

적합성과 선호도를 고려한 워크플로우의 적응적 자원 스케줄링

Adaptive Resource Scheduling for Workflows Considering Competence and Preference

황 경 순, 이 건 명

충북대학교 전기전자컴퓨터공학부, 첨단정보기술연구센터(AITrc)

Kyoung Soon Hwang, Keon Myung Lee

School of Electric and Computer Engineering, Chungbuk National University, AITrc

E-mail : hks@aicore.chungbuk.ac.kr, kmlee@cbucc.chungbuk.ac.kr

요 약

워크플로우는 기업의 업무 프로세스, 이질적 정보 서버들을 통한 정보 처리 등과 같은 잘 정의된 복잡한 프로세스를 수행하기 위해 설계되어 조율된 작업들로 구성된다. 워크플로우 스케줄링에서는 부여된 제약조건을 만족하면서 작업을 수행할 수 있는 작업의 실행 순서를 결정한다. 워크플로우를 실행시킬 때, 동시에 하나의 작업을 처리할 수 있는 자원이 여러개 있을 경우에는, 어떤 자원이 어떤 작업을 수행할지 결정해야하는 자원 스케줄링 상황이 발생한다. 자원 스케줄링을 할 때는, 작업에 대한 자원의 적합도 및 선호도를 반영하는 것이 바람직하다. 한편, 프로세스가 진행되어 감에 따라 작업에 대한 자원의 적합도 및 선호도는 변할 수 있고, 또한 이러한 적합도 및 선호도 정보가 사전에 주어지지 않은 경우도 있다. 이 논문에서는 작업에 대한 자원의 적합도 및 선호도를 모델링하는 방법을 제안하고, 이를 프로세스 진행에 따라 갱신하는 방법을 소개하고, 이를 이용하여 적응적으로 자원 스케줄링하는 방법을 제시한다.

1. 서론

워크플로우는 업무 프로세스가 자동화되는 개념으로 정의되며, 워크플로우가 진행되는 동안 업무에 참여하는 자원들 사이에 작업들이 정해진 절차에 따라 진행된다. 자동화된 업무 프로세스는 워크플로우 정의를 통해서 표현한다. 워크플로우 정의는 다양한 워크플로우 작업들과 수행 절차, 그리고 워크플로우를 제어하기 위한 제약조건들로 구성된다[1]. 자원은 워크플로우 작업을 실행할 수 있는 사람이나 에이전트(소프트웨어, 기계)를 가리킨다. 워크플로우를 수행할 때, 각각의 작업을 수행할 수 있는 자원이 다수인 경우, 어떤 자원이 어떤 작업을 처리할지 결정해야하는 자원 스케줄링(resource scheduling)이 필요하다[6].

작업들에 대한 자원의 적합성이 서로 다를 수 있다. 한편, 작업에 대한 자원의 선호도 또한 다를 수 있다. 예를 들어, 어떤 사람은 다른 작업보다 특정 작업을 더 선호할 수 있고, 그러한 작업을 수행하는 동안은 더 많은 만족감 느낄 수 있다. 그리고 소프트웨어나 기계는 작업 처리 성능이 다를 수 있으며, 이것은 자원이 작업을 처리하는 시간이나 비용이 다를 수 있다. 하지만 작업에 대한 자원의 선호도나 처리 시간과 비용 등 적합도에 관련된 요소들은 시간에 따라 변할 수 있고, 이러한 정보는 사전에는 주어지지 않을 수도 있다.

이 논문은 워크플로우에서 자원 이용의 효과와 효율성을 향상시키기 위하여 자원의 적합성과 선호도를 고려한 자원 스케줄링 방법을 제안한다. 자원의 적합성은 효율적으로 작업을 실행할 수 있는 능력을 말하며, 작업에 대한 자원의 예상 처리시간이나 처리비용, 작업부하 등에 의해 평가될 수 있다. 자원의 선호도는 애매모호하고 주관적이지만 정량적으로 평가될 필요가 있다. 이 논문에서는 자원의 적합성과 선호도를 모델링하는 방법, 동적으로 변하는 작업에 대한 자원의 처리시간, 처리비용, 선호도 등의 정보를 관리하는 방법, 작업에 대한 자원의 적합도 및 선호도 평가 방법, 그리고 자원을 스케줄링 할 때, 후보 자원들의 순위를 정하기 위해 선호도와 적합도를 스칼라 값으로 합성하는 전략을 소개하고, 이를 이용한 적응적 자원 스케줄링 방법을 제안한다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 워크플로우 관리에 관련된 자원 스케줄링 문제를 소개하고, 3장에서는 자원의 적합성과 선호도 정보를 이용하는 적응적 자원 스케줄링 방법을 제안한다. 4장에서는 제안한 방법에서 사용하는 적합성과 선호도를 정량적으로 표현하는 기법과, 이러한 정보를 추정·갱신하는 방법을 소개한다. 5장에서 결론을 맺는다.

