

ARMA 모델을 이용한 모바일 셀룰러망의 예측자원 할당기법

Predictive Resource Allocation Scheme based on ARMA model in Mobile Cellular Networks

이진이*

Jin-Yi Lee*

요 약

무선모바일 통신망에서는 사용자의 이동성보장 기술과 사용자가 요구하는 서비스품질(QoS)을 만족시키기 위한 효율적인 무선자원관리기술이 많이 연구되어 왔다. 본 연구에서는 시계열 예측기법(Time series prediction)인 ARMA(Auto Regressive Moving Average) 모델을 이용하여 사용자가 요구하는 자원의 양을 예측하여 동적으로 자원을 할당함으로써 사용자의 이동성에 따른 QoS를 보장할 수 있는 자원할당방법을 제안한다. 제안한 방법은 ARMA 예측모델을 사용하여 이전에 핸드오프연결이 사용한 채널 수를 기초로 앞으로 필요로 하는 채널 수를 예측하여 예약함으로써 원하는 핸드오프 손실률에서 서비스가 이루어지도록 한다. 시뮬레이션 결과를 통하여 기존의 RCS(Reserved channel scheme) 방법과 비교하여 핸드오프 연결의 손실률과 자원의 이용률에서 우수함을 보인다.

Abstract

There has been a lot of research done in scheme guaranteeing user's mobility and effective resources management to satisfy the requested by users in the wireless/mobile networks. In this paper, we propose a predictive resource allocation scheme based on ARMA(Auto Regressive Moving Average) prediction model to meet QoS requirements(handoff dropping rate) for guaranteeing users' mobility. The proposed scheme predicts the demanded amount of resource in the future time by ARMA time series prediction model, and then reserves it. The ARMA model can be used to take into account the correlation of future handoff resource demands with present and past handoff demands for provision of targeted handoff dropping rate. Simulation results show that the proposed scheme outperforms the existing RCS(Reserved channel scheme) in terms of handoff connection dropping rate and resource utilization.

Key words : Resource prediction, ARMA model, Handoff connection dropping rate, Resource utilization

I. 서 론

오늘날 통신기술의 큰 도전 과제중 하나는 무선통신망을 통하여 모바일 사용자들에게 끊임이 없는(seamless)서비스를 제공하는 것이다. 이를 위하여 무

선통신망의 고유한 특성인 전송지연, 제한된 대역폭의 환경에서도 사용자의 이동성과는 무관하게 오디오, 비디오 등 멀티미디어 서비스가 요구하는 서비스 품질(QoS)을 보장할 수 있는 광대역 멀티미디어 이동통신기술이 발전되어 왔다. 즉, 이동 중에도 사용

* 청운대학교 디지털방송공학과
· 제1저자 (First Author) : 이진이
· 접수일자 : 2007년 7월 18일

자가 요구하는 서비스 품질을 제공할 수 있는 기술의 개발이 지난 10여 년간의 큰 과제중 하나였다. 이러한 기술은 패킷레벨 QoS (트래픽 처리율, 지연한계, 낮은 에러율 등)뿐만 아니라, 터미널의 이동성을 고려한 연결레벨 QoS (연결설정과 지속적인 연결을 위한 관리)도 보장할 수 있어야 한다[1]. 사용자의 이동성에 의하여 발생하는 핸드오프연결의 손실확률을 최소로 위한 자원예측기법과 자원의 효율적인 사용을 위한 채널할당기법은

