

mobile SCTP 에서의 DAR 시그널 전송을 위한 퍼지 핸드오프 알고리즘

이제민*, 한병진*, 임헌정*, 이종혁*, 정태명**

*성균관 대학교 전자전기컴퓨터공학과

**성균관 대학교 정보통신공학부

e-mail : jmlee@imtl.skku.ac.kr

The fuzzy handoff algorithm to send DAR signal in mobile SCTP

Jae-Min Lee*, Byung-Jin Han*, Jong-Hyouk Lee*, Tai-Myoung Chung**

*Electrical and Computer Engineering, Sungkyunkwan University

**Dept. of information & Communication Engineering, Sungkyunkwan University

요 약

무선 인프라와 이동성 지원 기술의 발달로 한 장소에서 머물던 무선 인터넷 서비스를 이동 중에도 받을 수 있게 되었다. 이러한 환경의 변화로 인해 모바일 기기의 이동성에 대한 관심은 더욱 더 커지고 있으며, 이동성뿐만 아니라 유선과 마찬가지로 끊김 없는 서비스를 받고자 하는 요구도 높아지고 있다. 모바일 노드의 이동성을 지원하기 위해서 기존 네트워크 계층의 Mobile IP 와는 달리 전송 계층에서 동작하는 mSCTP (mobile Stream Control Transmission Protocol)가 등장하였다. mSCTP 는 기존 SCTP 의 멀티호밍과 동적으로 IP 주소를 변경할 수 있는 DAR (Dynamic Address Resolution) 시그널을 이용하여 모바일 노드의 핸드오프를 지원하고 있다. 하지만, IP 주소의 추가, 변경 및 삭제에 대한 각 시그널의 전송 시기에 대한 정의가 없어 전송 시기를 결정하는 메커니즘이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 퍼지 IF-THEN 룰을 적용한 퍼지 모델을 이용하여 이러한 문제점을 해결하고자 한다. 모바일 노드가 이동하게 될 새로운 네트워크의 신호 세기와 현재 네트워크 신호와의 신호비를 퍼지 모델에 입력하고 그 결과 값을 통해 시그널 전송 시기를 판단한다. 모바일 노드는 핸드오프 시기를 적절히 판단 할 수 있기 때문에 잘못된 핸드오프로 인한 세션의 단절을 줄일 수 있고, 기존에 발생하던 핸드오프 지연 시간을 줄일 수 있어 이동 중에도 손실 없는 서비스를 제공 받을 수 있게 된다.

1. 서론

무선 통신 기술과 무선 인프라의 발달로 인해, 사용자들은 모바일 기기를 이용하여 이동 중에도 다양한 인터넷 서비스를 받을 수 있게 되었다. 이동 중에도 끊김 없는 서비스를 제공하기 위해서 모바일 노드 (Mobile Node, MN)가 다른 네트워크로 이동하는 핸드오프를 수행 할 때 발생 할 수 있는 통신의 단절을 최소화 하는 것이 중요하다.

MN 의 이동성을 지원하기 위해 네트워크 계층 프로토콜로 Mobile IPv6 (MIPv6)가 등장하였다. MIPv6 는 MN 이 새로운 네트워크로 이동 하였을 때, 새로운 네트워크의 프리픽스 (Prefix)를 이용하여 자신이 사용할 IP 주소를 생성하고, 그 주소를 자신과 세션을 맺고 있는 상대 노드 (Correspondent Node, CN) 와 MN 의 위치 정보를 유지해주는 홈 에이전트 (Home Agent, HA)에게 알려 줌으로서 통신을 지속적으로 유지 할 수 있게 해준다. 하지만, MIPv6 는 핸드오프 지연 시

간이 크기 때문에 통신의 단절이 발생 할 가능성이 높다. 이와 같은 단점을 해결하고 핸드오프 성능을 향상시키고자 MIPv6 를 확장한 FMIPv6 (Fast MIPv6) 와 HMIPv6 (Hierarchical MIPv6)가 제안되었으며, 최근에는 PMIPv6 (Proxy MIPv6) 가 제안되었다.

