

무선망의 자원예측에 의한 호 수락제어방식의 성능비교

Performance Comparison of Call Admission Control Based on Predictive Resource Reservations in Wireless Networks

이진이*

Jin-Yi Lee*

요 약

본 연구에서는 무선망에서 모바일 터미널의 호가 요구하는 무선자원의 예측방법으로 위너모델에 의한 예측방법, MMOSPRED 예측방법, 신경망기법에 의한 예측방법 과 이들 예측방법을 이용한 호 수락제어기법의 성능을 평가한다. 호 수락제어는 무선자원을 핸드오프호에 우선적으로 할당하는 핸드오프호 우선수락방법을 사용하며, 이를 위해 핸드오프호가 필요로 하는 자원의 양을 예측하여 예약하고, 나머지 용량으로 신규호의 수락/거절을 결정한다. 시뮬레이션을 통하여 자원예측방법들에 의한 자원예측의 정확성(예측오차)과 예측된 자원을 이용한 핸드오프호의 손실확률 및 신규호의 차단확률을 비교한다. 그 결과 자원예측 방법에 의해 핸드오프호의 요구자원량을 정확히 예측함으로써 핸드오프호의 손실확률과 신규호의 차단확률이 감소하였고, 위너모델에 의한 자원예측 및 호 수락제어의 성능이 우수함을 보였다.

Abstract

This paper evaluates the performance of three methods for predicting resources requested by mobile's calls and a call admission algorithm based on these predicting methods respectively in wireless networks. The first method is based on Wiener prediction model and the second method is based on the MMOSPRED algorithm and the third method is based on the neural network. The proposed call admission algorithm is based on prioritized handoff call in resource allocation. The resources for future handoff calls are therefore predicted and reserved in advance, and then new calls are admitted as long as the remaining resources are sufficient. We compare their performances in terms of prediction error, new call blocking and handoff dropping probabilities by simulation. Results show that the CAC based on Wiener prediction model performs favorably due to exact resources prediction.

Keywords : Wiener prediction model, MMOSPRED prediction, Neural network prediction.

I. 서 론

무선 이동통신망에서는 호들이 요구하는 다양한 서비스 품질을 보장하기 위해 제한된 양의 무선자원

을 효율적으로 이용하는 자원할당기법과 호들의 트래픽 특성과 통신환경 및 원하는 서비스 품질 등을 고려하여 호 서비스의 우선순위를 정하는 호 수락제어기술이 기본기술로 되어 있다.

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

· 제1저자 (First Author) : 이진이

· 투고일자 : 2009년 4월 3일

· 심사(수정)일자 : 2009년 4월 6일 (수정일자 : 2009년 5월 15일)

· 게재일자 : 2009년 6월 30일

이동통신망은 셀룰러 방식을 사용하기 때문에 호의 서비스 품질문제는 대부분 모바일의 셀간의 자유로운 이동에 의해 발생하는 핸드오프호의 품질보장이 최우선 과제로 되어 있다. 한편, 셀룰러망에서는 무선자원의 사용효율을 높이기 위하여 셀의 반경이 점점 작아져 셀 반경이 수 십 미터의 피코셀 구조에 이르고 있다. 셀의 반경이 작아짐에 따라 모바일의 핸드오프는 더욱 잦아지고, 이에 따른 핸드오프호의 품질을 보장하기 위한 기술이 더욱 복잡해진다.

핸드오프호의 품질보장을 위한 기본적인 기술로는 주어진 자원을 일정부분 할당하여 핸드오프호만 사용하도록 하는 방법, 큐(queue)를 사용하여 대기한 후 가용자원이 생기면 우선적으로 서비스 하는 방법 [1,2] 등이 있다.

