

일정 테스트와 웨이블 테스트의 연구

장원석, 최규식
 건양대학교 IT 학부

{wschang, che}@konyang.ac.kr

IT Division in Konyang University

Chang Won Seok, Che Gyu Shik

요 약

본 논문에서는 소프트웨어 테스트 단계중에 발생하는 테스트노력 소요량을 고려한 소프트웨어 신뢰도 성장 모델을 제시하여 시간종속적인 테스트 노력소요량 동태를 일정 테스트 노력일 때와 웨이블 테스트 노력일 때를 비교하여 연구한다. 테스트 단계중에 소요되는 테스트노력의 양에 대한 결함 검출비를 현재의 결함 내용에 비례하는 것으로 가정하여 모델을 NHPP로 공식화하되, 이 모델을 이용하여 소프트웨어 신뢰도 척도에 대한 데이터 분석기법을 개발한다. 테스트 시간의 경과와 신뢰도와의 관계를 연구한다. 목표신뢰도를 만족시키는 최적발행시각을 정한다.

1. 서론

소프트웨어 개발에는 많은 개발자들이 소요된다. 소프트웨어 테스트 단계 기간동안에는 소프트웨어의 신뢰도가 내재 결함을 검출 및 수정하는데 소요되는 개발자원의 양에 크게 의존한다. Musa 등[2]은 기존 소프트웨어 신뢰도 성장모델을 분류하는 하나의 안을 개발하였다. Yamada 등[3]은 역일 테스트 시간, 테스트 노력량, 테스트 노력에 의해서 검출되는 소프트웨어 결함의 수 사이의 관계를 명시적으로 설명할 수 있는 간단하고도 새로운 모델을 제시하였다. 테스트 노력은 테스트 단계에서 소요되는 인력, CPU시간, 실행테스트 케이스 등등에 의해서 측정된다.

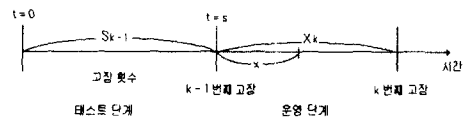
본 논문에서는 일정한 값으로서의 테스트노력과 웨이블곡선으로서 테스트노력을 시간종속 거동적으로 설명한다. 소프트웨어 테스트에서 결함 검출비가 현재의 내재 결함수에 비례하고, 임의의 테스트 시간에서 그 비례가 현재의 테스트 노력 여하에 달려 있다는 것을 가정하여 비동차 포아송 과정(Non-Homogeneous Poisson Process; NHPP)[4]에 바탕을 둔 신뢰도성장모델을 개발한다.

2. 소프트웨어의 신뢰도

소프트웨어 신뢰도는 규정된 환경 하에서 주어진 시간에 소프트웨어를 결함 없이 운영할 수 있는 확률인 것으로 정의하며, 다음과 같이 조건확률로 표현할 수 있다.[2]

$$R(x|s) = \Pr\{X_k > x | S_{k-1} = s\} \quad (1)$$

[그림-1] 참조.



[그림-1] 고장발생 표현

2.1 일정테스트 노력곡선

NHPP의 표준 이론으로부터 평균치 함수를

$$m(t) = a(1 - e^{-bt}) \quad (2)$$

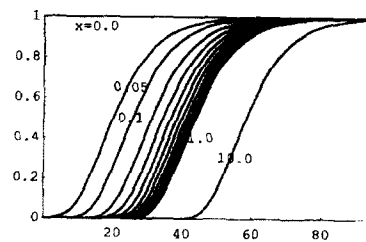
로 정의할 때 임의의 $t \geq 0$ 과 $x > 0$ 에서

$$\Pr\{N(t+x) - N(t) = k\} = \frac{[m(t+x) - m(t)]^k}{k!} \exp\{-[m(t+x) - m(t)]\} \quad (3)$$

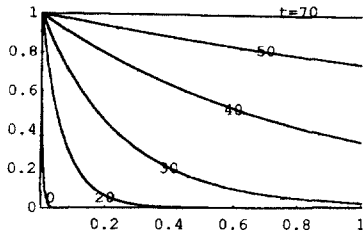
이므로, 식(1)의 신뢰도는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} R(x|t) &= \Pr\{N(t+x) - N(t) = 0\} = \exp\{-[m(t+x) - m(t)]\} \\ &= \exp[-a(1 - e^{-bx})e^{-bt}] = \exp[-m(x)e^{-bt}] \end{aligned} \quad (4)$$

[그림-2], [그림-3] 참조,



[그림-2] 발행시각과 신뢰도와의 관계



[그림-3] 결함 수정후 경과시간과 신뢰도와의 관계
우리가 원하는 목표신뢰도를 R_0 라 하면 식(4)로부터 $\exp[-m(x)e^{-ax}] = R_0$ 가 된다.

