

論 文

확장된 타임 페트리 네트에 의한 분산  
시스템의 성능 분석

正會員 宋 榮 宰\* 正會員 李 富 寧\* 正會員 李 大 寧\*

Performance Analysis of Distributed system  
by Extended Time Petri Nets

Young Jae SONG\*, Boo Young LEE\*, Dai Young LEE\* *Regular Members*

**要 約** 본 논문은 타임 페트리 네트에서 천이에 제약과 확률 밀도 함수를 추가한 확장된 타임 페트리 네트를 제안하고, 이를 이용한 분산된 시스템의 분석 방법을 제시하였다. 도달 가능에 기반을 둔 분석 방법은 성능에 관한 네트들의 동작을 고려하여 효율성을 표시하고, 제안한 확장된 타임 페트리 네트 모델이 시스템의 명세화에 보다 정확도를 제공하므로써 작업에 얼마나 적합한가를 모의 실험 하는 것이다.

마지막으로, 분석된 시스템을 구별하고, 평가하기 위한 분석 기구 장치로써 타임 페트리 네트를 기반으로 하여 연구하는 것이다.

**ABSTRACT** In this Paper presenting an extended timed Petri net model which Can be used for the performance analysis of Distributed System. An analysis methodology based on a reachabilitylike approach is presented efficiency to find out the behaviour of these nets in terms of performance, and the proposed extended timed prtri net models are simulated to show practicability of the accuracy of the extended model in representing system specification.

I. 서 론

본 논문에서는 병행 시스템의 기능과 성능에 대한 관계를 나타내려고 한다. 병행 시스템들은

그들의 명세화에 시간을 포함하는 것이다. 예를 들면, 통신 프로토콜을 설명하는데 정확한 동작을 보장하기 위해 전송 에러들에 대한 회복, 타임 아웃 등 일시적인 제약을 필요로 한다. 그리고, 사이클 타임, 처리율과 같은 성능을 산출했다.<sup>(1)</sup>

여기서 취급하려는 모델은 타임 페트리 네트 (TPNS)로써, 병렬을 설명하는데 적합한 잇점을 가지고 있기 때문에 가능한 점화 시간을 한정하는

\*慶熙大學校 工科學 電子工學科  
Dept. of Electronics Eng. Kung Hee University Seoul,  
131 - 701, Korea.  
論文番號 : 89 - 20 (接受 1988. 12. 12)

시간 간격에 의하여 네트의 천이상에 일시적인 제한에 대해 직접적인 변화를 허용한다. TPNS로 알려진 모델을 기반으로 한 다른 페트리 네트는 시간을 취급하므로 정의되고, TPNS나 확장된 페트리 네트는 주로 성능 분석을 위해 사용되어진다.

TPNS는 지연 제한에 의하여 확장된 페트리 네트를 재현할 수 있다. 그리고, TPNS에 의한 시간 모델의 일반적인 특성은 그 모델이 단지 결정적인 시간 성질(deterministic time property)을 다루는 것이다.

페트리 네트의 점화 시간은 다른 방법으로도 정의될 수 있다.

그것은 점화 시간이 확률 변수로 표현되는 stochastic petri net (SPN)이다. 이는 각 천이에서 점화 시간이 지수 함수의 분포를 갖는 모델인데<sup>(5)</sup>, SPN과 TPN의 선택은 모델의 대상이 되는 시스템의 동작에 따라 달라질 수 있다. SPN에서는 무작위한 점화 시간을 가정하여 상태를 구분하고 모델링하게 되는데 이와 같은 가정은 큐잉 이론의 무기억의 성질(memoryless property)을 가질 수 있고, 따라서 연속 시간의 마르코브체인(Markov, Chain)을 구상하고 보존 법칙에 의하여 각 마크(marking) 상태의 확률을 구하며 이에 의하여 성능 분석을 행한다.

SPN은 무작위 점화 시간을 갖는 환경을 바로 표현할 수 있으므로 비결정적(non-deterministic)인 동작, 즉 무작위의 점화 시간을 갖는 동작, 경쟁하여 하나만 선택되는 동작을 표현하는데 적합하다. 또한 Markov chain을 이용하므로 큐잉 이론의 연구 결과를 그대로 적용 시킬 수 있으므로, 무기억의 성질에 의하여 상태 공간의 수가 TPN에 비하여 상대적으로 적다. 이에 대하여 TPN은 고정된 점화 시간을 갖고 이산적인 동작을 표현하며 무작위의 동작은 경합 집합을 통하여 기하 분포를 갖는 것으로 표현할 수 있다.

