

AI를 활용한
저비용 고신뢰 SW자동 테스트 도구

CROWN 2.0

V⁺Lab

대표이사 김문주



도요타 급발진 사고

- 브레이크 SW 오류로 2002 이후 89 명 사망
- 12억 달러 벌금 합의 (2014)



보잉 737 Max 추락 사고

- SW 오류로 인한 2번의 추락사고로 346 명 사망

안전 필수 시스템 회사의 Pain Points



SW테스팅 큰비용소요

- 법적 안전 인증이 필수적인 안전 필수 시스템 : ISO26262 (자동차), DO178a/b/c(항공) 분기커버리지 100%, MC/DC 100% 달성 요구
- 안전기능 인증 받기 위해 막대한 테스트 비용소요



높아지는 인건비 및 인력수급난황

- 국가 정책에 따라 인건비 상향 및 근로 시간 제한 (주 52시간)
- 선진국형 사회로 진입함에 따라 이공계 기피 현상
 - 과도한 근무 시간으로 인해 SW 직종 기피



SW테스팅 해외아웃소싱문제점

- 테스트 비용 절감을 위해 베트남, 인도 등의 인건비 저렴한 테스트 전문 하청 기업 이용
- 외국 테스트 하청기업 문제점 부각
 - 불안정한 하청업체 (빈번한 이직 및 위태로운 재무 구조)
 - 자동차 SW IP 유출 등 보안 사고

노동 집약적 SW 테스트 관행



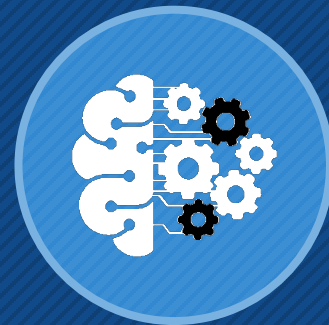
사람이 수작업으로 테스트 하기에
SW가 크고 복잡함

SW 오류 검출력 및 검출 효율 하락으로 인한
제품 품질 및 경쟁력 하락

SW는 4차 산업 혁명의 핵심이지만 높은 복잡도로
인한 오류로 인해 SW의 안전성은 위험한 수준

AI 기술을 활용한

기술집약적 SW 자동 테스트





김문주 대표

- 세계적인 SW 자동 테스트 연구 성과 도출 (최우수 국제학회/저널 등 100 여편 논문 발표)
- ICSE '20 산업체 Track (SEIP) Chair 역임
- RV '19 국제학회 Test of Time Award 수상
- 15년간 SW 자동 테스트 산학 과제 성공적 수행



김윤호 자문 교수

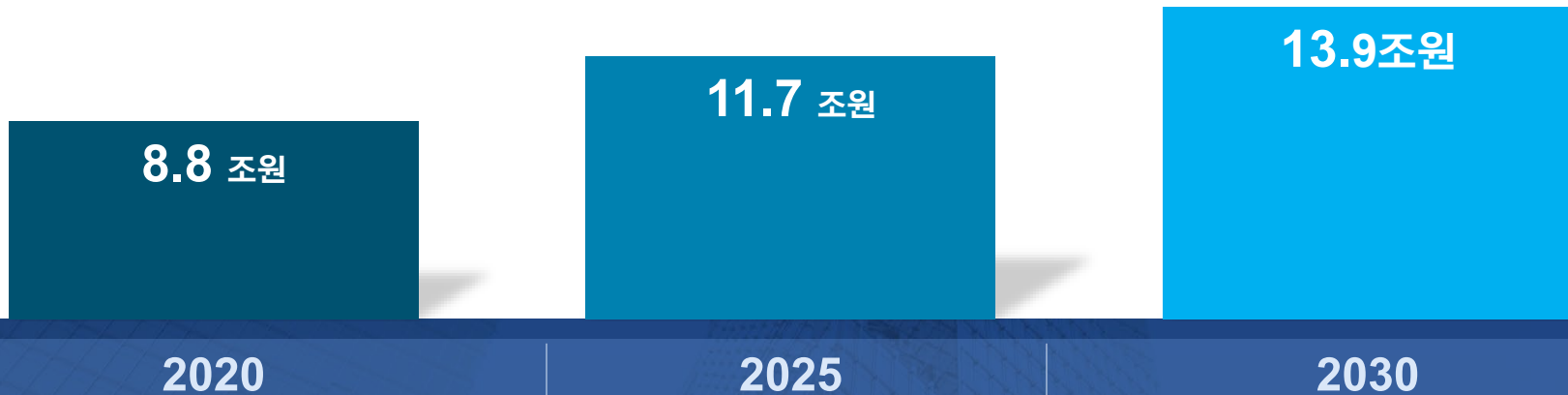
- 한양대 컴퓨터공학과 조교수 (공동창업자)
- KAIST 석박사 과정 및 연구교수 재직 동안 CROWN 2.0 개발
- 수십여편의 Concolic 테스트 기술 및 산업체 적용 사례 논문 발표



