

마코프 연쇄를 이용한 대화형 시스템의 시험 사례 생성

이상준^o, 김병기^{*}

o 서남대학교 전산정보학과, * 전남대학교 전산학과

Generation of Test Case in Interactive System using Markov Chain

Sang-jun Lee^o, Bung-ki Kim^{*}

o Dept. of Computer Information, Seonam Univ.
* Dept. of Computer Science, Chonnam Univ.

요 약

본 논문에서는 대화형 시스템을 시험하기 위한 시험 사례를 마코프 연쇄의 통계적 확률 과정으로 생성하는 방안을 제시한다. 객체지향 방법론의 통합안인 UML에서는 클래스도(Class Diagram)가 표현할 수 없었던 시스템의 동적인 관점을 상태 전이도(State Transition Diagram)는 구체적으로 표현할 수 있다. 시스템의 사용법을 상태 전이도로 표현하고, 상태간의 전이 확률(Transition Probability)을 계산하여 사용법 연쇄(Usage Chain)를 구성한다. 사용법 연쇄는 다음 상태가 과거의 상태에 영향을 받지 않고 현시점의 상태에만 의존하는 이산 시간형 확률과정인 마코프 연쇄(Markov Chain)가 된다.

본 논문에서는 사용법 연쇄를 분석하여 상태 전이도의 상태와 원호가 어떤 범위에서 시험될 것인지 결정되었을 때, 사용법 연쇄의 전이 확률이 높은 순서별로 연결하여 시험 사례를 생성하는 방안을 제시하고, 예제를 설명한다.

1. 서 론

사용자의 컴퓨터에 대한 다양한 요구에 의해 컴퓨터 하드웨어 뿐만 아니라 어플리케이션에서도 변화를 가져왔다. 사용자가 운영체제나 특정 프로그램에 대한 많은 지식이 없어도 마우스를 이용하여 다양한 업무를 처리할 수 있게 되었고, 컴퓨터와 사용자가 서로 의견을 주고받는 대화형 시스템이 거의 모든 업무에 적용되었다. 대화형 시스템의 외향이 되는 사용자 인터페이스는 소프트웨어를 구매할 때 가장 우선적으로 묻는 내용이 되었으며, 사용자 입장에서는 인터페이스가 바로 시스템 자체나 마찬가지로 소프트웨어 기능 자체 이상으로 중요하다.[1]

대화형 시스템에 고장이 없는지 평가하기 위한 시험 사례가 필요하다. 시험 사례는 반드시 수행 후의 기대값을 포함하고 있어야 하고, 소프트웨어 형상에 각 시험 사례를 수행시킨 결과는 기대값과 비교 평가된다. 결과치가 기대치와 다를 경우 이는 결함이 발견되었음을 뜻하며 디버깅 작업을 거쳐 수정되게 된다.[9]

통계적 확률 과정을 소프트웨어 시험 분야에 적용하는 대표적인 예로서 마코프 연쇄(Markov Chain)가 있다. 마코프 연쇄는 다음 시점의 확률변수가 과거에 확률변수가 취한 상태에 영향을 받지 않고 현시점의 상태에만 의존한다는 것이다. 마코프 연쇄를 이용하여 신뢰도라는 품질 척도를 계산한다면 품질 향상 및 품질 보증 활동으로 그 응용 분야를 넓힐 수 있다.[4,5,7]

객체지향 방법론의 통합안인 UML에는 클래스도가 표현할 수 없었던 시스템의 동적인 관점을 구체적으로 표현할 수 있는 상태 전이도가 있다.[2,3,6] 상태 전이도는 유한개의 상태와 이벤트 유형이 표현되어 있으므로, 상태간의 전이 확률을 빈도수를 이용하여 계산하면 유한개의 상태와 상태간의 전이 확률을 갖는 마코프 연쇄를 구성할 수 있다. 이 때 상태 전이도가 시스템의 사용법을 표현하고 있을 때 마코프 연쇄를 사용법 연쇄(Usage Chain)라 한다.

본 논문에서는 사용법 연쇄를 분석하여 상태 전이도의 상태와 원호가 어떤 범위에서 시험할 것인지 결정되었을 때, 사용법 연쇄의 전이 확률이 높은 순서별로 연결하여 시험 사례를 생성하는 방안을 제시하고, 예제를 설명한다. 우선, 대화형 시스템의 시험에 대한 필요성과, 객체지향 표기법에서의 상태전이도의 역할과 상태전이도가 어떻게 마코프 연쇄로 표현될 수 있는지를 먼저 살펴본다.