다음과 같다. 특정 셀에서 특정연결이 사용할 자원의 양을 예측하는 방법에는 Wiener 모델에 의한 예측방법, MMOSPRED(Multi Media One Step Prediction) 예측방법, PRKF(Predictive Reservation using a Kalman Filter) 예측방법들이 있다[2-9]. 위너 모델에 의한 자원의 예측방법은 연결이 요구하는 자원의 양을 위너과정(Wiener processing)으로 모델링하여 현재의 요구량을 기초로 다음시점에서 연결이 요구하는 자원의 양을 예측한다. 이 기법은 이웃셀의 트래픽정보를 이용하지 않고, 특정 셀 자체의 지역적인 정보만 이용하여 예측하기 때문에 간단하다. MMOSPRED 예측방법은 이웃셀의 트래픽 정보를 이용하여 특정셀의 연결이 요구하는 자원의 양을 예측하기 때문에 위너모델에 의한 예측방법보다 복잡하다. PRKF 예측방법은 칼만필터를 이용하여 원하는 핸드오프 연결의 손실율을 유지하기 하는데 필요한 최소한의 자원의 양을 예측하여 예약함으로써 최적화된 자원이용률을 얻는다. 채널할당기법에는 정적 채널할당기법(SCA : Static channel allocation)기법과 동적채널할당기법(DCA:Dynamic channel allocation)이 있다[10-14]. 정적채널 할당기법에는 NPS(Non-

prioritized scheme)와 RCS(Reserved channel scheme) 기법이 있다. NPS 기법은 과거부터 무선망에서 사용되어 온 자원할당방법으로 특정연결에 자원사용의 우선권을 주지 않고 신규연결과 핸드오프연결이 접속을 요구할 때 유동자원이 있으며 할당하고, 그렇지 못하면 종료되거나 차단된다. RCS기법은 핸드오프 연결을 위해 일정양의 무선자원을 미리 독점적으로 예약해두는 방식으로, 핸드오프연결을 위한 예약자원의 양이 지나치면 자원의 낭비를 가져올 수 있다. DCA 기법은 RCS 기법의 단점을 보완한 채널할당기

법으로 신규연결의 발생율에 따라 핸드오프 연결을 위한 예약채널의 드레시홀드를 변화시키는 기법으로 자원의 낭비를 줄일 수 있지만 중앙제어가 필요하여 시스템에 대한 트래픽의 과부하가 심각할 수 있다. 본 논문에서는 시계열 예측방법의 ARMA 모델을 사용하여 핸드오프연결이 요구하는 자원의 양을 예측하여 예약함으로써, 기존의 고정된 드레시홀드를 갖는 정적예약기법(RCS)의 성능을 개선한다. 2장에서는 기존의 자원의 예측기법과 ARMA 모델에 의한 자원예측기법을 기술한다. 3장에서는 기존의 채널할당 기법과 본 연구의 ARMA 예측모델에 의한 채널할당 기법을 기술한다. 4장에서는 시뮬레이션을 통하여 제안된 기법과 기존의 정적예약기법(NPS, RCS)과의 성능을 핸드오프 연결의 손실율, 신규연결의 차단율, 자원의 이용률에서 서로 비교한다. 5장에서는 본 연구에 대한 결론과 향후 연구과제에 대해 기술한다.

II. 자원예측에 의한 예약기법

연결이 요구하는 자원의 양을 예측하고 예약하는 기존의 방법과 본 연구의 ARMA 모델에 의한 예측기법을 기술한다.

2-1. 기존의 자원예측에 의한 예약기법

셀의 지역(local)정보를 이용하여 자원을 예측하는 Wiener 모델에 의한 자원예측 방법은 특정셀에서 연결의 종류에 따라 과거에 특정연결(또는 전체연결)들이 사용한 자원을 기초로 미래의 특정시간에 특정연결(또는 전체연결)들이 사용할 자원의 양을 예측한다. 이 방법은 인접셀에 대한 트래픽정보를 필요치 않으므로 간단하면서도 예측의 성능이 우수하지만, 트래픽 량이 정상분포가 아닌 과도상태의 분포에서는 예측오차량이 크게 되며, 이를 개선한 예측기법으로 지수함수 예측파라메타에 의한 위너예측방법과 LMS-위너 예측방법이 제안되어 있다[5,15]. MMOSPRED 예측기법은 특정 셀에서의 특정연결이 요구하는 자원의 양을 예측할 때 현재 셀의 트래픽 정보뿐만 아니라 이웃셀의 트래픽 정보(이웃셀에서 사용하는 자원의 양, 핸드오프 할 확률 등)까지 이용

하여 연결이 요구하는 자원의 양의 평균과 분산을 추정하여 예측 자원의 양을 결정하는 방법으로 워너모델에 기초한 예측방법과 비교하여 복잡하면서도 예측성능은 비슷한 것으로 되어있다[3].