김윤삼 연구 소장

- 충남대 컴퓨터공학과 프로그래밍 언어 박사
- 한국과학기술연구원, 국가보안기술 연구소 등 10년 간 SW 연구개발
- SW 소스코드 및 실행 파일 오류 분석 전문가





일본 자동차
SW 시장 규모로부터
추산

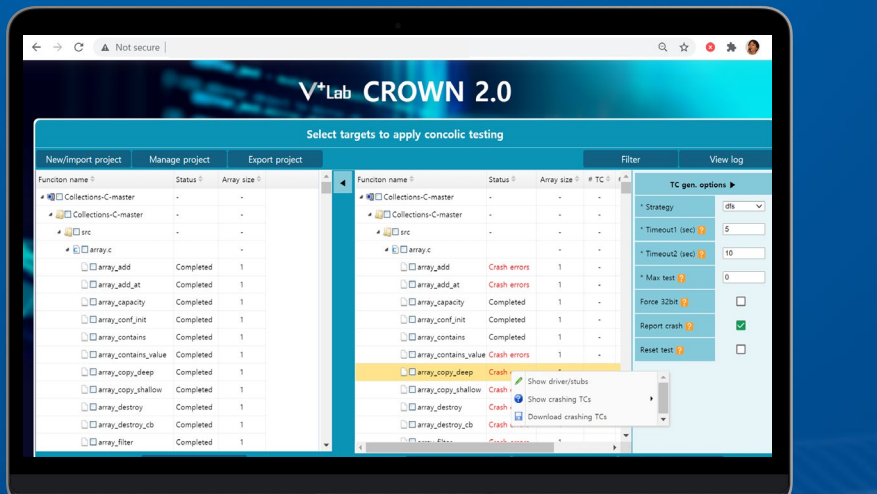
- 가정1 자동차 SW 시장 규모는 인구에 비례 (일본 : 미국 : 유럽 = 1 : 3 : 6)
- 가정2 SW 테스트 비용이 전체 SW 개발 비용의 50% (SW 공학 일반론 적용)
- 가정3 SW 자동 테스트가 전체 SW 테스트 시장의 20% 차지

SW오류로 인한 막대한 손실/비용 해결책 제안

AI를 활용한, 저비용 고신뢰

SW 자동 테스트 도구

CROWN 2.0



수작업 테스트 대비 절반 이하
저렴한 테스트 입력 생성 비용



수작업 테스트 대비 2배 이상
빠른 테스트 입력 생성 시간



수작업 테스트 대비 10배 이상
높은 오류 검출 효과

AI 기반 Concolic 엔진이, SW의 모든 수행 시나리오/경로들을 자동 테스트

자동 생성된
테스트 입력값

(a, b, c)

(4,3,2)

(2,3,1)

(3,2,1)

(2,1,3)

(1,1,2)

(1,2,1)