한편, 전송 계층에서 MN 의 이동성을 지원하기 위한 프로토콜로 SCTP 를 기반으로 한 mSCTP (mobile SCTP)가 제안되었다. 전송 계층의 3 번째 프로토콜인 SCTP 는 멀티스트리밍 (Multi-streaming) 과 멀티호밍 (Multi-homing)을 지원한다. mSCTP 는 SCTP 의 멀티호밍 특징과 함께 동적으로 IP 주소를 변경 할 수 있는 DAR (Dynamic Address Resolution)을 제공하여 MN 의 이동성을 지원한다. DAR 은 크게 Add-IP, Set-Primary, Delete-IP 시그널로 구성 되어 있으며, 새로운 주소의 추가, 변경 및 삭제를 동적으로 수행 할 수 있다. mSCTP 는 네트워크 상위 계층에서 이동성을 지원하기 때문에 핸드오프 시 네트워크 계층의 영향을 받지 않는다. 또한, 이동성 지원을 위한 추가적인 하드웨어 장치가 필요 없기 때문에 비용을 줄일 수 있다. 하지만, mSCTP 표준 문서에서는 MN 이 핸드오프를 수행할 때 세 가지 DAR 시그널들에 대한 적절한

"본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음" (IITA-2007-C1090-0701-0028)

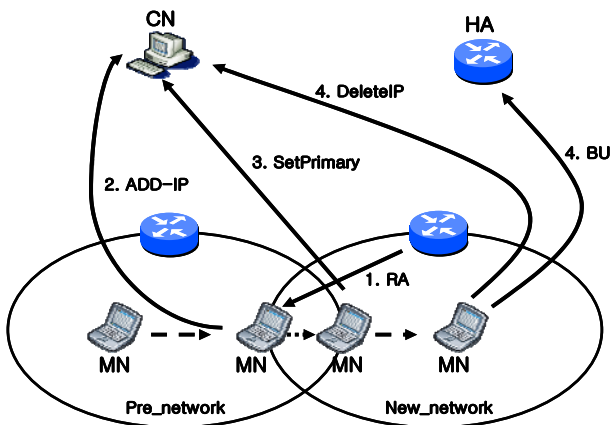
전송 시기를 언급하지 않고 있다. mSCTP 를 이용한 핸드오프에서 각 시그널들의 전송 시기에 따라 핸드오프 성능이 크게 달라지기 때문에, 전송 시기를 결정하는 메커니즘이 필요하다.

본 논문에서는 각각의 DAR 시그널을 보내는 적절한 시기를 결정하기 위해 퍼지 If-then rule 을 적용한 핸드오프 기법을 제안한다. 전송 시기를 결정하는 결정자로 핸드오프 가능성이 있는 새로운 네트워크의 신호 세기와 새로운 네트워크와 MN 이 속해있는 현재 네트워크 간의 신호비 (Signal Ratio)를 바탕으로 각 DAR 시그널을 전송하는 시점을 결정한다. 신호 세기와 신호비를 이용하기 때문에 잘못 된 핸드오프의 발생을 줄일 수 있게 되고, 전체 핸드오프 지연 시간을 줄일 수 있다. 따라서, 핸드오프로 인한 통신 단절의 가능성을 낮출 수 있다. 2 장에서는 mSCTP 와 퍼지 If-then rule 에 대해 살펴보고, 3 장에서는 본 논문에서 제안하는 퍼지 핸드오프 알고리즘에 대해서 알아본다. 마지막으로 4 장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

2.1 mSCTP

MN 의 이동성을 지원하기 위하여 전송 계층의 3 번째 프로토콜인 SCTP 를 확장한 프로토콜로, 하나의 세션에서 하나 이상의 IP 주소를 가질 수 있는 SCTP 의 멀티호밍 특징을 이용하여 MN 의 이동성을 지원한다. SCTP 를 이용하여 통신을 하고 있는 각 노드들은 IP 주소 집합을 가지고 있으며, 현재 통신을 위해 사용하고 있는 주소 (Primary-IP)와 다른 주소들을 등록하고 관리한다. MN 이 새로운 네트워크로 이동하였을 때, IP 주소 집합의 Primary-IP 주소를 기존에 사용하던 주소에서 새롭게 얻은 IP 주소로 변경함으로써 핸드오프를 수행하게 되며, 현재의 세션을 계속 유지할 수 있게 된다[1].



