

# 퍼지 규칙과 신경회로망을 이용한 핸드오버

## 알고리즘에 관한 연구

곽성식\* 김태선 이종호  
인하대학교 전기공학과

### A Study on HandOver Algorithm using Fuzzy Rules and Neural Network

Sungsik Kwak Taeseon Kim Chongho Lee  
Dept. of Electrical Eng. Inha University

#### ABSTRACT

This paper presents handover algorithm method using fuzzy rules and neural network. In future mobile communication systems, the amount of call requests over a region will increase dramatically. This problem has to be solved by decreasing the cell size. But, this method lets a mobile station switch the a base station at a higher rate. In order to maintain better mobile communication system in a micro or pico cellular system, better handover algorithm must be developed. In this paper, we propose a handover algorithm which is based on the fuzzy theory that is applied to make rules with the parameters and neural network that is to learn rules. This new handover algorithm is tested by computer simulation and compared with the conventional algorithms.

#### 1. 서론

셀룰러 이동 통신망의 기본 원리는 서비스 지역을 여러개의 셀로 분할하여 인접 셀간의 주파수 간섭이 일어나지 않는 범위에서 동일 주파수를 재사용하여 보다 많은 통화 요구량을 만족시키기 위한 시스템이다. 이동 통신 시스템에 대한 수요의 증가에 따라 점점 셀의 반경은 소규모화 되어지고 있다. 특히 최근에는 트래픽 밀도가 매우 높은 도심지내에서의 이동 통신 서비스를 제공하기 위해 셀의 반경이 200 ~ 10m 인 마이크로 셀, 피코 셀의 개념까지 등장하고 있다.[1] 그러나 셀의 반경을 점점 줄일수록 동일 주파수 재사용율은 높아지나, 한 셀내에서 이동국이 머무르는 시간이 짧아져 통화중에 다른 셀로 이동하는 빈도가 많아지게 된다. 이에 따라 새로운 주파수 할당을 요구하는 핸드오버 요청 수가 빈번하며 핸드오버 요청시 새로운 주파수나 좋은 품질의 주파수를 할당받지 못하면 호가 중단되어 전체 이동 통신 시스템 서비스의 질 저하를 가져온다. 핸드오버 문제는 전체 이동 통신 시스템의 설계에서 중요한 변수로 등장하게 되었고, 시스템 서비스의 질을 높이기 위해 반드시 해결되어야 한다. 현재 디지털 이동 통신에서는 전계강도와 비트 에러율, 거리, 트래픽양 등을 측정해서 핸드오버의 여부와 목표 셀을 결정하는 방식을 채택하고 있다.[2] 그러나 현 시스템에서 측정된 파라미터들은 불규칙하고, 부정확하게 측정 될뿐만 아니라 파라미터들간의 관계를 고려한 유연하고 강건한 핸드오버 처리를 기대할 수가 없다. 본 논문에서는 핸드오버가 필요한 경우 최적의 셀을 선택할 수 있도록 언어적 표현에 의해 전문가의 판단 능력을 수용할 수 있는 특징을 갖는 퍼지이론을 도입하였고 퍼지 추론에서 소속 함수 미세 조정 과정을 피하기 위해 역전파 신경회로망을 사용하였다. 또한 제안된 방법의 실효성 여부를 판단하기 위해 실제 이동 통신 시스템을 모방화한 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 기존의 방법과 비교 하였다.

#### 2. 이동 통신 시스템의 핸드오버

핸드오버는 이동 통신 시스템에서 호가 설정후후 이동국과 기지국 사이의 무선 채널의 통화 품질을 계속 유지시켜 주기위해 열화된 무선 채널을 양호한 무선 채널로 교환하는 것으로서 셀의 크기에 따라 발생율이 달라진다. 즉, 셀 반경이 큰 경우에는 발생 확률이 작은 반면 셀 반경이 작은 경우에는 발생 빈도수가 많아진다.[2] 이와 같은 핸드오버의 목적과 형식은 다음과 같다.