2-2. ARMA 자원예측 모델에 의한 예약기법

특정 셀에서 과거에 핸드오프연결이 사용한 자원의 통계적 특성을 잘 나타낼 수 있는 시계열 모델을 사용하여 미래의 핸드오프 연결이 요구할 자원의 양을 예측할 수 있다. 이 논문에서는 ARMA(Auto regressive moving average)모델을 사용하여 미래의 핸드오프연결이 사용할 자원요구량을 예측한다. 식(1)은 자원요구량 $R(t)$ 의 변화량을 나타낸다.

$$\Delta R(t) = R(t) - R(t+1) \quad (1)$$

ARMA(p, q) $X(t)$ 는 식 (2) 와 같이 표시된다[8]. 자원예측을 위한 시계열 $X(t)$ 는 식(3)의 관계를 갖는다.

$$\begin{aligned} X(t) - \phi_1 X(t-1) - \dots - \phi_p X(t-p) \\ = Z(t) + \theta_1 Z(t-1) + \dots + \theta_q Z(t-q) \end{aligned} \quad (2)$$

$$X(t) = \Delta R(t) \quad (3)$$

여기서 $\{Z_t\}$ 는 평균이 0 이고 분산이 σ^2 인 비상관적인 확률변수인 백색잡음이며 $|\phi_q| < 1$ (인과성), $|\theta_p| < 1$ (가역성) 이다. 일반적으로 자기회귀과정의 차수 p 와 이동평균과정의 차수 q 의 선택은 AIC(Akaike Information Criterion)[8]를 사용하여 정해진다. 자원의 예약량 L 과 핸드오프연결의 손실 확률 CDP (Connection dropping probability)는 다음의 관계를 갖는다.

$$P(\Delta R \leq L) = 1 - CDP \quad (4)$$

III. 채널 할당기법

대표적인 기존의 채널할당기법과 본 연구의 ARMA 자원예측모델에 의한 채널할당기법을 기술한다.

3-1. 기존의 채널할당기법

무선망에서 연결의 종류에 따른 채널의 할당방법에는 NPS(Non-prioritized scheme), RCS

(Reserved channel scheme), QPS(Queueing priority scheme), SRS(Sub-rating scheme) 방법으로 분류할 수 있다[8]. NPS 방법은 신규연결과 핸드오프연결을 동일한 방법으로 처리하기 때문에, 신규연결의 차단 확률과 핸드오프손실확률이 같은 값을 갖으며 특정연결의 지속적인 QoS를 보장하기는 어렵지만 연결의 수용량은 크다. RCS 방법은 핸드오프연결의 손실확률을 줄이기 위해 자원할당시 핸드오프연결에 우선권을 두는 방식으로 핸드오프연결이 독점적으로 사용할 수 있는 보호채널을 예약해둔다. 이 방식은 보호채널의 크기를 정하는 문제가 관건이며 보호채널이 크면 자원의 낭비는 물론 상대적으로 신규연결의 차단율이 증가된다. QPS 방법은 핸드오프연결을 위한 가용채널이 없을 때 큐에 대기하는 방법으로 FIFO 기법으로 채널을 할당받는다. SRS 방법은 핸드오프연결을 위한 채널이 없을 때 기존채널의 전송률을 줄여서 가용채널이 생기면 핸드오프연결을 서비스하는 방법이다.