(그림 1) mSCTP 를 이용한 핸드오프

2.2 DAR (Dynamic Address Resolution)

DAR 은 mSCTP 의 핸드오프를 지원하기 위해 MN 이 동적으로 IP 주소를 추가, 변경 및 삭제할 때 사용되는 시그널이다. MN 이 이동하고자 하는 네트워크의

새로운 IP 주소를 얻게 되면 Add-IP 시그널을 이용하여 MN 과 CN 은 각각 해당 IP 주소를 IP 주소 집합에 추가한다. MN 이 기존의 네트워크에서 새로운 네트워크로 핸드오프를 할 때, Set-Primary 시그널을 CN 에 보내고 MN 과 CN 은 현재 사용하고 있는 Primary-IP 주소를 새롭게 추가된 IP 주소로 바꾼다. 이 때부터 새로운 IP 주소를 통한 통신이 이루어지게 된다. 마지막으로 MN 이 기존의 네트워크에서 완전히 벗어나 이전에 사용하던 Primary-IP 주소를 IP 주소 집합에서 삭제하기 위해서 Delete-IP 시그널을 전송한다. MN 과 CN 은 각각의 IP 주소 집합에서 해당 IP 를 삭제한다[2]. (그림 1)은 DAR 을 이용한 핸드오프 과정을 보여준다.

2.3 퍼지 IF-THEN Rule

일반적으로 알고 있는 집합은 집합에 속한 원소들의 소속 정도 (Membership Degree)가 0 아니면 1 로 명백하게 드러나는 집합이다. 반면에 퍼지 집합은 원소들의 소속 정도를 0 과 1 사이의 값으로 고려하기 때문에 보통 집합 보다 더 넓은 의미를 갖게 된다. 퍼지 집합은 원소들간의 소속 정도가 명확하지 않은 그 경계가 모호한 원소들의 집합이다. 퍼지 집합은 다음과 같이 표현 할 수 있다[3].

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\}$$

μ_A 는 집합 A 의 멤버십 함수 (Membership Function, MF)로서 x 의 소속도를 0 과 1 사이의 수로 대응시켜준다. 퍼지 집합을 위한 연산은 교집합과 합집합 연산이 있다. 다양한 방식의 접근 방법이 있으나 본 논문에서는 교집합 연산으로 Minimum 방식을 사용하고 합집합 연산으로 Maximum 방식을 사용하였다.

$$\mu_C(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)) = \mu_A(x) \cap \mu_B(x)$$

$$\mu_C(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)) = \mu_A(x) \cup \mu_B(x)$$

퍼지 논리를 이용한 추론 방법 중 IF 와 THEN 으로서 표현되는 퍼지 IF-THEN 룰이 있다.

If x is A then y is B

A 와 B 의 값은 언어적 값으로서 정의되며 이러한 퍼지 IF-THEN 룰은 해당 룰에 대한 조건과 결과가 모두 사람의 언어로서 표현되기 때문에 사람이 이해하기 쉽고 룰의 생성과 수정이 용이하다는 장점이 있다. 추론은 사실에 의거한 여러 개의 룰을 통해서 결론을 도출해 내는 것을 의미한다. 이러한 추론 과정을 퍼지 집합론과 퍼지 IF-THEN 룰을 이용하여 결론을 얻는 시스템을 ‘퍼지 추론 시스템’ 이라고 한다. 퍼지 IF-THEN 룰을 실행하는 절차로서 다음 다섯 단계가 있다[5].

- 언어적 변수들의 퍼지화
- 조건부의 언어적 변수들에 관한 퍼지 연산자의 적용

- 합의 연산자 적용
- 퍼지 결과의 집합을 하나로 통합 (Combination)
- 출력의 비퍼지화 (Defuzzification)

위와 같은 5 단계의 추론과정을 통해서 퍼지 모델을 얻어 내고 도출된 퍼지 모델을 이용하여 입력 값에 대해 적절한 제어를 수행 할 수 있게 된다.

