졸업프로젝트

TraceRecoviz

현재까지의 진행사항

1. 개요

추적성이 유지되던 프로젝트 상황

Unit code
version 1.xx

Test code
version 1.xx

추적성이 끊긴 프로젝트 상황

Unit code
version ??

Test code
version ??

2. 추적성 탐지를 위해 표현되어야 할 필수요소

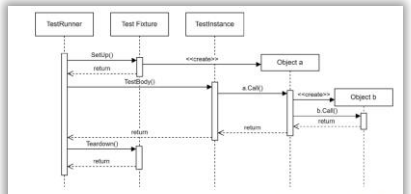


그림 1. xUnit 기반 Test Framework의 테스트 수행 절차

표 1. 시각화에 필요한 GoogleTest 개념

테스트 구성요소	역할
Fixture	테스트에 필요한 데이터나 환경을 준비
Stub	특정 기능을 dummy 객체로 대체하는 부분을 명시
Assertion	입력값과 기댓값을 명시
Parameterized Test	매개변수를 사용하여 같은 테스트를 여러 데이터로 실행하는 것을 식별
Test Case, Test Suite	특정한 기능을 검증하는 여러 개의 테스트가 어떤 그룹에 속하는지 표시
EventListener 등	이 외에 테스트 프레임워크에서 사용되는 객체들

그림 1. Test Framework 절차 및 테스트 구성요소

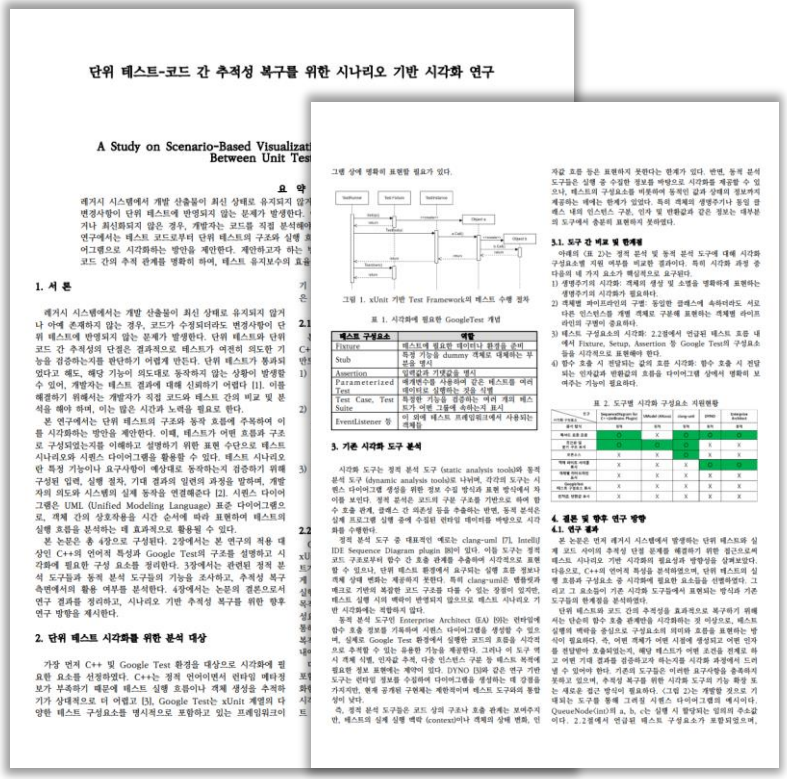
표 2. 도구별 시각화 구성요소 지원현황

시각화 구성요소 \ 도구	SequenceDiagram for C++(JetBrains Plugin)	UModel (Altova)	clang-uml	DYNO	Enterprise Architect
분석 방식	정적	정적	정적	동적	동적
메서드 호출 흐름	O	X	O	O	O
조건문 및 분기 구조 표시	O	O	O	X	X
오픈소스	X	X	O	X	X
객체 라이프 사이클 표시	X	X	X	O	O
객체별 라이프라인 표시	X	X	X	X	X
GoogleTest 테스트 구성요소 표시	X	X	X	X	X
인자값, 반환값 표시	X	X	X	X	X

