

- Android 시스템 로그 기반 카메라 촬영 탐지 성능의 정량적 분석 연구
 - 지도교수 제출용 종합 연구 계획서
 - 연구 개요
 - 연구 제목
 - 연구 기간
 - 연구 배경 및 필요성
 - 연구 목적 및 의의
 - 핵심 연구 목적
 - 세부 목적
 - 학술적 의의와 연구의 혁신성
 - 연구 문제 및 가설
 - 연구 문제 (Research Questions)
 - 연구 가설의 이론적 배경과 검증 논리
 - 연구 방법론
 - 전체 연구 프레임워크 (4단계)
 - 1단계: 독립변수 정의
 - 2단계: 분석 대상 로그의 체계적 선정 과정
 - 3단계: 실험 설계
 - 4단계: 데이터 분석 방법론
 - 연구 모형
 - 전체 연구 모형
 - 이중 분석 프레임워크 상세
 - 연구 일정
 - 주요 단계별 일정
 - 기대 효과 및 학술적 기여
 - 학술적 기여
 - 실무적 기여와 파급효과
 - 연구의 한계 및 제약사항
 - 기술적 제약
 - 방법론적 고려사항
 - 예상 연구 결과
 - 정량적 성능 지표와 이론적 예측
 - 가설 검증 결과 예측과 근거
 - 참고문헌 (주요)
 - 첨부 자료
 - A. 실험 환경 상세 명세
 - B. 데이터 수집 절차

Android 시스템 로그 기반 카메라 촬영 탐지 성능의 정량적 분석 연구

지도교수 제출용 종합 연구 계획서

연구 개요

연구 제목

Android 시스템 로그 기반 카메라 촬영 탐지 성능의 정량적 분석 연구

연구 기간

2025년 09월 - 2025년 11월 (예상)

연구 배경 및 필요성

1. 문제의 심각성

- 스마트폰을 이용한 불법 촬영이 국가 및 산업 안보 위협으로 대두
- 내부자에 의한 정보 유출 중 **34%가 내부자 소행** (Verizon 보고서)
- 산업기술 유출 피해액 **24.8조원** (2019-2023), 내부인 관련 **90% 이상**
- 사진촬영을 통한 유출은 **탐지 어려움**으로 인해 빙산의 일각일 가능성

2. 기존 해결책의 한계

- 물리적 보안(보안 스티커): 쉽게 우회 가능
- MDM 솔루션: 높은 비용, 프라이버시 침해 문제
- 전통적 디지털 포렌식: 루팅 필요, 보증 무효화, 높은 비용

3. 새로운 접근법의 필요성과 가능성

이러한 한계를 극복하기 위한 대안으로 비루팅 환경에서 ADB(Android Debug Bridge) 명령어를 통해 접근 가능한 시스템 로그를 활용하는 방법이 주목받고 있습니다. 이 접근법의 핵심적인 장점은 파일이 삭제된 후에도 시스템 레벨에서 자동으로 생성되는 미세한 흔적(로그)을 통해 행위 자체를 추적할 수 있다는 점입니다.

선행 연구들은 이미 특정 시스템 로그에서 카메라 사용과 관련된 이벤트가 기록된다는 사실을 확인하였으나, 대부분 "특정 로그에서 관련 흔적을 발견할 수 있다"는 정성적(Qualitative) 가능성 제시에 그치고 있습니다.

하지만 실무에서 이 기술을 신뢰하고 적용하기 위해서는 **"각 로그가 얼마나 정확하게 탐지할 수 있는지"**(성능), **"어떤 조건에서 탐지가 실패하는지"**(한계), **"로그의 휘발성이 탐지율에 얼마나 영향을 미치는지"**(실무적 제약)에 대한 정량적이고 체계적인 데이터가 반드시 필요합니다. 이러한 **"정량적 성능 및 한계 규명의 부재"**가 바로 본 연구가 해결하고자 하는 핵심적인 연구 공백입니다.

연구 목적 및 의의

핵심 연구 목적

6종 Android 시스템 로그의 개별적인 카메라 촬영 탐지 성능을 정량적으로 측정하고, 실무 적용의 명확한 한계점을 과학적으로 규명

세부 목적

- 로그별 탐지 성능 정립: 6개 핵심 로그(media.camera, usagestats, activity, audio, media.metrics, vibrator_manager)의 개별 성능 측정
- 정량적 성능 측정: 184세션 통제 실험을 통한 과학적 성능 지표 산출
- 실무적 한계 규명: 앱 아키텍처와 로그 휘발성이 탐지 성능에 미치는 영향 분석

학술적 의의와 연구의 혁신성

본 연구의 핵심적인 학술적 의의는 Android 시스템 로그 기반 포렌식 연구 분야에서 정성적 접근에서 정량적 접근으로의 패러다임 전환을 선도한다는 점입니다.