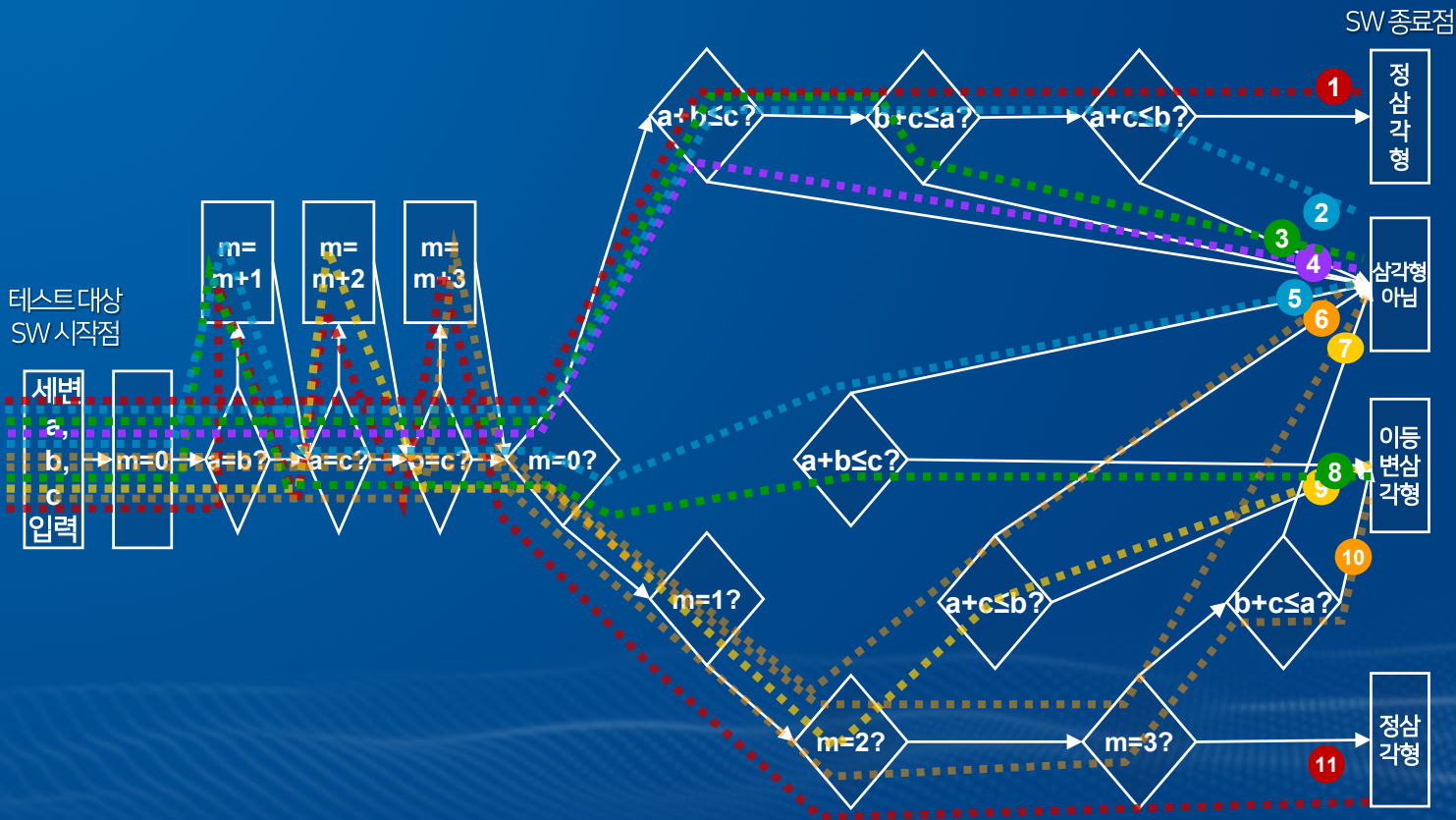
(2,1,1)

(2,2,1)

(2,1,2)

(3,2,2)

(1,1,1)



SW오류로 인한 막대한 손실/비용 해결책

CROWN 2.0

'10
~14

SAMSUNG

삼성전자
산학과제

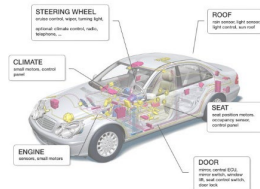


- 통신 모듈 펌웨어에서 수십건의 crash 오류 검출

'15
~20

HYUNDAI
MOBIS

현대자동차/ 모비스
산학과제

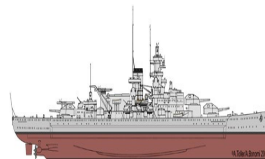


- 자동 테스트 기술로 분기 커버리지 90% 자동 달성
테스팅 인건비 70% 감소

'18

LIG 넥스원

LIGnex1
산학과제



- 함정 전투체계에 사용되는 10개 프로그램에서 다수의 SW 결함 발견

'20

NSR
국가보안기술연구소
National Security Research Institute

국가보안기술 연구소
SW 테스트



- 보안장비 프로그램에서 기존에 발견하지 못했던 신규 SW 결함 검출

현대모비스, AI 기반 소프트웨어 검증시스템 도입... "효율 2배로"