그림 2. 도구별 시각화 구성요소 지원현황

3. 새로운 도구의 필요성

- 테스트 코드의 시나리오 기반 시각화
- 기존도구는 표현하지 못하는 시각화 구성요소 포함



단위 테스트-코드 간 추적성 복구를 위한 시나리오 기반 시각화 연구

A Study on Scenario-Based Visualizat
Between Unit Tes

요 약

1. 서 론

2. 단위 테스트 시각화를 위한 분석 대상

3. 기존 시각화 도구 분석

4. 결론 및 향후 연구 방향

4.1. 연구 결과

출처 : KCC2025 (한국컴퓨터종합학술대회 2025)
단위 테스트-코드 간 추적성 복구를 위한 시나리오 기반 시각화 연구 – 김대원, 이영규

TraceRecoviz 동작 프로세스

```
static int Double(int n) { return 2 * n; }

void MapTester(const Queue<int>* q) {
  const Queue<int>* const new_q = q->Map(Double);
  ASSERT_EQ(q->Size(), new_q->Size());
  for (const QueueNode<int>*n1 = q->Head(), *n2 = new_q->Head();
       n1 != nullptr; n1 = n1->next(), n2 = n2->next()) {
    EXPECT_EQ(2 * n1->element(), n2->element());
  }

  delete new_q;
}
Queue<int> q0_;
Queue<int> q1_;
Queue<int> q2_;
};
```

그림 1. 기존의 소스 코드

1. 기존 코드에 계측코드를 삽입함.

Input → TraceRecoviz → output

```
static int Double(int n) {trace_enter((void*)0, __PRETTY_FUNCTION__ , n);
 { auto __trace_ret = 2 * n; trace_return((void*)0, __PRETTY_FUNCTION__, __trace_ret); return __trace_ret; } }
void MapTester(const Queue<int>* q) {trace_enter((void*)this, __PRETTY_FUNCTION__ , q);
  const Queue<int>* const new_q = q->Map(Double);
  ASSERT_EQ_LOG(q->Size(), new_q->Size());
  for (const QueueNode<int>*n1 = q->Head(), *n2 = new_q->Head();
       n1 != nullptr; n1 = n1->next(), n2 = n2->next()) {
    EXPECT_EQ_LOG(2 * n1->element(), n2->element());
  }

  delete new_q;
}
Queue<int> q0_;
Queue<int> q1_;
Queue<int> q2_;
};
```

그림 2. 계측코드가 삽입된 소스 코드

2. 계측코드가 삽입된 코드를 빌드함.

