

핸드오프 호 손실율 가능성 분포에 의한 무선망의 퍼지 신경망 호 수락제어

Fuzzy Neural Networks-Based Call Admission Control Using Possibility Distribution of Handoff Calls Dropping Rate for Wireless Networks

이진이*

Jin-Yi Lee*

요 약

본 논문에서는 퍼지추론과 신경망 학습을 이용하여 무선망의 핸드오프호 손실율 가능성 분포의 상한계 값을 추정하고, 이를 기반으로 한 호 수락제어를 제안한다. 퍼지규칙의 소속함수는 신경망 오류역전파 알고리즘으로 튜닝하고, 핸드오프호 손실율의 상한계 값은 퍼지집합의 가중치 평균에 기초하여 추정한다. 이 방법은 호 손실율 값을 실제보다 과도하게 큰 값으로 추정하는 것을 방지하고, 추정된 값이 실제값보다 작을 때는 실시간적으로 자기보상을 실시하여 호 수락 제어를 호 손실율을 줄인다. 시뮬레이션을 통하여 제안한 방법에 의한 핸드오프 호 손실율의 상한계 값의 추정성능을 보이고, 이를 이용한 호 수락제어 방법이 핸드오프 호 손실율을 사용자가 원하는 핸드오프 호 손실율 이하로 유지할 수 있음을 보인다.

Abstract

This paper proposes a call admission control(CAC) method for wireless networks, which is based on the upper bound of a possibility distribution of handoff calls dropping rates. The possibility distribution is estimated in a fuzzy inference and a learning algorithm in neural network. The learning algorithm is considered for tuning the membership functions(then parts)of fuzzy rules for the inference. The fuzzy inference method is based on a weighted average of fuzzy sets. The proposed method can avoid estimating excessively large handoff calls dropping rates, and makes possible self-compensation in real time for the case where the estimated values are smaller than real values. So this method makes secure CAC, thereby guaranteeing the allowed CDR. From simulation studies we show that the estimation performance for the upper bound of call dropping rate is good, and then handoff call dropping rates in CAC are able to be sustained below user's desired value.

Keywords : Possibility distribution of call dropping rate, Fuzzy inference, Learning algorithm, Call admission control

* 청운대학교 디지털방송공학과(Dept.of Digital Broadcasting and Electronic Engineering, Chungwoon University)

· 제1저자 (First Author) : 이진이

· 투고일자 : 2009년 11월 10일

· 심사(수정)일자 : 2009년 11월 13일 (수정일자 : 2009년 12월 22일)

· 게재일자 : 2009년 12월 30일

I. 서 론

3세대 이 후의 광대역 셀룰러 시스템은 사용자가 원하는 QoS를 보장하는 멀티미디어 서비스를 제공하고 있다. 그러나 트래픽 양의 급격한 증가와 광대역 서비스가 증가함으로써 이를 수용하기 위한 시스템의 능력은 제한된 스펙트럼의 자원으로 인해 한계에 이르고 있다. 따라서 제한된 자원을 효율적으로 사용하기 위해 예전보다도 더 정교한 자원관리 기술이 필요하게 되었다. 호 수락제어는 사용자에게 원하는 QoS(quality of services) 를 제공하고 자원의 효율적인 관리를 위한 것이다. 그러나 무선 환경의 복잡성, 즉 사용자의 이동성, 멀티미디어 트래픽, 제한된 무선자원 등으로 인해 효율적이고 실제적인 호 수락제어기법을 설계하는 것은 매우 어려운 과제로 되어 있다.