3. 퍼지 알고리즘

3.1. 퍼지 알고리즘을 이용한 핸드오프 기법

전송 계층의 이동성 지원 프로토콜인 mSCTP 를 사용하는 MN 이 핸드오프를 할 때, DAR 시그널을 사용하여 IP 주소의 추가 및 변경을 수행하게 된다. 하지만, DAR 시그널의 적절한 전송 시기를 결정하는 메커니즘이 명확하게 제안되지 않았기 때문에 각 시그널의 전송 시기에 따라 핸드오프 성능은 크게 좌우가 된다. 만약 새로운 네트워크로 이동 한 후에 새로운 주소의 추가와 변경, 삭제를 수행 한다면 지연 시간으로 인해 세션의 단절을 일으킬 수 있으며, 전체적인 핸드오프 성능을 저하 시킬 수 있다. 반면에, 링크 계층의 핸드오프가 일어나기 전에 새롭게 사용할 IP 주소를 주소 집합에 추가를 하고 새로운 네트워크로 이동함과 동시에 새롭게 추가된 주소로 Primary-IP 를 변경 한다면 지연 시간을 줄일 수 있고, 세션의 단절 가능성을 줄일 수 있다. 본 논문에서는 각 DAR 시그널의 전송 시기를 결정하기 위한 인자로서 새로운 네트워크의 신호의 세기와 현재 네트워크와의 신호비를 사용하였다.

MN 은 무선 네트워크 상에 위치하게 되고 하나 이상의 AP (Access Point)로부터 비콘 (Beacon) 신호를 받게 된다. 현재 사용하고 있는 AP 의 신호를 현재 네트워크의 신호 (S_c)라 하고, 이동할 방향에서의 신호를 새로운 네트워크의 신호 (S_n)라 정의한다. MN 이 새로운 네트워크의 신호를 감지 하게 되면, 새로운 네트워크의 신호의 세기를 관찰한다. 그리고 현재 네트워크의 신호의 크기와 비교를 하여 신호비를 구하고 (S_n/S_c). 이렇게 얻어진 신호 세기와 신호비는 IF-Then 룰의 입력 값으로 사용되게 된다. 신호의 세기만을 가지고 전송 시기를 결정하게 되면 두 네트워크의 공통된 부분에서 머물게 되는 평풍현상으로 인한 잘못된 핸드오프 수행을 막을 수 없기 때문에, 두 네트워크의 신호비를 이용하여 새로운 네트워크의 신호가 현재 네트워크의 신호보다 양호한 것인지에 대해 판단하여 알맞은 핸드오프를 수행할 수 있게 한다.

핸드오프를 위한 퍼지 IF-then 룰은 출력 값이 각각 Must, May, Nothing 이 되도록 설정하였으며, 퍼지 룰의 타입 중에서 맘다니 (Mamdani) 모델을 이용하여 퍼지 모델을 도출하였다.

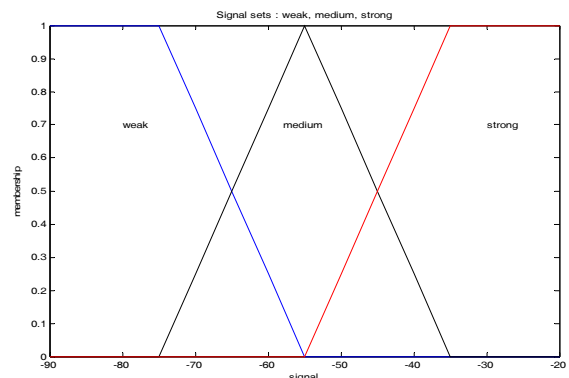
핸드오프를 수행할 때 관여하는 시그널이 Add-IP 와 Change-IP 이고, 기존의 IP 를 삭제하는 것은 MN 이 새로운 네트워크로 완전히 이동한 후에 수행하기 때문에 delete-IP 에 대한 시그널 팩터 값을 고려하지 않았다.

3.2 제안된 퍼지 알고리즘

본 논문에서 사용된 퍼지 IF-THEN 룰은 새로운 네트워크의 신호 세기를 입력 값으로 하는 멤버십 함수와 신호비를 입력 값으로 하는 멤버십 함수로 나뉘진다. 입력 값에 대한 멤버십 함수는 매틀랩 (Matlab) 프로그램을 이용하여 디자인하고 도식화 하였다. 멤버십 함수에 입력 값이 되는 각 네트워크의 신호 세기는 [4]에서 사용한 신호 값을 참조하였다.