3-2. ARMA 예측모델에 의한 채널할당기법

본 연구의 ARMA 예측모델에 의한 채널할당방식을 그림 1 에 나타내었다. 신규연결은 일반채널(normal channel)을 사용하며 핸드오프연결은 전체채널 모두를 사용할 수 있으며 핸드오프연결이 요구하는 채널 수를 ARMA 모델로 예측하고 예측된 양을 예약한 후 신규연결보다 우선적으로 할당받게 된다.

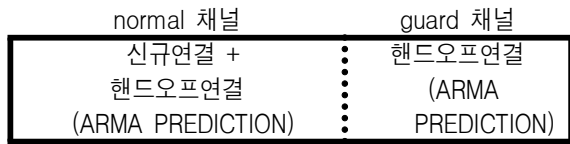


그림 1. ARMA 예측모델에 의한 채널할당방식
 Fig. 1. Channel allocation scheme for handoff connections by ARMA prediction

제안한 채널할당방식은 기존의 RCS 방법에서 고정된 최적의 보호채널을 결정하는 어려움을 해결하기 위해 핸드오프연결이 요구하는 자원의 크기를 예측하고 그 예측된 양을 동적으로 할당함으로써 원하는 핸드오프연결의 손실율과 자원의 이용률을 높일 수 있다.

IV. 시뮬레이션

본 연구의 ARMA(5,5) 모델에 의한 예측기법을 사용한 채널할당기법과 기존의 정적채널할당기법(NPS

기법과 RCS기법)의 성능을 신규연결의 차단율, 핸드오프연결의 손실율, 자원이용률에서 비교한다.

4-1. ARMA 모델에 의한 자원예측의 성능

ARMA 모델에 의한 핸드오프연결의 자원요구량의 예측성능을 평가하기 위한 트래픽환경은 다음과 같다. 신규연결의 도착분포는 포아송분포 ($\lambda_n = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$ [개/초])이며, 신규연결의 지속시간(평균지속시간 200[초])과 채널점유시간(평균 채널점유시간 100[초])의 분포는 지수함수분포를 한다. 그림 2는 핸드오프연결의 연결이 요구하는 채널수는 1 개로 하였고, 정확한 예측을 위하여 예측은 매초마다 실시하였다. 그러나 기지국의 오버로드를 고려하면 트래픽 양이 정상적인 분포를 할 경우에는 예측간격을 크게 할 수도 있다. 도착율이 0.5 [개/초]일때, 핸드오프연결이 요구하는 채널수와 ARMA 모델에 의해 예측된 채널의수를 나타낸 것이다.