기존 연구의 접근 방식은 "특정 로그에서 카메라 사용의 흔적을 발견할 수 있다"는 **가능성 (Possibility) 중심의 정성적 분석**에 머물렀습니다. 이는 디지털 포렌식 분야의 초기 연구에서 흔히 나타나는 패턴으로, 새로운 증거 소스의 존재를 확인하는 데 중요한 역할을 했지만, 실무 적용을 위한 구체적인 성능 지표나 신뢰도는 제공하지 못했습니다.

반면 **본 연구의 접근 방식**은 "각 시스템 로그가 정확히 어느 수준의 탐지 성능을 보이며, 어떤 조건에서 한계를 드러내는가"라는 **성능(Performance) 중심의 정량적 분석**을 지향합니다. 이를 통해 실무진이 실제 사건 분석에서 각 로그를 언제, 어떻게 활용해야 하는지에 대한 과학적 근거를 제공할 수 있습니다.

이러한 **정성적 → 정량적 검증의 패러다임 전환**은 단순한 방법론적 개선을 넘어, 디지털 포렌식 분야의 학술적 성숙도를 한 단계 끌어올리는 중요한 기여가 될 것입니다. 특히 법정에서 디지털 증거의 신뢰성이 점점 더 엄격하게 요구되는 현실에서, 이러한 정량적 성능 데이터는 증거 능력 확보에 필수적인 요소로 작용할 것으로 예상됩니다.

연구 문제 및 가설

연구 문제 (Research Questions)

RQ1 (로그별 성능 측정)

각 Android 시스템 로그의 개별적인 카메라 촬영 탐지 성능(정확도, 정밀도, 재현율, F1-Score)은 어느 수준인가?

RQ2 (영향 요인 분석)

앱 아키텍처와 휘발성 조건이 각 로그의 탐지 성능에 미치는 영향은 무엇이며, 그 정도는 어느 수준인가?

연구 가설의 이론적 배경과 검증 논리

본 연구는 두 가지 핵심 가설을 통해 Android 시스템 로그의 탐지 성능에 영향을 미치는 주요 요인들을 체계적으로 분석합니다.

H1 (앱 아키텍처 가설): 기술적 구현 방식의 차별적 영향

- 가설 내용:** 앱 아키텍처 유형에 따라 각 로그별 탐지 성능에 통계적으로 유의미한 차이가 있을 것이다

- **독립변수:** 앱 아키텍처 유형 (S1: 직접 API, S2: Intent 기반, S3: 앱 내장, S4: 특수 목적)
- **종속변수:** 탐지 성능 (F1-Score)

이론적 근거: Android 개발자 문서에 따르면, 앱이 카메라 하드웨어에 접근하는 방식은 크게 네 가지 패턴으로 구분됩니다. **직접 시스템 API 호출(S1)**은 가장 표준적인 방식으로 시스템과의 상호작용이 활발하여 다양한 로그를 생성할 것으로 예상됩니다. **Intent 기반 호출(S2)**은 시스템 카메라 앱에 기능을 위임하므로 간접적인 로그 패턴을 보일 것으로, **앱 내장 카메라(S3)**는 독자적인 구현으로 인해 표준과 다른 로그 패턴을, **특수 목적 구현(S4)**은 의도적인 시스템 회피로 인해 제한적인 로그 생성을 보일 것으로 예상됩니다.