##### (가) 핸드오버의 목적

이동국이 이동함으로써 발생하는 신호의 페이딩에 대한 대책으로 핸드오버를 하게 되며, 또한 이동국의 이동 그리고 다른 셀에서 다른 이동국이 동일채널을 사용하여 야기되는 동일채널 간섭 등으로 인한 C/(Carrier to Interference) 값의 저하를 개선하여 통화품질을 유지시키기 위해서 핸드오버가 필요하게 된다. 그리고 이동국이 이동할때 다른 셀에 동일채널 간섭을 주지않기 위해서 핸드오버가 필요하며, 소규모 셀 네트워크에서 트래픽을 여러 셀로 가급적이면 분산시키기 위해서도 핸드오버를 사용한다.[2]

##### (나) 핸드오버의 형식

동일 셀내에서 트래픽 채널간의 핸드오버로서 사용중인 트래픽 채널이 간섭으로 인해 열화되었을때 다른 채널로 핸드오버 해주는 것을 Intracell 핸드오버라고 하며 통화중인 이동국이 다른 셀로 이동할때 서로 다른 셀에 있는 트래픽 채널 사이의 핸드오버를 Inter-cell 핸드오버라 한다. 그리고 통화중인 이동국이 다른 MSC가 관장하는 셀로 이동할때, 서로 다른 MSC 내의 셀들간의 핸드오버를 Inter-MSC(Mobile Switching Center) 핸드오버라 한다.[2] 본 논문에서는 핸드오버의 형식을 Inter-cell 핸드오버만을 고려 하였다.

#### 3. 퍼지 규칙과 신경회로망을 이용한 핸드오버

##### (가) 핸드오버에 영향을 미치는 파라미터

기존의 아날로그 통신방식이 갖는 전송 품질의 취약성, 통신의 보안성 미비 및 용량의 한계성으로 말미암아 디지털 기술을 적용한 새로운 방식의 디지털 이동 통신 시스템이 출현하고 있다. 특히 유럽의 차세대 디지털 이동 통신 방식인 GSM 시스템은 TDMA(Time Division Multiple Access) 방식을 사용하며, 수신 전계 강도, 신호품질, 이동국 - 기지국간의 거리, 트래픽양 등을 핸드오버 결정 파라미터로 제안하고 있다. 또한 망 운영자가 핸드오버 알고리즘을 자체적으로 개발할 수 있도록 하기 위해 어느 특별한 알고리즘을 표준안으로 지정하지 않고 있다.[2]

일반적으로 이동 통신 시스템에서 핸드오버의 시작은 현재 서비스중인 셀의 전계 강도값이나 통화 품질이 미리 정한 임계값보다 떨어지게 되면 인접셀 중에서 전계강도 값과 통화 품질이 좋은 셀로 핸드오버를 해준다. 현재 핸드오버 알고리즘에서 사용하고 있는 전계강도 파라미터로만 핸드오버 해줄 셀을 선택한다면 그 셀은 전계 강도가 임계치보다 크고 서비스를 받고 있는 셀 전계강도보다 커야 좋으므로 다음과 같이 언어적 표현으로 나타낼 수 있다.

"IF  $F_i > F^*$  and  $F_i > F_0$ , then Handover from  $C_0$  to  $C_i$ "

where,  $F_i$ : 인접셀의 전계강도  
 $F^*$ : 임계치 값  
 $F_0$ : 현재 셀의 전계강도  
 $C_0$ : 현재 셀  
 $C_i$ : 인접셀

그러나 이와같은 방식에서는 채널의 품질을 유지시키기 어렵고 통신 시스템의 트래픽 분산 관리가 어려워 전체 이동 통신 시스템의 품질 저하를 가져올 수 있다. 핸드오버가 필요한 경우는 "최소 경로손실, 최대 신호세기, 저 트래픽 셀, 좋은 품질" 등과 같은 알고리즘에 의해 최적의 셀을 선택해야 한다. 따라서 전계강도에 다른 파라미터들도 고려해야하며 마찬가지로 언어적 표현으로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