2. 워크플로우 관리에서 자원 스케줄링 문제

현장에서 워크플로우를 효과적으로 구성하고 관리하기 위해서 다양한 워크플로우 관리시스템들이 개발되어

본 연구는 첨단정보기술연구센터(AITrc)를 통해서 과학재단 지원으로 수행된 것임.

왔다[1-4]. 이 연구에서는 다음과 같은 워크플로우 관리환경을 대상으로 하고 있다. 워크플로우 관리 시스템에는 다수의 조율된 작업들과 이에 부여된 제약조건들로 구성된 워크플로우 정의가 존재한다. 워크플로우 정의(클래스)는 워크플로우 스케줄링에 의해 구성된다고 전제한다. 새로운 워크플로우 프로세스가 필요할 때마다, 워크플로우 정의로부터 해당 프로세스를 관리할 워크플로우 인스턴스가 생성되고, 이러한 워크플로우 인스턴스들은 워크플로우 관리 시스템에 의해서 관리된다. 자원은 워크플로우를 구성하는 작업들을 수행하는 역할을 하는데, 자원들은 여러 종류의 작업을 처리할 수 있으며, 이때 작업별로 자원의 처리시간 및 비용 등이 다를 수 있다. 이러한 처리시간, 처리비용등은 미리 알 수 없는 경우도 있고, 경우에 따라서는 일정하지 않고 어떤 경향을 가지고 변할 수도 있다. 동시에 여러 자원에 의해 협조적으로 처리되어야 하는 작업도 있을 수 있다. 자원은 작업들에 대해서 다른 선호도를 가질 수도 있다. 이러한 선호도 정보는 명시적으로 주어지지 않은 경우가 많다.

일단 워크플로우가 시작되면, 워크플로우 관리 시스템은 언제 어떤 자원이 어떤 작업을 처리할 것인가에 대한 정보를 사전에 가지고 있거나, 아니면 프로세스 중에 동적으로 이러한 결정을 해야 한다. 정적인 자원할당 방법을 사용하면, 비교적 쉽고 간단하지만, 현재 진행 중인 워크플로우 프로세스의 개수, 가용 자원의 수, 자원에서의 작업 부담 등 여러 상황이 항상 일정한 것은 아니기 때문에 효율적이거나 효과적이기 어렵다. 이 논문에서는 자원의 적합성과 선호도를 고려하여 자원을 작업에 동적으로 할당하는 동적 자원 스케줄링 문제를 다룬다. 여기에서는 워크플로우 정의 자체는 어떤 방법으로 얻어졌다고 전제하고, 워크플로우 정의에 대응하는 현재 상황을 고려한 자원 스케줄링 방법에 대해서만 다룬다.

이 연구에서는 워크플로우 관리시스템이 멀티 에이전트 시스템으로 구현된다고 가정하고 있다[4]. 전제하고 있는 멀티 에이전트 기반의 워크플로우 관리 시스템에는 다음과 같이 워크플로우 관리 에이전트(workflow management agent), 워크플로우 인스턴스 에이전트(workflow instance agent), 자원 대리 에이전트(resource delegating agent) 등 세 가지 종류의 에이전트가 있다. 워크플로우 관리 에이전트는 워크플로우 정의의 생성, 자원 관리, 워크플로우 인스턴스의 관리등을 담당한다. 워크플로우 인스턴스 에이전트는 자원 스케줄링을 하고, 작업을 시작시키고, 작업을 자원에 할당하는 등 워크플로우 프로세스를 진행시키는 역할을 한다. 자원 대리 에이전트는 워크플로우 인스턴스 에이전트 및 자신에 대응하는 자원과 통신을 하는 역할을 한다. 이 논문에서는 이러한 에이전트 간의 상호작용을 통해 이루어지는 자원 스케줄링 방법을 제안한다.