2. 대화형 시스템과 시험 사례

가. 대화형 시스템

대화형 시스템(Interactive System)은 컴퓨터 시스템에서 사용자와 시스템의 의사소통을 중심으로 작업이 진행되는 상호작용 시스템으로, 사용자 인터페이스가 중요하게 여겨지는 시스템이다. 대화형 시스템에서는 이벤트가 발생하고 그에 대한 응답을 계속적으로 주고 받게 된다.

대화형 시스템 개발에서는 프로토타이핑 기법, 유용성 기준의 사용자에 대한 평가, 개발 범위를 순수 기능적 부분과 사용자 인터페이스 영역이라는 두 부분으로 나누어서 개발하고자 하는 연구들이 있었다.[1]

나. 시스템 시험 사례

소프트웨어 시스템 시험은 결함이 존재함을 보여주는 작업이다. 결함의 존재 유무를 평가하기 위해서는 시험 사례가 필요하다. 모든 결함의 가능성을 시험하도록 시험을 무한정 많이 시행하는 것은 시간 및 비용상의 문제점을 갖는다. 시험을 충실히 최소한으로 수행하기 위한 핵심은 시험 사례의 개수를 최소로 만들고, 각 시험 사례의 길이도 짧게 만드는 일이다. 시험 사례는 수행 후의 기대값을 포함하고 있어야 하고, 소프트웨어 형상에 각 시험 사례를 수행시킨 결과는 기대값과 비교 평가된다. 결과치가 기대치와 다를 경우 이는 결함이 발견되었음을 뜻하며 디버깅 작업을 거쳐 수정되게 된다.

본 논문에서는 시험 사례의 개수와 길이를 어떻게 결정할 것인가, 시험 사례의 입력은 어떤 값이 적당할지를 제안한다.

시험을 수행함으로써 시스템의 평균오장간격, 결함밀도 등을 계산할 수 있으며 이를 이용해서 시스템의 신뢰도를 계산할 수 있다.

3. 마코프 연쇄의 이용

가. 마코프 연쇄

1907년 러시아 수학자 마코프는 임의의 시점들 $t_1 < \dots < t_n$ 에서 $X(t_n)$ 이 갖는 확률분포는 $X(t_1), \dots, X(t_{n-2})$ 에 무관하고 $X(t_{n-1})$ 에 의해서만 결정된다는 특성을 찾아냈다. 다시 말하면 미래의 확률변수는 과거에 확률변수가 취한 상태에 영향을 받지 않고 현시점의 상태에만 의존한다는 것이다. 이를 조건확률으로써 아래와 같이 정의할 수 있다.

정의 : 확률과정 $\{X(t); t \in T\}$ 가 임의의 시점들 $t_1 < \dots < t_n$ 과 이에 대응되는 확률변수들의 상태값 x_1, \dots, x_n 에 대하여 다음과 같은 공식을 만족하면 $\{X(t); t \in T\}$ 를 마코프 성분을 갖는 확률과정이라 한다.

$$\text{공식 : } P(X(t_n) \leq x_n | X(t_1) = x_1, \dots, X(t_{n-1}) = x_{n-1}) \\ = P(X(t_n) \leq x_n | X(t_{n-1}) = x_{n-1})$$

여기서 마코프 성분을 만족하는 이산시간형 확률과정을 마코프 연쇄(Markov Cham)라고 한다.

나. 객체지향 표기법에서의 상태 전이도

객체지향 방법론의 통합안인 UML에서는 사용 사례(Use Case) 클래스도(Class Diagram) 등의 여러 종류의 표기법을 사용한다. 이 중에서 상태 전이도(State Transition Diagram)는 사건에 따라 기계 상태의 변화를 한눈에 볼 수 있도록 도식화한 것이다. 이 기법은 클래스나 시스템에 적용시킴으로써 클래스 다이어그램이 표현할 수 없었던 시스템의 동적인 관점을 구체적으로 표현할 수 있다. 상태 변화도의 장점은 시스템의 행위를 완벽하게 표현할 수 있다는 것이다.

이는 시스템의 모든 가능한 상태를 정의함으로써 가능하다. 따라서 시스템이 커지면 이 다이어그램의 복잡도가 기하 급수적으로 증가한다는 단점을 동시에 가지고 있다. 본 논문에서는 상태 전이도를 마코프 연쇄의 유형으로 보고 마코프 연쇄를 이용해서 시험 사례를 생성하는 방안을 제시한다.

