

분류트리기법(CTM)과 기능분석을 활용한 차륜형 전투차량 수상운행 테스트 케이스 플로우 생성에 관한 연구

이인호¹⁾ 이철우²⁾ 박태우²⁾ 남해성²⁾ 강호신²⁾ 김의환¹⁾

1) 아주대학교, 2) 현대로템

The Generation of Test Case Flow Using Classification Tree Method and Functional Analysis for River Crossing of Wheeled-Vehicle

In ho Lee¹⁾ Cheol Woo Lee²⁾ Tae Woo Park²⁾ Hae Sung Nam²⁾ Ho Sin Kang²⁾ Eui Whan Kim¹⁾

1) Ajou University, 2) Hyundai Rotem

Abstract : Designing test case flows for water crossing operation of a wheeled vehicle is a new attempt for which very limited experiences exist. In this paper, a Function Flow Block Diagram(FFBD) and a Classification Tree Method(CTM) were combined to see if this method is viable to generate the test case flows at the functional analysis stage. It was found that this method can be practically used for the very complicated test case generation.

Key Words : River Crossing, Test Case, Functional Analysis, Classification Tree Method, CTM

* corresponding author : In Ho Lee/Ajou University, korea/wawa098@ajou.ac.kr

* This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

현대의 시스템은 대부분 점점 복잡, 대형화되어 가는 추세이며, 무기체계에서 또한 예외는 아니다. 또한 시스템의 임무, 시나리오가 다양해지고 특히나 무기체계에 있어서는 그 체계의 운용 중에 어떠한 상황이 발생할지 상업용 제품보다 예상하기가 더욱 어렵기 때문에 해당 체계를 검증하는 방법 또한 복잡성을 띠게 되었다. 따라서 그에 맞게 경험적인 방법을 통한 테스트 케이스의 생성보다는 여러 과학적인 기법을 활용하여 효과적인 테스트 케이스의 생성이 요구된다고 할 수 있다.

본 논문에서는 차륜형 전투차량의 여러 가지 시나리오 중 수상운행에 관한 시나리오를 대상으로 기능흐름도를 통해 도출하고, 기능흐름도(Functional Flow Block Diagram, FFBD) 상에 식별된 기능(기능을 수행할 컴포넌트)과 인터페이스를 통해 Class, Classification, Composition의 조합된 트리 구조로써 분류 트리 기법(Classification Tree Method, CTM)의 분류 트리 다이어그램을 구성할 것이다. 여기서 기능흐름도는 ViTech社의 Core® 도구를, 분류 트리 기법은 Berner & Mattner社의 CTE XL Professional® 도구의 지원을 받아 활용한다.

지상무기체계의 수상운행에 있어서, 차륜형 전투차량은 별도의 워터제트를 사용하며 동력 변환 장치를 통해 수상운행 간 차륜을 구동하지 않는 등 기존의 케도형과는 다른 특징을 가지고 있기 때문에 처음 시도 되는 만큼 기존의 방법보다 더욱 다양한 테스트 케이스를 필요로 한다. 또한, 미군의 Stryker 체계와 이의 계열화인 전차포 탑재차, 화력지원장갑차 등의 유사체계로써, 기본형과 더불어 추가적으로 계열화가 예상되는 바 기본형의 분류 트리 다이어그램을 활용하여 계열화에서 또한 활용되기를 기대한다.