핸드오프호를 위해 일정량의 자원을 우선 사용하도록 하는 방법은 핸드오프호가 필요로 하는 자원을 미리 예측하여 예약하는 방법으로 모바일의 이동을 예측하여 방문할 셀에 일정량의 자원을 준비하는 방법[3,4,5,6]과 특정 셀에서 이전에 핸드오프호가 사용한 자원의 양을 고려하여 미래에 핸드오프호가 사용할 자원의 양을 예측하여 예약하는 방법이 있다[7,8,9,10].

전자의 방법은 대부분 모바일의 이동성에 따라 모바일이 셀에 도착하는 시간 및 이탈시간, 체류시간, 이동방향 등을 확률적으로 예측하여 모바일의 이동 경로상의 셀에 자원을 예약하는 방법이다.

후자의 방법은 모바일의 이동성과 이웃셀의 트래픽 환경에 대한 확률적 정보를 배제하고, 특정 셀에서 특정 호 또는 모든 호가 사용한 자원의 양을 기초로 일정시간 이후에 특정 호가 사용할 자원의 양을 예측하여 예약하는 방법이다. 이 방법은 호의 발생모델이나 호의 지속시간 및 호의 셀 체류시간 등에 대한 정보가 없이 요구자원을 예측하여 예약한다. 특히 멀티미디어 이동통신환경에서 서비스 호의 다양한 트래픽 특성과 요구하는 다양한 서비스 품질 및 복잡한 모바일의 이동성 등을 고려하면 전자의 확률적 모델에 의한 자원예측은 더욱 복잡한 처리를 요구하게 되어, 후자의 방법이 실용적일 수 있다.

본 연구에서는 복잡한 확률적 방법에 의한 자원 예측방법과 신경망 학습기능에 의한 예측방법에 의한 호 수락제어의 성능을 비교한다. 핸드오프호의 자원예측에 의한 핸드오프호 우선 수락방법은 핸드오

프호가 요구하는 자원의 양을 정확히 예측하여 필요 이상으로 예약하는 것을 방지하고, 이에 따라 신규호를 서비스하기 위한 가용자원의 양을 최대한 확보하여 신규호의 차단율도 줄인다.

제 2 장에서는 핸드오프호를 위한 자원 예측방법으로 위너모델에 의한 예측방법, MMOSPREP (Multimedia One Step Prediction) 예측방법, 신경망 예측기법에 의한 예측방법[9]과 이들 자원예측방법에 의해 예측된 자원의 양을 이용한 호 수락제어기법에 대해 기술한다. 제 3 장에서는 시뮬레이션을 통하여 호의 발생과정이 포아송 분포이고 호의 지속시간과 호의 채널점유시간이 지수함수 분포일 때, 각각의 예측방법들에 의한 핸드오프호의 예측자원의 정확성과 호 수락제어의 성능을 비교한다. 제4 장에서는 본 연구의 결론을 기술한다.

II. 무선자원의 예측방법 과 호 수락제어기법

호가 요구하는 자원의 양을 예측하는 자원예측방법과 예측된 자원의 양을 기초로 호수락제어를 하는 간단한 기법을 기술한다.

2-1. 위너모델에 의한 자원예측방법

모바일 터미널의 호가 요구하는 자원의 양(채널 수) $R(t)$ 는 Δt 마다 예측되며, 자원요구량의 변화 ΔR 은 다음과 같이 모델링된다.

$$\Delta R = R(t) - R(t - \Delta t) = \mu \Delta t + \alpha \delta \sqrt{\Delta t} \quad (1)$$

여기서 α 는 표준정규분포의 랜덤변수이고, μ 와 δ 는 다음 식에 의해 추정된다.

$$\mu = \frac{r(t) - r(t - k\tau)}{k\tau} \quad (2)$$

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\tau}} \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{k-1} \{(r(t - i\tau) - r(t - i\tau - \tau) - \mu\tau)^2\}}{k}} \quad (3)$$

여기서 $r(t)$ 는 자원의 양 $R(t)$ 의 샘플값, τ 는

자원 샘플값의 간격, k 는 자원예측을 위한 윈도우의 크기를 나타낸다.