3. 적응적 자원 스케줄링 방법

작업에 대해 자원을 동적으로 스케줄링하기 위하여, 제안하는 방법은 실제 시장에서 계약을 맺는 절차와 유사한 계약 망 프로토콜(contract net protocol)을 사용한다[5]. 작업을 실행할 적합한 자원을 찾아야 하는 위

크플로우 인스턴스 에이전트는 입찰 관리자(bidding manager)가 되고, 자원 대리 에이전트는 입찰자(bidder)가 된다. 다음은 멀티에이전트 기반의 워크플로우 관리 시스템에서의 계약 망 기반의 자원 스케줄링 프로시저이다.

Procedure The-Proposed-Resource-Scheduling-Method

- 단계 1. 워크플로우 인스턴스 에이전트는 특정 시간 내에 작업들을 단계별로 시작할 수 있는 자원들(자원 대리 에이전트)에게 작업을 공지한다.
- 단계 2. 해당 자원 대리 에이전트는 자원들의 상황을 고려하여 작업에 대한 예상 처리 가능 시간과 비용, 시작 가능 시각, 그리고 현재 자원의 작업부하 등에 관한 정보를 워크플로우 인스턴스 에이전트에게 전송한다.
- 단계 3. 워크플로우 인스턴스 에이전트는 입찰 자원들 중에서, 반드시 만족되어야 하는 강한 제약조건을 모두 만족하는 자원들만을 선택한 후, 선택된 자원들의 적합도와 선호도를 평가하여, 가장 적합한 자원을 결정한다. 그리고 나서, 그 작업에 가장 적합하다고 결정된 자원 대리 에이전트에게 입찰 결과를 알린다.
- 단계 4. 해당 자원 대리 에이전트는 작업을 워크리스트(worklist)에 추가하고, 그 작업에 대하여 스케줄링을 한다. 그런 다음 스케줄 된 정보를 워크플로우 인스턴스 에이전트에게 전송한다.

워크플로우 인스턴스 에이전트는 3 단계에서 선택된 자원을 평가할 때 지정된 작업에 대한 자원의 선호도를 갱신한다. 선호도는 입찰할 때 자원의 작업부하와, 일정한 시간 동안 같은 작업에 대한 입찰율을 기반으로 수정된다. 자원 대리 에이전트는 작업을 완료할 때 마다 그 작업에 대한 예상 처리 시간과 비용을 갱신한다. 자원의 적합도는 3 단계에서 워크플로우 인스턴스 에이전트에 의해 평가된다. 가장 적합한 자원을 결정하기 위하여, 워크플로우 인스턴스 에이전트는 먼저 주어진 강한 제약조건을 고려한 후 자원의 적합도와 선호도를 고려한다. 다수의 자원이 동시에 작업을 처리하기 위해 필요한 경우, 워크플로우 인스턴스 에이전트는 필요로 하는 자원의 수만큼 공고하고 동시에 그만큼 계약 망 프로토콜을 진행한다.

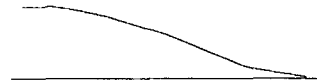
4. 자원의 적합성과 선호도

4.1 자원의 적합도 평가

작업에 대한 자원의 적합도에 영향을 미치는 요소에는 여러 가지가 있을 수 있다. 이 논문에서 작업에 대한 자원 적합도는 입찰 단계에서의 자원의 예상 처리 시간과 비용, 그리고 현재 자원의 작업부하 등을 함수로 정의한다. 자원의 처리 시간과 비용은 동적이기 때문에, 시간에 따라 점진적으로 변하는 어떤 형태의 분포(distribution)를 이룬다고 가정한다. 이 논문에서는 자원의 예상 처리 시간과 비용을 표현하기 위하여, 확률 분포 대신에 퍼지 소속 함수의 개념을 사용한다. 퍼



Fig.1. (a) less-gap function



(b) sooner-better function

지 값에 대한 퍼지 소속 함수에는 삼각 퍼지숫자, 사다리꼴 퍼지숫자, L-R 퍼지숫자 등이 있다[7]. 제안하는 방법에서 퍼지 값을 표현하기 위하여 가우스 함수 $\mu(x) = e^{-\left(\frac{x-m}{a}\right)^2}$ 을 사용하는데, m 은 평균이고, σ 는 표준편차를 의미한다. 작업부하는 작업에 대한 자원의 최초 가능 시작시각을 기반으로 계산한다. 이 논문에서 자원의 적합도 순위를 정할 때, 이러한 요소들의 정보를 사용하기 위해서는, 요소 값들을 하나의 스칼라 값으로 합성할 필요가 있다. 제안하는 방법에서는 퍼지 소속 함수를 사용해 요소 값을 만족도로 대응시키는 방법을 사용한다.