페트리 네트는 천이의 점화 시간을 정의하는 것에 따라 모델 영역이 좌우되기 때문에 TPN의 경우 천이에 시간을 정의하는 것 이외에 확률 밀도 함수와 같은 조건들은 부가하는 방법이 필요하다.

본 연구에서는 확장된 모델에 대해 제안한 분석 방법은 TPN 모델의 분석인데, 이것은 그래프와 같은 도달 가능성을 통한 기능적 동작을 설명하였고, 확률 밀도 함수를 이용한 성능 분석은 네트의 천이와 관련이 된다. 이것은 위에서 얻은 그래프를 자세히 구별하게 하고 각 상태에서부터 정확하게 추출 확률과 평균 추출 시간을 계산할 수 있다.

본 논문에서는 제 2 장에서 TPN에 대한 필요한 배경을 설명하고 제 3 장에서 확장된 모델을 소개하고 그 동작을 특성화 하고 제 4 장에서 TPNS에 의해 유도된 분석 기술을 설명하고 제 5 장에서 제안된 방법론으로 해석할 수 있는 응용의 예를 들어 수적 결과가 방법의 실제성과 시스템 명세화를 표시하고 있는 확장된 모델의 정확성을 보여준다.

## II. 타임 페트리 네트(TPNS)

각 천이를 가진 두 시간인(minimal time, maximal time)과 관련된 점화 간격을 명세화한 표준 PNS에서 유도된 것이다.<sup>(6)</sup>

이제 TPNS를 아래와 같이 정의한다.

$$TPN = (P, T, Fd, Bd, Mo, Io)$$

$P = \{p_1, \dots, p_m\}$  : 장소의 유한 집합

$T = \{t_1, \dots, t_m\}$  : 천이의 유한 집합

$Fd \subset P \times T$  : 천이의 입력 함수

$Bd \subset P \times P$  : 천이의 출력 함수

$Mo$  : 초기 마크(marking) 상태

$Io$  : 초기 점화 간격 함수

TPNS에서 상태는  $S = (M, I)$  쌍으로 되어 있으며 현재 마크 함수  $M$ 은 토큰을 각 네트의 장소에 할당하고 점화 간격 함수  $I$ 는 시간 간격을 네트의 각 천이에 할당한다.

간단한 TPN의 예는 그림 1에 있다.

TPN의 동작은 상태  $S = (M, I)$ 에서 천이는 시간  $\theta$ 에서 점화할 수 있다. 양쪽 상태 조건이 보존되면,

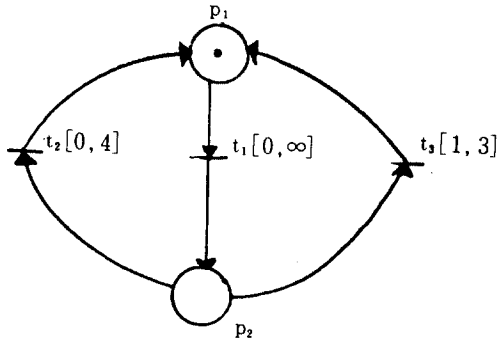


그림 1. 간단한 TPN.

1) 천이는 마크(marking)  $M$ 에 의해 점화 가능하다.

2) 시간  $\theta$ 는 모두 점화 가능하게 된 천이 사이의 시간을 나타냄.

이것은 TPN 동작 분석에 큰 영향을 미치고 점화 법칙에서  $\theta$ 에 대한 시간은 상태  $S$ 가 초기 상태에서 최종 상태로 도달된 값이다.

### III. 확장된 타임 페트리 네트(XTPNS)

TPNS의 확장은 확률 밀도 함수에 천이와 관련된 시간 간격을 부가함으로써 구성된다. 이는 모델 대상을 넓히며 상태 공간을 줄임으로 분석을 용이하게 할 수 있다.

#### III-1. XTPNS의 정의

TPNS의 확장은 각 천이에 대하여 고정된 점화 시간을 갖고 경합 천이에 대하여 다음 상태를 확률로 나타내며 점화와 관련된 제약 조건을 표시함으로써 확장된다. 확장된 TPN을 다음과 같이 정의한다.

$$XTPN = (TPN, F_0)$$

$$TPN = (P, T, F_d, B_d, M_0, I_0)$$

$F_0$ : 초기 점화 확률 밀도 함수

점화 시간은 어떤 수식 또는 장소에 있는 토큰

의 수 또는 상수값 등으로 표현될 수 있다. 천이의 확률은 특정점화 조건 또는 같은 입력 장소에서의 천이에 의한 경합 조건과 관련이 있다. 그러므로, 그 값은 직접 주어지거나 다른 조건과 관계가 주어진다.