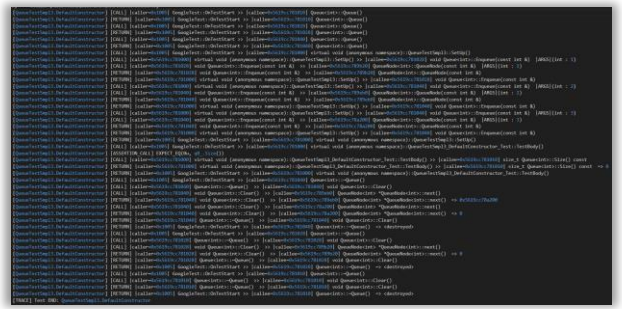


그림 3. 빌드되어 나온 log 파일

3. log를 gojs format에 맞게 변환

그림 4. json file

4. json파일을 gojs를 사용하여 html로 업로드

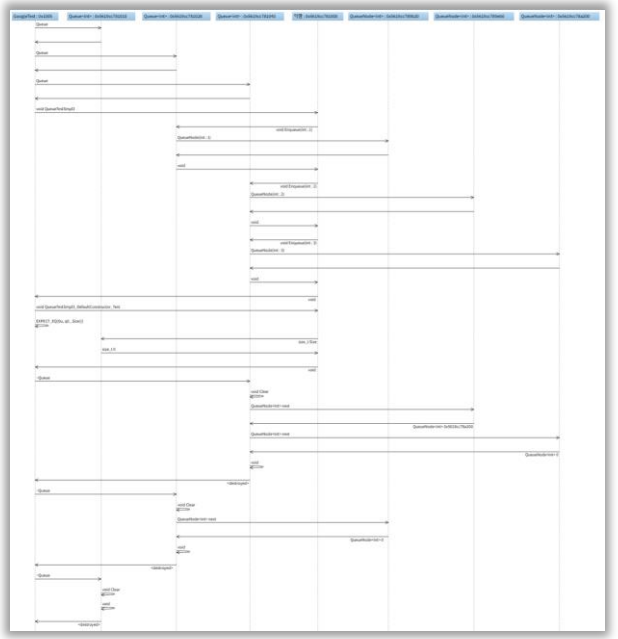
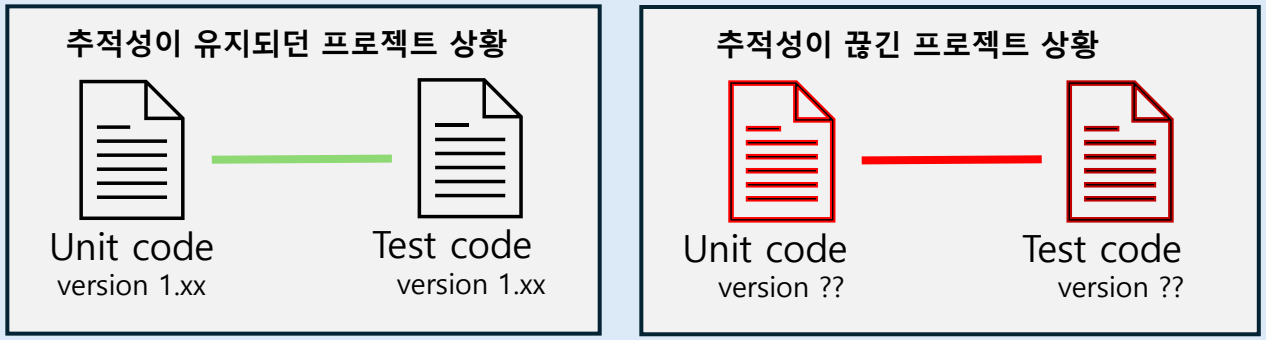