4.1.1 예상 처리시간에 대한 만족도 σ_{PT}

지정된 완료시간이 있는 경우에 대하여, 그림 1의 (a)와 같은 가우스 함수로 정의되는 *less-gap* 함수를 사용한다. *less-gap* 함수에서, 지정된 완료시간은 평균 값이 되고, 완료시간에 대한 허용범위는 표준편차로 사용된다. 자원 R의 지정된 완료시간 ST 에 대하여 예상 처리시간 ET 의 만족도 $\sigma_{PT}(R)$ 은 $\sigma_{PT}(R) = \max \min_t \{ \mu_{ST}(t), \mu_{ET}(t) \}$ 로 정의한다. 여기서 $\mu_{ST}(t)$ 와 $\mu_{ET}(t)$ 는 각각 ST 와 ET 의 소속 함수를 의미한다. 예상 처리시간이 빠르면 빠를수록 좋은 상황에서는 만족도 평가에 *sooner-better* 함수를 사용한다. *sooner-better* 함수는 그림 1-(b)에 보여주는 반사된 시그모이드 (sigmoid) 함수로 정의된다. 반사된 시그모이드 함수 sbf 는 $\mu_{sbf}(x) = \frac{e^{-\beta(x-m)}}{1 + e^{-\beta(x-m)}}$ 로 정의되고, β 는 시그모이드 함수에 기울기를 제어하기 위한 계수이며, m 은 만족도가 0.5인 시점이다. 예상 처리시간 ET 의 만족도 $\sigma_{PT}(R)$ 은 $\sigma_{PT}(R) = \max \min_t \{ \mu_{sbf}(t), \mu_{ET}(t) \}$ 로 정의되고, $\mu_{sbf}(t)$ 는 sbf 의 퍼지 소속 함수이다.

4.1.2 작업부하에 대한 만족도 σ_{WL}

작업부하는 자원의 최초 가능 시작시각에 의해 평가된다. 즉시 자원이 작업을 시작할 수 있으면 그 자원의 작업부하는 적다. 따라서 작업부하에 대한 만족도는 높다. 자원에 대한 작업부하의 만족도 σ_{WL} 는 *sooner-better* 함수를 사용하여 평가한다. *sooner-better* 함수의 매개변수는 입찰단계에서 자원 대리 에이전트가 보내준 최초 가능 시작시각 정보를 기반으로 결정한다. 매개변수 m 은 최초 가능 시작시각을 중심 (median of center) 값으로 한다. 매개변수 β 에 대하여, 처리 시간이나 비용과 같은 다른 요소가 아닌 작업부하에 대한 가중치를 원한다면 큰 값으로 하고, . . .

렇지 않으면, 작은 값으로 한다.

4.1.3 예상 처리 비용의 만족도 σ_{CS}

싸면 싸수록 더 좋은 상황에서, 자원의 비용 만족도 σ_{CS} 는 *sooner-better* 함수를 이용해 계산한다. *sooner-better* 함수의 매개변수 m 은 예상하는 비용을 중심 값으로 하고, 매개변수 β 는 자원 스케줄링 도메인에서 비용 요소에 대한 중요성을 고려하여 정한다.