천이의 확률은 자유 선택 장소  $p$ 에서  $p$ 의 출력 천이에 대하여  $\sum Pr_t = 1$ 의 관계를 가지며 그 밖의 이 천이에 대하여  $Pr_t = 1$ 이 성립된다.

#### III-2. XTPNS에서의 상태

XTPNS에서 상태  $S = (M, I, F)$ 로 다음과 같이 구성된다.

(1)  $(\forall p \in P, M(p) \geq 0)$ 을 만족하는 마크 함수  $M$

(2) 네트의 각 천이와 관련된 점화 간격 함수  $I$

(3) 비어 있지 않은 점화 간격을 가진 각 천이에 근접하는 확률 밀도 함수  $F$ 와 시간 분포  $f$

XTPNS에서 차기 상태와 계산은 다음과 같은 점화 법칙에 기반하고 있다. 가장 최후에 시간  $\theta$ 에서 천이  $t$ 를 점화하면 양쪽 조건이 보존되면 상태  $S = (M, I, F)$ 가 성립된다.

i) 천이  $t$ 는 TPN에서 점화 가능하다.

ii) 시간  $\theta$ 일때 천이  $t$ 를 점화하는 확률은 0 (zero)가 아니라 차기 상태  $S' = (M', I', F')$ 가 시간  $\theta$ 에서 천이  $t$ 를 점화 함으로써  $S$ 에서 도달하는 것은 다음과 같은 알고리즘을 사용한다.

(1) 장소  $P$ 에 대한 새로운 마크  $M'$ 는 일반적인 PNS를 사용하여 다음과 같이 정의한다.

$$M'(p) = M(p) - B_d(t, p) + F_d(t, p)$$

(2) 천이에 대한 새로운 점화 간격  $I'$ 는 일반적인 TPN을 사용하여 다음과 같이 정의한다.

1) 모든 천이  $t_i$ 가 마크(marking)  $M'$ 에 의해 점화 가능하지 않기 때문에  $I'_i$ 는 비어 있다.

2) 모든 천이  $t_i$ 가 마크(marking)  $M$ 에 의해 점화 가능하고 천이  $t$ 로 충돌하지 않는다.

3) 다른 모든 천이들은 그들의 초기 점화 간격을 받는다.

(3) 새로운 확률 밀도 함수  $F'$ 는 각 천이가 마크(marking)  $M$ 에 의하여 점화 가능하기 때문에 다음과 같이 계산할 수 있다.

1) 모든 천이  $t_k$ 가 마크(marking)  $M$ 에 의해 점화 가능하고 천이  $t$ 와 충돌하지 않기 때문에 다음 조건이 성립한다.

$$fk'(x) = \frac{f_k(x+\theta)}{1 - \sqrt{k(\theta)}} = 0$$

$\sqrt{K(\theta)}$  : 간격  $[0, \theta]$ 에서  $f_k(x)$ 의 누적 확률

2) 모든 천이들은 새롭게 점화 가능하기 때문에 확률 밀도 함수는 그들의 초기 값에 기반을 두고 있다.

### III-3. 상태 천이 특성

그림 1에서 초기 상태  $S_0$ 는  $(M_0, I_0, F_0)$ 으로 표현된다.

$$M_0 : p_1 \rightarrow 1$$

$$I_0 : t_1 \rightarrow [0, \infty)$$

$$F_0 : t_1 \rightarrow f_1(x) = \lambda_1 e^{-\lambda_1 x} \quad 0 \leq x \leq \infty$$

이는 최초로  $P_1$ 이 한 개의 토큰으로 mark된 유일한 장소를 의미하고,  $t_1$ 은 시간 간격  $[0, \infty)$ 내에서의 점화하는데 유일하게 동작허용이 된 경계이다. 그리고,  $t_1$ 에 대한 각 점화 시간은 지수 분포  $f_1(x)$ 로 주어진 계수로 나타낸다. 그래서 시간  $\theta_1$ 에서 천이  $t_1$ 이 점화하는 확률은 다음과 같다.

