한국정보보호학회
Korea Institute of Information Security & Cryptology

Proceedings

2021년 한국정보보호학회 하계학술대회

CISC-S'21

Conference on Information Security and Cryptography Summer 2021

2021년 6월 24일(목)

온라인 컨퍼런스

(개회식 촬영: 한국과학기술회관 12F 아나이스홀)

주최 한국정보보호학회 Korea Institute of Information Security & Cryptology

주관 KAIST 한국과학기술원

후원 과학기술정보통신부 국가정보원 National Intelligence Service Korea 행정안전부

NSR 국가보안기술연구소 National Security Research Institute KISA 한국인터넷진흥원 ETRI 한국전자통신연구원 Electronics and Telecommunications Research Institute

쌍용정보통신주식회사 SsangYong Information & Communications Corp.

UAV 사고 원인 분석 기술 동향 및 사고 재현 시스템 디자인 방향성 도출

최기철*, 박기웅†

세종대학교 시스템보안 연구실*, 세종대학교 정보보호학과†

UAV Accident Cause Investigation Technology Trend and Accident Reproduction System Design Direction

Gi-Choel Choi*, Ki-Woong Park†

*System Security Laboratory, Sejong University

† Department of Information Security, Sejong University

요 약

드론을 활용하는 서비스 및 활용 분야의 증가에 따라 드론의 사고 또한 증가하고 있으며, 사고 원인 분석을 위한 관련 연구들이 진행되고 있다. 따라서 본 논문에서는 기존의 사고 원인 분석을 위한 기술 동향을 알아보고 이를 토대로 사고 재현 시스템이 필요로 하는 기능을 식별 및 디자인 방향성을 도출하는 것을 목표로 한다.

I. 서론

드론은 인공지능(AI) 기술과 5G 통신 기술의 발달로 점차 민간, 상업, 군 등 다양한 영역에서 사용되기 시작했으며, 2021년부터 2028년까지 연평균 57.5% 성장률을 기록할 것으로 예상된다[1]. 이처럼 드론의 활용성이 증가함에 따라 발생하는 사고 또한 증가하는 추세이고 대표적인 사고 사례의 원인은 시스템 구성 요소 오류, LoC(Loss of Control), 내비게이션 탐색 오류, 터뷸런스 등으로 분류될 수 있으며, 공개된 사고 조사 사례 분석 결과에 따르면 대부분이 시스템 구성 요소 오류 및 장비 이상에 의해 사고가 발생하였다[2]. 시스템 구성 요소 오류 또는 장비 이상의 원인은 복합적인 변수가 존재하기 때문에 조사에 어려움이 있다.

따라서 본 연구는 기존의 사고 원인 분석을 위한 연구들의 기술 동향을 조사 및 분석하고, 이를 토대로 분석가가 드론에 관한 사고 원인 분석을 쉽게 하기 위한 드론 사고 재현 시스템 디자인의 방향성을 도출하는 것을 목표로 한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서 사고 발생 원인 분석과 관련된 기존 연구를 소개하고 3장에서는 앞서 소개한 관련 연구를 토대로 드론 사고 분석을 위한 사고 재현 시스템에 관한 방향성을 간략하게 제안한다. 4장에서 결론과 향후 연구에 관해 기술한다.

II. 기존 연구 및 배경지식

본 장에서는 이상징후 발생 원인 분석과 관련된 기존 연구들을 조사 및 분류하고 각 기법에서 제안하는 특성 및 한계점을 간략하게 정리해보았다.

---

† 교신저자 : 박기웅 (세종대학교 정보보호학과 교수)

이 논문은 ETRI 부설 연구소의 위탁연구과제 [2021-072]의 지원(50%)과 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원(No.2019-0-00426, 25%) 및 한국연구재단(No.NRF-2020R1A2C4002737, 25%)의 지원을 받아 수행된 연구임.