그림 5. 최종 시퀀스 다이어그램

TraceRecoviz를 활용한 추적성 복구

1. 기존 & 수정된 코드의 시퀀스다이어그램 준비



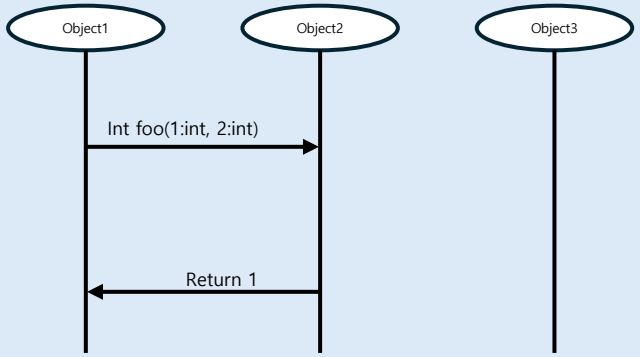


그림 1. 기존 코드의 시퀀스다이어그램

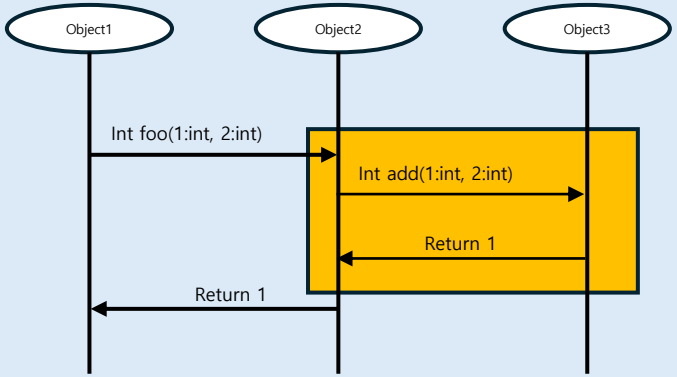


그림 2. 수정된 코드의 시퀀스다이어그램

2. 차이점을 비교한 시퀀스다이어그램

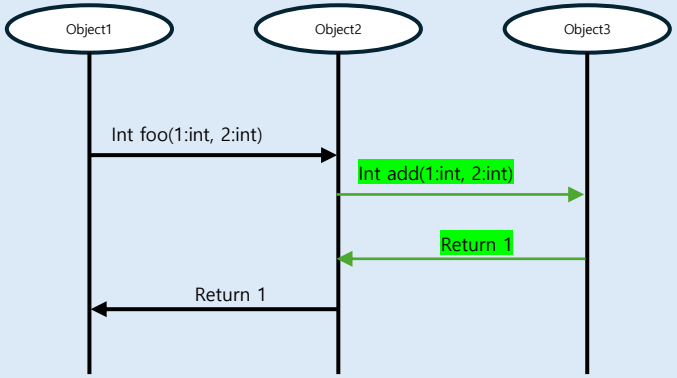
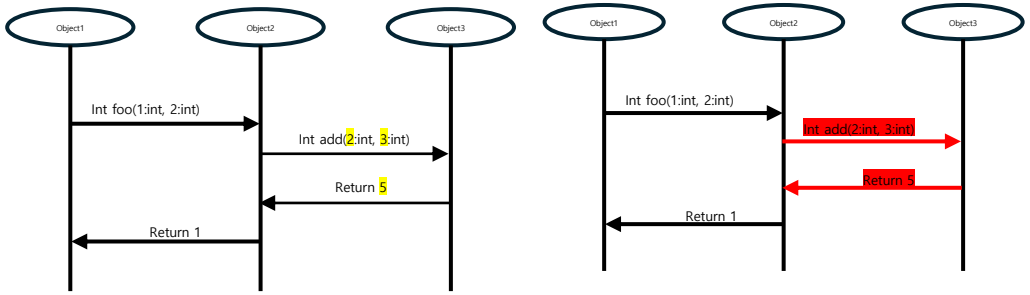


그림 3. 시퀀스다이어그램끼리의 차이점 표시

함수 호출 추가 : 초록색
함수 입출력 변화 : 노란색
함수 호출 제거 : 빨간색



TraceRecoviz를 활용한 추적성 복구 – 새로운 함수 호출 예시

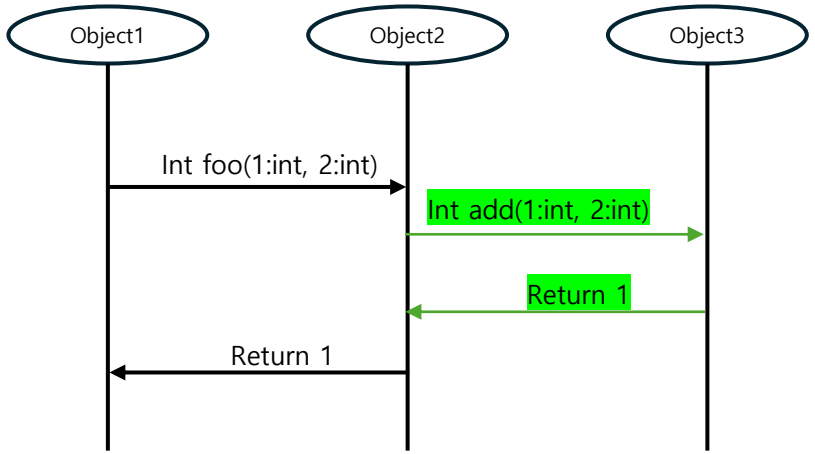


그림 1. 시퀀스다이어그램끼리의 차이점 표시

도구가 "추적성 복구를 하는 개발자"에게 줄 수 정보

- 시퀀스 다이어그램에 초록색 표시가 생김
- 어디서 수정사항이 생겼는가? : 타겟 코드
- 어떤 요소가 수정되었는가? : 함수 내부 호출 발생
- 왜 이런 변화가 생겼는가? :
  1. 예) 동적분석 기반의 시퀀스다이어그램에 표시되지 않는 요소의 수정
     - if 문 조건의 변화
     - while, for 같은 반복문의 변화
  2. 개발자가 새로운 호출을 추가함
  3. ~~