시간  $\theta_1$ 에서  $S_0$ 로부터 천이  $t_1$ 이 점화하므로 상태  $S_1 = (M_1, I_1, F_1)$ 의 정의는 다음과 같다.

$$M_1 : p_2 \rightarrow 1$$

$$I_1 : t_2 \rightarrow [0, 4]$$

$$t_3 \rightarrow [1, 3]$$

$$F_1 : t_2 \rightarrow f_2(x)$$

$$t_3 \rightarrow f_3(x)$$

천이  $t_2$ 와  $t_3$ 가 새롭게 상태  $S_1$ 에서 동작 가능이 되었다. 그러나,  $t_2$ 와  $t_3$ 의 점화 시간이 중첩되기 때문에  $t_2$ 와  $t_3$ 의 점화하는 구성이 더욱 복잡하게 된다.

예를 들면, 시간  $\theta_2$ 에서 천이  $t_2$ 의 점화는  $t_2$ 가 적어도  $\theta_2$ 에서 점화한 것이고  $t_3$ 는 전후에 점화될 결합 확률을 계산할 필요가 있다. 즉,  $p(\text{점화}(t_2) \leq \theta_2, \text{점화}(t_3) > \text{점화}(t_2))$

확률  $p(\theta_2)$ 는 다음과 같다.

$$p(\theta_2) = \int_0^{\theta_2} f_2(x) \left( \int_x^{\infty} f_3(y) dy \right) dx$$

TPN이 갖는 주요한 차이점은 각 점화 구성(천이, 점화, 시간의 순서)은 값을 가질 수 있는 병행의 확률을 가질 것이다.

## IV. 확장된 타임 페트리 넷의 분석

PN의 동작은 모델을 기본으로 한 초기 상태에서부터 도달할 수 있는 상태들의 집합으로 표시할 수 있다. XTPN에 대한 분석 방법은 Timed Reachable Graph에 의한 것이다. 그러나, 점화 간격에서 확률 밀도를 가지므로 분석된 시스템의 동작에 대해 정량적(quantitative) 정보를 얻을 수 있다.

### IV-1. 기능적 분석

XTPN의 기능적 성질을 유도하기 위해 상세한 TPN을 고려해야 하고 TPNS를 분석하는데 상태 단계를 열거할 필요가 있다. 시간이 연속적이고 천이가 인정된 간격에서 어느 시간에 점화할 수 있는 것과 같이 각 상태는 무한한 입력수를 가질 수가 있다.

점화 순서와 관련된 상태 단계를 편리하게  $(M, D)$ 로 표시한다. 여기서  $M$ 은 점화  $S$ 에 의해  $M_0$ 로부터 도달한 마크(marking)이다.  $D$ 는 그 단계에서 점화 가능한 천이의 점화 간격으로부터 계산된 점화 영역이다. 점화 영역은 선형 부등식의 시스템에 대한 해집합으로 표시한다.

$$A * \vec{t} \geq \vec{b}$$

$A$  : 정수의 행렬

$\vec{b}$  : 정수의 벡터

$\vec{t}$  : 변수의  $t_i$ 의 벡터

TPNS에서 상태들에 대한 점화 법칙으로부터 천이 법칙은 상태 단계로부터 유도할 수 있고 차기 단계를 계산하기 위한 천이에 대한 알고리즘은 상태단계를 근거로 하고 있다.

초기 단계로부터 도달할 수 있는 상태 단계의 트리(tree)는 그래프로 설치된다. 마크(marking)와 점화 영역 양쪽에 기반을 둔 충분 조건은 분기가 확인하는 순간 알고리즘을 점차적으로 중지되도록 검토한다.

#### IV-2. 성능 평가

초기 단계 상태들은 평균 점화 시간에서 각 천이가 점화하므로 도달 가능하다. 이는 점화 간격과 관련된 확률밀도 함수(pdfs)를 내포하고 기능 분석으로 주어진 상태 단계들의 상태 그래프를 무작위로 개발할 수 있다.

##### IV-2-1. 무작위 상태 그래프 설치

무작위 상태 그래프는 각 마크를 네가지 매개 변수로 레이블된다.

- 점화된 천이의 이름
- 평균 점화 데이터
- 천이와 관련된 부과적인 pdfs로부터 유래된 가지 확률
- 초기 상태에서부터 새로운 상태로 유도되는 전체 경로에 대한 누적확률

이러한 매개 변수들의 계산은 상태  $S=(M, I, F)$ 를 고려해 볼때

- (1) 상태 S에서 점화할 수 있는 천이는 XTPNS에 대한 점화 법칙의 적용 결과이다.
- (2) 천이  $t_j$ 에 대한 평균 점화 시간은 다음 세 가지 단계가 있다.