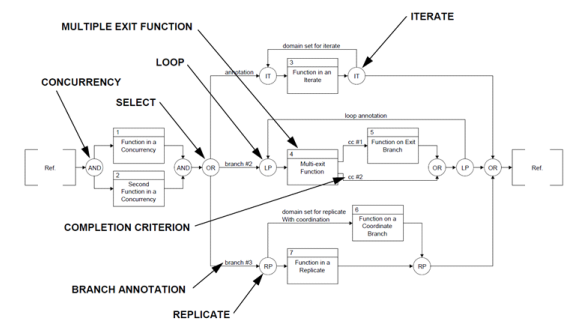
2. 기능 흐름도와 분류 트리 기법

시스템은 수 많은 기능과 그 기능을 수행하는 컴

포넌트를 가지고 있으며 컴포넌트들은 상호작용을 하고 있다. 시나리오에 따라 특정 컴포넌트만이 많은 연관을 가지고 작동하는 경우가 있을 수 있다. 때문에 시스템 내 모든 컴포넌트에 대해 모든 조합을 통한 테스트 케이스의 도출은 효율성이 떨어진다고 할 수 있다. 따라서 운용 시나리오 별로 관련성이 깊은 컴포넌트를 식별하고 식별된 컴포넌트의 조합을 통해 테스트 케이스를 도출하는 접근법을 취하도록 한다. 이러한 방법론을 위해, 운용 시나리오를 표현하고 컴포넌트의 식별이 용이한 기능흐름도를 적용하고, 테스트 케이스의 도출은 명세를 기반으로 하는 블랙박스 테스트 방법론인 분류 트리 기법[1]을 적용토록 하였다.

2.1 기능흐름도

1950년대와 1960년대 컴퓨터의 출현은 모든 공학분야에 영향을 미쳤고, 모델 중심 접근법으로 그들을 이동시켰다. 시스템공학분야에서는 탄도 미사일 개발에 대한 구조화된 접근법으로써 기능흐름도가 개발되었다. 이는 증가된 시스템의 복잡도로 인해 텍스트로 서술이 어려웠던 것들을 통제 운용에 의해 기능의 나열로 명확히 모델링되었다.[2] 때문에 시스템 엔지니어에게 인기를 얻고 또한 오늘날까지도 지속적으로 널리 사용되고 있다. 그림 1은 기능흐름도의 예시이며, 수행될 순서와 더불어 각 기능들의 통제 흐름을 나타낸다. 기능흐름도는 수행하는 기능과 그들이 활성화될 혹은 수행될 순서를 보여준다.[3]



[Figure 1] Example of FFBD[3]

2.2 분류 트리 기법

2.2.1 분류 트리 기법의 특징

분류 트리 기법은 시스템의 일부 또는 전체를 트리 구조로 분석 및 표현하고 이를 바탕으로 테스트 케이스를 도출하는 기법이다. 이는 시스템 기능의 테스트 과정을 최적화하기 위한 기술로 Grochtmann M, Grimm K에 의해 1993년에 도입되었다. 분류 트리 기법의 여러 가지 장점 중 (1) 테스트 아이디어를 트리구조로 시각화하여 테스트 케이스를 설계하므로 의도한대로 테스트 케이스의 도출이 가능, (2) 복잡한 시스템 혹은 어플리케이션의 일부 또는 전체를 테스트하는데 적합, (3) 설계를 체크하는 용도로 사용이 가능하며, 초기에 테스트 설계에 활용 가능하다는 점[4]에 착안하여 분류 트리 기법을 활용한다.

2.2.2 분류 트리 기법의 구성

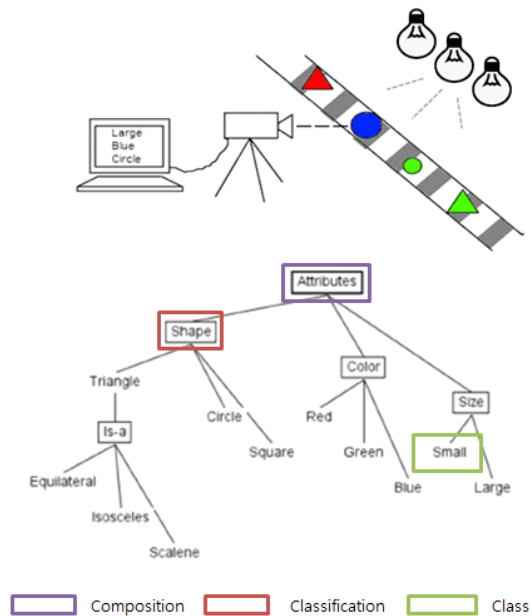
분류 트리는 Class, Classification, Composition의 3가지 항목을 가지며, 이 3가지 항목의 조합을 통해 분류 트리 다이어그램을 구성한다.