"IF  $B_1 < B^*$  and  $B_1 < B_0$  then Handover from  $C_0$  to  $C_1$ "  
 "IF  $T_1 < T^*$  and  $T_1 < T_0$  then Handover from  $C_0$  to  $C_1$ "  
 "IF  $R_1 < R^*$  and  $R_1 < R_0$  then Handover from  $C_0$  to  $C_1$ "

where,  $B_1$ : 인접셀의 비트에러율  
 $B^*$ : 임계치 값  
 $B_0$ : 현재 셀의 비트에러율  
 $T_1$ : 인접셀의 트래피양  
 $T^*$ : 임계치 값  
 $T_0$ : 현재 셀의 트래피양  
 $R_1$ : 인접셀의 이동국-기지국 거리  
 $R^*$ : 임계치값  
 $R_0$ : 현재 셀의 이동국-기지국 거리

핸드오버 요청시 첫번째 단계로 각 파라메타들의 핸드오버 소속값을 구하고 두번째 단계로 파라메타들 간의 최적 관계를 고려해준다면 최적의 셀을 구할 수 있고 전체 통신 네트워크의 서비스 질 향상을 가져올 수 있다고 생각된다.

(나) 퍼지 규칙과 신경회로망의 적용

최적 핸드오버 알고리즘을 위한 퍼지 규칙의 생성은 각 파라메타들의 언어적 표현에서 얻을 수 있다. 그리고 신경회로망은 충분한 학습과정을 통하여 비선형 함수를 표현할 수 있으며, 설정한 제어 규칙의 전진부를 신경회로망의 입력으로 후진부를 신경회로망의 출력으로 놓는다면 퍼지 추론에서의 소속함수 조정이라는 과정이 필요없이 퍼지추론법보다 더 좋은 추론의 효과를 얻을 수 있다.[4]

새로운 핸드오버 알고리즘의 첫번째 단계에서는 각 파라메타들의 핸드오버 소속값을 추론하는 과정이다. 퍼지 규칙의 생성은 언어적으로 판단하기 쉬운 경우를 대표값으로 하였으며 다음과 같다.

①  $H_F$  (전계강도의 소속값)

$F_1 - F^*$ 를  $F_1$  이라 하고  $F_1 - F_0$ 를  $F_2$  라 하면 퍼지 규칙표는 다음과 같이 정할 수 있다.

[표 1]  $H_F$  생성 규칙표

PO	PB	PMB	PMS		
↑ F2		PMM	PM		
NE			ZR	ZR	ZR
	PB	PM	ZR	NM	NB
	$F_1 \rightarrow$				

②  $H_B$  (비트 에러율의 소속값)

$B^* - B_1$ 를  $B_1$  이라 하고  $B_0 - B_1$ 를  $B_2$  라 하면 퍼지 규칙표는 다음과 같이 정할 수 있다.

[표 2]  $H_B$  생성 규칙표

PO	PB	PMB	PMS		
↑ B2		PMM	PM		
NE			ZR	ZR	ZR
	PB	PM	ZR	NM	NB
	$B_1 \rightarrow$				

③  $H_T$  (트래피 양의 소속값)

$T^* - T_1$ 를  $T_1$  이라 하고  $T_0 - T_1$ 를  $T_2$  라 하면 퍼지 규칙표는 다음과 같이 정할 수 있다.

[표 3]  $H_T$  생성 규칙표

PO	PB	PMB	PMM	PM	
↑ T2		PMB	PMS	PM	
NE		PMB	PM	PM	ZR
	PB	PM	ZR	NM	NB
	$T_1 \rightarrow$				

④  $H_R$  (거리의 소속값)

$R^* - R_1$ 를  $R_1$  이라 하고  $R_0 - R_1$ 를  $R_2$  라 하면 퍼지 규칙표는 다음과 같이 정할 수 있다.