무선망에서는 시스템 용량을 늘이기 위해 셀 크기를 작게 함으로써 사용자들은 핸드오프를 더 자주 겪게 된다. 사용자 입장에서는 시스템의 한정된 자원으로 인해 서비스가 진행 중인 호가 끊기는 것 보다는 신규호가 연결을 요구할 때 QoS를 보장할 수 없으면 미리 차단하는 것이 더 나은 정책이다. 자원예약에 의한 CAC(call admission control)는 핸드오프 호 요구에 대비하여 독점적으로 약간의 자원을 예약해 둬으로써 핸드오프 호가 신규호보다 서비스에서 더 우선권을 갖게 한다[1]. 그 외 무선 셀룰러 망에서의 대표적인 호 수락제어는 멀티 서비스 호의 유효대역폭의 크기에 따라 호 수락제어를 실시하는 방법[2], 서로 다른 QoS 를 요구하는 서비스 호에 대한 호 수락제어방법[3], 3세대 CDMA 망에서의 흐름제어와 호 수락제어를 결합하여 원하는 QoS를 제공하는 방법[4], 모바일의 이동경로를 예측하여 미리 요구자원을 예약하는 호 수락제어 방법[5], 특정 셀에서 과거에 사용한 자원의 양을 기초로 요구자원을 예측하여 예약하는 호 수락제어방법[6] 등이 있다. 그 외 Hopfield 신경망 이론과 퍼지이론을 이용한 호 수락제어 방법들이 있다[7]-[10]. 한편 유선 ATM 망에서의 호 수락제어에는 ATM 망의 연결수와 셀 손실율을 관측하여, 관측된 셀손실율에 기초하여, 연결수에 다른 셀 손실율을 추정하는데, 퍼지이론과 신경망 학습이론

을 사용한 방법[11][12], ATM 스위치에서 셀 발생과정의 분석모델에 기초하여 원하는 ATM 셀 손실율을 보장하는 방법이 있다[13]. 본 연구에서는 유선 ATM 망의 호 수락제어에 적용되었던 셀 손실율 상한계를 추정하는 기법을 무선 셀룰러 망에서 호 손실율의 최대값을 추정하는데 적용하여 핸드오프호의 손실율을 원하는 값 이하로 유지할 수 있는 호 수락제어기법을 제안한다. 이를 위해 핸드오프 호의 손실율의 가능성 분포를 퍼지추정하고, 호 손실율의 가능성 분포의 폭이 넓어 실제값 보다 크게 추정하는 문제점을 해결하고자 설정된 퍼지규칙의 소속함수의 폭을 신경망 오류 학습방법으로 조정한다. 비퍼지화에 의해 얻어지는 추정된 호 손실율의 값은 가중치 평균을 사용하여 결정한다. 2 장에서는 호 수락제어를 위한 퍼지추론과 신경망 학습 알고리즘, 추정된 핸드오프호의 손실율을 기초로 호 수락제어기법에 대해 기술한다. 3 장에서 시뮬레이션을 통하여 제안된 기법의 호 손실율의 추정 과 CAC의 성능을 보인다. 4 장에서 결론 및 향후 연구에 대해 기술한다.

II. 호 손실율 추정방법과 호 수락제어

호 수락 제어를 위한 호 손실율의 퍼지 추정방법과 신경망 학습에 의한 소속함수의 조정에 대해 기술한다,

2-1. CAC를 위한 퍼지추론 시스템

퍼지 시스템의 입출력 변수가 x, y 일 때, 퍼지추론을 위한 퍼지규칙과 추론은 각각 다음과 같이 주어진다.

$$\text{Fuzzy Rules : IF } x_j \text{ is } P_j \text{ then } y_j \text{ is } Q_j. \\ (1 \leq j \leq n) \quad (1)$$

$$\text{Given Fact : } x \text{ is } \tilde{P}. \quad (2)$$

$$\text{Consequence : } y \text{ is } \tilde{Q}. \quad (3)$$

여기서, $P_j, Q_j, \tilde{P}, \tilde{Q}$ 는 각각 퍼지집합이다. 이 퍼지집합은 소속 함수값으로 정의되고, \tilde{P} 와 P_j 의

적합도 \tilde{p}_j 는 소속함수의 최소연산으로 얻어진다.

$$\tilde{p}_j = \sup_x [\mu_{\tilde{P}}(x) \wedge \mu_{P_j}(x)] \quad (4)$$

퍼지추론 결과는 적합도가 가중된(weighted) 퍼지 집합의 평균으로 주어진다.

$$\tilde{Q} = \frac{\sum_j \tilde{p}_j \cdot Q_j}{\sum_j \tilde{p}_j} \quad (5)$$

그림 1 은 호 수락제어를 위한 퍼지추론 시스템을 나타낸다.

