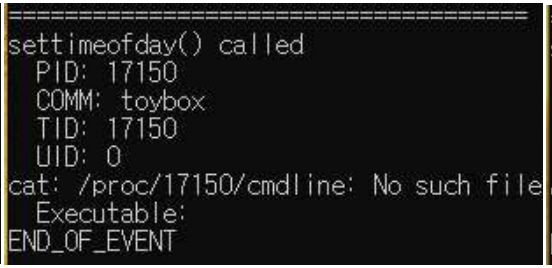
실험 결과 및 분석



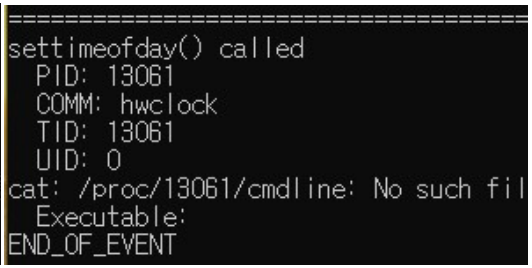
시스템 앱 시간 변경 탐지 결과



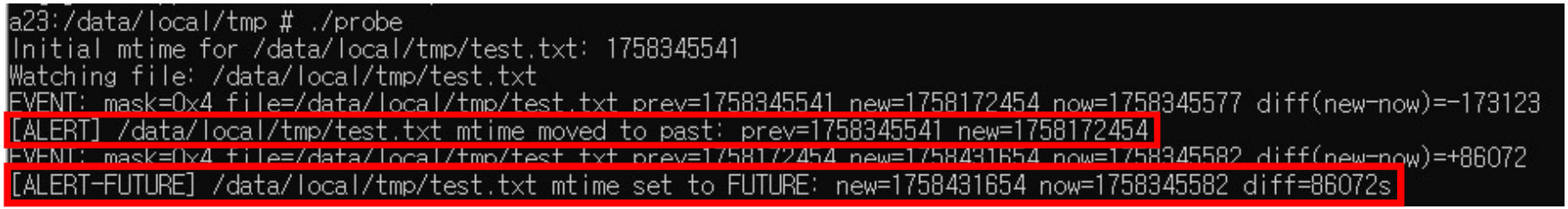
date –s 탐지 결과



toybox –s 탐지 결과



hwclock –s 탐지 결과



touch를 이용한 과거/미래로 변경 탐지 결과

	시스템 설정 앱	date	toybox date	hwclock
PID	1318	13065	17150	13061
Com	**binder:1318_[1-7]**	**date**	**toybox**	**hwclock**
TID	2429	13065	17150	13061
UID	**1000**	**0**	**0**	**0**
Cmdline	**system_server**	X	X	X

settimeofday 감시 결과

	과거	미래
기존 mtime	1758345541	1758345582
변경 time_i	1758172454	1758431654

inotify API를 통한 감시 결과

05 결론 및 향후 연구

결론 및 향후 연구

❖결론

- 안드로이드 폰에서 안티포렌식 행위인 타임스탬프 변경 이벤트 탐지 연구를 수행함
  - settimeofday 후킹을 통해 시스템 시간 조작을 탐지함
  - inotify API, stat()를 이용하여 파일의 타임스탬프 메타데이터 변경을 실시간 탐지 및 비교 함
- 다양한 방법으로 실험하여 제안한 탐지 기법을 검증

❖향후 연구

- 제안 기법을 파일 삭제나 파일 이름 조작과 같은 다른 안티포렌식 행위에 이용
- 타임스탬프 변경 행위가 정말 악성행위인지 판별 방법 추가

Acknowledgement

본연구는2024년 과학기술정통신부 및 정보통신기획평가원 의 SW중심대학사업 지원을 받아 수행되었음(2024-0-00035)

또한

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보 통신기획평가원-대학ICT연구센터(ITRC) 의 지원을 받아수행 된연구임(IITP-2025-RS-2023-00259967)

Thank you

Q&A