- 1) 부대적(extrinsic) 확률 밀도는

$$f_{je}(x) = f_j(x) \left\{ \prod_{k=j}^n \int_x^{\infty} f_k(y) dy \right\}$$

$f_j(x)$ 와  $f_k(y)$ 는 현 상태에서 모두 동작 가능한 천이들에 대한 pdfs를 표시함.

- 2)  $t_j$ 에 대한 점화 데이터  $\theta_j$ 가 최종 점화 시간(aLFT) 보다 작지않은 누적된 확률은

$$p_{nb}(\theta_j \leq aLFT) = \int_0^{aLFT} f_{je}(x) dx = p_{nb}(aLFT)$$

- 3)  $\theta_j$ 의 평균치는

$$E(\theta_j) = \frac{1}{p_{nb}(aLFT)} \int_0^{\infty} x f_{je}(x) dx$$

(3) 점화  $t_j$ 로부터 확장된 경로에 대한 확률을 간단히 가지(branching) 확률  $p_{nb}(aLFT)$ 를 갖춘 상태에 일정한 값을 곱하므로 재 계산을 할 수 있다.

경로 확률은 시스템의 평균 동작을 묘사하고 있는 최종 상태 그래프를 산출하는 방법을 제시한다. 동작이 폐기된 부분은 정확히 무시된 경로의 확률로부터 계산될 수 있다.

### V. 응용의 예

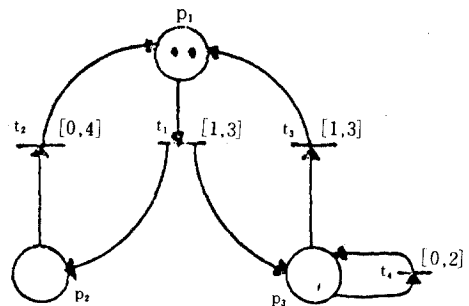
분산된 시스템의 몇가지 기본적인 특성을 나타낸 예에 대해 병렬(parallelism), 병행(Concurrency), 동기(Synchronization) 등 방법론을 적용한다.

시스템의 기능성을 설명하기 위해 상태 단계의 그래프를 그려야 한다.

각 천이와 관련된 단순한 pdfs을 이용해 성능에 접근하기 위해 시스템의 평균 동작을 나타내는 상태 그래프를 산출한다.

#### V-1. 동작 분석

천이 점화 간격 동안 pdfs를 확장한 그림 2의 TPN 모델을 고려하자. 3, 2절의 알고리즘과 그림



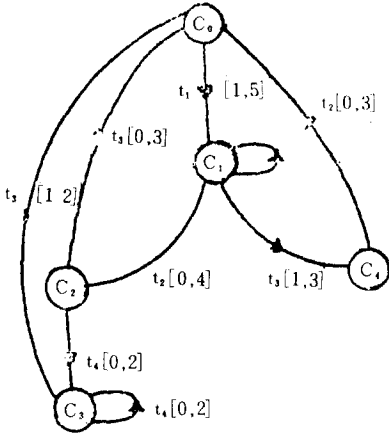


그림 2. 간단한 TPN모델과 상태 단계 그래프

3의 상태 단계표를 이용해 TPN의 동작 분석은 그 네트(Net) 다음에 있는 상태 단계에 대한 그래프를 산출한다.

각 단계표에 대한 내용은 그림 3 과 같다.

- $(C_0) \quad M_0 : P_1, (2) \quad (C_1) \quad M_1 : P_2, P_3$   
 $D_0 : 1 \leq t \leq 5 \quad D_1 : 0 \leq t_2 \leq 4$   
 $1 \leq t_3 \leq 3$   
 $0 \leq t_4 \leq 3$
- $(C_2) : M_2 : P_1, P_3 \quad (C_3) : M_3 : P_1, P_3$   
 $D_2 : 0 \leq t_3 \leq 3 \quad D_3 : 1 \leq t_3 \leq 2$   
 $0 \leq t_4 \leq 2 \quad 0 \leq t_4 \leq 2$   
 $t_4 - t_3 \leq 1$
- $(C_4) \quad M_4 : P_1, P_2$   
 $D_4 : 0 \leq t_2 \leq 3$

그림 3. 상태 단계표

V-2. 성능 예측

시스템의 기능적 특성으로부터 평균 동작을 산출하는 것이다.