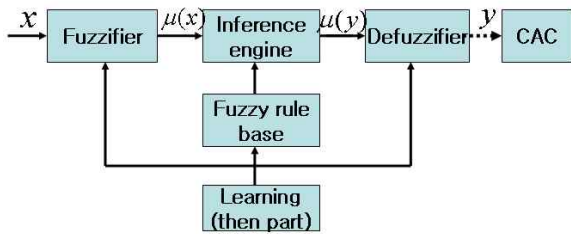


그림 1. 호 수락제어를 위한 퍼지추론 시스템
Fig. 1. Fuzzy inference system for CAC.

여기서 x, y 는 각각 CAC 퍼지 추론시스템의 호의 개수와 호 손실율(CDR:call dropping rate)을 나타내며, μ 는 소속함수를 나타낸다. 호 손실율은 $\frac{\text{손실된 호 수}}{\text{발생 호 수}}$ 로 정의한다. 학습블록에서는 퍼지 규칙의 소속함수를 조정한다.

2-2. 신경망 학습에 의한 퍼지규칙의 조정

퍼지규칙 후건부의 소속함수 파라미터 값은 신경망 학습 알고리즘으로 소속함수의 위치와 폭을 조정하여 호 손실율 가능성 분포를 과도하게 큰 값으로 추정하지 않도록 한다. 식(6)은 퍼지규칙의 후건부의 소속함수의 중심을 조정하기 위한 에너지함수를 정의한 것이다[11].

$$E^o = \frac{1}{2} \sum_s (\tilde{y}^o - \hat{y}_s)^2 \quad (6)$$

소속함수의 중심(\tilde{y}^o)은 관측된 호 손실율의 평균값으로 주어지기 때문에, 식 (6)의 에너지 함수 값을 최소로 하도록 오류 역전파(error back propagation) 알고리즘으로 조정(tuning)된다.

여기서, $\hat{y}_s (s = 1, 2, \dots, S)$ 는 관측된 호 손실율 값이다. 식 (7)은 소속함수의 폭을 조정하기 위해 정의한 에너지함수 이고, 식 (8),(9),(10)은 폭을 조정하기 위한 파라미터들의 관계식을 나타낸다.

$$E_\eta = \frac{1}{2} \sum_s (\mu_{\tilde{Q}}(\hat{y}_s) - \hat{\alpha})^2 \quad (7)$$

$$\hat{\alpha} = \begin{cases} 1, & \mu_{\tilde{Q}}(\hat{y}_s) \leq \bar{\alpha} \\ 0, & \mu_{\tilde{Q}}(\hat{y}_s) > \bar{\alpha} \end{cases} \quad (8)$$

$$\bar{\alpha}(i) = h(\bar{\alpha}(i-1) + \delta), \begin{cases} \delta > 0, & \alpha_{\min} < \alpha_o \\ \delta = 0, & \alpha_{\min} = \alpha_o \\ \delta < 0, & \alpha_{\min} > \alpha_o \end{cases} \quad (9)$$

$$\alpha_{\min} = \min \mu_{\tilde{Q}}(\hat{y}_s) \quad (10)$$

$$I_{CDR} = \{y | \mu_{\tilde{Q}}(y) \geq \alpha_o\} = [\tilde{y}_l, \tilde{y}_u] \quad (11)$$

식(7)과 (8)에서 $\mu_{\tilde{Q}}(\hat{y}_s)$ 가 $\bar{\alpha}$ 보다 작거나 같으면 $\hat{\alpha}$ 값은 1이 되어, 오류 역전파 알고리즘에 의해 소속함수값을 큰 값으로 끌어 올리게 되어 추론결과의 소속함수의 폭이 넓어지게 되고, 그렇지 않은 경우에는 $\hat{\alpha}$ 값이 0이 되어 소속함수의 값을 작은 값으로 끌어 내리게 되어 소속함수의 폭이 좁아지게 된다. α_o 값은 호 손실율의 상한값을 결정하는 임계값(threshold value)으로, 작으면 호 손실율의 추정치의 상한 값과 하한 값의 간격이 넓어지고, 큰 값이면 상대적으로 그 간격이 좁아진다. 함수 h 는 $[0,1]$ 사이에서 증가함수이며, 이 함수에 의해 $\bar{\alpha}$ 값은 동적으로 변하고, α_o 값에 의한 호 손실율의 추정치의 범위를 결정한다.