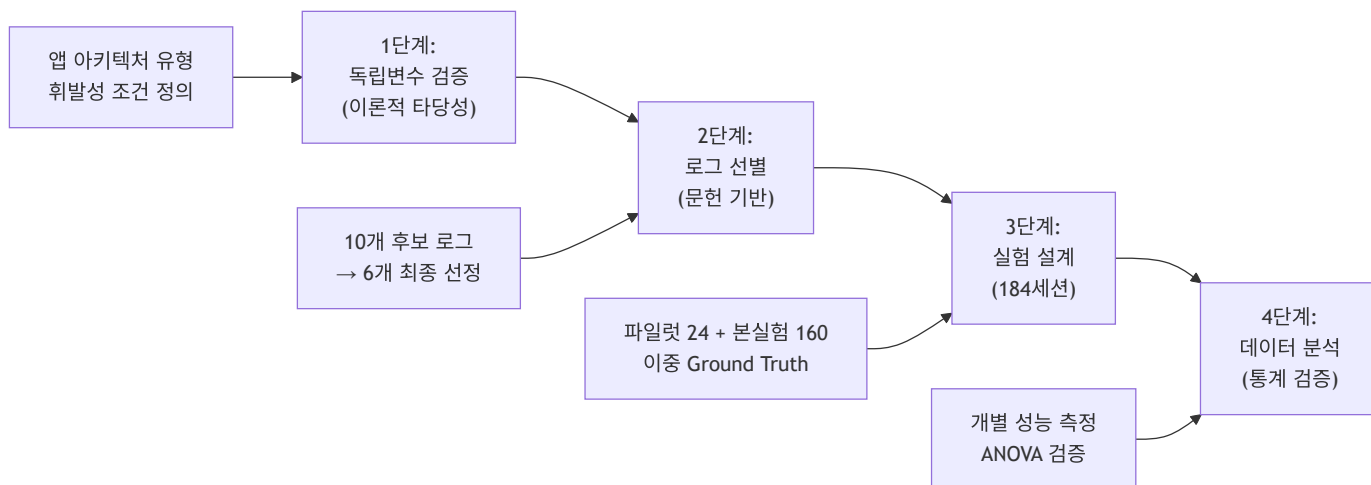
H2 (휘발성 가설): 시간적 제약의 성능 영향

- **가설 내용:** 로그 휘발성 조건에 따라 각 로그별 탐지 성능에 통계적으로 유의미한 차이가 있을 것이다
- **독립변수:** 휘발성 조건 (V0: 즉시, V-Time: 24시간 후, V-Usage: 간섭 후, V-Event: 재부팅 후)
- **종속변수:** 탐지 성능 (F1-Score)
- **예상 패턴:** V0 > V-Time > V-Usage > V-Event 순으로 성능 저하

이론적 근거: Android 시스템 로그는 메모리 기반 순환 버퍼를 사용하므로 시간 경과, 사용량 누적, 시스템 재시작 등의 요인에 따라 데이터가 소실됩니다. **즉시 수집(V0)**은 이상적인 조건이므로 최고 성능을 보일 것이며, **24시간 후 수집(V-Time)**은 시간 기반 보존 정책의 영향을, **간섭 행위 후 수집(V-Usage)**은 버퍼 오버플로우의 영향을, **재부팅 후 수집(V-Event)**은 메모리 초기화로 인한 완전 소실 효과를 각각 측정할 수 있습니다.

연구 방법론

전체 연구 프레임워크 (4단계)



1단계: 독립변수 정의

앱 아키텍처 유형 (4가지)

- **S1**: 직접 시스템 API 호출 (`com.sec.android.app.camera`)
- **S2**: 인텐트 기반 호출 (`com.kakao.talk`)
- **S3**: 앱 내장 카메라 (`org.telegram.messenger`)
- **S4**: 특수 목적 구현 (`com.aprogrammer.silentcamera`)

로그 휘발성 조건 (4가지)

- **V0**: 즉시 수집 (기준 조건)
- **V-Time**: 24시간 후 수집 (시간 기반 휘발성)
- **V-Usage**: 간섭 행위 후 수집 (사용량 기반 휘발성)
- **V-Event**: 재부팅 후 수집 (이벤트 기반 휘발성)

2단계: 분석 대상 로그의 체계적 선정 과정

분석 대상 로그의 선정은 과학적 객관성과 연구의 타당성을 확보하기 위해 3단계의 엄밀한 절차를 거쳐 수행됩니다.

1단계: 후보 로그 풀의 학술적 구성 선행 연구 8편(국내 6편, 해외 2편)에서 카메라 행위 분석과 관련성이 확인된 **10개의 핵심 dumsys 서비스**를 초기 후보로 추출합니다. 이는 연구자의 자의적 선택을 배제하고, 기존 학술 성과에 기반한 객관적 시작점을 확보하기 위함입니다.

