

소프트웨어의 고전적 신뢰도 성장에 관한 연구

최규식*, 김종기**

*건양대학교 정보전자통신공학부

**건양대학교 첨단과학부

e-mail : che@konyang.ac.kr

A Study on Classical Software Reliability Growth Model

Che Gyu Shik*, Kim Jong Ki**,

*Dept of Information and Communication, Konyang University

**Dept of Modern Science, Konyang University

요약

소프트웨어신뢰도의 일반적인 이론에서 소프트웨어의 고장율은 소프트웨어결합의 평균크기, 결보기 결합밀도, 작업량의 곱인 것으로 제안한다. 고전적인 소프트웨어신뢰도모델들의 가정에 부합되는 이런 인자를 가진 모델들을 개발하였다. 선형, 기하학적, Rayleigh 모델들이 이에 해당된다.

선형신뢰도모델은 잔여결합의 평균크기와 작업량이 일정하고 결보기 결합밀도가 실제 결합밀도와 동일하다는 가정 하에 유도된다. 기하학적모델은 결합을 수정함에 따라 평균결합크기가 기하학적으로 감소한다는 가정에 있어서 차이가 있다. 한편, Rayleigh모델은 잔여 결합의 평균크기가 시간에 따라 선형적으로 감소한다는 가정에 있어서 차이가 있다.

본 논문에서는 소프트웨어의 신뢰도 요인의 거동을 가정하여 이러한 다양성을 수용하기 위한 모델링을 하였다.

1. 서론

초기의 신뢰도 성장 모델이 출현한 이래 여러 모델들이 제안되어 왔다. 이러한 모델들을 사용하는 연구자들이 이러한 다양성 때문에 쉽게 혼동을 일으키며, 나무를 보기 위한 숲을 보지 못하기 일쑤였다. 그들의 공통점과 차이점을 나타내주는 아주 단순한 이론을 발견한다면 이러한 모델의 숲을 통하여 자기 방향을 발견하는 것이 한결 쉬울 것이다. 본 논문에서는 이 이론을 제안한다.

2. 신뢰도 성장의 일반적인 이론

2.1 고장을 모델

소프트웨어 명령 수행중에 소프트웨어 결합이 직면(즉, 결합내재 명령을 수행)한다고 반드시 고장을 일으키지는 않는다. 이는 단지 기회를 제공할 뿐이다. 그 정도는 동시에 수행되는 고장유발 입력의 확률에 달려있다.

$$f = f(e), e = e(x) \tag{1}$$

명령(instruction)이란 그 설명을 부합되게 사용하는 한 어떠한 편리한 소프트웨어 유니트도 될 수 있다.

분석을 단순화하기 위해서 함수들을 고장, 결합,

명령의 실제적인 이산(discrete) 값의 평균치함수로 정의한다. 평균치함수는 이산함수의 계단식 관계를 원활하게 연속함수로 하여 미분 가능하도록 한다. (1)을 시간으로 미분하면 이것이 소프트웨어 고장율의 일반적인 모델이 된다.

$$\frac{df}{dt} = \lambda = \left(\frac{df}{de}\right) \left(\frac{de}{dx}\right) \left(\frac{dx}{dt}\right) = \lambda = s \cdot d \cdot w \quad (2)$$

주어진 테스트 횟수 내에서 결함을 가장 많이 검출하기 위해서는 다음과 같이 해야 한다.

- 가장 많은 결함을 가진 것으로 생각되는 소프트웨어 함수를 우선적으로 테스트한다.
- 가장 눈에 잘 띄는 것으로 생각되는 소프트웨어를 우선적으로 테스트한다.
- 가가 테스트의 길이를 증가시킨다.

이러한 전략 각각에 의해서 겹보기 결함밀도, 평균결함의 크기, 작업량을 증가시켜 결함 검출량을 증가시키게 된다.

2.2 잔여결함의 평균 크기

소프트웨어 신뢰도 모델을 유도하기 위해 결함에 의한 고장확률개념을 사용해왔다. 결함에 의한 고장 확률은 운영면에서 볼 때 “일정 기간 동안 어떠한 결함도 수정되지 않고 작업량이 대표적으로 남아 있는 상태에서 모든 결함에 의해서 발생하는 고장의 수에 비교하여 결함이 발생시키는 (장기) 고장의 수”로 정의한다.

잔여 소프트웨어 결함의 평균크기는 평균 잔여 소프트웨어 결함의 고장확률에 비례한다.

$$r=R \text{ and } s=S \text{ 일 때 } \sum_{i=R-r+1}^R p_i = 1 \text{ 인 조건하에서}$$

$$s = K_1 \sum_{i=R-r+1}^R p_i / r = (RS) \sum_{i=R-r+1}^R p_i / r \quad (3)$$

$$K_1 = RS$$

고장을 유발시키는 소프트웨어 입력의 시간분포의 존 결함의 크기들이 상수일 수도 있고 아닐 수도 있으며, 동일할 수도 아닐 수도 있다.