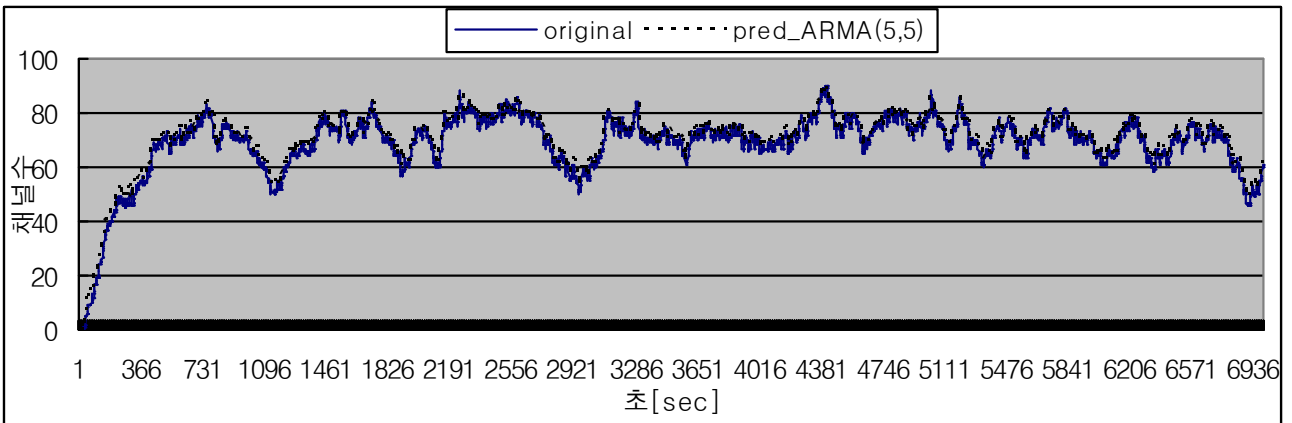


그림 2. 평균 도착율이 0.5[개/초]일때 핸드오프연결의 채널요구량과 예측된 채널 수
 Fig.2. Channel requested by handoff connections : actual numbers and predicted by ARMA model

그림 3은 자원예측의 예측오차량을 나타낸다. 평균 2.8개의 오차를 보인다.

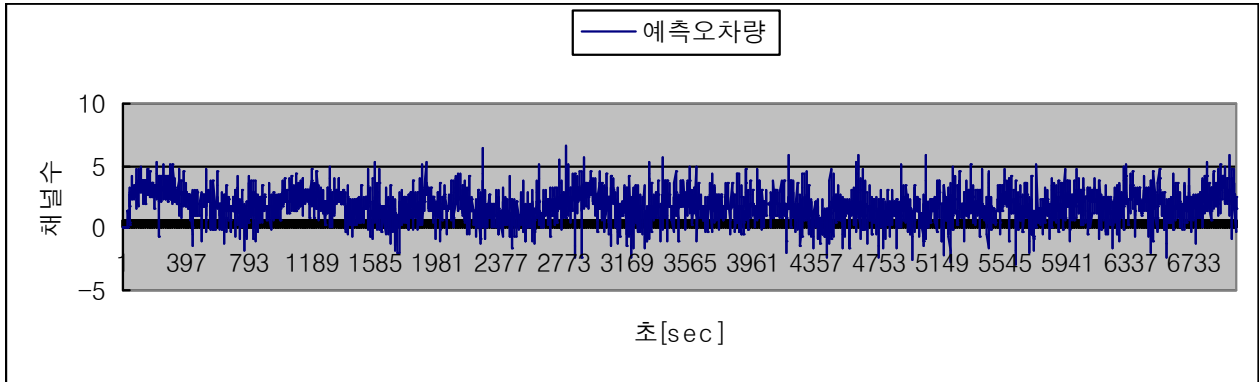


그림 3. 자원의 예측오차량
Fig.3. Error in predicted channel numbers

4-2. 핸드오프연결의 손실율, 신규연결의 차단율, 자원이용률의 비교

제안한 예측기법에 의한 동적채널 할당기법과 기존의 정적할당기법의 성능을 핸드오프 연결의 손실율, 신규연결의 차단율, 채널이용률에서 비교한다. 셀의 용량은 80 채널로 하고 기존의 RCS 기법에서 드레시홀드는 60:20 으로 하였다.

그림 4는 핸드오프연결의 손실율을 비교한 것이다. 제안한 기법에서는 핸드오프연결의 요구량을 미리 예측하여 할당함으로써 예측이 없는 정적할당기법보다 우수함을 알 수 있다(핸드오프연결의 손실율은 0.02 이하유지). 정적할당기법의 NPS 와 RCS 비교에서는 핸드오프 연결을 위한 일정량을 예약해두는 RCS 기법이 우수함을 알 수 있다.

