

## 에러처리 SPN 모델링 Error Handling SPN Modeling

노철우

신라대학교 컴퓨터 공학과

Cheul Woo Ro

Silla Univ. Dept. of Computer Eng.

### 요약

fault와 에러를 구분하여 정의한 후, 에러처리를 위한 시스템 상태를 fault, 에러, 회복, benign, mon1, mon2의 상세 상태로 분류하고, 이들 상태를 묘사해 줄 수 있는 추계적 페트리 넷을 이용하여 시스템 에러 처리를 모델링 한다. 시스템이 수십년이 지나면 궁극적으로 다운되는 비신뢰도를 모델로 부터 구할 수 있음을 보여준다.

### I. 서론

시스템 고장분석 방법으로는 비 상태공간에 근거한 모델과 상태공간에 근거한 모델로 분류할 수 있으며 비상태공간 모델인 신뢰도 블록 다이어그램(reliability block diagrams), 고장나무(fault tree), 신뢰도 그래프 등은 구성요소간의 독립성이 존재할 경우 시스템의 고장과 복구를 표현할 수 있는 구체적인 방법을 제공한다[1]. 그러나 비 상태공간 모델은 복구 될 구성요소의 우선순위 부여와 같은 종속성, 동시성, 동기화 같은 능력에 제한이 있다[2]. 이러한 문제를 해결하기 위해서 상태공간에 근거를 둔 마르코프 모델과 추계적 페트리넷(Stochastic Petri Net: SPN)이 사용된다[2].

### II. 추계적 페트리 넷

일반SPN은 페트리 넷의 확장으로 복잡한 시스템을 기술하기 위한 모델링 도구이다. SPN은 장소(place)와 천이(transition) 두 가지 노드를 가지는 방향성 이분 그래프이다. 장소는 정해지지 않은 독자적인 토큰 수를 가질 수 있다. 천이는 장소로부터 들어오는 입력아크(input arc)와 장소로 나가는 출력아크(output arc)를 가진다. 마킹(marking)은 각 장소에 할당된 토큰에 의해 기술된 페트리 넷의 상태를 나타낸다.

Generalized stochastic Petri net(GSPN)에 마킹종속, 다중금지 아크, 가드 함수 등의 모델링 기능을 강화하여 복잡한 시스템을 간결한 모델로 모델링할 수 있게 해준 모델이 Stochastic Reward Net (SRN)이다[3]. SRN에서 각 유형 마킹은 하나 이상의 보상률(reward rate)을 배정 받을 수 있다. 시간천이의 발사율, 다수의 입출력 아크 그리고 하나의 마킹에 대한 보상률과 같은 파라미터는 SRN에서 장소에 있는 토큰 수에 대한 함수로 기술된다. SRN에서 모든 출력 값은 보상률 함수의 기대값으로 표현된다. 시스템의 성능지표 값을 얻기 위

해서는 SRN 모델에 적당한 보상률 값을 배정하여 구할 수 있다.

Duke 대학에서 개발된 SPNP[4] 소프트웨어는 SRN 모델에 내재되어 있는 마르코프 프로세스를 자동으로 생성하고, 이들 프로세스의 안정상태의 해와 주어진 reward 값을 이용하여 구하고자하는 성능지표 값을 계산한다.

### III. 시스템 에러 처리

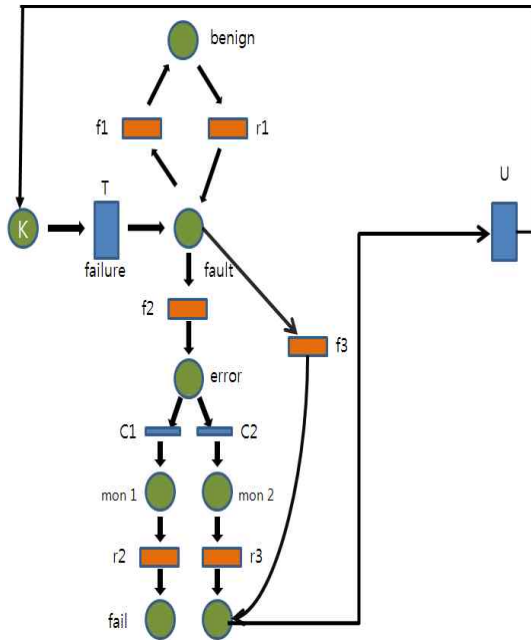
일반 컴퓨터 시스템에서 fault와 에러(error)를 구분한다. fault는 언제든지 발생할 수 있지만 바로 에러를 유발시키지는 않는다. 컴퓨터 시스템의 구성요소인 메모리 모듈이 고장나서 메모리 모듈의 상태가 fault가 되도 컴퓨터가 해당 메모리 모듈을 읽지 않는 한 에러는 발생하지 않는다. 시스템은 자신의 고장관련 상태인 fault나 에러를 주기적으로 검사한다. 또한 fault는 간헐적으로 발생할 수 있으며 이 경우 잠시 정상상태(benign)로 있거나 다시 fault 상태로 빠질 수 있다. 잠시 정상상태인 경우는 시스템에서 fault로 조사되지 않는다. 본 논문에서 고장과 복구는 시스템의 이벤트/액션으로 보고 fault, 에러, 회복, benign, mon1, mon2는 시스템의 상태를 의미한다.

fault 상태에서 다음 세경우가 발생할 수 있다. 첫째, 시스템은 fault를 간파하고 fault된 모듈이 있음에도 불구하고 시스템을 정상적으로 작동시키며 상태를 회복상태로 천이시킨다. 둘째는 간헐적으로 상태가 좋아지는 benign 상태로 천이한다. 이 경우는 fault가 시스템을 에러 상태로 몰고 가지 못한다. 다만 일시적으로 좋아진 것이기 때문에 결국 fault 상태로 다시 돌아간다. 셋째는 fault로 부터 야기되는 시스템 에러 상태로의 변환이다. 에러가 발생하면 이를 간파하고 처리하는 데 시간이 걸리며 이후 시스템이 복구되거나 아니면 시스템 전체의 고장인 fail 상태로

시스템은 다운된다. 에러 발생후 간파하고 복구하는 시스템 상태를 mon1, mon2로 한다.