2단계: 이론적 분석을 통한 유효성 검증 10개 후보 로그를 대상으로 본 연구의 H1-H2 가설 검증에 적합한지를 다음 두 기준으로 평가합니다:

- **H1 검증 기준**: S1-S4 앱 아키텍처 간 로그 패턴의 차별화 가능성

- **H2 검증 기준:** V0-V-Event 휘발성 조건에 따른 변화 측정 가능성

3단계: 최종 선정 및 특성 기반 분류 이론적 분석 결과를 바탕으로 **6개 로그**를 최종 선정하고, 각 로그의 고유한 특성에 따라 다음과 같이 분류합니다:

- **기본 서비스 로그:** `media.camera` - 카메라 하드웨어 서비스의 핵심 활동 기록
- **사용 패턴 로그:** `usagestats`, `activity` - 앱 실행 및 사용자 상호작용 패턴 추적
- **행위 증거 로그:** `media.metrics`, `vibrator_manager`, `audio` - 실제 촬영 행위의 직접적 증거 제공

이러한 **3층 구조의 로그 분류**는 카메라 촬영이라는 복합적 행위를 **하드웨어 접근**, **사용 패턴**, **행위 증거**의 다각도에서 포착할 수 있도록 설계되었습니다.

3단계: 실험 설계

실험 규모: 총 184세션

- **파일럿 테스트:** 24세션 (4개 앱 × 2개 케이스 × 3회)
- **본 실험:** 160세션 (4개 앱 × 2개 케이스 × 4개 휘발성 × 5회)