4.1.4 전체적인 적합도 μ_C

자원 R에 대한 적합도 $\mu_C(R)$ 은 예상 처리시간, 작업부하, 그리고 예상 처리비용 등에 대한 만족도를 이용해서 결정한다. 이것들의 만족도는 퍼지 소속 함수를 사용해 평가하기 때문에 [0,1]의 범위 내에 값으로 한다. 전체적인 적합도를 계산하는 방법에는 여러 가지 방법이 있다. 다음은 그 방법들 중에서 몇 가지 예를 보여주고 있다.

$$\mu_C(R) = \min_t \{ \sigma_{PT}(R), \sigma_{WT}(R), \sigma_{CS}(R) \}$$

pessimistic aggregation

$$\mu_C(R) = \max_t \{ \sigma_{PT}(R), \sigma_{WT}(R), \sigma_{CS}(R) \}$$

optimistic aggregation

$$\mu_C(R) = CO(\sigma_{PT}(R), \sigma_{WT}(R), \sigma_{CS}(R))$$

compensatory aggregation,

CO은 퍼지 집합 이론에서 사용된 보정 연산자이다.

4.2 자원에 대한 선호도 평가

제안된 방법에서, 작업들에 대한 자원의 선호도는 입찰 단계에서, 할당된 작업의 수, 최초 가능 시작시각, 일정한 시간 내에 동일한 작업에 대한 입찰율을 기반으로 평가한다. 작업부하가 많음에도 불구하고, 어떤 자원이 또 다른 특정 작업을 수행 하고자 한다면, 그 자원은 그러한 작업을 선호한다고 할 수 있다. 작업부하에 대한 자원의 선호도는 입찰단계에서 처리해야 할 작업의 수와 그 작업들에 대한 자원의 최초 가능 시작시각 정보를 이용하여 모델링할 수 있다.

4.2.1 할당된 작업의 수 대한 선호도 δ_{NT}

다음은 할당된 작업의 수에 대한 자원의 만족도를 정의한 퍼지 집합의 예이다: $\delta_{NT} = \{ (0, 0.5), (1, 0.7), (2, 0.9), (>2, 1.0) \}$. 첫 번째 순서쌍 (0, 0.5)은 할당된 작업이 없을 때 선호도가 0.5라는 것이다. 선호도 δ_{NT} 는 퍼지 집합에 대한 할당된 작업들의 수의 소속 정도이다. 이것은 단지 선호도를 정의하는 사례이고, 실제 응용에서는 시스템의 설계자가 응용에 맞는 이러한 퍼지 집합을 정의할 수 있다.

4.2.2 최초 가능 시작 시간에 대한 선호도 δ_{ST}

다음은 최초 가능 시작시각을 기반으로 선호도를 추정하기 위해 사용하는 퍼지 집합의 예제이다. $\{(immediate\ start, 0.5), (around\ average\ start\ time, 0.7), (2*(around\ average\ start\ time), 0.9), (>2*(around\ average\ start\ time), 1.0)\}$. 선호도 δ_{ST} 는 최초 가능 시작시각에 대응되는 소속정도이다.

4.2.3 입찰율에 대한 선호도 δ_{BR}

자원이 특정 작업에 대하여 자주 입찰한다면, 자원이 그러한 작업을 선호한다는 의미이다. 그러므로 이러한 선호도 δ_{BR} 은 자원에 대해 그런 작업을 입찰한 회수와 일정한 시간 내에 그런 작업의 발생율로 정의한다.

4.2.4 전체적인 선호도 δ_{PR}

위의 세 개의 선호도는 전체적인 적합도를 계산하는 방법과 유사하게 전체적인 선호도를 계산한다. 다음은 가중치 평균 결합을 하는 예이다. $\delta_{PR} = a * \delta_{NT} + b * \delta_{ST} + (1 - a - b) * \delta_{BR}$ (여기에서, $0 \leq a, b \leq 1$)

4.3 매개변수 조정

워크플로우가 처리가 될 때, 자원의 예상 처리 시간과 비용, 그리고 선호도는 계속 변하기 때문에 최근 값으로 갱신할 필요가 있다. 자원이 작업을 완료할 때마다, 자원 대리 에이전트는 그것들의 평균값 m 과 표준편차 d 의 특성을 나타내는 가우스 함수로 표현된 예상 처리 시간과 비용 값을 변경한다.