MN 이 감지하는 신호의 세기를 입력 값으로 하고 멤버십 함수를 통해 입력된 신호의 세기를 언어적 값인 Weak, Medium, Strong 으로 할당한다. 입력되는 신호의 범위는 [-90, -20] dBm 이며, 멤버십 함수는 (그림 3)과 같다.

$$\begin{aligned}
 \text{Weak} &= \begin{cases} 1 & \text{if } x \leq -75 \\ (-60 - x)/20 & \text{if } -75 < x \leq -55 \\ 0 & \text{if } x \geq -55 \end{cases} \\
 \text{Medium} &= \begin{cases} 0 & \text{if } x \leq -75 \\ (x + 75)/20 & \text{if } -75 < x \leq -55 \\ (-30 - x)/20 & \text{if } -55 < x \leq -35 \\ 0 & \text{if } x \geq -35 \end{cases} \\
 \text{Strong} &= \begin{cases} 0 & \text{if } x \leq -55 \\ (x + 55)/20 & \text{if } -55 < x \leq -35 \\ 1 & \text{if } x \geq -35 \end{cases}
 \end{aligned}$$

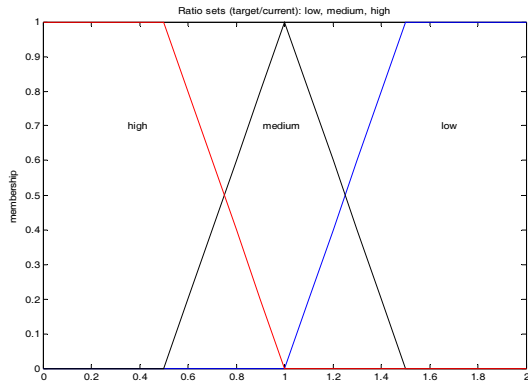


(그림 3) 신호 세기에 대한 멤버십 함수

두 번째로 현재 네트워크의 신호 세기와 새로운 네트워크의 신호 세기 사이의 신호비를 입력 값으로 하여 High, Medium, Low 의 언어적 값으로 할당 시켜주는 룰을 정의 하였으며 그 멤버십 함수는 (그림 4)와 같다.

$$\begin{aligned}
 \text{Low} &= \begin{cases} 1 & \text{if } x \leq 0.5 \\ (1.0 - x)/0.5 & \text{if } 0.5 < x \leq 1.0 \\ 0 & \text{if } x \geq 1.0 \end{cases} \\
 \text{Medium} &= \begin{cases} 0 & \text{if } x \leq 0.5 \\ (x - 0.5)/0.5 & \text{if } 0.5 < x \leq 1.0 \\ (1.5 - x)/0.5 & \text{if } 1.0 < x \leq 1.5 \\ 0 & \text{if } x \geq 1.5 \end{cases} \\
 \text{High} &= \begin{cases} 0 & \text{if } x \leq 1.0 \\ (x - 1.0)/0.5 & \text{if } 1.0 < x \leq 1.5 \\ 1 & \text{if } x \geq 1.5 \end{cases}
 \end{aligned}$$

두 가지 멤버십 함수를 이용하여 시그널 팩터를 출력 값으로 하는 9 개의 룰을 생성하였다. MN 은 시그널 팩터 값을 생성된 퍼지 모델로부터 얻어내고 미리 정해놓은 시그널 팩터 값과 비교하여 Add-IP 와



(그림 4) 신호비에 대한 멤버십 함수

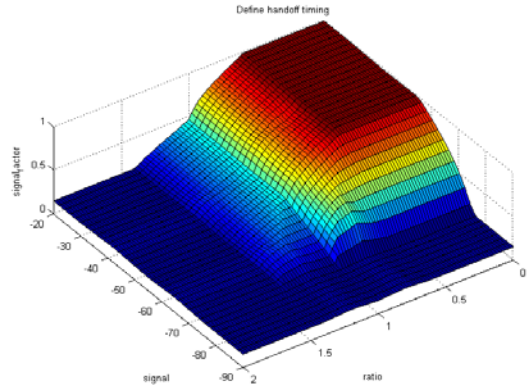
Set-Primary 시그널을 전송하게 된다.