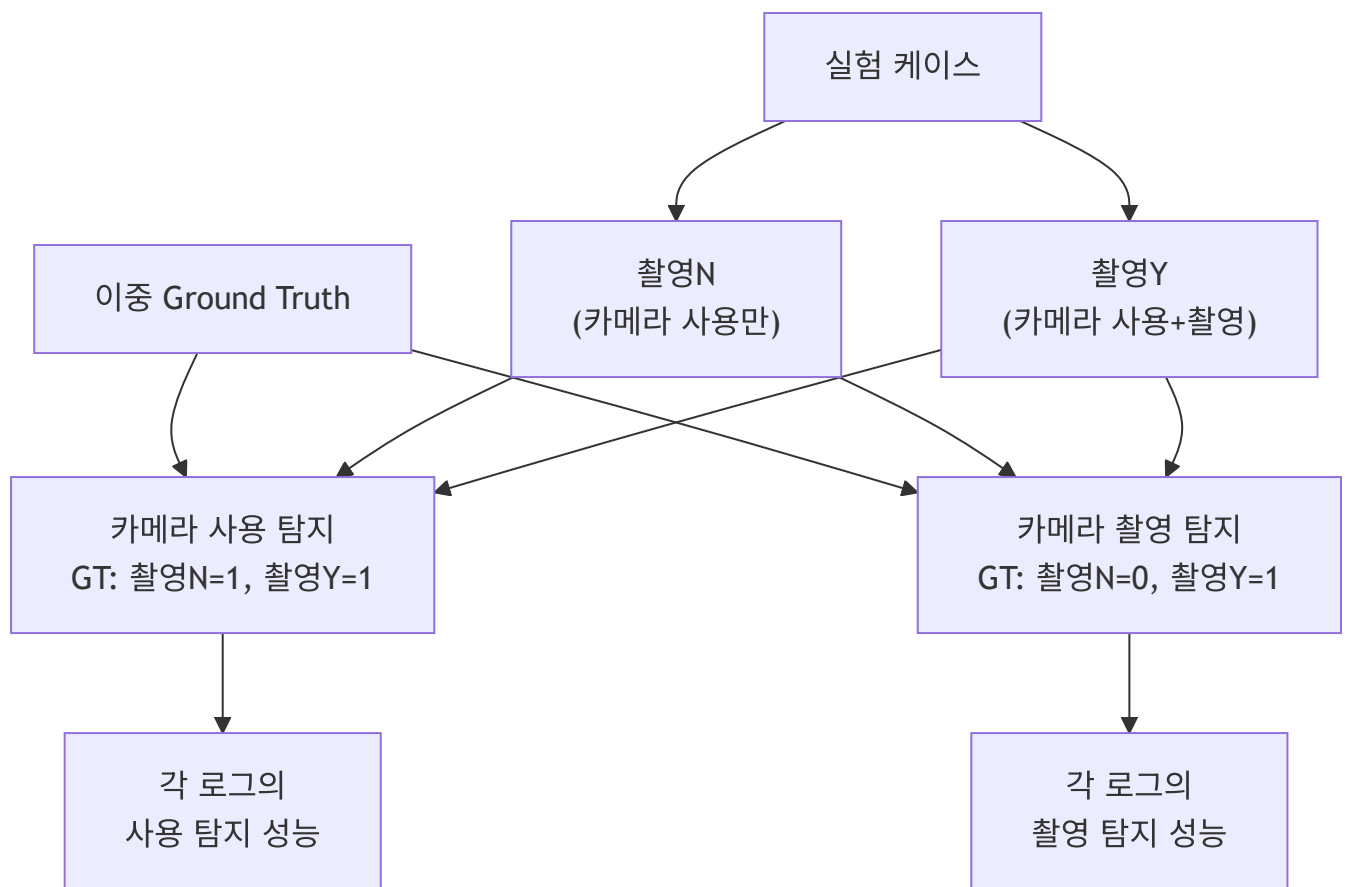
핵심 혁신: 이중 분석 프레임워크의 필요성과 독창성

본 연구의 가장 핵심적인 방법론적 혁신은 **"이중 분석 프레임워크(Dual Analysis Framework)"**입니다. 이는 기존 연구들이 단순히 **"촬영함/안함"**으로만 구분했던 것을 넘어, **"카메라 사용"**과 **"카메라 촬영"**이라는 두 가지 서로 다른 행위를 **별도로 분석**하는 새로운 접근법입니다.

기존 연구들은 카메라 관련 행위를 하나의 단순한 이벤트로 취급했지만, 실제로는 **"카메라 앱을 실행하여 사용하는 행위"**와 **"실제로 셔터를 눌러 사진을 촬영하는 행위"**는 서로 다른 시스템 이벤트를 발생시킵니다. 예를 들어, `media.camera` 로그는 카메라 서비스가 활성화 되는 순간부터 기록되지만, `audio` 로그의 셔터음 관련 이벤트는 실제 촬영이 발생해야만 기록됩니다.

이러한 차이를 무시하고 단일 기준으로 분석하면, 각 로그의 **진정한 특화 영역**을 파악할 수 없습니다. 본 연구의 이중 분석 프레임워크는 이 문제를 해결하기 위해 **동일한 실험 데이터를 서로 다른 두 가지 Ground Truth와 비교**하여 각 로그의 특성을 정밀하게 측정합니다.

이중 분석의 구체적 방법론



- **촬영N 케이스:** 카메라 앱 실행 → UI 진입 → 10초간 화면 확인 → 촬영 없이 종료
- **촬영Y 케이스:** 카메라 앱 실행 → UI 진입 → 실제 촬영 1회 → 앱 종료

이중 Ground Truth의 혁신적 접근

- **카메라 사용 탐지 성능:** 촬영N과 촬영Y 모두 카메라를 "사용"했으므로 Ground Truth는 [1,1]
- **카메라 촬영 탐지 성능:** 촬영N은 촬영하지 않았고 촬영Y만 촬영했으므로 Ground Truth는 [0,1]

이를 통해 예를 들어 **media.camera** 로그는 "카메라 사용 탐지"에서 높은 성능을, **audio** 로그는 "카메라 촬영 탐지"에서 높은 성능을 보일 것으로 예상되며, 이는 실무에서 **"어떤 상황에서 어떤 로그를 우선적으로 확인해야 하는가"**라는 구체적인 가이드라인을 제공할 수 있습니다.

환경 통제

- **하드웨어:** Samsung Galaxy S24 Ultra (단일 기종)
- **소프트웨어:** Android 15
- **네트워크:** 동일 Wi-Fi 5GHz
- **데이터 무결성:** SHA-256 해시 검증

4단계: 데이터 분석 방법론

개별 로그 성능 측정

```
# 이중 분석 예시 (전체 184세션)
GT_usage = [1] * 184      # 카메라 사용 탐지용 (모든 세션에서 카메라 사용)
GT_capture = [0]*92 + [1]*92 # 카메라 촬영 탐지용 (촬영N: 0, 촬영Y: 1)

# 파일럿 24세션 (촬영N 12개 + 촬영Y 12개) + 본실험 160세션 (촬영N 80개 + 촬영Y 80개)

for log in final_logs:
    predictions = log_detection_results[log]
    usage_performance = calculate_metrics(GT_usage, predictions)
    capture_performance = calculate_metrics(GT_capture, predictions)
```

통계적 가설 검증의 체계적 접근

본 연구는 수집된 184세션의 데이터를 바탕으로 엄밀한 통계적 방법론을 통해 가설을 검증합니다.