다. 상태 전이도와 마코프 연쇄의 관계

한정된 개수의 상태를 가지고 있는 유한 상태 기계에서 외부에서 어떤 사건이 발생하게 되면 기계의 현재 상태가 다른 상태로 바뀌게 된다. 이렇게 사건에 따라 기계 상태의 변화를 한눈에 볼 수 있도록 도식화해 놓은 것이 상태 전이도이다. 상태 간의 원호는 이벤트를 나타내는데 특정 상태를 중심으로 다른 상태로의 전이를 분석하면 전이 빈도수를 계산할 수 있게 되며, 상대 빈도수를 확률로 나타내면 전이 확률이 된다. 상태 전이도에서 알 수 있는 상태들과 전이 확률은 확률과정 시각에서 볼 때 다음 상태가 과거의 상태에 영향을 받지 않고 현시점의 상태에만 의존하는 이산 시간형 확률과정인 마코프 연쇄가 된다. 즉, 상태 전이도를 통계학적으로 마코프 연쇄의 일종의 유형으로 간주하고, 통계적인 분석을 수행하여 유용한 정보를 얻어낼 수 있다.

4. 마코프 연쇄를 이용한 시험 사례 생성

가. 시험 사례 생성 방안

① 상태 전이도 작성

구축된 대화형 시스템이 행위자에 의해서 수행되는 일련의 과정을 상태와 이벤트를 이용하여 상태 전이도로 작성한다. 사용 시나리오를 살펴보기 위해 사용자 인터페이스의 정의가 필요하다.

② 사용법 연쇄 작성

상태 전이도에서 밝혀진 각 상태 간의 전이 확률을 계산한다. 즉, 한 상태에서 밖으로 나가는 원호의 확률을 계산한다. 가장 간단한 가정은 확률값을 "1/원호들의 개수"로 설정하는 것이고, 좀 더 유의한 확률값은 프로토타입등을 이용하여 사용자들의 실제 사용 내력을 분석하여 결정한다.

③ 시험 사례의 길이 결정

상태 전이도의 시작 상태에서 종결 상태까지의 평균 전이 횟수만큼 시험 사례의 길이로 결정할 수도 있고, 결함의 유무를 평가하기 위한 상태와 원호의 시험 적용 범위에 따라 달리 결정할 수도 있다. 상태 종류의 81%를 시험 적용 범위로 결정할 경우와 상태 종류의 100%를 시험 적용 범위로 결정할 경우는 필요한 시험 사례의 길이가 달리 결정될 수 밖에 없다.

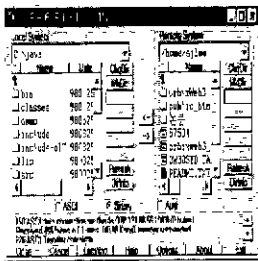
④ 시험 사례 생성

간단하게는 시험 사례의 길이 이상으로 난수를 발생시켜 사용할 수도 있다. 좀 더 의미있는 사례를 만들기 위해서는 상태 전이도의 시작 상태에서 가장 큰 전이 확률을 갖는 상태로 전이한 후, 새로 결정된 상태에서 가장 큰 전이 확률을 갖는 상태로 전이하는 과정을 반복적으로 시행한다. 반복 시행 횟수는 시험 사례의 길이보다 커야하며, 반복하는 동안의 내력에 기입된 이벤트를 순서적으로 나열시키면 시험 사례가 된다. 시험 사례의 길이는 결함사이의 시간간격으로 대표되는 신뢰도가 시험자가 계획하고 있는 기준 이상

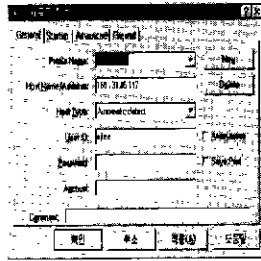
이 되었을 때까지 반복적으로 생성할 수 있다.

나. 시험 사례 생성 예제

시험 사례 생성 예제를 위한 시스템으로 윈도우용 FTP 프로그램을 선택하였다. 사용법 체인을 만들기 위해서는 사용자 인터페이스가 먼저 고려되어야 한다. 기본적인 사용법은 일반적인 프로그램이므로 생략한다. 상태가 너무 많으면 복잡도가 기하급수적으로 증가 됨으로 중요하지 않은 상태들은 편의상 대표 상태로 그룹화하여 단순화시켰다.

