

# 퍼지 트랜지션 시간 페트리 네트의 이산 사건 시스템에 응용

## Application of Fuzzy Transition Timed Petri Net for Discrete Event Dynamic Systems

‘모영승’, 김진권, 김정철, 탁상아, 황형수\*\*

\* 원광대학교 제어계측공학과(Tel : 063-850-6345; Fax : 063-853-2196 ; E-mail: moyes@gaebuyok.wonkwang.ac.kr)

\*\* 원광대학교 제어계측공학과(Tel : 063-850-6345; Fax : 063-853-2196 ; E-mail: hshwang@wonwnms.wonkwang.ac.kr)

**Abstract :** Timed Petri Net(TPN) is one of methods to model and to analyze Discrete Event Dynamic Systems(DEDSs) with real time values. It has two time values, earliest firing time ( $\alpha_i$ ) and latest firing time ( $\beta_i$ ), for the each transition. A transition of TPN is fired at arbitrary time of time interval ( $\alpha_i, \beta_i$ ). Uncertainty of firing time gives difficulty to analyze and estimate a modeled system. In this paper, we proposed the Fuzzy Transition Timed Petri Net(FTTPN) with fuzzy theory to determine the optimal transition time ( $\gamma_i$ ). The transition firing time ( $\gamma_i$ ) of FTTPN is determined from fuzzy controller which is modeled with information of state transition. Each of the traffic signal controllers are modeled using the proposed method and timed petri net. And its performance is evaluated by simulation of traffic signal controller.

**Keywords :** Timed petri net, Fuzzy Transition timed petri net, Fuzzy controller, Traffic signal controller

### 1. 서론

이산 사건 동적 시스템(Discrete Event Dynamic Systems: DEDSs)은 근본적으로 비동기 시스템이며, 사건의 발생에 따라 전개되는 동적 시스템이다. 교통 신호제어기, 생산 공정, 통신 시스템 등의 많은 이산 사건 시스템들이 시간과 관련되어 있다. 병렬처리와 동시발생을 표현하기 용이하기 때문에 페트리 네트는 이산 사건 동적 시스템의 모델링에 많이 이용된다.

이와 같이 DEDSs를 모델링하고 성능을 평가하기 위한 방법으로 시간 페트리 네트(Timed Petri Net)가 이용되고 있다 [1, 2]. 시간 페트리 네트는 발화 최소 시간  $\alpha_i$ 와 최대 시간  $\beta_i$ 를 포함하고 있으며 발화 시간 구간인  $\alpha_i$ 와  $\beta_i$ 사이의 임의의 시간에 사건이 발화하여 상태가 천이 된다. 본 논문에서는 현재 상태에서 상태천이에 관련된 정보 및 자료 등을 구하고 이 정보를 퍼지 집합의 소속 함수로 정의하고 추론하여 최적의 발화 시간을 제어할 수 있는 퍼지 트랜지션 시간 페트리 네트(Fuzzy Transition Timed Petri Net : FTTPN)이라는 새로운 시간 페트리 네트를 제안하였고 FTTPN에 대한 응용 예로서, 교차로의 교통 신호제어기를 모델링 하였으며, 모델링된 교통 신호제어기에서 교통 신호의 상태는 토큰의 변화로 하고, 차량의 흐름은 퍼지 제어기(모델)의 입력으로 하였다. 차량 흐름을 퍼지 집합의 소속 함수로 하여 보다 효과적인 방법으로 교차로의 교통상황을 제어 할 수 있도록 하였다. 제안된 모델은 시간 페트리 네트로 설계된 단위 시간 연장 신호기와 비교 평가하였다.

### 2. 시간 페트리 네트

시스템이 동작하고 있는 동안에는 시스템의 성능을 파악하기 위하여 어떠한 가정도 할 수 없기 때문에, 페트리 네트(Ordinary Petri Net)는 시스템 성능에 대한 충분한 조사를 할 수 없다. 따

라서 DEDSs의 시간적 성능평가에 대한 필요성 때문에 네트의 각 노드에 시간 값을 할당한 몇몇 확장된 페트리 네트가 제안되었으며, 이를 시간 페트리 네트라 한다 [1, 2]. 시간 페트리 네트는 DEDSs를 설계, 모델링, 성능 해석을 하는데 있어 기본 페트리네트와 동일하며, Melin에 의하여 제안되었다. 시간페트리 네트는 3개의 노드, 즉 트랜지션, 플레이스, 트랜지션과 플레이스를 연결하는 호선 가운데 하나 이상의 요소에 시간 값을 할당하는 것으로 구성되며, 시간을 할당하는 노드의 종류에 따라 결정적 시간 트랜지션 페트리네트(Deterministic Timed Transition Petri Net), 결정적 시간 플레이스 페트리 네트(Deterministic Timed Place Petri Net), 결정적 시간 아크 페트리 네트(Deterministic Timed Arcs Petri Net), 시간페트리 네트 등으로 구분된다. 시간 페트리 네트는 다음 6개의 요소로 정의된다.

TPN =  $\langle P, T, I(\cdot), O(\cdot), M_0, SI \rangle$ 은 시간페트리 네트.

$\langle P, T, I(\cdot), O(\cdot), M_0 \rangle$ 은 페트리 네트.

SI :  $T \rightarrow Q^* \times (Q^* \cup \infty)$ 는 고정 간격(Static Interval) 매핑, 여기서  $Q^*$ 는 양의 유리수.

임의의 트랜지션  $t_i$ 에 대하여 SI( $t_i$ ) = ( $\alpha_i, \beta_i$ )라 가정하면,  $0 \leq \alpha_i < \infty, 0 \leq \beta_i < \infty$ , 만약  $\beta_i \neq \infty$ 이면  $\alpha_i \leq \beta_i$ 이고,  $\beta_i = \infty$ 이면  $\alpha_i < \beta_i$ 이다.

SI( $t_i$ )에 대한 ( $\alpha_i, \beta_i$ )의 간격은 트랜지션  $t_i$ 의 고정 발화시간(Static firing time)이라 하며, 좌 반면 경계  $\alpha_i$ 는 고정 최초 점화시간(Static earliest firing time) 우 반면 경계  $\beta_i$ 는 고정 최종 발화시간(Static latest firing time)라 부른다. 즉,  $\alpha_i$ 는 트랜지션이 발화하기까지 기다려야 하는 최소 대기시간,  $\beta_i$ 는 트랜지션이 반드시 발화해야 하는 최대 대기시간을 표현한다. 활성화된 트랜지션은 시간 간격 ( $\alpha_i, \beta_i$ )사이에 발화되는데 이를 계산하는 방법으로는 Berthomieu에 의하여 제안된 열거 방법이 있다 [2]. 임의의 트랜지션에 대하여 시간이 지날수록 수많은 전화의