상태 그래프에서 이 단계에 대한 정당성을 줌으로써 접근 확률이  $P_{lim} = 2\%$  이상 되는 모델 상태들을 유지할 것이다.

V-2-1. 임의의 상태 그래프

임의의 상태 그래프는 그림 4 에 주어진다. 여기서 i는 그림 2 의 그래프에 속하는 일련의  $C_i$ 와 일치한다.

각 아크는 평균 점화 데이터와 초기상태로부터 전체 경로 확률을 점화된 천이의 동일자로 실시한다.

상태  $S_0$ 에서 단지 천이  $t_1$ 는 점화되고 평균 점화 시간은 3이다.

그래서, 상태  $S_{10}$ 은 단계  $C_1$ 에 속한다.(즉,  $t_2, t_3, t_4$ 를 점화) pdfs의 계산은 가지 확률  $P_{i,b}(aLFT) = 23.96\%, 8.33\%, 67.71\%$ 의 방법으로 주고 천이  $t_2, t_3, t_4$ 에 대한 평균점화 시간  $E(t_i) = 0.63, 0.4, 1.3125, 0.8077$ 의 방법으로 준다. 이들은 각각 상태  $S_{10}$ 부터  $S_{20}, S_{40}, S_{41}$ 까지 가는 아크들의 레이블이다. 세가지 상태  $S_{16}, S_{43}, S_{44}$ 는 그들이 0.54%, 0.66%, 0.02%의 접근 확률로 표준치에 미달하기 때문에 카드에 기입된다.

단계  $C_1$ 에 속하는 모든 상태  $S_{10}, S_{11}, \dots, S_{15}$ 는  $t_2, t_3, t_4$ 중 어떤 천이가 점화하도록 하는 그래프이다.

그러나,  $S_{10}$ 에서  $S_{15}$ 까지 도달한다.  $t_3, t_4$ 을 반복 실행하여도 점화가가능 하여도 더 이상 점화할 수 없다. 이것은 이 상태에 대한  $t_2$ 에 의해 실행되기 때문에  $S_{10}$  이후 점화된 상태로 된다.

위의 설명은 성능 분석 방법에 대한 한 가지 방법을 강조한다.

이 성능 분석 방법은 단계에 대한 그래프가 산출된 것보다 더욱 정확하고 현실적인 시스템 동작을 산출한다. 그래서, 그림 2 의 그래프에서 단계  $C_1$ 을 보면 모든 점화 시간이 영(zero)인 무한 점  $t_4$  점화 순서가 똑같은 단계에서 시스템을 유지할 것이다.  $S_3$ 을 떠나는 아크들에 할당된 확률들은 가장 짧은 경로와 일치한다.

V-2-2. 사이클 타임 계산

그림 5 와 같이 진행에 대한 경로는 15 사이클이다.

사이클 타임은 상태  $S_2$ 를 통과하는 두개의 연속적인 통과자 사이에 있는 지연이다.

$$\Delta(\text{평균 지연 } S_0 \rightarrow S_0) = \sum_{i=1}^{15} \{p_i * \Delta_i\}$$