다. δ 값은 $\bar{\alpha}$ 값의 변화정도를 조정하는 상수이다.
 그림 2는 α_0 와 최종 추론결과인 I_{CDR} (호 손실율 분포의 추정된 간격)을 보인 것이다.

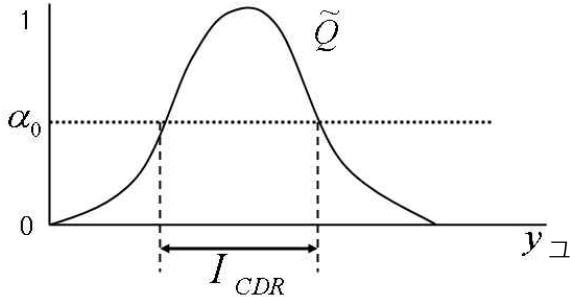


그림 2. 호 손실율의 추정간격
 Fig.2. Estimated interval of CDR

2-3. 호 수락제어

핸드오프호 발생시 추정된 호 손실율과 원하는 호 손실율을 비교하여 원하는 호 손실율을 만족하면 수락하고, 그렇지 않으면 거절한다.

$$desired_CDR \geq estimated_CDR ; 수락(12)$$

$$desired_CDR < estimated_CDR ; 거절(13)$$

여기서, $desired_CDR$ 는 사용자가 원하는 호 손실율(Call Dropping Rate)을 나타낸다.

$estimated_CDR$ 는 추정된 호 손실율을 나타낸다.

신규호의 수락제어는 먼저 핸드오프호가 원하는 호 손실율을 만족하면 수락하고, 그렇지 않으면 거절한다[6].

III. 시뮬레이션

호 손실율 추정과 호 수락제어의 성능을 평가한다.

3-1. 호 손실율 추정 성능

시뮬레이션에 사용된 호의 개수와 호 손실율은 포아송 분포의 호 도착, 지수분포의 호의 평균지속시간

$T_call = 200[sec]$, 지수분포의 평균채널점유시간 $T_channel = 100[sec]$, 셀용량 $C = 300$ [개], 호는 1[개]의 채널을 사용하여 발생한다. 표 1은 호 발생 수에 의한 호 손실율의 퍼지규칙을 나타낸다(평균 도착률, $\lambda_n = 0.8[개/초]$).

표 1. 퍼지 규칙
 Table.1. Fuzzy rules.

Learned Fuzzy Logic Rules		
Rule	Preconditions	Consequences
	$x_j = P_j$	$y_j = Q_j$: CDR
1	60	10^{-6}
2	80	10^{-5}
3	100	10^{-4}
4	120	10^{-3}
5	140	10^{-2}
6	160	5×10^{-2}
7	180	10^{-1}
8	200	2×10^{-1}

퍼지규칙의 전건부와 후건부의 소속함수는 각각 삼각형과 가우시안함수 모양으로 정의한다. 증가함수 h 는 1차 증가함수를 사용한다.

$$\mu_{P_j}(x) = f(x; x_{P_j}^o, \eta_{P_j}) \tag{14}$$

$$\mu_{Q_j}(y) = g(y; y_{Q_j}^o, \eta_{Q_j}) \tag{15}$$

$$\mu_{\bar{P}}(x) = f(x; x_{\bar{P}}^o, \eta_{\bar{P}}) \tag{16}$$

$$\mu_{\bar{Q}}(y) = g(y; y_{\bar{Q}}^o, \eta_{\bar{Q}}) \tag{17}$$

$$f(x; x^o, \eta) = \begin{cases} \frac{2}{\eta} (x - x^o) + 1, & x \leq x^o \\ -\frac{2}{\eta} (x - x^o) + 1, & x > x^o \end{cases} \tag{18}$$

$$g(y; y^o, \eta) = \exp\left[-\frac{(y - y^o)^2}{2\eta^2}\right] \tag{19}$$

$$\bar{\alpha}(y) = h(y) = y \tag{20}$$

여기서, x^o 와 y^o 는 소속함수의 중심위치를 나타

내며, η 는 소속함수의 폭을 나타낸다.