제안된 방법은 예상하는 처리 시간과 비용에 대한 매개변수(i.e., m 과 d)를 변경하기 위하여 다음과 같은 학습 규칙을 사용한다.

$$m(t+1) = \alpha * m(t) + (1 - \alpha) * r(t)$$

$$d(t+1) = \begin{cases} d(t) & \text{if } m(t) = r(t) \\ d(t) - \theta |\Delta(t)| & \text{if } d(t) < |\Delta(t)| \\ d(t) + \theta |\Delta(t)| & \text{if } d(t) > |\Delta(t)| \end{cases}$$

위의 규칙에서, $m(t)$ 는 시간 t 에 매개변수의 평균값이다. $r(t)$ 는 t 에 작업을 수행한 후 얻은 실제 값이고, $\Delta(t) = r(t) - m(t)$ 이다. α 은 m 에 대한 평균 이동을 유도하는 역할을 하는 것으로 $\frac{n}{n+1}$ 로 한다. θ 는 학습율을 제어하기 위해 사용되는 매우 작은 양의 값이다.

작업에 대한 자원의 선호도는 워크플로우 인스턴트 에이전트에 의해 유지되고 갱신된다. 선호도 μ_{PR} 에 대한 갱신 규칙은 다음과 같다

$$\mu_{PR}(t) = \eta \mu_{PR}(t-1) + (1 - \eta) \delta_{PR}(t)$$

제안된 방법은 최종 선호도를 얻기 위하여 이전의 선호도 $\mu_{PR}(t-1)$ 와 새롭게 계산된 선호도 $\delta_{PR}(t)$ 을 결합해서 갱신을 하는데, 오직 자원이 입찰을 한 후 워크플로우 인스턴트 에이전트에 의해서 이루어진다.

4.4 입찰 순위

워크플로우 관리 에이전트는 주어진 강한 제약조건을 만족하는 입찰 자원들에 대하여, 적합도 μ_C 와 선호도 μ_P 를 평가한 후, 전체적인 적합도를 계산하는 방법과 유사하게 방법으로, 하나의 스칼라 값으로 통합한다. 워크플로우 인스턴트 에이전트는 자원의 적합도와 선호도의 스칼라 값을 기반으로, 입찰 자원들의 순위를 정한 다음, 첫 번째 자원을 선택하여, 해당 자원에 작업을 할당한다.

5. 결론

이 논문에서는 워크플로우 관리 시스템의 성능향상을 위해 필요한 자원 스케줄링 문제를 다루었다. 논문에서는 자원의 적합도와 선호도를 모델링하는 방법과, 자원의 처리시간과 처리비용, 그리고 선호도 등과 같이 동적으로 변하는 매개변수를 계속 유지할 수 있는 방법을 기술하였다. 또한, 자원의 적합도와 선호도를 고려한 자원 스케줄링 방법을 제시하였다. 실험을 위해 만든 워크플로우 관리환경에 대한 실험에서, 제안한 방법은 기대하는 특성을 보임을 확인할 수 있었다. 작업시간, 비용, 선호도 등의 매개변수 값은 실제 값이 변함에 따라 이들 값을 따라가는 성질을 보였고, 워크플로우 인스턴트 에이전트는 적합도와 선호도 관점에서 가장 좋은 자원을 선택하는 성질을 보였다. 향후과제로는, 자원의 그룹이 동시에 어떤 작업에 사용되는 경우 (deadlock)와 자원이 작업 처리 도중에 다른 자원들에게 영향이나 방해로 미치는 경우(interfering)에 대한 처리 문제가 남아있다.

6. 참고 문헌

- [1] P.Senkul, M. Kifer, I.H. Toroslu, "A Logical Framework for Scheduling Workflows Under Resource Allocation Constraints, Proc. of VLDB 2002, 2002.
- [2] W.M.P. Van Der Aalst, "Process-Oriented architectures for Electronic Commerce and Interorganizational workflow", Information Systems, 1999.
- [3] F. Wan, S.K. Rustogi, K.Xing, M.P.singh. "Multiagent Workflow Management", Proc. of IJCAI Workshop on Intelligent Workflow and Process Management : The New Frontier for AI in Business, 1999.
- [4] H. Stormer. "Task Scheduling in Agent-based Workflow", Proc. of Int. ICSC Symp. on Multi-Agents and Mobile Agents in Virtual Organizations and E-Commerce (MAMA'2000), 2000.
- [5] J. Ferber. "Multi-Agent System : An Introduction to Distributed Artificial Intelligent", Addison Wesley Longman, 1999.
- [6] PLANET Technical Coordination Unit, "PLANE Workflow Management R&D Road Map", 2003.
- [7] L.-X. Wang. "A Course in Fuzzy System and Control". Prentice Hall, pp.424, 1997.