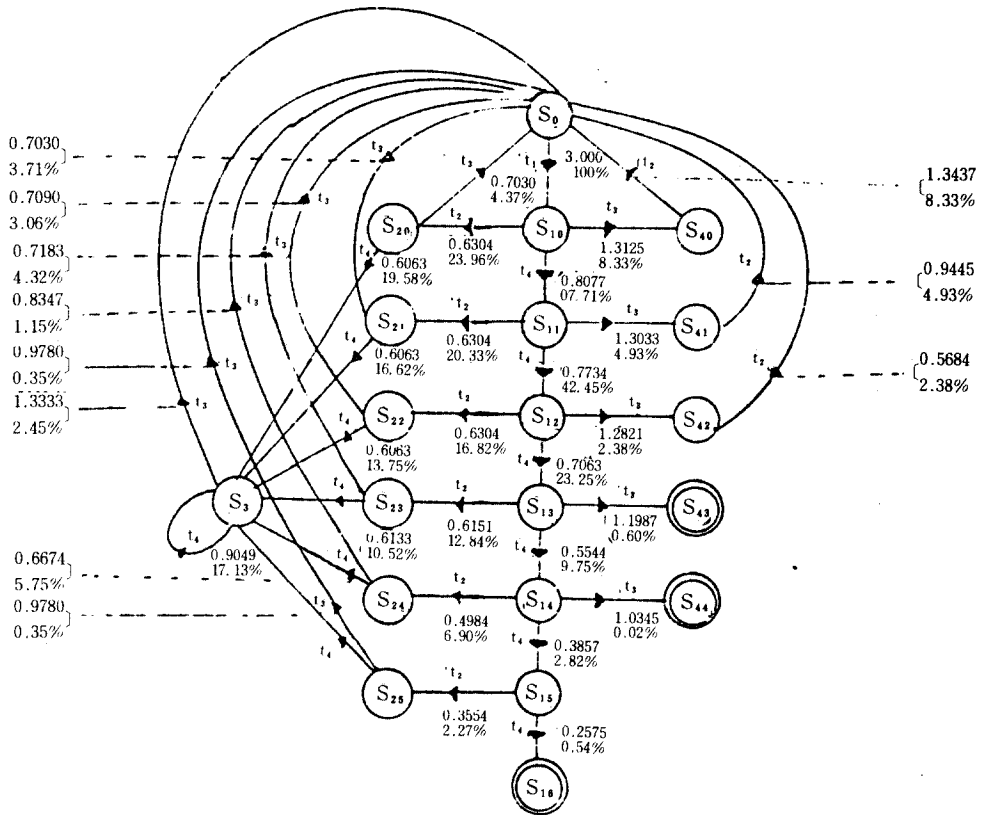


그림 4. 무작위 상태 그래프

cyclic paths $S_0 \rightarrow S_0$	Duration $\Delta_i$	Probability $P_i$
$S_0, S_{10}, S_{40}, S_0$	5.6562	0.0833
$S_0, S_{10}, S_{11}, S_{41}, S_0$	6.5603	0.0493
$S_0, S_{10}, S_{11}, S_{12}, S_{42}, S_0$	6.4316	0.0238
$S_0, S_{10}, S_{20}, S_0$	4.3334	0.0437
$S_0, S_{10}, S_{11}, S_{21}, S_0$	4.9638	0.0371
$S_0, S_{10}, S_{11}, S_{12}, S_{22}, S_0$	5.9145	0.0306
$S_0, S_{10}, S_{11}, S_{12}, S_{13}, S_{23}, S_0$	6.6208	0.0232
$S_0, S_{10}, S_{11}, S_{12}, S_{13}, S_{14}, S_{24}, S_0$	7.1751	0.0115
$S_0, S_{10}, S_{11}, S_{12}, S_{13}, S_{14}, S_{15}, S_{25}, S_0$	7.5609	0.0035
$S_0, S_{10}, S_{20}, S_{3^*}, S_0$	11.9029	0.1958
$S_0, S_{10}, S_{11}, S_{21}, S_{3^*}, S_0$	12.5333	0.1662
$S_0, S_{10}, S_{11}, S_{12}, S_{22}, S_{3^*}, S_0$	13.4840	0.1375
$S_0, S_{10}, S_{11}, S_{12}, S_{13}, S_{23}, S_{3^*}, S_0$	14.1820	0.4052
$S_0, S_{10}, S_{11}, S_{12}, S_{13}, S_{14}, S_{24}, S_{3^*}, S_0$	14.6738	0.5025
$S_0, S_{10}, S_{11}, S_{12}, S_{13}, S_{14}, S_{15}, S_{25}, S_{3^*}, S_0$	14.9837	0.1192

그림 5.  $S_0$ 부터  $S_0$ 까지 순환경로

## VI. 결 론

천이가 점화 간격에 확률 밀도 함수를 도입한 타임 페트리 네트의 확장(XTPN)을 연구했다.

방법은 모델된 시스템의 기능적 동작을 구별하고 성능 계산을 유도했다. 그것은 시스템의 평균 동작을 예측하기 위해 기본적인 기능적 분석으로 경계를 정한 정확한 기능 범위에 의존하지만 이 방법은 이런 목적을 이룰 수 있다. 매개 변수 계산은 반복 시간이나 대기시간과 같은 평균 지연에 대한 순환시간으로부터 처리량까지 한다. 정확한 이 방법의 적용 예는 시뮬레이션 수치와 비교한 순환시간 예상의 정확도를 나타낸다.