"현대모비스가 카이스트 전산학부 김문주 교수와 공동으로 개발한 마이스트는 연구원을 대신해 소프트웨어 검증작업을 수행하는 AI 시스템이다. 연구원들이 설계한 알고리즘을 바탕으로 소프트웨어의 모든 연산과정을 AI로 검증한다. 기존에 수작업으로 이뤄지던 소프트웨어 검증업무를 자동화한 셈이다."

실제 현대모비스가 통합형 차체제어 시스템 (IBU)과 써라운드뷰모니터링 시스템(SVM) 검증에 마이스트를 시범 적용한 결과 마이스트가 처리한 검증 업무량 비중은 각각 53%, 70%로 높았다"



소프트웨어가 대폭 늘어나면서 이를 분석하는 검증작업의 중요성도 더욱 커지고 있다. 검증작업에서는 소프트웨어 오류로 발생할 수 있는 품질문제를 사전에 차단하고 극한의 환경에서도 정상적으로 작동하도록 해야 한다. 안전성과 보안성도 고려해야 하는 요소다.

현대모비스 관계자는 "많은 인력과 시간을 투입해야 하는 소프트웨어 검증업무에서 마이스트가 50~70%를 대신하며 효율을 2배 이상 높이고 소프트웨어 개발 기간을 단축할 뿐 아니라 검증 정확도를 향상시킬 것"



ICSE 2019

2019 IEEE/ACM 41st International Conference on Software Engineering: Software Engineering in Practice (ICSE SEIP)

Concolic Testing for High Test Coverage and Reduced Human Effort in Automotive Industry

Yunho Kim
School of Computing
KAIST
Daejeon, South Korea
yunho.kim03@gmail.com

Dongju Lee
Software Verification Team
Hyundai Mobis
Yongin, South Korea
dongju.lee@mobis.co.kr

Junki Baek
Software Verification Team
Hyundai Mobis
Yongin, South Korea
jk.baek@mobis.co.kr

Moonzoo Kim
School of Computing
KAIST
Daejeon, South Korea
moonzoo@cs.kaist.ac.kr

Abstract—The importance of automotive software has been rapidly increasing because software now controls many components in motor vehicles such as window controller, smart-key system, and tire pressure monitoring system. Consequently, the automotive industry spends a large amount of human effort testing automotive software and is interested in automated software testing techniques that can ensure high-quality automotive software with reduced human effort.

In this paper, we report our industrial experience applying concolic testing to automotive software developed by Hyundai Mobis. We have developed an automated testing framework MAIST that automatically generates the test driver, stubs, and test inputs to a target task by applying concolic testing. As a result, MAIST has achieved 90.5% branch coverage and 77.8% MC/DC coverage on the integrated body unit (IBU) software. Furthermore, it reduced the cost of IBU coverage testing by reducing the manual testing effort for coverage testing by 83.3%.

Keywords—Automated test generation, concolic testing, automotive software, coverage testing

1. INTRODUCTION

The automotive industry has developed automotive software to control various components in the motor vehicle, for example, the body control module (BCM), smart-key system (SMK), and tire pressure monitoring system (TPMS) [1], [2]. As automotive software becomes larger and more complex with the addition of newly introduced automated features (e.g., advanced driver assistance systems) and more sophisticated functionality (e.g., driving mode systems) [3], [4], the cost of testing automotive software is rapidly increasing. Also, it is difficult for human engineers to develop test inputs that can ensure high-quality automotive software within tight

scale embedded software [10] and has effectively improve the quality of industrial software by increasing test coverage and detecting corner-case bugs with modest human effort.