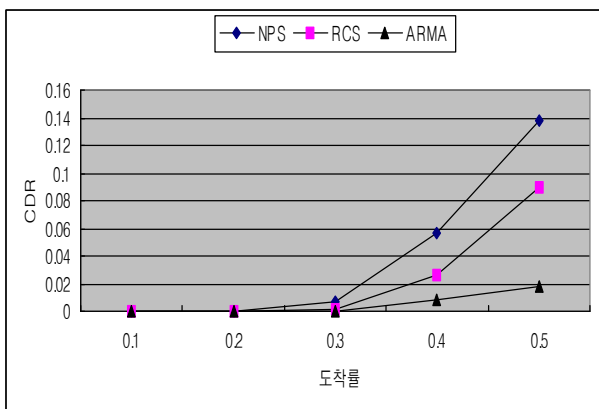


그림 4. 핸드오프연결의 손실율
Fig. 4. Handoff connections dropping rate

그림 5는 신규연결의 차단율을 비교한 것이다. 신

규연결의 차단율은 정적기법의 NPS기법이 제일 우수함을 알 수 있다. 이 방법은 자원사용에 있어서 모든 연결이 우선순위가 없이 공평하게 이용하기 때문이다. 제안한 기법에서 신규연결의 차단율은 RCS 기법보다 약간 높음을 알 수 있다. 이것은 제안한 기법은 핸드오프연결이 요구하는 자원의 양을 미리 정확히 예측하여 발생한 핸드오프연결에 모두 할당되므로 상대적으로 신규연결의 차단율이 증가됨을 나타낸다.

그러나 원하는 핸드오프연결의 손실율 범위내에서 보호채널의 크기를 약간 줄이면 신규연결의 차단율은 개선할 수 있다.

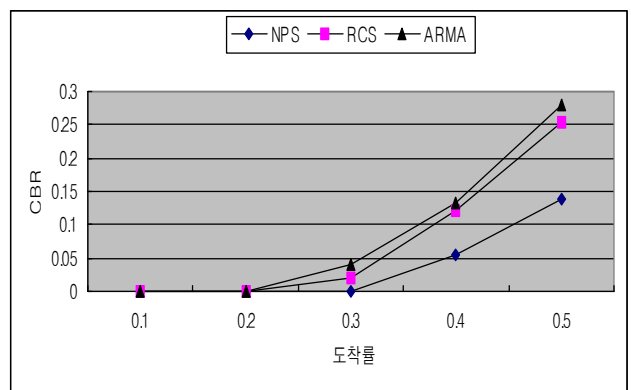


그림 5. 신규연결의 차단율
Fig.5. New connections blocking rate

그림 6은 자원이용률을 비교한 것이다. 일반적으로 알려진 것처럼 연결의 도착율이 낮을 때는 자원이용률은 거의 비슷한 값을 나타낸다. 그러나 연결의 도착율이 증가함에 따라 기존의 정적할당기법인 NPS 기법이 제일 우수함을 알 수 있다. 제안한 기법은 핸드

호프연결을 위해 예약된 자원의 양은 모두 할당됨으로써 기존의 고정된 드레시홀드값을 갖는 RCS 방법보다 자원이용률이 약간 증가됨을 알 수 있다. 이것은 예약된 자원이 낭비가 되지 않도록 연결이 요구하는 자원의 양을 정확히 예측하고, 예약된 양은 모두 발생된 연결에 할당됨으로써 자원의 이용율을 높일 수 있음을 나타낸다.