표 1은 분류 트리 다이어그램을 구성하는 Class, Classification, Composition에 관한 설명으로 항목에 따른 내용과 해당 항목이 가질 수 있는 하위레벨의 항목을 표시하며, 각 항목의 대상 요소는 소프트웨어, 하드웨어 등 각 도메인에 따라 바뀔 수 있다.

<Table 1> The item and content of classification tree[5]

항목	내용	허용 관계
Composition	테스트 대상을 관점으로 분할한 모델	Composition Class
Classification	상호 배타적인, 전체를 포괄하는 집합으로 분할한 모델	Composition Class
Class	동치클래스와 실 테스트 값 모델	Classification

다음의 그림 2은 표 1의 내용을 바탕으로 물품을 형상과 특징에 따라 분류하는 시스템을 분류 트리 다이어그램으로 구성 한 예이다. Classification으로 표시된 Shape, Color, Size는 표 1에 설명한 것과 같이 상호 배타적이지만 형상과 특징 전체를 포괄하는 집합을 형성한다. 그리고 Class는 각 Classification에 하위 레벨로써, 각 Classification이 가질 수 있는 특정한 값이며, 테스트 케이스 생성에 사용할 실 값이다.



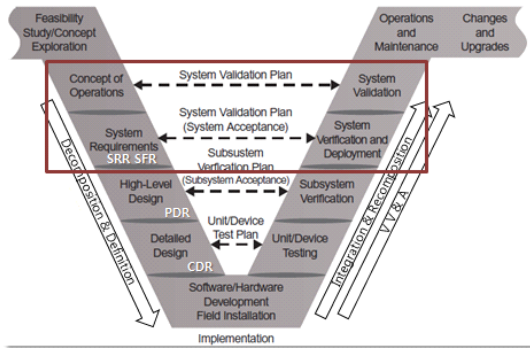
[Figure 2] Example of classification tree diagram[6]

분류 트리 다이어그램을 구성한 후 테스트 케이스를 생성할 때 분류 트리 기법 도구인 CTE XL에서 지원하는 Allowed Arc, Dependency rules 등의 조건들과 Pair-wise Combination, Minimal Combination등의 생성 우선순위를 통한 불필요한 테스트 케이스를 제거하여 효과적인 테스트 케이스의 생성이 가능하다.

2.3 기능흐름도와 분류트리기법의 관계

분류 트리 기법의 생성 프로세스는 크게 (1) Selecting test object, (2) Analyze, (3) Designing a classification tree, (4) combining

class to form test case의 4단계 과정으로 이루어진다.[6] 시스템공학 프로세스에선 (1) Concept of operational, (2) System Requirement, (3) Functional Analysis, (4) Function Allocation의 과정을 거친다. 따라서 분석과 설계 구성을 이루는 기능 분석 단계를 기능흐름도와 분류 트리 기법의 결합을 이루는 단계로 설정하였다. 그림 3은 시스템 엔지니어링 프로세스의 Vee 모델에 운용 개념 및 기능 분석의 단계와 그에 따른 테스트 단계를 표시하며 그 둘 사이의 관계를 설명한다. 이는 시스템 엔지니어링 관점에서 각 설계 단계 레벨에 따라 테스트 플랜을 수립해야 한다는 개념에도 부합하며 본 논문의 방법론을 적용시키는 시점이다.



[Figure 3] The phase applying classification tree method

본 논문의 대상은 시스템 레벨이지만 시스템 내 컴포넌트를 대상 시스템으로 한다면 시스템공학의 순환적이고 반복적인 특성을 감안하여 그 컴포넌트 (대상 시스템)의 설계 프로세스 내에서의 기능 분석 단계에서 실행한다고 할 수 있다.