2-2. MMOSPRED 에 의한 자원예측방법

호가 요구하는 자원의 양 R_i 는 다음과 같이 결정된다.

$$R_i \geq m_i(t + \Delta t) + c(CDP)v_i(t + \Delta t) \quad (4)$$

여기서 $c(CDP)$ 는 원하는 핸드오프 손실율을 만족시키는 표준정규분포의 확률 변수값이다.

$$m_i(t + \Delta t) = f_i(t)p_s(\Delta t) + \frac{p_m(\Delta t) \sum_{s=1}^r f_s(t)}{r} \quad (5)$$

$$v_i(t + \Delta t) = \sqrt{f_i v_s(\Delta t) + v_m(\Delta t) \sum_{s=1}^r f_s(t)} \quad (6)$$

여기서 $f_i(t)$ 와 $f_s(t)$ 는 각각 특정셀과 이웃셀들에서 사용하는 자원의 양을 나타낸다. $p_m(\Delta t)$ 와 $p_s(\Delta t)$ 는 각각 모바일 터미널이 이웃셀로 이동할 확률과 현재의 셀에 체류할 확률이다. 분산값 $v_m(\Delta t)$ 와 $v_s(\Delta t)$ 는 다음과 같이 정해진다.

$$v_m(\Delta t) = \frac{p_m(\Delta t)}{r} \left\{ 1 - \frac{p_m(\Delta t)}{r} \right\} \quad (7)$$

$$v_s = p_s(\Delta t)(1 - p_s(\Delta t)) \quad (8)$$

여기서 r 는 이웃셀의 개수이다.

2-3. 신경망 모델에 의한 자원예측방법

호가 요구하는 자원의 양을 교사학습을 이용한 신경망 모델에 의해 예측할 수 있다. 3 계층신경망 구조를 사용하는 경우에 신경망의 학습은 입력층과 출력층에 특정 시점을 기준으로 그 이전에 사용한 자원의 양과 그 다음 시점에 사용한 자원의 양을 각각 입력하여 입력층과 은닉층 사이의 연결강도와 은닉층과 출력층 사이의 연결강도를 트레이닝시킴으로써 이루어진다. 실제 예측단계에서는 특정 시점 이전에 사용한 자원의 양을 입력층으로 입력하여 출력층에서 그 다음 시점에서

사용할 예측된 자원의 양을 얻는다. 그림 1 은 자원예측에 이용된 신경망 구조를 나타낸다.

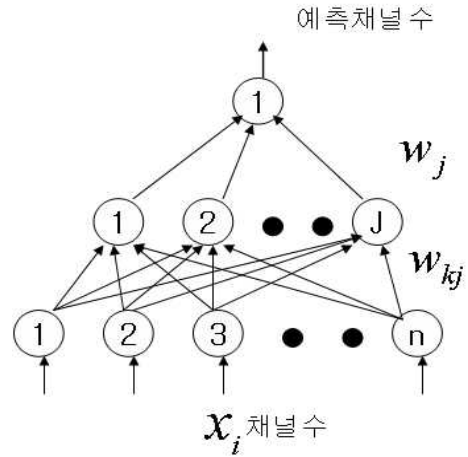


그림 1. 3 계층 전방향 신경망
Fig.1. 3 layer forward neural network

신경망 입력 $X_i = [x_1, x_2, \dots, x_n]$ 의 성분들은 각각의 시점에서 호가 사용한 자원의 양을 나타내며, 이때의 신경망 출력 Y_i 는 그 다음 시점에 사용할 예측된 자원의 양을 나타내며, 다음 식으로 표시된다.

$$Y_i = g_{out} \left(\sum_{j=1}^J w_j V_j + b_{out} \right) \quad (9)$$

$$V_j = g \left(\sum_{k=1}^n w_{kj} x_k + b_j \right) \quad (10)$$

$$g(x) = g_{out}(x) = \tanh(x) \quad (11)$$

여기서 w_{kj} 는 입력층과 은닉층사이의 연결강도, w_j 는 은닉층과 출력층 사이의 연결강도를 나타낸다. $V_j, j = 1, \dots, J$ 는 은닉층의 출력이다. b_{out} 과 b 는 출력층과 은닉층의 바이어스 값이다.