- 무엇을 해야하는가? :

함수 내부의 호출이 생긴 foo() 내부를 한번 확인해봐야 합니다.
새로운 함수호출이 생긴 부분이 출력값에 어떤 영향을 주는지 확인해봐야합니다

TraceRecoviz를 활용한 추적성 복구 – GTEST Sample1 예시

1. 추적성이 유지되는 상황

Version 1.1

```
int Factorial(int n) {
  int result = 1;
  for (int i = 1; i <= n; i++) {
    result *= i;
  }

  return result;
}
```

그림 1. 타켓 코드 – 반복문으로 작성된 팩토리얼 함수

```
TEST(FactorialTest, Negative) {
  EXPECT_EQ(1, Factorial(-5));
  EXPECT_EQ(1, Factorial(-1));
  EXPECT_GT(Factorial(-10), 0);
}
// Tests factorial of 0.
TEST(FactorialTest, Zero) { EXPECT_EQ(1, Factorial(0)); }
// Tests factorial of positive numbers.
TEST(FactorialTest, Positive) {
  EXPECT_EQ(1, Factorial(1));
  EXPECT_EQ(2, Factorial(2));
  EXPECT_EQ(6, Factorial(3));
  EXPECT_EQ(40320, Factorial(8));
}
```

그림 2. 테스트 코드

2. 추적성이 끊긴 상황

Version 1.2

```
int FactorialImpl(int k, int acc) {
    if (k <= 1) return acc;
    return FactorialImpl(k - 1, acc * k);
}

int Factorial(int n) {
  return FactorialImpl(n, 1);
}
```