3. 테스트 케이스 플로우 생성

3.1 항목 식별

분류 트리 기법을 사용하여 테스트 케이스를 생성하기 위한 분류 트리 다이어그램을 구성하기 위해선 먼저 Composition, Classification, Class를 식별하여야 한다. 기능흐름도와 분류 트리 기법 모두에 적용되는 공통의 개념은 계층 구조를 가진다

는 점이다. 때문에 기능흐름도 상에서 최상위레벨은 분류 트리 다이어그램 상에서도 최상위레벨에 존재 할 것이며 기능흐름도 상에 하위레벨로 갈 수록 분류 트리 다이어그램 상에서도 하위레벨로 존재 할 것이다. 이는 처음의 큰 관점에서 점점 세분화 되어 감을 뜻한다. 따라서 기능흐름도에서 분류 트리 다이어그램을 구성할 항목을 식별하며 계층 구조로 구성한다.

3.2 분류 트리 다이어그램 구성

본 논문의 대상인 차륜형 전투차량의 경우, 테스트 대상은 시스템 자체의 기능 뿐 만 아니라 그 시스템이 운용될 환경 또한 포함된다. 표 2는 표 1을 바탕으로 차륜형 전투차량에 대한 분류 트리 다이어그램 항목의 요소로서 대상을 정의하였다.

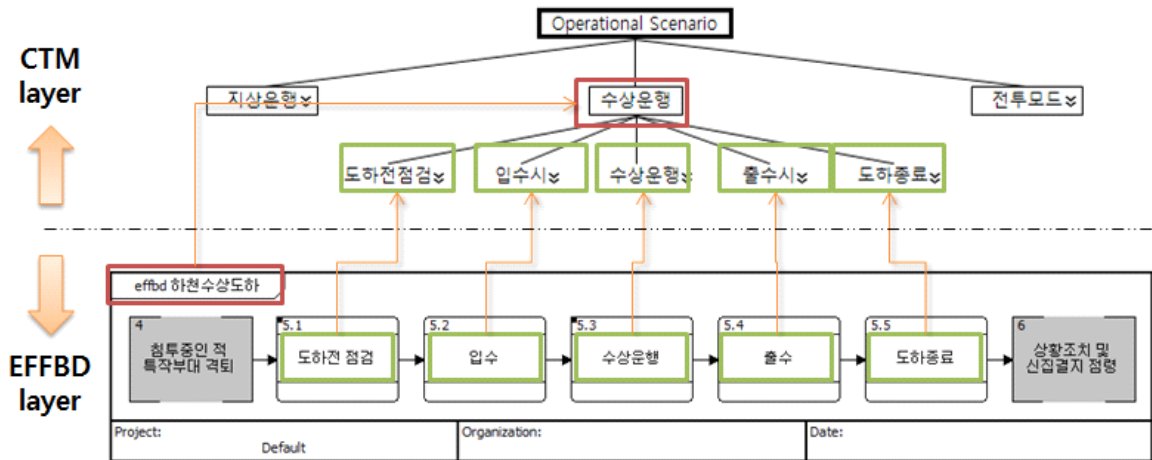
<Table 2> The item and object of classification tree diagram in this paper