XTPN 모델로 설명한 특성 가운데 다음과 같은 문제가 있다. 즉, 확률 평가 방법은 성취한 현재 대상물이 TPN의 상태단계 그래프에서 모두 실행 가능한 스케줄을 조사하기 위해 보다 더 일반적인 수치의 일부분임을 강조해야 하고 여러가지 확률 밀도가 통신 프로토콜과 같은 보다 복잡한 예를 적용하므로써 분석방법의 효율을 검사했다.

우리가 얻은 최종 상태, 마르코브 체인(Markov Chain)으로부터 성능 분석의 계산을 하기 위한 알고리즘을 개발해야 한다.

우리의 최종 목표는 분석된 시스템을 구별하고 평가하기 위한 분석 기구의 장치를 TPN을 기반으로 연구하는 것이다.

Congress 1983, North Holland, Paris, September 1983.

5. T. Nakamura and Y. shiquei : "An Effect of Emptying Intelligent Link into Data Networks, In proc. In proc. Int. Conf. Commun., pp. 50. 4. 1-50. 4. 5(June 1980).
6. Ramamoorthy, C.V. and G.S, Ho, "performance Evaluation of Asynchronous Concurrent System Using petri Nets", IEEE Trans. on software Engineering Vol. SE-6, NO 5, pp. 440-449, September 1980.
7. Ranchandani, C., "Analysis of Asynchronous Concurrent Systems by Timed petri Nets", ph. D. Thesis, Massachussets Institute of Technologg, project MAC TR-120, February 1974.
8. Tanenbaum, A.S., "Computer Networks", prentice Hall International, London, 1981.
9. Zuberek, W.M., "Timed petri Nets and Preliminary performance Evaluation", 7th Annual Symposium On Computer Architecture, pp. 88-96. LaBaule, May 1980.
10. T. Agerwala, "Putting nets to work", IEEE Computer., pp. 85-94, Dec. 79.

## 參 考 文 獻

1. P.M. Merlin: "A Methodology for the Design and Implimentation of Communication protocols", IEEE Trans. Commun., CO-24, 6, pp. 614-621(JUNE 1976).
2. Peterson, J.L., "Petri net Theory and the modeling of Systems", prentice Hall, InC., N.J., 1981.
3. Molloy, M.K., "Discrete Time Stochastic petri nets", IEEE Trans. On software Engineering, Vol, SE-11, NO2, pp. 417-423, April 1985.
4. Berthomieu, B, and M. Menasche : "An Enumerative Appraach for Analyzing Time petri nets", IFIP





**宋榮宰 (Young Jae SONG) 正會員**  
 1947年 4月20日生  
 1969年 2月: 仁荷大學校 電子工學科 卒業  
 1972年 10月: 日本 Toyo Seiko 研究員  
 1976年 3月: 日本 Keio Univ. 太學院 卒業  
 1979年 8月: 明知大學院 卒業 (工學博士)  
 1980年 1月: 工業振興庁 工業標準 審議委員

1982年 8月: 美國 Univ. of Maryland 客員教授  
 1985年 : 韓國情報科學會 平委員  
 1986年 1月: 大韓電子工學會 電子計算研究會 專門委員長  
 1986年 1月~現在: IEEE Computer Society 한국지회 副會長  
 1987年 6月~現在: 全國大學電算所長協議會 總務理事, 副會長  
 1976年~現在: 慶熙大學校 電子計算工學科 教授  
 • 關心分野: 소프트웨어 엔지니어링, 데이터베이스 시스템  
 Object-oriented Programming & Systems.



**李富寧 (Boo Young LEE) 正會員**  
 1949年 1月3日生  
 1973年 2月: 漢陽大學校 卒業  
 1981年 8月: 慶熙大學校 大學院 電子工學科 卒業 (工學碩士)  
 1987年 2月: 慶熙大學校 大學院 電子工學科 博士課程 修了  
 1985年~現在: 鐵道專門大 講師  
 1988年~現在: 慶熙大學校 講師

• 關心分野: Computer network, operating system.  
 Data Base System.



**李大寧 (Dai Young LEE) 正會員**  
 1940年 3月18日生  
 1968年 9月~1970年 3月: 캘리포니아州 立大學院 (工學碩士)  
 1976年 9月~1979年 9月: 延世大學校 大學院 電子工學科 (工學博士)  
 1971年 9月: 慶熙大學校 工科大学 電子工學科 助教授  
 1977年 3月: 慶熙大學校 工科大学 電子工學科 副教授

1982年 3月~現在: 慶熙大學校 工科大学 電子工學科 教授  
 1988年 1月~現在: 本學會理事