2.2 웨이블 곡선

본 논문에서는 시간 t 에서의 테스트노력 형상을 기술하기 위해 테스트 노력함수로서 웨이블곡선을 이용한다.

$$w(t) = a \cdot \beta \cdot m \cdot t^{m-1} \cdot \exp[-\beta t^m] \quad (6)$$

(6)의 적분형태

$$W(t) = a(1 - \exp[-\beta t^m]) \quad (7)$$

는 시간 $(0, t)$ 에서의 누적 테스트 노력량을 나타낸다.

$$m(t) = a(1 - \exp[-rW(t)]) \quad (8)$$

$$\Pr\{N(t) = n\} = \text{poim}(n; m(t)) \quad (9)$$

NHPP 고장강도함수는 평균치 함수의 미분 형태이다.

$$\lambda(t) = dm(t)/dt = a \cdot r \cdot w(t) \cdot \exp[-rW(t)] \quad (10)$$

식(9)로부터 $N(t)$ 의 제한적인 분포가 평균치 함수

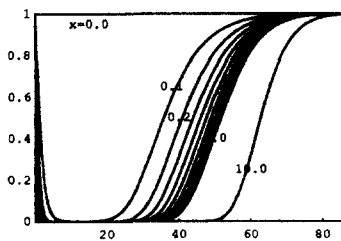
$$m(\infty) = a(1 - \exp[-ra]) \quad (11)$$

을 가진 포아송분포라는 것을 보여주고 있다.

시간 t 에서의 신뢰도는 다음과 같다.

$$R(x|t) = \exp\{-a(\exp[-r \cdot W(t)] - \exp[-r \cdot W(t+x)])\} \quad (12)$$

[그림-4] 참조,



[그림-4] 발행시간과 신뢰도와의 관계
소프트웨어를 $t = T$ 에서 발행하는 경우,

$$m(T+x) = a \cdot e^{-rW(T)} \cdot (1 - e^{-rW(x)}) + m(T) = a(1 - e^{-rW(T) - rW(x)}) \quad (13)$$

이다. 그러므로,

$$R(x|T) = \exp\{-ae^{-rW(T)}[1 - e^{-rW(x)}]\} \quad (14)$$

$$R(x|0) = \exp\{-a[1 - e^{-rW(x)}]\} \quad (15)$$

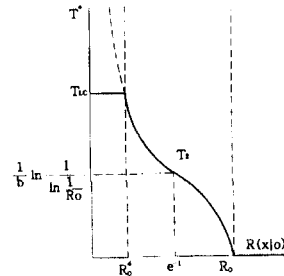
이다.

3. 발행시간 결정

3.1 일정테스트 노력

- 1) $R_0 > R(x|0) > R_0^{\frac{1}{k}}$ 에서 양의 유일 해 $T^* = T_1$ 가 존재한다.
- 2) $R(x|0) > R_0$ 이면 $T_1 < 0$ 이므로 $T^* = T_1 = 0$ 이다.
- 3) $R(x|0) < R_0^{\frac{1}{k}}$ 이면 $T_1 > T_{LC}$ 이므로 $T^* = T_1 = T_{LC}$ 이다

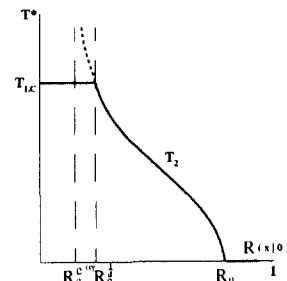
[그림-5] 참조.