항목	대상	
Composition	시나리오	
Classification	컴포넌트	환경
Class	기능	상태

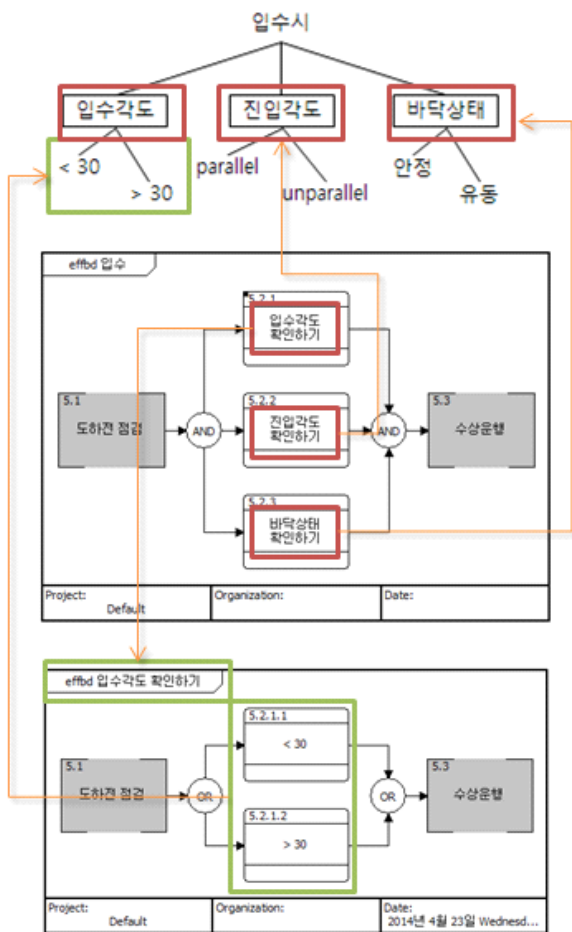
따라서 차륜형 전투차량의 테스트 케이스 생성은 Class를 이루는 기능에 대한 테스트이며 그와 함께 운용 환경의 상태에 대한 테스트라고 할 수 있다.

그림 4는 차륜형 전투차량의 운용 시나리오의 상위 레벨을 분류 트리 다이어그램으로 변환한 것이다. 여기서 Operational Scenario가 Composition이며, “지상운행”, “수상운행”, “전투모드”가 Classification이며 “수상운행” 내 하위레벨이 Class라고 할 수 있다. 다이어그램 내 특정 항목 옆 ≡ 표시는 어떠한 하위레벨을 가지고 있음을 뜻하고 ≡ 표시는 반대로 자신이 주 대상이 되었을 때 상위레벨을 가지고 있음을 뜻한다.

Classification과 Class는 분류 트리 다이어그램 내 레벨에 따라 서로 상호 상위레벨 혹은 하위레벨이 될 수도 있고 반복적으로 사용될 수 있다.



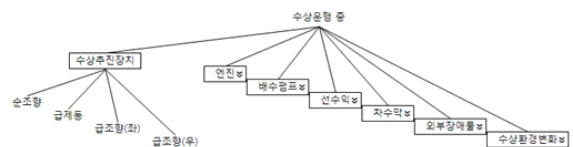
[Figure 4] The Conversion from FFBD to Classification tree diagram for river crossing scenario of top-level



[Figure 5] The Conversion for "entering river"

그림 5는 “수상운영”의 하위레벨 중 “입수시”에 대한 분류 트리 다이어그램의 구성이다. “입수시” 기능흐름도 안에 “입수 각도 확인하기”, “진입 각도 확인하기”, “바닥 상태 확인하기”가 식별되었고, 이들은 AND 구조로 구성되어 있기 때문에 이들이 가진 Class는 동시에 일어나는, 다시 말해 조합이 가능함을 의미하며, “입수 각도 확인하기”의 하위레벨로써 “<30”, “>30”가 식별되었기 때문에 분류 트리 다이어그램에 “입수 각도”의 하위레벨에 두었다. “입수각도” 외에 “입수시”의 하위레벨의 Classification으로 존재하는 “진입각도”, “바닥상태”의 과정을 그림으로써 표시하진 않았지만 “입수각도”의 하위레벨 식별과 동일한 과정을 거친다.

그림 6은 그림 5의 “입수시”에 대한 분류 트리 다이어그램으로의 변환과 마찬가지로의 과정을 거쳐 “수상운영 중”에 대해 분류 트리 다이어그램으로 변환한 것이며 “수상운영 중”의 하위레벨로써 “수상추진장치”가 구성된 것이 보여진다.