신경망은 입출력 패턴의 쌍 $[X_i, D_i]$ 으로 학습된다. 여기서 D_i 는 입력자원의 양(X_i)에 대한 원하는 출력값(그 다음 시점에서 실제 사용한 자원의 양)이다. 예측 오차는 $e_i = D_i - Y_i$ 이다. 신경망은 오류역전파 알고리즘을 사용하여 다음의 오차함수를 최소화 하는 연결강도와 바이어스 값을 찾기 위해 훈련된다.

$$J = \sum_{i=1}^m e_i^2 = \sum_{i=1}^m (D_i - Y_i)^2 \quad (12)$$

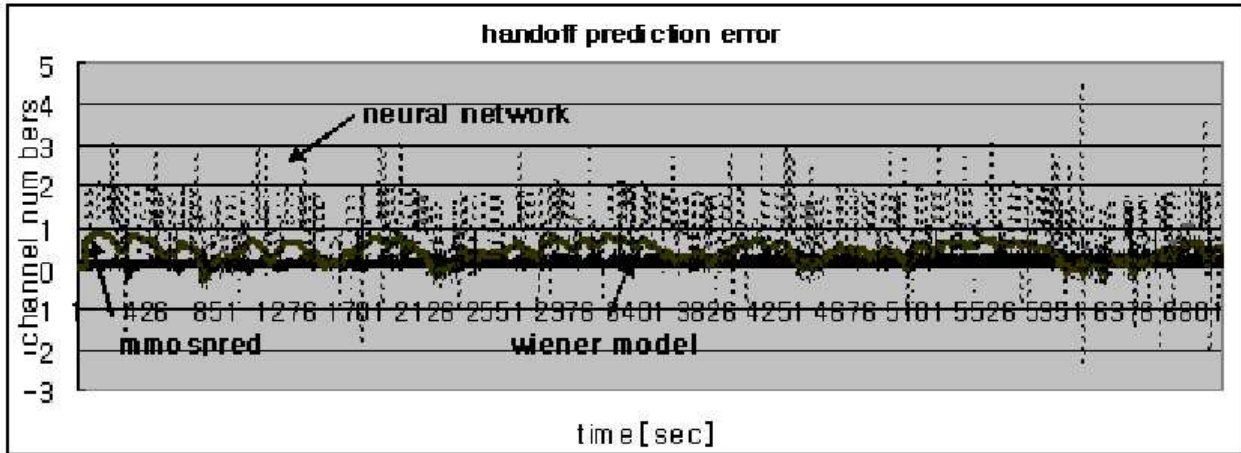


그림 3. 자원 예측방법에 의한 예측오차량의 비교
Fig.3. Comparison of prediction error

2-4. 호 수락제어 방식

본 연구의 호 수락제어 방식은 핸드오프호 우선 자원할당방식을 사용한다. 핸드오프호의 손실율(CDP)은 핸드오프호 자원예측 방식에 의해 예측된 값과 실제 요구하는 자원의 양(예측오차량)에 의해 결정된다. 신규호의 수락제어는 핸드오프호가 사용할 자원의 양을 제외한 나머지 자원으로 호 수락을 결정한다. 신규호의 수락제어는 식 (13) 과 같다.

$$C - C_T^a(t) \geq C_h^r(t) \text{ 신규 호수락} \quad (13)$$

단) $C_h^r(t) = \max(C_h^p(t + \Delta t) - C_h^a(t), 0)$

여기서 $C_h^p(t + \Delta t)$ 는 Δt 구간에서 핸드오프호가 사용할 예측된 자원의 양, $C_h^a(t)$ 는 핸드오프호가 실

제 사용하는 자원의 양, $C_h^r(t)$ 는 Δt 동안 발생 할 핸드오프호를 위해 예약해두는 자원의 양, $C_T^a(t)$ 은 서비스가 진행 중인 모든 호가 실제 사용하는 자원의 양, Δt 는 자원예약을 위한 예측간격, C 는 셀용량을 나타낸다.