[그림-5] 목표신뢰도와 발행시간과의 관계

3.2 웨이블테스트

- 1) $R_0 > R(x|0) > R_0^{\frac{1}{k}}$ 에서 양의 유일 해 $T^* = T_2$ 이 존재한다.
 - 2) $R(x|0) \geq R_0$ 이면 $T_1 \leq 0$ 이므로 $T^* = T_2 = 0$ 이다.
 - 3) $R(x|0) < R_0^{\frac{1}{k}}$ 이면 $T_1 \geq T_{LC}$ 이므로 $T^* = T_2 = T_{LC}$ 이다.
- [그림-6] 참조,



[그림-6] 목표신뢰도와 발행시간 곡선

4. 최적 발행 시각

4.1 일정 테스트 노력

1) $R(x|0) > R_o$

는 소프트웨어 개발 즉시 신뢰도가 목표신뢰도를 만족하기 때문에 더 이상 결함 발견을 위한 테스트를 할 필요가 없는 경우로서 비용을 최저로 하는 시기에 맞추어 발행시기를 결정해야 하는 경우이다.

2) $R_o > R(x|0) > R_o^d$

는 소프트웨어를 개발한 후 테스트 및 결함 수정을 통하여 목표신뢰도를 만족시키는 경우이다.

3) $R(x|0) < R_o^d$

는 소프트웨어의 전 수명기간에 걸쳐서 테스트를 해도 목표신뢰도를 만족시키지 못하는 경우이다.

따라서, 이 중에서 가장 이상적인 범위는

$R_o > R(x|0) > R_o^d$ 인 경우이다.

4.2 웨이블 테스트 노력

1) $R(x|0) \geq R_o$

는 소프트웨어 개발 즉시 신뢰도가 목표신뢰도를 만족하기 때문에 더 이상 결함 발견을 위한 테스트를 할 필요가 없는 경우이다.

2) $R_o > R(x|0) > R_o^{\frac{1}{k}}$

는 소프트웨어를 개발한 후 테스트 및 결함 수정을 통하여 목표신뢰도를 만족시키는 경우이다.

3) $R(x|0) < R_o^{\frac{1}{k}}$

는 소프트웨어의 전 수명기간에 걸쳐서 테스트를 해도 목표신뢰도를 만족시키지 못하는 경우이다. 따라서, 이 중에서 가장 이상적인 경우는

$R_o > R(x|0) > R_o^{\frac{1}{k}}$

인 경우이다.

5. 결론

소프트웨어의 신뢰도에 대한 정의를 하고, 테스트 시간의 경과와 신뢰도와의 관계, 결함 수정 후 경과되는 시간과 신뢰도와의 관계를 연구하였다. 발행시각을 결정함에 있어서 개발 후 테스트를 시작하기 전의 신뢰도 $R(x|0)$ 가 어떠한 조건에 있는가를 검토하여 각 조건에 따른 최적 발행시각을 결정하였다. 일정 테스트 노력 곡

선인 경우, 그 조건은 $R(x|0) > R_o$, $R_o > R(x|0) > R_o^d$, $R(x|0) < R_o^d$ 이다. 이 중에서 이상적인 경우는 $R_o > R(x|0) > R_o^d$ 인 경우이다. 이 범위의 조건일 때에 최적 발행시각을 결정하고자 하는 본 연구의 목적에 부합된다. 이 경우에 대해서 최적발행시각이 목표신뢰도 면에서 어떠한 경향을 보이는지 그림으로 표시하였다.

웨이블곡선인 경우를 고찰해보면 $R(x|0) \geq R_o$, $R_o > R(x|0) > R_o^{\frac{1}{k}}$, $R(x|0) < R_o^{\frac{1}{k}}$ 이다. 이 중에서 이상적인 경우는 $R_o > R(x|0) > R_o^{\frac{1}{k}}$ 인 경우이다. 이 범위의 조건일 때에 최적 발행시각을 결정하고자 하는 본 연구의 목적에 부합된다.

감사의 글		
본 연구는	한국과학재단	목적기초연구
(2000-2-30300-001-2) 지원으로 수행되었음		

참고문헌

[1] C. V. Ramamoorthy, F. B. Bastani, "Software reliability - Status and perspectives", IEEE Trans. on Software Eng., vol. SE-8, pp354-371, 1982 Aug.
 [2] J. D. Musa, A. Iannino, K. Okumoto, "Software Reliability : Measurement, Prediction, Application", pp230-238, 1987 Mar.
 [3] S. Yamada, H. Ohtera, H. Narihisa, "Software reliability growth models with testing-efforts", IEEE Trans. Reliability, vol. R-35, pp19-23, 1986 Apr.
 [4] H. Ascher, H. Feigold, "Repairable Systems Reliability : Modeling, Inference, Misconceptions, and Their Causes", 1984, Marcel Dekker