그림 3. 수정 후 타켓 코드 – 재귀로 구현된 팩토리얼 함수

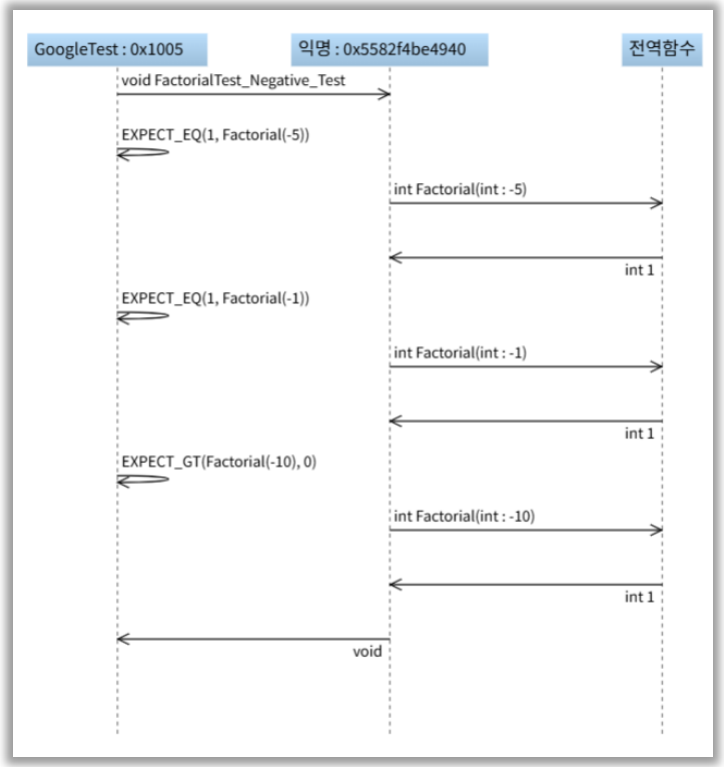


그림 4. **반복문으로 구현**된 팩토리얼 함수의 테스트 코드의 시퀀스다이어그램

그림 5. **재귀로 구현**된 팩토리얼 함수의 테스트 코드의 시퀀스다이어그램

TraceRecoviz를 활용한 추적성 복구 – GTEST Sample1 예시

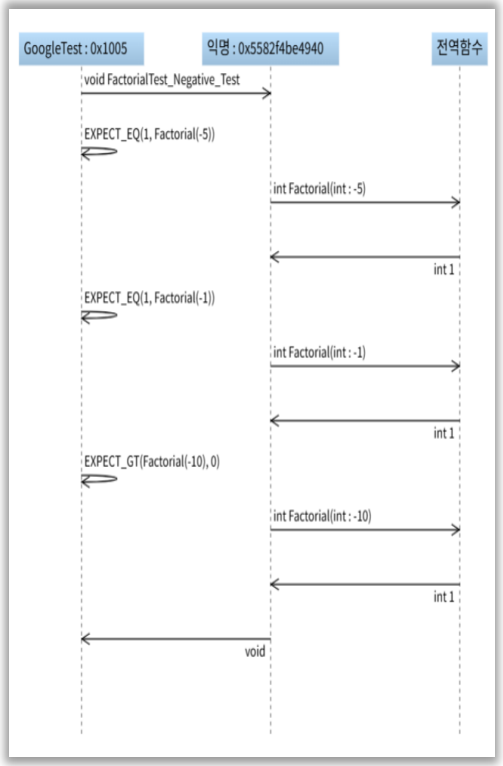


그림 4. **반복문으로 구현**된 팩토리얼 함수의 테스트 코드의 시퀀스다이어그램

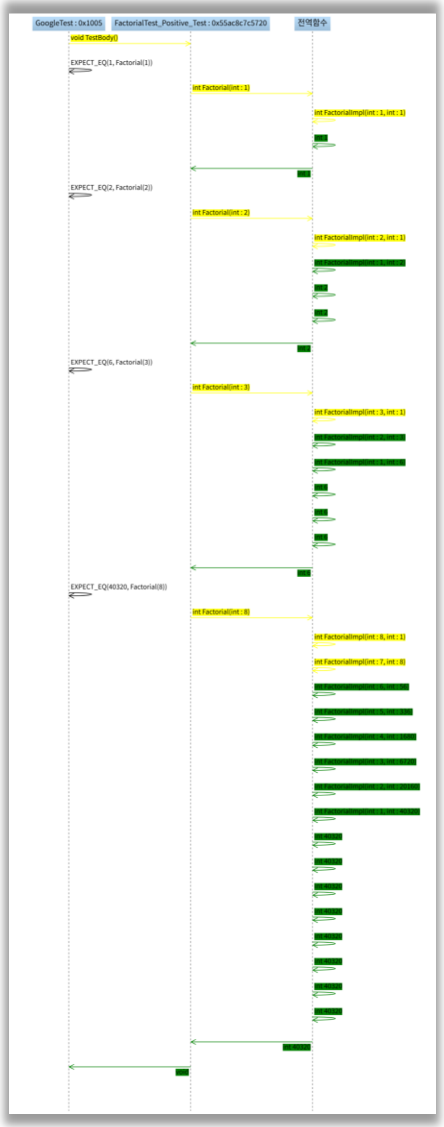


그림 5. **재귀로 구현**된 팩토리얼 함수의 테스트 코드의 시퀀스다이어그램

도구가 "추적성 복구를 하는 개발자"에게 줄 수 정보