III. 성능평가

위너예측방법, MMOSPRED 예측방법, 신경망 예측방법에 의한 핸드오프 호의 자원예측의 정확성을 비교하고, 예측방법에 의해 얻어진 핸드오프호의 예측량에 기초한 호 수락제어의 성능을 핸드오프호의 CDP(call dropping probability)와 신규호의 CBP(call blocking probability)에 대해 비교한다.

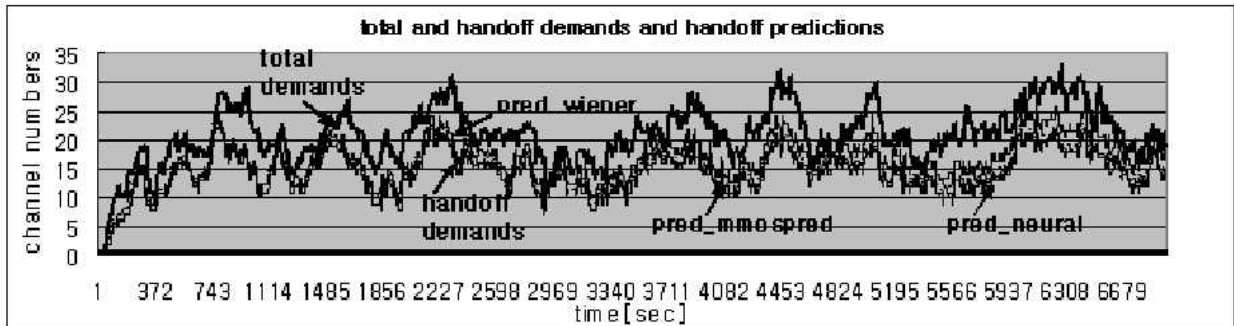


그림 2. 호 도착률 $\lambda_n = 0.1$ [개/초] 일때, 전체호가 사용하는 자원의 양과 핸드오프호가 사용하는 자원의 양 및 핸드오프호의 예측량

Fig.2. Total channel numbers required by all calls: actual handoff numbers and prediction by wiener method, mmospred, neural net respectively

3-1. 자원예측의 성능비교

무선자원 예측방법의 예측성능을 비교하기 위하여, 호의 트래픽 특성이 포이송 분포의 호의 도착 ($\lambda_n = 0.1$ [개/초]에서 0.5 [개/초]), 지수분포의 호의 지속시간(평균지속시간 200 [sec]) 과 지수분포의 채널 점유시간(평균채널점유시간 100 [sec])을 갖는 경우, 핸드오프호가 요구하는 자원의 양을 발생시킨다. 호는 1개의 채널을 사용하고, 핸드오프호의 자원예측과 자원예약을 위한 샘플간격은 매초 실시한다($\Delta t = 1$ [sec]). 예측성능은 핸드오프호가 요구한 자원의 양과 예측된 자원의 양을 비교한 예측오차를 기준으로 평가한다. 신경망 구조를 이용한 자원예측에서는 입력층 노드 수 20개, 은닉층의 노드 수 10개, 출력층 노드 수 1개로 한다. 그림 2는 예측성능을 비교하기 위하여 실제 핸드오프호가 사용한 자원의 양(채널수, handoff demands), 위너모델에 의해 예측된 자원의 양(pred_wiener), MMOSPRED 방법에 의한 예측된 자원의 양(pred_mmospred), 신경망 기법에 의한 예측된 자원의 양(pred_neural)을 나타낸 것이다. 호 수락제어에 이용되는 전체 호가 사용하는 자원의 양을 함께 표시하였다(total demands). 전체 호가 사용하는 자원의 평균은 약 20개의 채널이고, 실제 핸드오프 호가 사용하는 평균 채널 수(handoff demands)는 약 13개 이다.