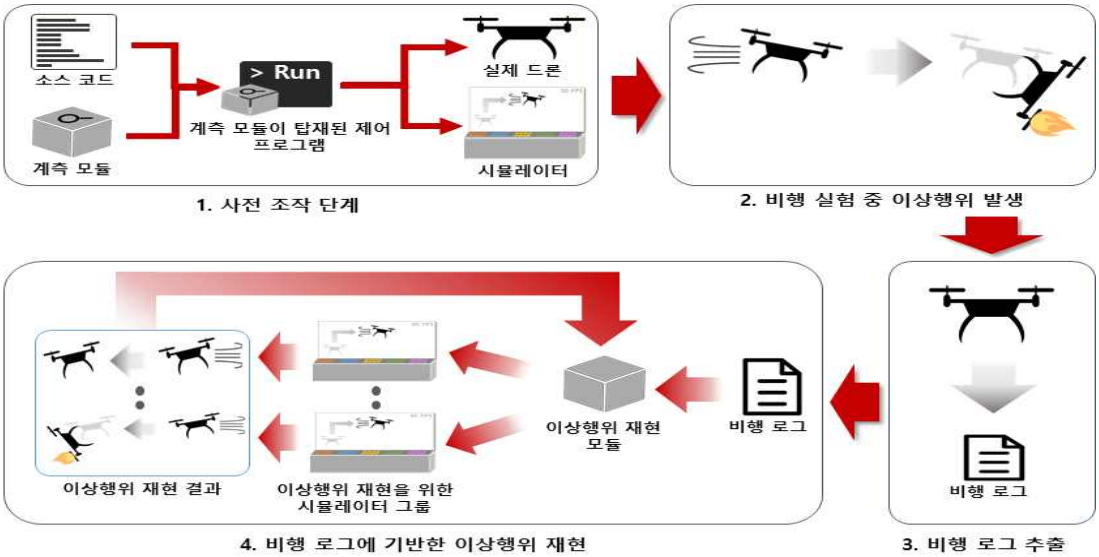

그림 1. 이상 행위 원인 분석을 위한 사고 재현 시스템 실행 흐름

구분	기존 연구
UAV 시스템 로그 분석을 통한 원인 분석	[A1], [A2], [A3], [A4]
커버리지 가이드 퍼징을 활용한 원인 분석	[B1], [B2], [B3], [B4], [B5], [B6]

표 1. 원인 분석 기법에 따른 연구 분류

2.1 UAV 시스템 로그 분석을 통한 원인 분석

UAV 시스템 로그 분석을 통한 원인 분석은 시스템 또는 장비의 동작 중 생성된 로그를 분석하는 과정을 말한다. 해당 기법은 PX4, Ardupilot 등 오픈소스 기반의 UAV 제어 시스템은 로그 형식이 공개되어 있어 로그에 기반한 문제 진단[A2]이 가능하나 DJI와 같은 상업용 드론은 로그 형식이 공개되지 않아 분석의 어려움이 존재한다. 따라서 이를 해결하기 위해 포렌식 관점에서 로그를 읽어 들이고 분석하기 위한 관련 연구[A1, A3, A4]들이 존재한다. 이 방법은 관련 연구에서도 확인할 수 있듯 시스템 내부 구조를 수정하지 않아도 되기 때문에 시스템 내부 접근 권한 여부에 상관없이 사고 분석 및 대응을 할 수 있어 자주 활용되지만, 프로그램 내부의 값들이 어떻게 변경되는지 알 수 없어 세부적인 파악이 어렵다는 한계가 존재한다.

2.3 커버리지 가이드 퍼징을 활용한 원인 분석

UAV 시스템 로그 분석의 한계점인 프로그램 내부의 값들이 변경되는 과정을 확인할 수 없다는 점은 큰 단점으로 작용한다. 이는 자동차 사고 분석에 활용되는 자동차 사고기록장치에서도 확인할 수 있으며, 해당 장치는 사고 발생 시점으로부터 5초 전까지의 동작 중인 내부 상태 값을 수집한다[3]. 따라서 계측 기능을 활용하여 프로그램 내부 값들이 변경되는 정보를 수집하는 커버리지 가이드 퍼징은 이러한 문제를 해결할 수 있다. 랜덤한 입력값을 생성해 대입해보며 프로그램에 오류가 발생하는 부분을 효율적으로 접근하고 입력값을 조정하기 위해 계측 기능을 활용하는 커버리지 가이드 퍼징은 계측 기능을 활용해 주변장치가 없는 환경에서도 주변장치에 접근하는 I/O를 식별하고 가상으로 처리함으로써 원인 분석에 도움이 되는 연구[B1]와 사전에 삽입된 계측 기능에 의해 생성된 로그를 분석하는 연구[B2] 및 로그를 토대로 이상 행위를 재연하는 연구[B3, B4, B5, B6]가 존재한다. 이 기법은 프로그램 내부의 값들이 변경되는 과정을 세부적으로 확인할 수 있어 사고 원인 식별 및 재현을 할 수 있어 로그 분석을 통한 원인 분석의 한계점을 해결하였다.

III. 이상 행위 원인 분석을 위한 사고 재현 시스템 디자인

본 장에서는 기존 연구를 토대로 이상 행위 원인 분석을 위한 사고 재현 시스템의 디자인 방향성을 도출하는 것을 목적으로 한다.