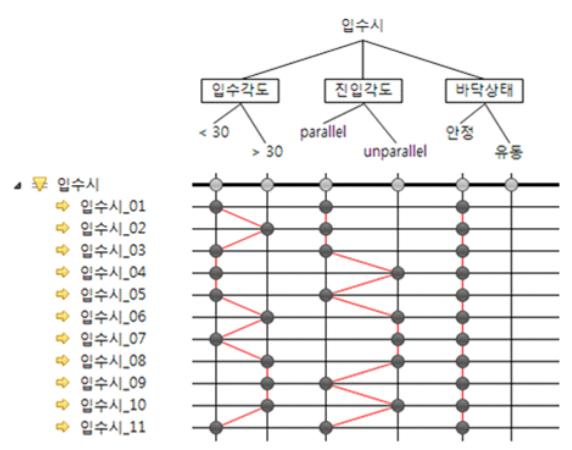


[Figure 6] The conversion for "river-crossing"

3.3 테스트 케이스 플로우 생성

테스트 케이스는 Class의 조합을 통해 생성된 하나의 테스트 조건이다. 테스트 케이스 플로는 Class의 상태의 전이가 일어나는, 특정 테스트 케이스의 전 후에 연결 관계가 있는 테스트 케이스 흐름의 집합이다.

그림 7은 “입수시”에 대해 각 Classification에 대한 하위의 Class의 조합으로 생성한 테스트 케이스 플로우이다. “입수시_01”이 나타내는 의미는 “입수각도”, “진입각도”, “바닥상태” 가 “< 30, parallel, 안정”의 상태에 있는 입수환경으로써 가장 이상적인 입수조건이라고 할 수 있다. “입수시_01”의 다음인 “입수시_02”는 “진입각도, 바닥상태”는 변함이 없지만 “입수각도”가 “<30”에서 “>30”으로 “입수각도”의 상태가 전이 되었음을 의미한다. 따라서 “입수시_01”과 “입수시_02”를 포함, 이를 정리하면 “입수시”에 “바닥상태”가 “안정”의 상태에서 “입수각도”, “진입각도”의 조합으로 11가지가 도출되었고, “바닥상태”가 불안정한 상태인 “유동”을 고려한다면 동일한 11가지로써 총 22가지가 도출될 수 있다.

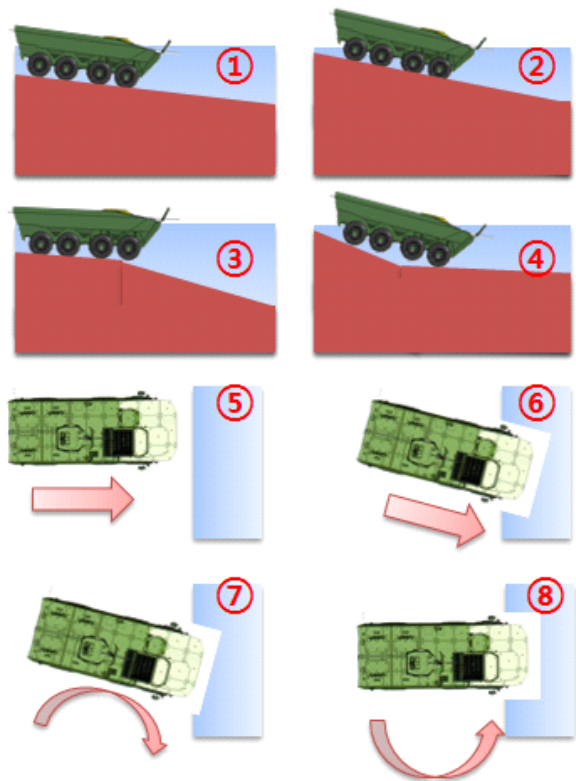


[Figure 7] The test case flow for “Entering river”

그림 8과 표 3, 표 4는 그림 7의 테스트 케이스 플로우에 관한 설명이며, ① ~ ⑧로 표현된 넘버링은 상호 일치한다. 표 3은 “입수각도” 혹은 “진입각도”에 대한 상태의 변화에 관한 설명이고 그를 도식

화한 것이 그림 8이며 각 테스트 케이스의 흐름으로써 상태 변화의 조합을 나타낸 것이 표 4이다. 표 3의 ①과 ②의 설명처럼 지상에서 초기 전투차량이 수상에 입수할 때의 각도가 완전한 수상운행상태로 전환 될 때까지 변함이 없는 상태임을 나타내며 이를 도식화 한 것이 그림 8의 ①과 ②이다.