- IF signal is **Weak** and ratio is **Low**, THEN signal factor is **Nothing**
- IF signal is **Weak** and ratio is **Medium**, THEN signal factor is **Nothing**
- IF signal is **Weak** and ratio is **High**, THEN signal factor is **Nothing**
- IF signal is **Medium** and ratio is **Low**, THEN signal factor is **Nothing**
- IF signal is **Medium** and ratio is **Medium**, THEN signal factor is **May**
- IF signal is **Medium** and ratio is **High**, THEN signal factor is **Must**
- IF signal is **Strong** and ratio is **Low**, THEN signal factor is **Nothing**
- IF signal is **Strong** and ratio is **Medium**, THEN signal factor is **May**
- IF signal is **Strong** and ratio is **High**, THEN signal factor is **Must**

매트랩 프로그램을 이용하여 위의 9 가지 룰에 대해서 신호의 세기와 그 때의 신호비를 입력하고 각각의 값에 대한 MD(Matching Degree)를 구한다. 추론 과정을 거쳐 나온 값들을 비퍼지화 시키고 입력 값에 대한 시그널 팩터를 출력하는 퍼지 모델을 생성했다. (그림 5)는 최종적으로 생성된 mSCTP 를 위한 핸드오프 퍼지 모델을 보여주고 있으며 이 그래프를 바탕으로 Add-IP 와 Change-IP 의 전송 시기를 결정하는 시그널 팩터 값을 정의하였다.

- If signal factor > 0.72, then send Add-IP signal
- If signal factor > 0.85, then send Change-IP signal
- Otherwise, do nothing

신호의 세기와 신호비 두 개의 입력 값을 통해 얻어진 퍼지 모델에서 시그널 팩터 값을 기준으로 MN 은 Add-IP 및 Change-IP 시그널을 보낼 시기를 결정하게 된다. 시그널 팩터 값을 이용하여 MN 은 보다 정확하고 적절한 핸드오프를 수행할 수 있게 된다. MN 이 핸드오프를 수행할 가능성이 높을 때, 미리 새로운 IP 를 IP 주소 집합에 등록하기 때문에 기존 방식 보다 seamless 한 핸드오프를 제공한다. 또한, 두 네트워크의 공통 부분에서 MN 이 핸드오프를 반복하게 되는 평풍 현상을 입력 값인 신호비를 통해서 방지



(그림 5) 핸드오프 퍼지 모델

할 수 있기 때문에 부적절한 핸드오프로 인한 세션의 단절을 줄일 수 있다.

4. 결론

본 논문은 모바일 기기의 이동성을 지원하기 위해 등장한 mSCTP 에서 DAR 시그널의 전송 시기를 제공하지 않는 문제점을 퍼지 모델을 통해서 해결하는 새로운 핸드오프 기법을 제안 하였다. 새로운 네트워크의 신호세기와 현재 네트워크의 신호세기간 신호비를 기준으로 퍼지 IF-THEN 룰을 구성하고, 추론화와 비퍼지화 과정을 거쳐 퍼지 모델을 생성하였다. 퍼지 모델을 이용하여 DAR 시그널에 대한 시그널 팩터를 정의하였고, MN 은 정의된 시그널 팩터 값을 기준으로 Add-IP 와 Change-IP 를 전송할 시기를 판단한다. 그 결과 보다 정확한 핸드오프를 할 수 있게 되고, 신호비를 이용하여 핸드오프를 결정하기 때문에, 잘못된 핸드오프로 인한 세션의 단절을 줄일 수 있게 된다. 퍼지 모델을 이용한 핸드오프를 통해 MN 은 이동 중에도 끊김 없는 서비스를 받을 수 있으며, 이동성의 폭이 더 넓어지게 된다.

참고문헌

- [1] R. Stewart et al., "Stream Control Transmission Protocol", RFC 2906, 2000.
- [2] R. Stewart et al., "Stream Control Transmission Protocol (SCTP) Dynamic Address Reconfiguration", draft-ietf-tsvwg-addip-sctp-18.txt, 2007.
- [3] Yaw N. et al., "Vertical Handoff between WWAN and WLAN", ICNICONSMCL 2006, 2007.
- [4] G. Edwards et al., "Fuzzy handoff algorithms for wireless communication", Fuzzy Sets and Systems, vol. 110, p. 379-388, 2000.
- [5] Manpreet S. D et al., "Fuzzy Logic Based Handoff In Wireless Networks", VTC 2000, vol. 3, p. 2375-2379, 2000.
- [6] H. Hwang, "Fuzzy, evolutionary computing programming", p. 18 -35, 2006.
- [7] G. Edwards et al., "A Predictive Fuzzy algorithm for High Performance Microcellular Handoff", GLOBALCOM '97, vol. 2, p. 987-990, 1997.