H1 가설 검증 전략: **일원분산분석(One-way ANOVA)**을 통해 4가지 앱 아키텍처(S1-S4) 간 F1-Score의 평균 차이가 통계적으로 유의미한지 검증합니다. 각 그룹별로 충분한 표본 크기(그룹당 46개)를 확보하여 통계적 검정력을 보장하며, 유의미한 차이가 발견되면 **Tukey HSD 사후분석**을 통해 구체적으로 어떤 앱 아키텍처 간에 성능 차이가 있는지 규명합니다.

H2 가설 검증 전략: 휘발성 조건의 영향을 검증하기 위해 **일원분산분석과 추세분석(Trend Analysis)**을 병행합니다. 특히 **Dunnett Test**를 활용하여 기준 조건인 V0(즉시 수집)을 대조군으로 하는 일대다 비교를 수행하고, **Linear Contrast**를 통해 예상하는 단조감소 패턴(V0 > V-Time > V-Usage > V-Event)이 통계적으로 유의미한지 검증합니다.

효과크기 평가: 통계적 유의성과 함께 **Cohen's f**를 계산하여 실무적 의미를 평가합니다. Cohen's $f \geq 0.4$ 는 큰 효과크기로 해석되며, 이는 발견된 차이가 통계적으로 유의할 뿐만 아니라 실무적으로도 중요하다는 의미입니다.

연구 모형

전체 연구 모형

```
Parse error on line 2:
...ph TB      subgraph "독립 변수"          A1["앱
-----^
Expecting 'SEMI', 'NEWLINE', 'SPACE', 'EOF', 'GRAPH', 'DIR', 'TAGEND',
```

```
'TAGSTART', 'UP', 'DOWN', 'subgraph', 'end', 'SQE', 'PE', '-)',  
'DIAMOND_STOP', 'MINUS', '--', 'ARROW_POINT', 'ARROW_CIRCLE',  
'ARROW_CROSS', 'ARROW_OPEN', 'DOTTED_ARROW_POINT',  
'DOTTED_ARROW_CIRCLE', 'DOTTED_ARROW_CROSS', 'DOTTED_ARROW_OPEN', '==',  
'THICK_ARROW_POINT', 'THICK_ARROW_CIRCLE', 'THICK_ARROW_CROSS',  
'THICK_ARROW_OPEN', 'PIPE', 'STYLE', 'LINKSTYLE', 'CLASSDEF', 'CLASS',  
'CLICK', 'DEFAULT', 'NUM', 'PCT', 'COMMA', 'ALPHA', 'COLON', 'BRKT',  
'DOT', 'PUNCTUATION', 'UNICODE_TEXT', 'PLUS', 'EQUALS', 'MULT', got  
'STR'
```

이중 분석 프레임워크 상세

```
Parse error on line 2:  
...ph LR      subgraph "실험 데이터 (184세션)"  
-----^  
Expecting 'SEMI', 'NEWLINE', 'SPACE', 'EOF', 'GRAPH', 'DIR', 'TAGEND',  
'TAGSTART', 'UP', 'DOWN', 'subgraph', 'end', 'SQE', 'PE', '-)',  
'DIAMOND_STOP', 'MINUS', '--', 'ARROW_POINT', 'ARROW_CIRCLE',  
'ARROW_CROSS', 'ARROW_OPEN', 'DOTTED_ARROW_POINT',  
'DOTTED_ARROW_CIRCLE', 'DOTTED_ARROW_CROSS', 'DOTTED_ARROW_OPEN', '==',  
'THICK_ARROW_POINT', 'THICK_ARROW_CIRCLE', 'THICK_ARROW_CROSS',  
'THICK_ARROW_OPEN', 'PIPE', 'STYLE', 'LINKSTYLE', 'CLASSDEF', 'CLASS',  
'CLICK', 'DEFAULT', 'NUM', 'PCT', 'COMMA', 'ALPHA', 'COLON', 'BRKT',  
'DOT', 'PUNCTUATION', 'UNICODE_TEXT', 'PLUS', 'EQUALS', 'MULT', got  
'STR'
```