추가적인 설명으로, 그림 7에서 “입수시_05”에서 “입수시_06”으로의 테스트 케이스 플로우를 설명하자면, 표 4에 나타난 바와 같이 ③, ⑦의 경우이다. 이를 표 3의 설명을 참조하면 ‘수면에 진입 이후에 완전한 수상 운행 전 입수 각도의 변화가 발생함과 동시에 지면의 변형으로 인해 전투차량의 방향이 초기와 다르게 틀어졌음’을 의미하며 이는 그림 8에 ③, ⑦의 조합이라고 할 수 있다.

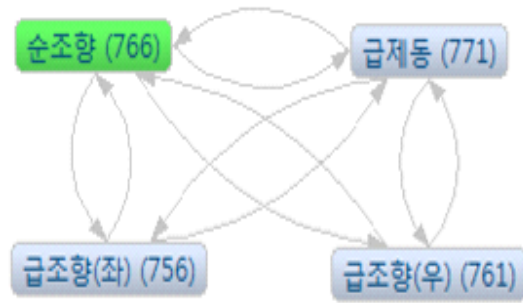


[Figure 8] The schematized test case flow for “entering river”

<Table 3> The each state description for test case of "entering river"

No.	내용
① ②	각 입수 각도의 차이는 있으나 초기조건에서 변화가 없는 상태
③ ④	수면에 진입은 하였으나 완전 수상운행이 아닌 상태에서 입수각도의 변화가 발생
⑤ ⑥	물과 지면의 경계와 전투차량의 전면과 이루는 진입 각도가 초기 조건에서 변화가 없는 상태
⑦ ⑧	전투차량이 물에 진입하는 중 수중지면의 변형으로 전투차량의 진입각도가 변화하게 된 상태

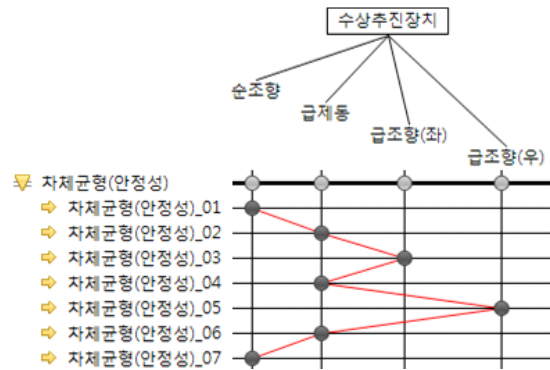
(우)”간의 전이는 직접적으로 일어날 수 없으며 “순조향” 혹은 “급제동” 상태를 거쳐야한다는 점을 의미한다. 이를 바탕으로 “수상추진장치”에 대한 테스트 케이스 플로어를 생성할 경우 그림 10과 같으며 이를 도시화하여 보인 것이 그림 11이다.