[표 4]  $H_R$  생성 규칙표

PO	PB	PMB	PMS		
↑ R2		PMM	PM		
NE		PMM	ZR	ZR	ZR
	PB	PM	ZR	NM	NB
	$R_1 \rightarrow$				

2단계 과정에서는 각 파라메타들의 관계를 고려한 핸드오버 소속값을 추론하는 과정이다. 파라메타들간의 최적의 가중치를 구하는 문제는 서로의 관계에 비선형적 요소를 포함하고 있어 수학적 방법으로는 구하기가 어렵다. 그러나 인간이 판단하기 쉬운 경우를 퍼지의 대표값으로 정하고 신경회로망으로 학습을 시킨다면 파라메타들간의 눈에 보이지않는 비선형적 요소도 표현할 수 있으므로 최적의 가중치를 구할 수 있다. 퍼지 규칙의 생성은 언어적으로 판단하기 쉬운 각 파라메타들의 핸드오버값 PB, PM, ZR의 3가지 대표값으로 만들었고 후진부는 PB, PMB, PMS, PM, PSB, PS, ZR 값으로 정하였으며 다음과 같다.

" IF  $H_F = PB$  and  $H_T = PB$  and  $H_B = PB$  and  $H_R = PB$  then  $H/O = PB$  "

" IF  $H_F = PB$  and  $H_T = PB$  and  $H_B = PB$  and  $H_R = PM$  then  $H/O = PB$  "

∴ ∴ ∴  
∴ ∴ ∴  
∴ ∴ ∴

" IF  $H_F = ZR$  and  $H_T = ZR$  and  $H_B = ZR$  and  $H_R = ZR$  then  $H/O = ZR$  "

그리고 그림 1은 핸드오버 소속값을 추론하는 전체 시스템 구성도이며, 2-3-1 구조의 신경망 4개와 4-5-1 구조의 신경망 1개가 필요하다.

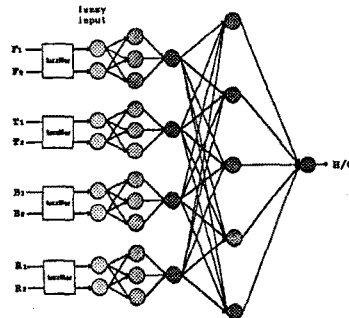


그림 1. 퍼지 규칙을 수행하는 신경회로망 구성도

4. 모의 실험 및 결과

(가) 통신 시스템 모형화

본 논문에서 대상 시스템 환경 설정은 참고 문헌[5]와 유사하게 하였다. 대상 시스템은 TDMA 방식의 42개 pico cell을 모형화 하였고 셀모양은 정 육각형 형태로 하였다. 그 밖의 시스템 모형화에 필요한 제반사항은 표 5와 같다.

[표 5] 모형 시스템 규칙

제 반 사 항	규 격 및 내 용
대상 시스템	TDMA 방식의 pico cell
기지국수 및 셀의배경	42개 셀, 25m
채널 수	carrier: 3개, time slot: 3개
주파수 할당 방식	고정 채널 할당 방식
트래피	불균일 트래피
전계 강도	식(1), (2)
비트 에러율	식(3)
이동국 속도	1.4 m/s의 등속
이동국 방향 변화	[0, 2π]의 랜덤 uniform 분포
방향변화후 지속시간	평균 50초를 갖는 지수 분포
호 지속 시간	평균 120초를 갖는 지수 분포
평균 호 도착율	평균 500 calls/sec의 포아송분포
이동국 수	최대 1300개
총 서비스 시간	2400 초

이동 통신 시스템에서 전체 강도는 다중경로 페이딩, 주변의 지형에 의한 차폐 현상, 경로 손실 등 여러가지 환경에 영향을 받는다. 따라서 본 논문에서는 위의 여러가지 전파손실을 고려하여 다음과 같이 전파손실 모델을 만들었다.

$$P_r = P_{tx} + G - L_{path} - L_{shd} + L_{rig} \quad (1)$$

where,  $P_r$  = 수신 강도 손실 (dB)

$P_{tx}$  = 10 dB (평균 송신 전력)