위너예측에 의한 자원예측의 오차량(wiener model)은 평균은 0.205 [개], MMOSPRED 에 의한 평균예측 오차량(mmospred)은 0.260 [개], 신경망 기법에 의한 평균 예측 오차량 (neural

network)은 0.942 [개]이다.위너예측과 MMOSPRED 예측에 의한 예측오차는 평균적으로 거의 같다. 그러나 MMOSPRED에 의한 예측방법은 시간의 경과에 따라 거의 일정한 예측오차를 보이는 반면에 위너예측에 의한 방법은 예측오차가 그 다음 시점의 예측에 누적되기 때문에 시간의 경과와 함께 예측오차의 증가를 보인다. 또한 신경망에 의한 자원예측은 신경망의 입력층의 노드 수, 은닉층의 층 수 와 노드 수, 그 외의 학습파라메타를 예측오차를 최소화 하도록, 최적으로 선정하면 예측오차를 더 줄일 수 있다. 한편 위너모델에 의한 예측성능을 개선한 연구가 있다[9].

3-2. 호 수락제어의 성능비교

각각의 예측방법에 의해 얻어진 핸드오프호의 예측된 자원의 양과 전체 호가 사용하는 자원의 양을 기초로 호 수락제어를 실시한다.

그림 4 와 그림 5는 셀용량이 30[개]채널일때, 호 발생율에 따른 핸드오프호의 손실확률(CDP)와 신규호의 차단확률(CBP)를 비교한 것이다.

위너예측과 MMOSPRED 예측을 이용한 두 경우는 호 도착률에 따른 예측 오차값이 거의 같아 핸드 오프 호의 손실확률과 신규호의 차단확률에서 거의 대등한 성능을 보이고 있다. 신경망 예측기법은 상대적으로 예측오차가 커서 핸드오프 호가 실제 요구하는 양보다 적게 예측하여 예약하는 경우에는 핸드오프호의 CDP 가 증가되고, 핸드오프호를 위해 필요 이상의 자원을 예약하는 경우에는 신규호의 CBP가 증가됨을 알 수 있다. 결국 예측의 정확성에 따라 호 수락제어의 성능이 결정됨을 알 수 있다.