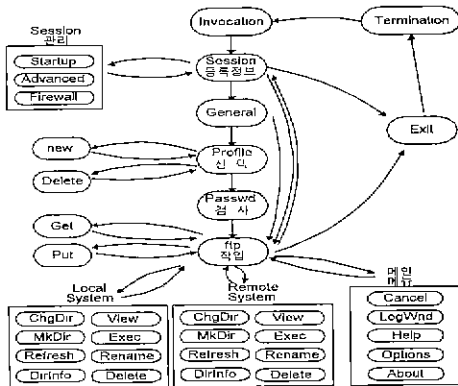


<그림 1> 시험할 예제 시스템



<그림 2> 시험할 예제 시스템(Connect 버튼과 연결됨)

사용법 체인에서 각 상태간의 전이 확률은 주관적으로 정한 전이 빈도수를 상대 빈도수로 변환하여 계산하였다. 초기 상태에서 종결 상태까지 평균 상태 전이 횟수를 계산하면 시험 사례의 평균 길이를 알 수 있다 이때 $m_{ij} = 1 + \sum_{k \neq j} U_{ik} m_{kj}$ 공식을 사용하면 된다. 시험할 예제 시스템에서 $m_{116} = 15.1$ 이라면 초기상태에서 종결상태까지 평균 상태 전이 횟수가 16회가 된다 이때 시험 사례는 <표 1>의 “@”문자와 함께 표시된 번호에 따라서 각 상태를 시험하게 되며 시험 사례는 상태간을 연결하는 원호에 적합한 이벤트들을 순서적으로 나열하면 된다



<그림 3> 예제 시스템의 사용법 체인

5. 결론

본 논문에서는 대화형 시스템을 시험하기 위한 시험 사례를 마코프 연쇄의 통계적 확률 피정으로 생성하는 방안을 제시하고 예제를

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]
[1]		1.01														
[2]			0.1	0.7					0.1							0.1
[3]				1												
[4]					0.8					0.2						
[5]						0.1	0.1	0.8								
[6]					1											
[7]							1									
[8]									1.05							
[9]		0.1								0.1	0.1	0.3	0.3	0	0.1	
[10]										1.011						
[11]											1.013					
[12]												1.07				
[13]													1.09			
[14]														1		
[15]																1.015
[16]	1.016															

<표 1> 예제 시스템의 상태 전이 확률
 [1] invocation [2] Session 등록정보 [3] Session 관리
 [4] General [5] Profile 선택 [6] New [7] Delete
 [8] Passwd 검사 [9] ftp 작업 [10] Get [11] Put
 [12] Local system [13] Remote system [14] 메인 메뉴
 [15] Exit [16] Termination
 (참고) @기호 다음의 숫자는 시험 할 때 순서 번호

설명했다. 대화형 시스템의 시험 사례 생성은 상태전이도 작성, 사용법 연쇄 작성, 시험 사례 길이 결정, 시험 사례 생성의 네 단계로 수행된다. 본 연구와 같이 시험 사례가 생성되었을 때, 신뢰성을 중심으로 시스템의 품질을 평가할 수 있다.

참고 문헌

- [1] Deborah Hix, H Rex Hartson, Developing User Interfaces Ensuring Usability through Product & Process, Wiley, 1993
- [2] Grady Booch, Object-oriented Analysis and Design with Applications, Benjamin/Cummings, 1994
- [3] Ivar Jacobson, Object-Oriented Software Engineering . A Use Case Driven Approach, Addison-Wesley, 1994
- [4] James A. Whittaker and Michael G. Thomason, A Markov Chain Model for Statistical Software Testing, IEEE Trans on Software Engineering, Vol 20, No 10, Oct. 1994.
- [5] James A. Whittaker and J. H. Poore, Markov Analysis of Software Specifications, ACM Transactions on Software Engineering and Methodology, Vol. 2, No. 1, January 1993
- [6] Martin Fowler, UML Distilled Applying the Standard Object Modeling Language, Addison-Wesley, 1997.
- [7] Ross S. A First Course in Probability, Macmillan Publishing Company, 1988.
- [8] 장문설, 김병기, 김태희, 이상준, 시스템 분석 및 설계, 경익사, 1998.
- [9] 이주현, 실용 소프트웨어 공학론, 박영사, 1994.