$G$  = 5 dB (안테나 이득)

$L_{path}$  = 경로 손실 (dB)

Range (meters)	경로 손실 (dB)
$d \leq 10$	$30 + 20 \log_{10}(d)$
$10 < d \leq 20$	$20 + 30 \log_{10}(d)$
$20 < d \leq 40$	$-19 + 60 \log_{10}(d)$
$d > 40$	$-115 + 120 \log_{10}(d)$

$L_{shd}$  =  $N(0, 8)$ 의 정규분포를 따르는 shadow fading

$L_{rig}$  =  $20 \log_{10}(N(0, 8))$  (다중 경로 간섭)

$$F = 20 \log_{10}(S/N) \quad (2)$$

where,  $F$  = 수신된 전체 강도

$S = 10^{P_r/20}$

$N = 10^{-5}$

모의 실험에서는 최대 전체강도를 100dB로 하였고 임계치를 40dB로 하였다.

이동 통신망에서의 비트 에러율은 보통  $10^{-13}$ 에서  $10^{-7}$ 까지 측정되며 전체 강도에 어느정도 반비례 하지만 여러가지 시스템 환경에 영향을 많이 받게 되어 모의 실험 환경에서 적절한 값으로 만들 수가 없다. 따라서 본 논문에서는 전체 강도와 난수를 이용하여 비트 에러율을 구하였고, 값 자체를 log scale과 하여 -13에서 -3 까지 나옴도록 하였다. 좋은 품질의 채널은 보통  $10^{-7}$  이하가 되어야 하므로 모의 실험에서는 비트 에러율의 임계치를 -7로 하였다.

$$B = \log_{10}(10^{-((F/20) * ((Nor(0,1) * 2 + 1)))}) \quad (3)$$

where,  $B$  = 비트 에러율

$Nor(0,1)$  : 0과 1사이의 정규확한 값

트래픽의 분산 수용을 목적으로 사용하는 파라메타 트래픽망의 임계치는 전체 할수 있는 채널의 0.8로 하였고 거리의 임계치는 30m로 하였다.

#### (나) 실험결과 및 검토

모의 실험에서 호를 시도하는 이동국의 위치는 시뮬레이션 대상 지역내에서 랜덤하게 발생하는 것으로 하였다. 이동국의 수를 800 ~ 1300 개 까지 50개씩 증가시키면서 실험 하였고 핸드오버 요청은 전체강도가 3번 연속 임계치와 같거나 떨어질 경우 또는 비트 에러율이 -6 이상으로 통화 품질이 나빠질 경우에 시작하도록 하였다. 핸드오버시 호의 손실은 새로운 채널을 할당 받지 못했을 경우이거나 할당받은 채널의 전체 강도나 통화품질이 나빠질 경우로 하였다. 기존의 방식과는 호 블로킹율(call blocking rate), 호 손실율(call dropping rate), 전체 호 성공율(call success rate)을 비교 지수로 삼았다. 각각의 비교지수의 정의는 다음과 같다.

$$\text{호 블로킹율} = \frac{\text{채널 할당을 못해준 호 수}}{\text{전체 호를 시도한 수}}$$

$$\text{호 손실율} = \frac{\text{핸드오버시 호의 손실이 일어난 수}}{\text{접속된 호 수}}$$

$$\text{호 성공율} = \frac{(\text{전체 호를 시도한 수} - (\text{호 블로킹수} + \text{호 손실수}))}{\text{전체 호를 시도한 수}}$$

이동국의 수에 따라 2번씩 모의 실험하였으며 기존 방식의 핸드오버 알고리즘과 새로 제안한 방식과의 비교를 그림 2, 3, 4에 그래프로서 나타내었다.