3.1 사고 재현 시스템 실행 흐름

앞서 기존 연구를 토대로 구성한 시스템 실행 흐름은 다음과 같이 4개의 단계로 구성된다. 첫 번째 단계는 사전 조작 단계로 사고가 재현될 때까지 랜덤한 입력값을 대입해보며 테스트하기 위해 프로그램 내부에 계측 모듈을 삽입하고, 이를 드론과 재현을 위해 사용되는 시뮬레이터에서 사용할 수 있도록 환경을 구성하는 단계이다. 두 번째 단계와 세 번째 단계는 드론을 사용해 비행하며 이상 행위가 발생하면 계측 모듈에서 생성한 로그와 기본적으로 생성되는 로그를 수집 및 추출한다. 마지막 단계인 네 번째 단계에서는 추출된 로그를 이상 행위 재연 모듈에 넣어 시나리오를 생성하고 이를 이상 행위 재연을 위한 여러 개의 시뮬레이터에 넣어 이상 행위가 발생할 때까지 반복하는 과정으로 사고 재현 시스템은 이와 같은 흐름으로 구성된다.

3.2 사고 재현 시스템 요구사항

앞서 조사 및 분류한 관련 연구들과 실행 흐름에 따른 사고 재현 시스템 요구사항은 다음과 같다.

- 주변장치가 없는 경우 계측 기능을 활용해 주변장치 접근 I/O 식별 및 주변장치 가상 모델링을 통한 주변장치 가상화 기능
- 계측 기능을 활용해 시스템 내부 동작 과정 로그 생성 기능
- 시스템 내부 동작 과정 로그를 토대로 이상 행위 재연 기능
- 다중의 이상 행위 재연 실험을 통해 사고 원인 식별 시간 단축을 위한 시뮬레이터 세트

식별된 요구사항 외에도 추가적인 연구를 통해 새로운 요구사항을 식별할 예정이다.

IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 추후 개발하려고 하는 이상 행위 원인 분석을 위한 사고 재현 시스템의 방향성을 도출하기 위해 UAV 사고 원인 분석 기술 동향을 조사하였다. 관련 연구들을 조사한 결과 로그 분석 기반의 사고 원인 분석은 프로그램 내부의 값이 어떻게 변하는지 알 수 없어 출력된 결과를 토대로 사고 원인을 유추해야 하지만, 커버리지 가이드 퍼징을 활용한 사고 원인 분석은 계측 기능을 활용해 로그 분석 기반의 문제점을 해결하여 한 단계 더 발전한 것을 확인할 수 있었다. 따라서 커버리지 가이드 퍼징을 통한 원인 분석 연구가 활발하게 진행중인 것을 확인하였으며, 이를 토대로 추가적인 연구를 진행하여 커버리지 가이드 퍼징을 활용한 이상 행위 원인 분석시스템을 개발하고자 한다.

[참고문헌]

[1] Grand View Research, [online] https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/global-commercial-drones-market.

[2] Graham Wild et al., “A Post-Accident Analysis of Civil Remotely-Piloted Aircraft System Accidents and Incidents”, Sci EL O Brazil, Apr-Jun 2017.

[3] 임상현, et al. "EDR 기록정보와 PC-Crash를 활용한 차량 전복 사고 분석." Transactions of the Korean Society of Automotive Engineers 28.4 (2020): 255-263.

[A1] Devon R.Clark et al., “DROP (DRone Open source Parser) your drone: Forensic analysis of the DJI Phantom III”, Digital Investigation, August 2017.

[A2] Ardupilot Log Analysis: Diagnosing problems using Logs, [online] https://ardupilot.org/copter/docs/common-diagnosing-problems-using-logs.html.

[A3] Upasita Jain et al., "Drone forensic fram

ework: Sensor and data identification and verification," 2017 IEEE Sensors Applicati ons Symposium, March 2017.

[A4] Renduchintala, Ankit, et al. "A comprehe nsive micro unmanned aerial vehicle (UA V/Drone) forensic framework." Digital Inv estigation 30 (2019): 52-72, July 2019.

[B1] Bo Feng et al., "P2IM: Scalable and Har dware-independent Firmware Testing via Automatic Peripheral Interface Modeling", 29th USENIX Security, August 2020.

[B2] Zhang, Shudong, et al. "Diagnostic Fram ework for Distributed Application Perform ance Anomaly Based on Adaptive Instrum entation." 2020 2nd International Conferenc e on Computer Communication and the In ternet (ICCCI). IEEE, 2020.

[B3] Taegyu Kim et al., "From Control Model to Program: Investigating Robotic Aerial Vehicle Accidents with MAYDAY", 29th USENIX Security, August 2020.

[B4] Park, Soyeon, et al. "Pres: probabilistic r eplay with execution sketching on multipr ocessors." Proceedings of the ACM SIGO PS 22nd symposium on Operating system s principles. 2009.

[B5] Hyungsub Kim et al., "PGFUZZ: Policy-Guided Fuzzing for Robotic Vehicles", ND SS Symposium 2021, February 2021.

[B6] Patil, Harish, et al. "Pinplay: a framewor k for deterministic replay and reproducible analysis of parallel programs." Proceeding s of the 8th annual IEEE/ACM internatio nal symposium on Code generation and o ptimization. 2010.