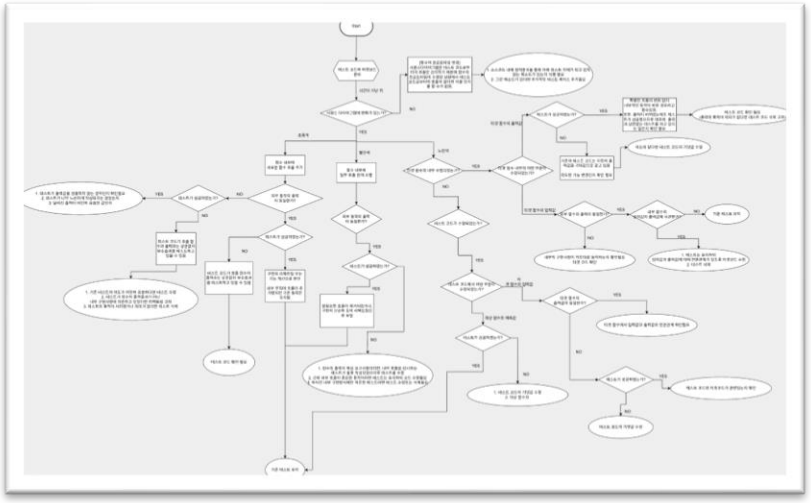
- 시퀀스 다이어그램에 초록색 표시가 생김
- 어디서 수정사항이 생겼는가? : 타겟 코드
- 어떤 요소가 수정되었는가? : 함수 내부 호출 발생
- 왜 이런 변화가 생겼는가? :
  1. 예) 동적분석 기반의 시퀀스다이어그램에 표시되지 않는 요소의 수정
     - if 문 조건의 변화
     - while, for 같은 반복문의 변화
  2. 개발자가 새로운 호출을 추가함
  3. Caller 함수와 Callee 함수 시그니처가 동일함

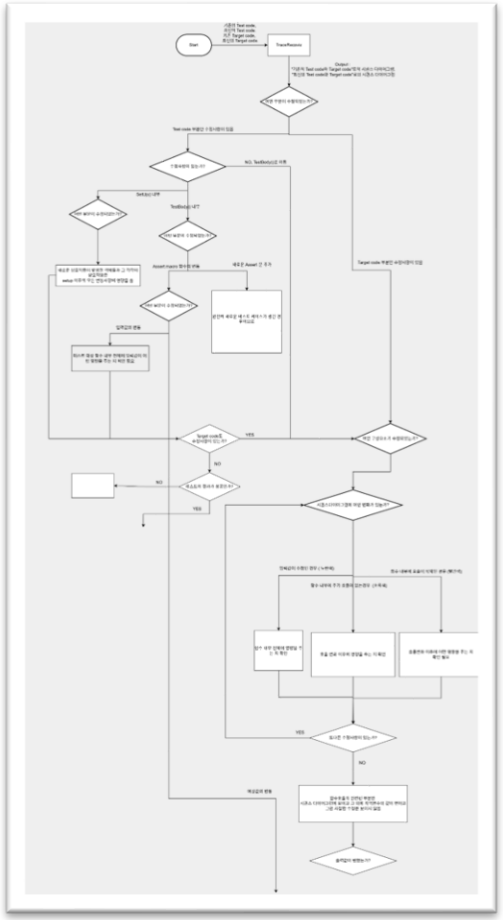
  > 재귀함수 호출로 코드를 수정

- 무엇을 해야하는가? :

Caller 함수와 내부의 Callee 함수 시그니처가 동일한 것으로 보아 재귀함수로 코드를 수정한 것으로 보입니다.
Caller 함수 내부를 한번 확인해봐야 합니다.