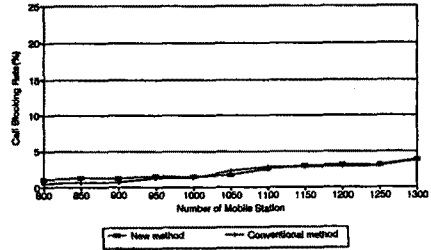


그림 2. 기존의 방법과 제안 방법간의 호 블로킹율 비교

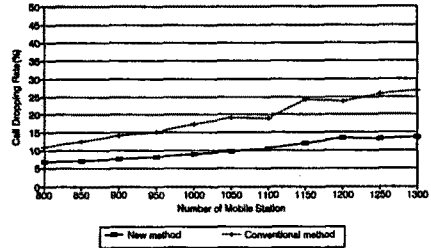


그림 3. 기존의 방법과 제안 방법간의 호 손실율 비교

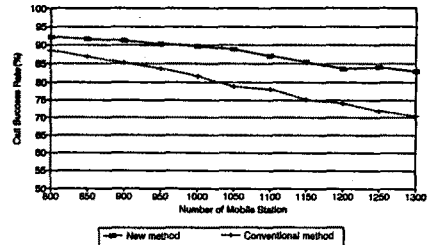


그림 4. 기존의 방법과 제안 방법간의 호 성공율 비교

그림 2는 호 블로킹율 비교에 관한 결과이고 그림 3은 핸드오버시 호 손실율의 비교이다. 제안한 방법이 기존의 방법보다 호 손실율이 적었고, 특히 이동국의 수가 증가할수록 그 차이는 커졌다. 호 손실율이 적다는 것은 이동국에 호 응답없이 서비스를 계속 받는다는 것을 의미한다. 이렇게 되면 전체적으로 비어있는 채널이 적어 신규호의 채널 요구량에 대해 기존의 방식보다 호 블로킹이 많아야 한다. 그러나 그림 1을 보면 기존의 방식과 제안된 방식이 별차이가 없다. 그 이유는 핸드오버시 셀을 선택할 때 4가지 파라메타를 고려한 최적의 셀을 선택했기 때문이다. 따라서 그림 3과 같이 호 성공율이 기존의 방식보다 좋고 전체 이동 통신 시스템 서비스 질의 향상을 가져왔다.

#### 5. 고찰

본 논문에서는 셀룰러 이동 통신망에 있어서의 효율적인 핸드오버 알고리즘을 위해 피지 규칙과 신경회로망을 적용하였다. 컴퓨터를 통한 모의 실험을 통해 제안된 방법의 우수성을 입증하였다. 제안된 방법은 기존의 수신 세기만을 이용하는 방법보다 호 손실율이 매우 적으며 가입자에 대한 서비스 질 향상을 가져왔다.

본 논문에서는 주파수 할당 방식의 방법을 고정 채널 할당 방식을 적용하였는데 앞으로는 동적 채널 할당 방식적용에 있어서의 핸드오버 알고리즘에 대해서 계속 연구가 있어야겠다. 그리고 핸드오버의 호 손실율을 줄이는 방법으로 핸드오버 호 우선 처리에 관한 논문이 많이 나오는데 본 논문에서 제안한 방법과 같이 연구가 되어진다면 더 좋은 핸드오버 알고리즘이 나올 것이라고 기대된다.

#### 6. 참고 문헌

- [1] 김 대호의, "개인휴대통신 시험 시스템의 채널 할당 알고리즘 성능분석", 전자통신 제13권 4호, pp.138 - 144.
- [2] 김 영일의, "이동통신시스템의 Handover에 대한 고찰", 전자 통신 동향분석, pp.88 - 98, 1991. 1
- [3] D.Munoz Rodriguez and K. W. Cattermole, "Multiple Criteria for Handoff in Cellular Radio", IEE Pro., part F pp.85 - 88, 1987
- [4] Shin-ichi 외, "Composition Methods of Fuzzy Neural Networks", Proc. of IECON'90, vol. no. 2, pp.1253 - 1258, 1990
- [5] Abraham O. Fapojuwo 외, "A Simulation Study of Speech Traffic Capacity in Digital Cordless Telecommunications Systems", IEEE Tran. on Vehi. Tec. vol 41, Feb. 1992