연구 일정

주요 단계별 일정

단계	내용	예상 기간	비고
1단계	문헌 연구 및 이론적 기반 구축	2개월	완료
2단계	실험 설계 및 환경 구축	1개월	진행 중
3단계	파일럿 테스트 (24세션)	1주	예정
4단계	본 실험 (160세션)	2주	예정
5단계	데이터 분석 및 통계 검증	1개월	예정
6단계	결과 해석 및 논문 작성	2개월	예정

기대 효과 및 학술적 기여

학술적 기여

1. 방법론적 혁신

- 이중 분석 프레임워크: 카메라 사용 vs 촬영 구분 분석
- 정량적 성능 평가: 정성적 접근의 한계 극복
- 체계적 실험 설계: 184세션 대규모 통제 실험

2. 이론적 기여

- 로그별 특화 영역 규명: 각 로그의 최적 활용 조건 과학적 제시
- 휘발성 영향 정량화: 실무적 제약 조건의 탐지 성능 영향 측정
- 앱 아키텍처 영향 분석: 기술적 구현 방식과 탐지 성능 상관관계 규명

실무적 기여와 파급효과

1. 포렌식 실무 가이드라인 구축

본 연구의 정량적 성능 데이터는 실무 현장에서 다음과 같은 구체적인 가이드라인을 제공할 수 있습니다:

- 로그별 최적 활용 조건: 각 로그가 어떤 앱 아키텍처에서 가장 효과적인지, 어떤 시간적 제약 하에서 신뢰할 수 있는지에 대한 정량적 기준을 제시
- 탐지 실패 시나리오 사전 예측: 특정 조건(예: S4 무음 카메라 + V-Event 재부팅 후)에서 어떤 로그가 탐지에 실패할 가능성이 높은지 사전 파악 가능
- 증거 수집 우선순위 결정: 한정된 시간과 자원 하에서 어떤 로그를 우선적으로 수집하고 분석해야 하는지에 대한 과학적 근거 제공
- 법정 증거능력 강화: 정량적 성능 지표(F1-Score, 신뢰구간 등)를 통해 디지털 증거의 신뢰성을 객관적으로 입증

2. 기술적 발전과 산업적 응용

- 비루팅 환경 포렌식 기법 고도화: 기존의 루팅 기반 분석에 의존하지 않는 새로운 표준 방법론 확립
- 실시간 모니터링 시스템 개발: 각 로그의 성능 특성을 활용한 효율적인 실시간 탐지 시스템 설계 기반 마련

- 기업 보안 정책 개선:** 내부 정보 유출 방지를 위한 모니터링 시스템 도입 시 과학적 근거 기반 의사결정 지원
- 안드로이드 보안 생태계 기여:** 구글 및 제조사의 로그 정책 개선을 위한 실증적 데이터 제공

연구의 한계 및 제약사항

기술적 제약

1. 환경적 제약

- 단일 기종:** Samsung Galaxy S24 Ultra로 한정
- 단일 OS:** Android 15로 제한
- 일반화 한계:** 타 제조사/OS 버전에 직접 적용 제약

2. 분석 대상 제약

- 행위 한정:** 사진 촬영만 분석 (동영상 녹화 제외)
- 앱 제한:** 4가지 아키텍처 대표 앱으로 한정
- 로그 범위:** 6개 시스템 로그로 제한

방법론적 고려사항

1. 실험 설계

- 파일 아티팩트 배제:** 시스템 로그만으로 탐지 성능 측정
- Ground Truth 설정:** 실제 촬영 여부 확인 방법의 정확성
- 환경 통제:** 실제 사용 환경과 실험 환경의 차이

2. 데이터 해석

- 통계적 유의성:** 효과크기와 실무적 의미의 구분
- 결과 일반화:** 특정 환경 결과의 일반적 적용 가능성

예상 연구 결과

정량적 성능 지표와 이론적 예측

로그별 예상 성능 패턴과 근거

각 로그의 예상 성능은 Android 시스템의 기술적 특성과 선행 연구의 발견을 종합하여 다음과 같이 예측됩니다:

- **media.camera**: 카메라 사용 탐지에서 우수한 성능을 보일 것으로 예상됩니다. 이는 카메라 하드웨어 서비스가 활성화되는 순간부터 로그가 기록되기 때문입니다. 반면 **촬영 구분**에서는 제한적 성능을 보일 것으로 예상되는데, 서비스 활성화와 실제 촬영 사이에는 명확한 구분 신호가 부족하기 때문입니다.
- **usagestats**: 카메라 사용 탐지에서 우수하며, 특히 시간 기반 지속성이 높을 것으로 예상됩니다. Android의 UsageStats 서비스는 앱 사용 통계를 장기간 보존하는 특성이 있어, V-Time 조건에서도 상대적으로 높은 성능을 유지할 것으로 예상됩니다.
- **activity**: 앱별로 현저한 성능 차이를 보일 것으로 예상됩니다. 특히 S2(Intent 기반) 앱에서는 명확한 Activity 전환 패턴이 나타나지만, S4(특수 목적) 앱에서는 표준 Activity 패턴을 회피할 가능성이 높습니다.
- **audio**: 일반 앱에서는 촬영 탐지에 우수한 성능을 보이지만, S4(무음 카메라)에서는 완전 미탐될 것으로 예상됩니다. 이는 무음 카메라의 핵심 기능이 셔터음 제거이기 때문입니다.
- **media.metrics**: 실제 촬영 탐지에 특화된 성능을 보일 것으로 예상됩니다. 미디어 파일 생성과 처리 과정에서 발생하는 통계 정보를 기록하므로, 단순한 카메라 사용과 실제 촬영을 구분하는 데 효과적일 것으로 예상됩니다.
- **vibrator_manager**: 햅틱 피드백이 활성화된 환경에서 촬영 탐지에 유용할 것으로 예상되지만, 사용자 설정이나 앱 정책에 따라 성능 편차가 클 것으로 예상됩니다.

가설 검증 결과 예측과 근거

H1 (앱 아키텍처 영향)

- **예상 결과**: S1 (직접 API) >> S2 (Intent 기반) > S3 (앱 내장) >> S4 (특수 목적)
- **이론적 근거**: 표준적인 시스템 API 사용량과 시스템과의 상호작용 빈도가 로그 생성량과 정비례할 것으로 예상되며, S4는 의도적인 시스템 회피로 인해 현저히 낮은 성능을 보일 것으로 예상됩니다.
- **통계적 유의성**: $p < 0.01$, Cohen's $f > 0.4$ (큰 효과크기 예상)

H2 (휘발성 영향)

- **예상 패턴**: $V0 > V\text{-Time} > V\text{-Usage} > V\text{-Event}$ 의 단조감소 패턴

- 이론적 근거:** 메모리 기반 순환 버퍼의 특성상 시간 경과, 사용량 누적, 시스템 재시작 순으로 로그 소실 영향이 증가할 것으로 예상됩니다. 특히 V-Event에서는 메모리 초기화로 인한 극적인 성능 저하가 예상됩니다.
- 단조감소 검증:** Linear Contrast를 통한 추세분석에서 통계적으로 유의미한 단조감소 패턴이 확인될 것으로 예상됩니다.

이러한 예측은 실제 실험 결과와 비교하여 Android 시스템 로그의 포렌식적 특성에 대한 새로운 이론적 모델을 구축하는 데 기여할 것입니다.

참고문헌 (주요)

- 권혁철 (2024). Android 진단 로그 포렌식 분석 및 정규화 방안 연구. 고려대학교 대학원 석사학위논문.
- 안원석, 황성배, 김기영 (2025). ADB 이용 안드로이드 앱 제어 기반 아티팩트 획득 모델 연구. 정보보호학회논문지.
- 강예지, 이상진 (2021). Android UsageStats를 이용한 사용자 행위 분석 연구. 디지털 포렌식학회지.
- 박은후 (2020). 안드로이드 디바이스의 비휘발성 로그 분석을 통한 사용자 행위 추적 방안. 한국디지털포렌식학회논문지.
- Bortnik, B., & Lavrenovs, A. (2019). Practical mobile forensics approach for vehicle accident investigation. NATO CCDCOE.
- 관계부처 합동 (2024). 제5차 산업기술의 유출방지 및 보호에 관한 종합계획. 산업통상자원부.

첨부 자료

A. 실험 환경 상세 명세

- 하드웨어 사양
- 소프트웨어 구성
- 네트워크 설정

B. 데이터 수집 절차

- ADB 명령어 목록
- 로그 수집 스크립트
- 무결성 검증 체계

C. 통계 분석 계획

- 검정력 분석 (G*Power)
- 전제조건 검증 방법
- 대안적 분석 방법

작성일: 2025년 09월 26일 작성자: 안성우