While we were working to apply concolic testing to automotive software developed by Mobis, we observed the following technical challenges to resolve to successfully apply automate test generation techniques:

- 1) We need to generate test drivers and stubs carefully to achieve high unit test coverage while avoiding generating test cases corresponding to the executions that are not feasible at the system-level. Otherwise (e.g. generating naive test drivers and stubs that provide unconstrained symbolic inputs to every function in target program), we will waste human effort to manually filter out infeasible tests that lead to misleading high coverage and false alarms.
- 2) Current concolic testing tools do not support symbolic bit-fields in C which are frequently used for automotive software.¹ For example, automotive software uses bit-fields in message packets in the controller area network (CAN) bus to save memory and bus bandwidth. However, most concolic testing tools do not support symbolic bit-fields since a bit-field does not have a memory address (Sect. III-D) and most programs running on PCs rarely use bit-fields.
- 3) Although automotive software uses function pointers to simplify code to dynamically select a function to execute, concolic testing techniques and tools do not support symbolic function pointers due to the limitation of SMT (Satisfiability Modulo Theories) solvers.

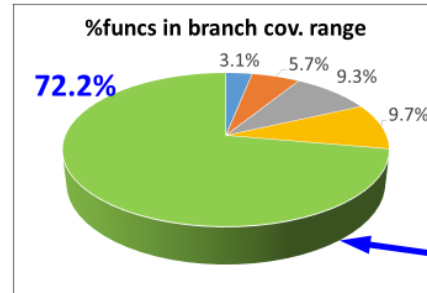
KAIST

Concolic Testing for High Test Coverage and Reduced Human Effort in Automotive Industry

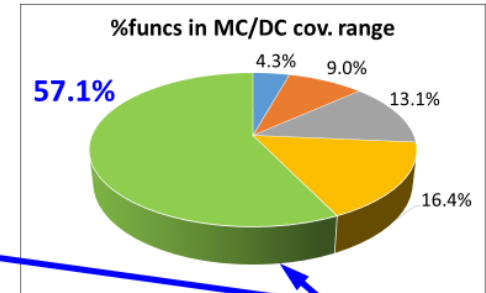
Page 16

RQ1:MAIST Achieved **90.5% Branch** and **77.8% MC/DC Cov.**

100% branch cov. of 72.2% of funcs



100% MC/DC cov. of 57.1% of funcs



■ [20%,40%) ■ [40%,60%) ■ [60%,80%) ■ [80%,100%) ■ 100%

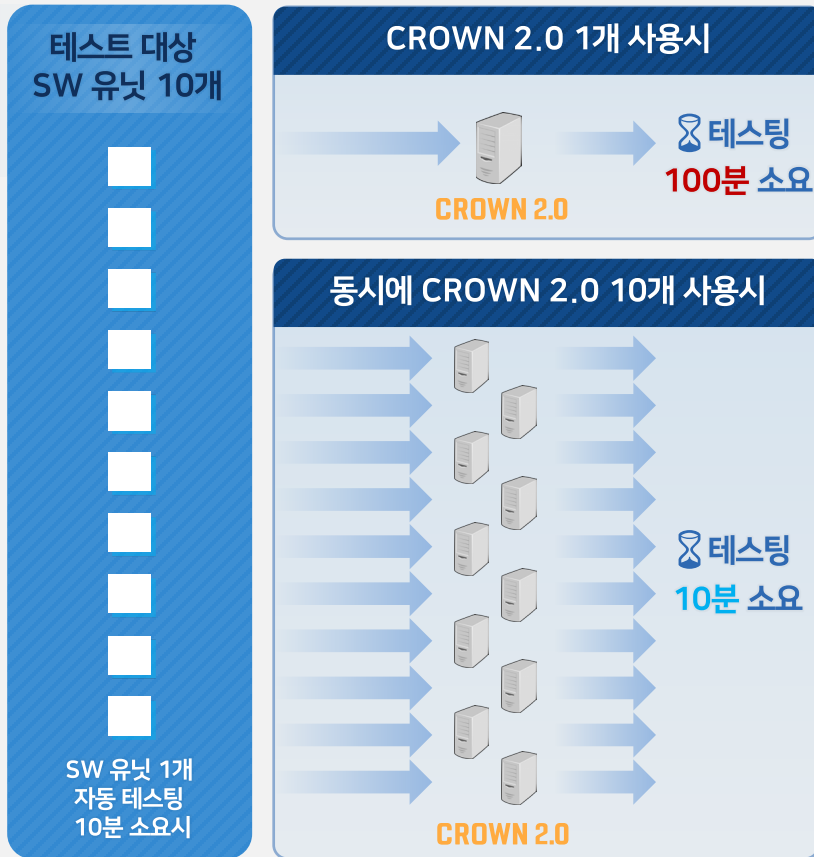
* Running 20 hours on 12 CPU cores (3.0GHz)