#### IV. SPN 에러 처리 모델링

앞 절에서 언급한 시스템 fault 및 에러 처리 상태에 대한 가용도 및 신뢰도 분석을 위하여 다음 그림 1.의 SPN 모델을 개발한다.



▶▶ 그림 1. SPN 에러 처리 모델

컴퓨터 시스템 구성 모듈은 K개로 구성되고 이들은 T의 고장율과 U의 복구율을 가지고 있으며 각 고장관련 상태를 처리하는 에러처리에 대한 SPN 모델 설명은 다음과 같다.

여러개의 메모리, CPU, 디스크 등의 모듈로 구성된 컴퓨터 시스템을 대상으로 컴퓨터 모듈이 고장나 나면, 시스템은 fault의 상태로 천이된다. 이는 그림 1.의 failure 천이에 의하여 발생되며 장소 fault로 토큰이 이동되어 시스템 구성요소가 fault 상태가 됨을 나타낸다. 그림 1.에서 SPN모델의 장소는 시스템 에러처리 관련 각 상태를 나타낸다. fault 상태 후 세 가지 경우의 에러 처리를 고려할 수 있는데 이는 천이 f1, f2, f3 세개의 이벤트에 의하여 모델링 된다. ① 간헐적으로 천이 f1에 의하여 정상적인 상태인 benign으로 갔다가 결국 천이 r1에 의하여 다시 시스템 fault 상태로 돌아온다. ② fault 상태에서 천이 f3에 의하여 바로 복구되는 recover상태로 변화될 수 있으며 ③ 다른 경우는 f2에 의하여 에러상태로 변화될 수 있다. 에러상태인 경우는 에러가 복구되는 경우와 복구되지 못하는 경우로 분류되며 이는 각각 즉시천이인 C1, C2에 의하여 표시된다. 즉시 천이 C1, C2 (= 1.0 -

C1)는 복구확률로 표시된다, 그 후 시스템 모니터링 과정을 거쳐 복구가 안되는 경우는 fail상태로 천이되어 결국 시스템 다운이 되며 복구되는 경우는 recover 상태로 천이된 후 천이 repair에 의하여 원상을 돌아간다. 모델에서 시스템 fault및 에러 관련 상태변화는 해당 천이에 의하여 발생되며 해당 천이의 발생률에 각각의 수치를 주면 시스템 전체가 다운될 확률 값을 구할 수 있게 된다.

그림 1. SPN 모델에서 시스템은 수십년이 지나면 결국 fail 상태에 도달하게 되며 이는 시스템의 비신뢰도(unreliability)를 의미하게 된다.. 즉 시스템 성능지표로 본 모델에서는 시스템 비신뢰도를 구할 수 있으며 이는 SPN모델의 보상 기능[3]을 이용하여 다음 식으로 구할 수 있다. 모델 수행시 수치결과는 SPN모델 수행도구인 SPNP를 이용하여 구한다.

```
unreliability = if(#faul)=1) return (1) else return (0);
```

#### V. 결론

본 논문에서는 시스템의 fault, error, fail 등의 에러 처리 상태를 상세하게 표현하고 시스템 상태변화를 SPN 모델을 이용하여 상세히 표현하였다. K개의 시스템 구성요소는 분류하여 표현할 수 있으며 또한 k-out-of-n, 즉 n개의 구성요소 중 k개의 모듈이 고장나면 시스템이 고장나는 경우는 장소 fault에 대한 다중아크를 이용하여 표현할 수 있다. 이러한 확장된 SPN모델을 사용하거나, 시스템 구성모듈은 상위레벨 SPN모델로 표현하고 이들 각 구성 모듈에 대한 에러처리 상태는 그림 1.의 모델을 이용하여 하위레벨로 표현하는 계층모델을 이용하여 시스템에러 처리를 더욱 정밀하게 할 수 있다.

#### ■ 참고 문헌 ■

- [1] Malhotra, M. and Ciardo, G. and Trivedi, K.S., Dependability Modeling Using Petri-Net, IEEE Transactions on Reliability, Vol. 44, No.3, pp.428-440, Sept., 1995.
- [2] Ajmone-Marsan A., Balbo G., "A class of generalized stochastic Petri nets for the performance evaluation of multiprocessor systems", ACM Trans. Comp.. Systems, Vol.2, No.2, pp.93-122, 1984
- [3] Cheul Woo Ro, Kyung Min Kim, " Stochastic Petri Nets Modeling Methods of Channel Allocation in Wireless Networks," IJOC (International Journal of Contents) Vol. 4, No.3, 2008.9
- [4] Ciardo, K.S. Trivedi, SPNP Users Manual Version 6, Duke University, 1999.9