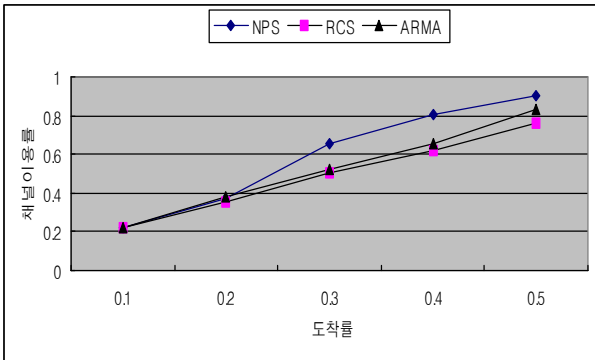


그림 6. 채널이용률
Fig.6. Channel utilization

V. 결 론

셀룰러 무선망에서 사용자 각각의 원하는 서비스 품질을 만족시키기 위해서는 제한된 무선자원을 효율적으로 사용할 수 있는 기술이 필요하다. 본 연구는 기존의 정적자원 예약할당기법인 RCS 채널할당기법의 자원이용률과 서비스 품질(핸드오프연결의 손실율)의 향상을 위한 예측자원 할당기법을 연구하였다. 제안된 방법은 시계열 예측방법인 ARMA 모델을 이용하여 핸드오프연결이 요구하는 자원의 양을 정확히 예측하고, 그 예측된 자원의 양을 예약한 후 예약된 양은 핸드오프연결이 발생할 때 모두 할당함으로써 원하는 핸드오프연결의 손실율이 보장되면서 자원의 이용율을 높일 수 있음을 보였다. 그러나 본 연구에서는 신규연결에 대한 차단율이 개선되지 않고 있어 신규연결의 발생율이 클 때는 원하는 핸드오프연결의 손실율하에서 핸드오프연결을 위한 보호채널의 수를 줄일 수 있는 신규연결의 확률적 발생모델에 기초한 자원예측할당기법의 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] S.Lu,V.Bhargavan, and R.Srikant,"Fair scheduling in wireless packet networks,"in Proc. *ACM SIGCOMM'97*, pp. 63-74, Cannes, France, September 1997.
- [2] S.Tekinary and B.Jabbari, "Handover and channel assignment in mobile cellular networks," *IEEE Com. Mag.*, pp.42-46, Nov. 1991.
- [3] 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.
- [4] 이진이, "멀티미디어 무선 셀룰러 망에서 자원예측을 위한 워너모델의 성능개선", *한국통신학회 하계 종합학술발표회 논문집*, 5C-82, 2004. 7
- [5] 이진이, "멀티미디어 무선 IP 망에서 핸드오프 호의 자원예측을 위한 LMS- 워너모델" *한국통신학회 논문지*, Vol. 30, No 2A, pp. 26-33, 2005. 2.
- [6] M. Achir, et al., "Predictive resource allocation in cellular networks using Kalman filters," *IEEE ICC' 2003*, pp. 974-981.
- [7] R.E.Kalman, "A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems." *Transaction of the ASME-Journal of Basic Engineering*, pp.35-45, March 1960.
- [8] P. J. Brockwell and R. A. Davis," Introduction to Time Series and Forecasting, " *Springer-Verlag*, 2002
- [9] P.J.Brockwell and R.A.Davis, *Time Series : Theory and Methods*, 2nd ed. New York : Springer Verlag, 1991.
- [10] Kumar N. Sivarajan and Robert J. McEliece, "Dynamic channel assignment in cellular radio," *IEEE ICC '90*, PP. 631-637.
- [11] X.Luo,etal., " A dynamic pre-reservation scheme for handoffs with GoS guarantee in mobile networks," *Proc. IEEE Int.Symp. Computers Commun.*, July 1999.
- [12] Hitoshi takanashi and Toshiaki, "Dynamic microcell assignment technique with distributed control scheme," *IEEE Comm. Mag.*, pp.567-571, 1995.
- [13] L.Ortigoza-Guerrero, etal., "A prioritized handoff dyna

mic channel allocation strategy for PCS," *IEEE Trans. Vehic. Technol.*, vol.48, pp.1203-1215, July 1999.

- [14] D. Kunz, "Channel assignment for cellular radio using neural networks," *IEEE Trans.on Vehicular Technology*, vol. VT-40, pp. 430-436, Nov. 1992.
- [15] 이진이, "무선셀룰러 망에서 위너모델에 기초한 자원예측 방법의 성능개선" *한국정보처리학회논문지*, 제 12-C 권, 제 1 호, pp.69-76, 2005. 2.

이진이 (李鎭伊)



1985년 : 숭실대학교 전자공학과
(학사)

1988년 : 숭실대학교 전자공학과
(석사)

1994년 : 숭실대학교 전자공학과
(박사)

1995년 3월 ~ 현재 : 창원대학교

디지털 방송공학과 교수

관심분야 : 이동통신기술, 통신신호처리, 방송통신기술, 퍼지신경망 응용