그림 3은 특정 셀에서 실제 관측된 호 손실율과 본 논문의 퍼지 신경망 추론에 의해 추정된 최대가능 호 손실율을 나타낸다. 호 손실율의 추정치의 변화량을 쉽게 알아보기 위해 시간에 대한 호 발생수를 구하고, 호 발생 수에 따른 호 손실율의 크기를 오름차순으로 정렬한 것이다. 추정치는 호 손실율의 상한계 값을 나타낸다. 실제 관측치는 추정치의 이하의 값을 보이고 있어 호 수락제어시 추정치가 필요로 하는 채널을 확보함으로써 원하는 호 손실율을 얻을 수 있다.

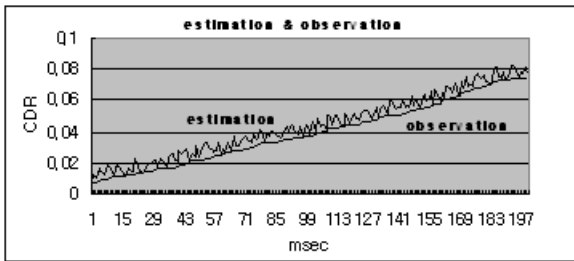


그림 3. 실제 관측된 호 손실율과 추정된 호 손실율의 비교

Fig.3. The comparison between observed CDR and the upper bound of estimated CDR.

3-2. 호 수락제어의 성능

호 수락제어의 성능을 알아보기 위해 포아송 분포의 호의 평균 도착율이 각각 0.2 ~ 1.0[개/초] 이고, 원하는 핸드오프 호 손실율이 0.05 이하 일때, 호 수락제어를 실시한 결과를 그림 4에 나타낸다. 사용자가 원하는 핸드오프 호 손실율을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

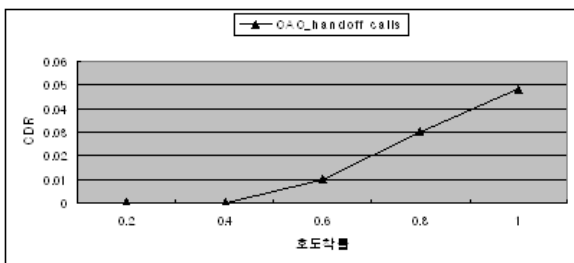


그림 4. 핸드오프 호의 손실율
Fig.4. The CDR in handoff calls.

그림 5는 신규호의 차단율을 나타낸다. 상대적으로 신규호의 차단율은 증가됨을 알 수 있다. 이것은 원하는 핸드오프 호 손실율을 만족시킨 후, 나머지 채널용량으로 신규호의 수락제어를 실시하기 때문이다.

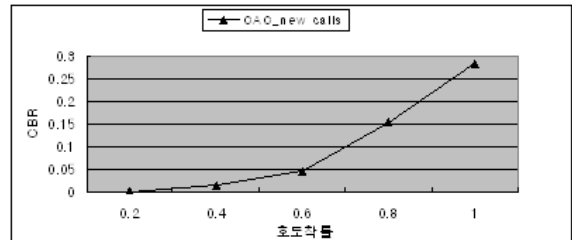


그림 5. 신규호의 차단율
Fig.5. The CDR in new calls.