2.2.1 케이스 I : 결함크기들이 상수이고 동일함

각각의 잔여 소프트웨어 결함이 고장을 일으킬 수 있는 동일 균일분포 입력수를 가지므로, R개의 초기 결함 수에 의한 모든 고장 확률이 동일하고 상수 (1/R)이다. 결과적으로 잔여 평균결함의 크기가 상수이다. (3)으로부터

$$s = RS \sum_{i=R-r+1}^R p_i / r = RS \sum_{i=R-r+1}^R (1/R) / r$$

$$= RS(r/R) / r = S \quad (4)$$

2.2.2 케이스 II : 결함크기는 상수이나 동일하지 않음

각각의 잔여결함은 고장을 일으킬 수 있는 동일하지 않은 균일분포 입력수를 가지고 있다. 결함은 고장의 감소순서로 검출되고 수정된다.

$$s = RS \sum_{i=R-r+1}^R p_i / r$$

$$= (RS/r)(1-\alpha) \sum_{i=R-r+1}^R \alpha^{i-1} \approx (RS/r) \alpha^r \quad (5)$$

2.2.3 케이스 III : 결함크기가 가변

잔여결함이 고장을 일으키는 입력의 비균일 시간 분포를 가지므로, 잔여 평균 결함의 크기는 분포 형태에ダイ나믹하게 따른다.

$$s = St \quad (6)$$

2.3 겹보기 결함 밀도

겹보기 결함밀도는 소프트웨어 개발자에 의해서 의례적으로 결정되는 바와 같은 실제결함밀도 대신 컴퓨터가 본 결함밀도라는 의미이다. 이러한 결함과 명령은 그것이 실제로 처리되든 아니든 실제 결함밀도의 통상적인 척도에 포함된다.

2.3.1 케이스 I : 실제 결함밀도와 겹보기 결함밀도가 동일

소프트웨어가 균일하게 처리된다.(즉, 모든 명령이 동일하게 처리된다.) 그러므로, 겹보기 결함밀도가 실제 결함밀도와 동일하다.

$$d = r/I = (R/D)(r/R) = D(r/R) \quad (7)$$

2.3.2 케이스 III : 실제결함밀도와 결보기 결함밀도가 동일하지 않음

소프트웨어가 균일하게 처리되지 않으므로, 우선적으로 처리되는 영역의 국부 실제 결함밀도 여부에 따라 결보기 결함밀도가 실제 결함밀도와 비교하여 클 수도 작을 수도 있다.

$$d = \sum_{j=1}^n w_j D_j(r_{j|R}) / \sum_{j=1}^n w_j \quad (8)$$

2.4 소프트웨어 작업량

2.4.1 작업량이 일정

이미 운영중인 소프트웨어시스템의 작업량이 일정하다.

$$w = W \quad (9)$$

2.4.2 케이스 II : 작업량이 점근성장을 나타냄

초기 운영중에는 소프트웨어시스템 작업량이 일정하지 않다. 그러나, 0으로부터 무한대까지 점근적으로 성장한다.

$$w = W_L [1 - \exp(-At)] \quad (10)$$

2.4.3 케이스 III : 작업량이 Rayleigh 패턴을 가짐

인력할당은 일반적으로 엔지니어링업무에서 Rayleigh곡선을 따르는 경향이 있으며, 특별히 소프트웨어에서 그렇다.

인력에 의해서 생성된 컴퓨터 작업량은 소프트웨어 테스트 기간중에서처럼 Rayleigh곡선을 따른다.

$$w = (Xt/T^2) \exp[-(t/T)^2/2] \quad (11)$$

3. 결론

소프트웨어신뢰도의 일반적인 이론에서 소프트웨어의 고장율이 소프트웨어결함의 평균 크기, 결보기 결함밀도, 작업량의 곱인 것으로 제안하여 논리를 전개하였다. 고전적인 소프트웨어 신뢰도 모델들의

가정에 부합되는 이런 인자를 가진 모델들을 개발하였다. 선형(Jelinski-Moranda, Shooman, Musa), 기하학적(Moranda, Ramamoorthy-Bastani), Rayleigh(Schick-Wolverton) 모델들은 이 일반적인 이론의 특별한 경우에 해당되는 모델들이다.

선형 신뢰도 모델은 잔여결함의 평균 크기와 작업량이 일정하고 결보기 결함밀도가 실제 결함밀도와 동일하다는 가정에 유도되었다. 기하학적 모델은 결함을 수정함에 따라 평균 결함 크기가 기하학적으로 감소한다는 가정에 있어서 차이가 있다. 한편, Rayleigh모델은 잔여 결함의 평균 크기가 시간에 따라 선형적으로 감소한다는 가정에 있어서 차이를 보이고 있다. 이 이론은 고전적인 모델의 비례상수가 좀더 근본적으로, 좀더 직관적으로 의미가 있는 인자 다시 말하면 잔여 결함, 실제결함밀도, 작업량, 결함내용의 초기평균크기들로 구성된다.

일반적인 소프트웨어 신뢰도 모델에서는 공학도들이 소프트웨어에서 발견되는 다양한 신뢰도 인자들을 모델링할 수 있게 한다. 본 논문에서는 소프트웨어의 신뢰도 요인(평균 결함 크기, 결함밀도, 작업량)의 거동을 가정하여 이러한 다양성을 수용하기 위한 모델링을 하였다.

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

참고문헌

- [1] C. J. Dale, "Software reliability evaluation methods", Report ST 26750, 1982 Sep, British Aerospace, Dynamics Group, Stevenage Div., UK
- [2] M. Trachtenberg, "The linear software reliability model and uniform testing", *IEEE Trans. Reliability*, vol R-34, 1985 Apr, pp8-16
- [3] M. L. Shooman, "Operational testing and software reliability estimation during program development", *Proc. Intern'l Symp. Computer Software Reliability*, 1973, pp51-57