[Figure 9] State flow for "water-jet"

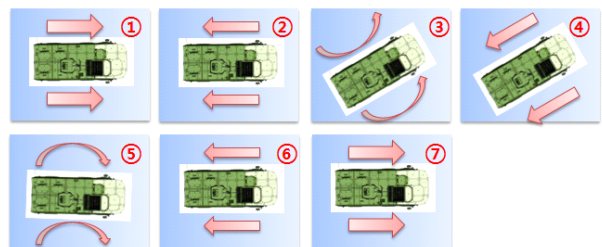
<Table 4> The state combination for test case of "entering river"

전	후	내용
-	입수시_01	① ⑤
입수시_01	입수시_02	③ ⑤
입수시_02	입수시_03	④ ⑤
입수시_03	입수시_04	① ⑦
입수시_04	입수시_05	① ⑧
입수시_05	입수시_06	③ ⑦
입수시_06	입수시_07	④ ⑥
입수시_07	입수시_08	③ ⑥
입수시_08	입수시_09	② ⑧
입수시_09	입수시_10	② ⑦
입수시_10	입수시_11	④ ⑧



[Figure 10] Test case flow for "Water-jet"

앞선 “입수시”와 “수상추진장치”에서 테스트 케이스 생성의 차이점은 “수상추진장치”는 상태전이의 흐름에 대해 구속조건을 갖는다는 점이다. 그림 9는 “수상추진장치”에 대해 상태전이의 흐름을 보여준다. 이는 초기 “순조향”에서 시작하여 “급제동”, “급조향(좌)”, “급조향(우)”로의 각 각의 전이가 일어날 수 있음을 나타낸다. 또한 “급제동”에서 “순조향”, “급조향(좌)”, “급조향(우)”로의 전의 역시 마찬가지이다. 그러나 “급조향(좌)”와 “급조향



[Figure 11] The schematized test case flow for "Water-jet"

4. 결 론

기능분석단계에서 기능흐름도를 구성하고 구성된 기능흐름도를 바탕으로 분류 트리 기법으로의 전환을 통해 테스트 케이스 플로우를 도출할 수 있음을 보였다. 본 논문에서는 “입수시”와 “수상운행 중”에서 “수상추진장치”에 국한하여 테스트 케이스 플로우를 도출하였지만 유속, 수중 장애물, 배수 펌프 등을 추가적으로 적용할 경우 더욱 다양한 테스트 케이스를 도출할 수 있다. 또한 차륜형 전투차량의 계열화에 따라 수상운행 중 포 사격 등의 시나리오가 추가된다면 테스트 케이스의 복잡도(경우의 수)는 기하급수적으로 늘어날 것으로 예상되지만 기본형에서 검증된 테스트 케이스 플로우의 최약조건 혹은 가장 영향을 많이 받는 조건에 추가되는 시나리오를 확장함으로써 효과적으로 테스트 케이스 플로우의 생성이 가능하리라 예상된다. 때문에 이와 같은 시도로써 초기에 테스트 케이스를 도출하여 전산 모사 시뮬레이션 혹은 축소 모델을 통한 시뮬레이션 등의 과정을 거쳐 문제점을 찾아낸다면 향후 설계 단계에서 해당 문제에 대하여 설계에 반영뿐만 아니라 빠른 이해관계자와의 협의를 통하여 교리, 매뉴얼을 통한 문제 해결 방법도 모색할 수 있을 것이다. 이와 같은 컨셉은 테스트 케이스 플로우를 통한 검증요구사항의 도출뿐만 아니라 시스템의 신뢰도 및 운용 안전성 향상 방안으로써 그리고 이해관계자와의 커뮤니케이션 수단으로 활용될 수 있음을 확인하였다.

참 고 문 헌

1. Grochtmann, M., Grimm, K., Classification Trees for partition testing, Software testing Verification & Reliability, Vol. 3, (No.2), pp.63-82, 1993
2. Andrew P. Sage, Handbook of Systems Engineering and Management 2nd, WILEY, 2008.
3. Jim E Long, Relationship Between Common Graphical Representations in System Engineering, Proceedings of the SETE2000, pp.2 2000.
4. Avner Engel, Verification, Validation, and Testing of Engineered Systems, WILEY, 2010.
5. Edurardo Miranda, An Illustrated Introduction to the Classification Tree Method, MSE/NIST Seminar, 7th June 2011, 2011
6. Grochtmann, M., Test case design using classification trees, Proceedings of STAR, 8-12 May 1994, pp.93-117, 1994