IV. 결 론

본 논문에서는 퍼지추정과 신경망 오류 역전파 알고리즘을 이용하여 핸드오프 호 손실율의 가능성 분포에 의한 상한계값을 추정하고, 추정된 값이 원하는 호 손실율 이하가 되도록 CAC를 수행함으로써 무선망의 QoS를 유지할 수 있는 방법을 제안하였다. 호 손실율을 지나치게 큰 값으로 추정하는 것을 피하기 위해 퍼지규칙의 후건부는 신경망 학습알고리즘으로 호 손실율의 가능성 분포를 조정하였다. 시뮬레이션을 통하여 호 손실율의 가능성 분포에 의한 상한계의 추정성능을 보이고, CAC 를 시행하여 목표하는 핸드오프 호 손실율을 만족시킴을 보였다. 그러나 본 연구는 무선자원의 효율적인 이용보다는 원하는 호 손실율에 초점을 둔 연구로서 자원이용률을 높일 수 있는 방안이 필요하다. 향후 이를 위한 연구와 함께 제안된 호 손실율의 추정기법에 의한 CAC 를 무선 메쉬망에 적용한다.

감사의 글

본 연구는 2009년도 청운대학교 학술연구조성비 지원에 의하여 연구되었음

참 고 문 헌

- [1] C. Oliverira, J. B.Kim and T. Suda, "An adaptive bandwidth reservation scheme for high speed multimedia wireless networks", *IEEE JSAC*, vol. 16, no. 6, Aug. 1998.
- [2] J. S. Evans and D. Everitt, "Effective bandwidth-based admission control for multiservice CDMA cellular networks", *IEEE Tran. on Vehicular Technology*, vol. 48, pp.36-46, 1999.
- [3] C. Chang, S. Shen, J. Lin and F. Ren, "Intelligent call admission control for differentiated QoS provisioning in wide band CDMA cellular system", *IEEE VTC'2000*, pp. 1057-1063, 2000.
- [4] C. Comaniciu, N. Mandayam, D. Famolari and P. Agrawal, "QoS guarantees for 3 G CDMA system via admission and flow control", *IEEE VTC'2000*, pp. 249-256, 2000.
- [5] F. Yu and V. Lung, "Mobility-based predictive call admission control and bandwidth reservation in wireless cellular networks", *IEEE INFOCOM '01, Anchorage, Alaska*, April 2001.
- [6] 이진이, "무선망의 자원예측을 위한 Adaptive-MMOSPRED 기법을 사용한 호 수락제어", *한국항공학회 논문지*, vol. 12, no.1, pp. 22-27, 2008. 2.
- [7] C. H. Ahn and R. S. Ramakrishna, "QoS Provisioning Dynamic Connection Admission Control for Multimedia Wireless Networks Using a Hopfield Neural Network," *IEEE Tran. Vech. Tech.*, vol. 53, no.1, pp. 106-117, 2004
- [8] O. Lazaro and D. Ginma, "A Hopfield Neural Network Based Dynamic Channel Allocation Control," *IEEE Tran. Vech. Tech.*, vol.49, no.5, pp. 1578-1587, 2000
- [9] J. Ye, Xuemin Shen and J.W.Mark, "Call Admission Control in Wideband CDMA Cellular Networks by Using Fuzzy Logic," *WCNC* vol. 2, pp. 1538-1543, 2003.
- [10] 이진이, "퍼지와 신경망을 이용한 핸드오프호 손실을 가능성 분포에 의한 무선망의 호 수락제어", *한국항공학회 워크숍 및 학술발표대회 논문지*, 2009.10.
- [11] Uehara, K. and Hirota, K."Fuzzy Connection Admission Control for ATM Networks Based on Possibility Distribution of Cell Loss Ratio", *IEEE J. Select. Area Comm.*, vol. 15, no. 2, pp. 456-463. 1997.
- [12] Saito, H. "Call admission control in a ATM network using upper bound of cell loss probability", *IEEE Tran. Comm.*, vol. 40, no. 9, pp. 1512-1521.
- [13] T. Murase, H. Suzuki, S. Saito, and T. Takechi "A call admission control scheme for ATM networks using a simple quality estimate", *IEEE J. Select. Area Comm.*, vol. 9, no. 9, pp. 1461-1470, 1991.

이진이 (李鎭伊)



1985. 숭실대학교 전자공학과 학사.

1988. 숭실대학교 전자공학과 석사.

1994. 숭실대학교 전자공학과 박사.

1999-2001. The winters & summers vacations, rsch. scholar, Okla. State University,

1995.3. ~ 현재 청운대학교 디지털 방송공학과 교수

관심분야 : 광대역 무선통신 망