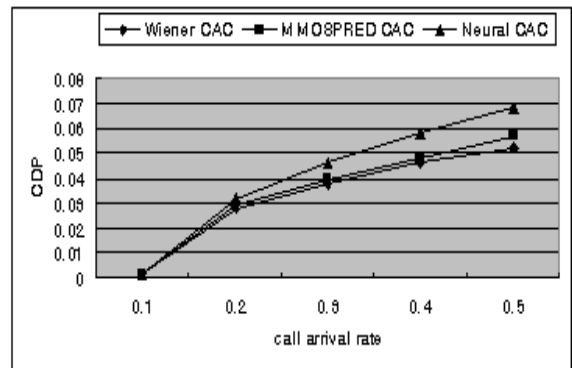


그림 4. 핸드오프호의 손실확률 비교
Fig.4. Comparison of CDP

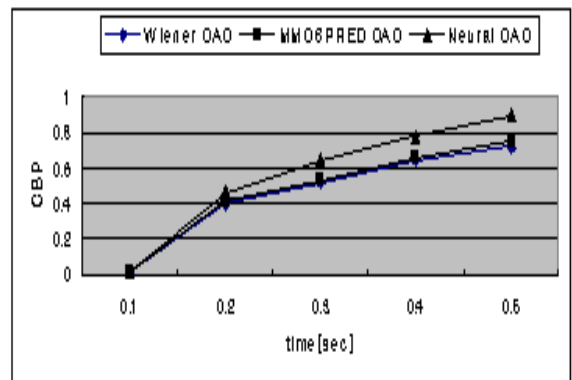


그림 5. 신규호의 차단확률 비교
Fig.5. Comparison of CBP

IV. 결 론

본 연구에서는 무선망에서 호가 필요로 하는 자원의 양을 예측하는 위너예측기법, MMOSPRED 예측기법, 신경망에 의한 예측기법을 기술하고, 이 방법에 의한 예측 오차량을 비교하고, 예측된 핸드오프호의 자원을 기초로 한 호 수락제어의 성능을 평가하였다. 그 결과 핸드오프 호가 요구하는 자원의 양을 정확히 예측하여 예약함으로써 원하는 핸드오프호 손실률을 만족하면서 신규호의 수락율을 높일 수 있음을 보였다. 자원예측의 정확성은 위너모델에 의한 자원예측이 우수한 성능을 보였고, 그에 따라 호 수락제어의 성능도 위너예측을 이용한 경우가 우수하였다. 본 연구의 신경망과 위너모델을 이용한 자원의 예측방법은 호 발생 모델이나 호의 지속시간 등의 트래픽 파라메타와는 무관하게 실제 셀에서 호들이 사용하는 자원의 양을 직접 관측하여 자원의 양을 예측할 수 있어, 복잡한 확률적 정보를 이용하여 자원을 예약하는 방법보다는 간단한 장점이 있다.

참 고 문 헌

- [1] J. Zhou and C. Beard, "Comparison of Combined Preemption and Queuing Schemes for Admission Control in a Cellular Emergency Network," *WCNC 2006 Proceedings*, pp. 122-128.
- [2] Y. B. Lin, S. Mohan and A. Noerpel, "PCS channel assignment strategies for handoff and initial access," *IEEE personal comm.* pp. 47-56, third quarter 1994.
- [3] X.Luo,etal., "A dynamic pre-reservation scheme for handoffs with GoS guarantee in mobile networks," *Proc. IEEE Int.Symp. Computers Commun.*, July 1999.
- [4] N. E. Rikli, "Effect of Terminal Mobility on Prioritized Handover of Multimedia Traffic over Cellular Wireless Networks," *WCNC 2007 Proceedings*, pp. 3656-3660.
- [5] K. Mitchell and K. Sohraby, "An analysis of the effects of mobility on bandwidth allocation strategies

in multi-class cellular wireless networks," *INFOCOM 2001 Proceedings*, pp.1005-1011.

- [6] A. Aljadhari, et al. " Predictive mobility support for QoS provisioning in mobile wireless environments," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol.19, no.10. pp 1915- 1930, Oct. 2001.
- [7] Tao Zhang, Eric van den Berg, Jasmine Chennikara, Prathima Agrawal, Jyh-Cheng Chen, and Toshikazu Kodama, "Local Predictive Resource Reservation for Handoff in Multimedia Wireless IP Networks," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, Vol.19, No.10, Oct. 2001.
- [8] 이진이, "무선셀룰러 망에서 위너모델에 기초한 자원예측 방법의 성능개선" *한국정보처리학회 논문집*, 제 12-C 권, 제 1 호, pp.69-76, 2005. 2.
- [9] 이진이, "멀티미디어 무선 IP 망에서 핸드오프호의 자원예측을 위한 LMS-위너모델" *한국통신학회 논문집*, Vol. 30, No 2A, pp. 26-33, 2005. 2.
- [10] 이진이, " 무선 셀룰러 망에서 신경망 자원예측에 의한 동적채널할당기법", *한국항공학회 학술발표회 논문집*, pp.256-260, 2008. 10.

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,
 2009. Marquis who's who in the world
 1995.3. ~ 현재 청운대학교 디지털 방송공학과 교수
 관심분야 : 이동통신기술, 통신신호처리, 방송통신기술, 퍼지신경망 응용