ICSE 2019 SEIP Acceptance ratio: 25%

연간 구독 + 테스트링 소요 시간 단축을 통한 매출 극대화

- CROWN 2.0 1년 라이선스 1개 구매 시, 1대의 테스트링 서버에서 1년간 CROWN 2.0 사용 가능
- SW 테스트링 소요 시간을 줄이기 위해, 고객사가 CROWN 2.0을 더 많이 구매해서 동시에 사용
- 예. 차량 1모델에 탑재되는 테스트 대상 SW
 - a) 100 만개의 SW 유닛이 있고
 - b) SW 유닛 1개 자동 테스트링에 10분 소요

CROWN 2.0 동시 사용 갯수	1	10	100	1000
테스팅 소요 시간	20년 <small>(= 100만 unit x 10분)</small>	2년	2달	1주일



독보적 SW 테스트 기술 경쟁력

- 10년간 세계 최초로 Safety Critical 소프트웨어 대상 Concolic 테스트 엔진 CROWN 자체 개발
- 수십편의 Concolic 테스트 학술 논문/특허 보유
- 최고급 핵심 기술 인력 보유
 - 김문주 KAIST 교수, 김윤호 한양대 교수, 김윤삼 박사



풍부한 산업체 SW 테스트 경험

- ('15-'17) 현대자동차 샤시 제어팀과 KAIST 김문주 교수 연구실이 3년간 공동 연구
- ('17-'18) 현대모비스 20만줄 규모 SW 테스트 인력 70% 감소
- ('20) H사 자동차 SW에서 매우 높은 분기 커버리지 자동 달성 (>90%)
- ('20) 국가보안기술연구소 자체 개발 보안제품 SW 오류 발견

국내 산/학/연 기관 납품

2020.03

현대자동차
CROWN 2.0 납품



- 현대자동차 용역과제 과제에 CROWN 2.0 적용, 기존 테스트에 수개월 이상 소요되던 자동차 SW 테스트 수주 이내로 단축
- 분기 커버리지 >90% 자동 달성

2020.06

국가보안기술연구소
CROWN 2.0 납품



- 신생업체임에도 불구하고 높은 기술력을 인정받아 연구기관에 납품하고 연구과제에 과제에 CROWN 2.0 적용
- 국가보안기술연구소에서 SW 보안 취약점 검출 도구로 활용

2021.11

한국전자통신 연구원 (ETRI)
CROWN 2.0 납품



- 한국전자통신 연구원의 차세대 시스템 소프트웨어 연구실에서 활용
- ETRI 에서 연구/개발하는 다양한 내장형 SW의 품질 향상을 위해 CROWN 2.0 활용

국방 핵심SW 사업 수행 및 COMEUP Stars 선발

2022.03

LIG넥스원
협력업체 등록

- 안정성과 신뢰성이 중요한 국방 분야 핵심 SW 사업 과제를 수행하기 위해, 국방 분야 대표기업인 LIG넥스원으로부터 우수한 기술/경영 평가를 받았음.

2022.04-2025.10

국방부 AI 기반
SW 자동테스팅 과제 수행



국 방 과 학 연 구 소
Agency for Defense Development

- 신생업체임에도 불구하고 바이플러스랩의 우수한 기술력 및 역량을 인정 받아, 높은 안정성과 신뢰성이 요구되는 국방 분야 핵심 SW 사업 과제를 LIG넥스원과 함께 수행

2022.09

2022 COMEUP Stars
루키 리그 선발



- 국내 최대 규모의 글로벌 스타트업 페스티벌 "2022 COMEUP Stars"에서 참가경쟁률 22.7 : 1 의 높은 경쟁률을 뚫고 선발

향후 사업 Roadmap

안전 필수 도메인의
내장형 SW 자동 테스트

2019.10

창업

자율 주행 차량 등
AI 응용 SW
자동 테스트

2023

테스팅 도메인 확장

자동 테스트 이상의
과학적인 분석을 통한
SW 컨설팅 서비스

‘ SW 테스트 산업의 심각한 장애물 중
하나인 SW 테스트 전문가 부족 ’
- Global Market Insights -

2027

사업 영역 확장: SW유지/보수/업데이트