TraceRecoviz를 활용한 추적성 복구 – 발생가능한 케이스 정리





시나리오 (변경 유형)	시퀀스 다이어그램 변화 및 테스트 영향	원인 (코드/테스트 수정)	추적성 복구 개발자 대응
1. 함수 호출 추가 *(타겟 코드 내부)*	내부에 새로운 함수 호출 메시지가 다이어그램에 추가됨. 출력 등 외부행동 동일하면 테스트 **성공** (테스트 코드 변경 없음).	구현 리팩토링 또는 기능 개선으로 내부 로직에 호출 추가.	테스트 유지 (수정 불필요). 다이어그램 변화는 이력으로 기록.
2. 함수 호출 삭제 *(타겟 코드 내부)*	기존 다이어그램의 일부 호출 메시지 **소멸**. 외부행동 동일하면 테스트 **성공** (테스트 코드 변경 없음). ※ 기대된 호출 없어지면 mock 테스트 실패 가능.	불필요한 호출 제거, 구현 단순화 등의 리팩토링. 또는 기능 축소/제거.	외부동작 불변 시 테스트 유지. 기능 제거 시 해당 테스트 기대치 수정 또는 테스트 폐기.
3. 함수 호출 변경 *(호출 대상/인자 변경)*	다이어그램에 나타나는 호출의 대상 함수명이나 인자 형태 변화. 출력이 변하지 않으면 테스트 **성공** (코드 호출부만 간접 영향, 일반적으로 테스트 코드 그대로).	효율 개선 위해 호출 대상 교체 (예: 커스텀 -> 표준 라이브러리) 또는 API 변경.	기능동일시 테스트 유지. 출력에 영향 시 **6번 대응**처럼 예상값 수정. 추적성 정보 업데이트.
4. 함수 시그니처 변경 *(인터페이스 변경)*	다이어그램에 호출 자체가 변경됨 (함수명/파라미터 달라짐). 테스트는 컴파일/실행 불가로 **실패**. (기존 테스트의 assert도 맞지 않을 수 있음)	함수 프로토타입 수정: 이름 변경, 파라미터 추가/변경, 반환형 변경 등 (주로 요구사항 변경에 따른 API 수정).	테스트 코드 수정하여 새로운 시그니처 호출하도록 **보완**. 대규모 변경 시 기존 테스트 폐기 후 신규 테스트 작성 고려.
5. 입력값 처리 변경 *(입력 제약/검증 수정)*	다이어그램에 예외 흐름 추가 또는 분기 변화. 특정 입력에 대한 동작 변경으로 해당 케이스 테스트 **실패** (assert 예상값 불일치 혹은 예외 미처리).	입력값에 대한 처리 로직 변경 (예: 유효성 검사 추가, 범위 제한, 에러 처리 방식 변경) – 요구사항 수정이나 버그 해결.	해당 케이스의 테스트 **수정**: 예상 결과를 새 규칙에 맞게 변경하거나 예외 체크 추가. 불필요해진 테스트는 제거.
6. 출력값/동작 변경 *(반환값 또는 효과 수정)*	다이어그램 구조는 동일하나 **반환값 등 결과** 달라짐. 테스트 **실패** (기대한 출력과 불일치).	함수의 결과값 정의 변경 또는 부수 효과 수정 – 요구사항 변경이나 설계 개선.	테스트 **Oracle 갱신**: EXPECT등의 예상값을 변경. 기능 의미 변화 크면 테스트 전면 개편 또는 신규 작성.
7. 테스트 케이스 추가 *(새 시나리오 테스트)*	기존 다이어그램은 영향 없음. 새로운 테스트에 대한 시퀀스 다이어그램 **추가 생성**. 전체 테스트 스위트에 새 실행 경로가 늘어남.	코드의 기능 확장이나 신규 요구사항으로 추가된 케이스. 또는 테스트 커버리지 향상 목적의 추가.	기존 테스트 **유지**. 새 테스트를 스위트에 포함하고 추적성 매트릭스에 **신규 항목 추가**.
8. 기능 삭제/대체 *(대상 기능 자체 제거)*	관련 시퀀스 다이어그램이 **사라짐** (호출 자체가 없어짐). 해당 테스트는 의미 없어져 **실패** 또는 스킵.	요구사항 폐기, 아키텍처 변경 등으로 기능 제거 또는 다른 구현으로 교체.	관련 테스트 **폐기** (더 이상 사용하지 않음). 대체 기능이 있으면 그에 맞는 새로운 테스트 작성. 추적성 링크 정리/갱신.

TraceRecoviz를 활용한 추적성 복구 – 검증

- 기존의 작업된 프로젝트를 직접 사용하여 실사례로 추적성복구 시나리오 테스트

- 타켓 코드, 테스트 코드, 수정된 코드(타겟 코드, 테스트 코드)