

멀티미디어 무선 IP 망에서 핸드오프 호의 자원예측을 위한 LMS-위너 모델

정회원 이 진 이*, 이 광 형**

LMS-Wiener Model for Resources Prediction of Handoff Calls in Multimedia Wireless IP Networks

Jinyi Lee*, Kwanghyung Lee** *Regular Members*

요 약

무선 IP 망의 자원 예약 방식에서는 미래의 호가 요구하는 무선자원의 양을 정확히 예측함으로써 제한된 무선자원의 이용률을 높일 수 있다. 본 연구에서는 멀티미디어 무선 IP 망에서 미래의 핸드오프 호가 요구하는 무선자원(대역폭)의 양을 예측하는 LMS-Wiener 예측방법을 제안하고, 자원의 예측 오차량의 크기에 관해서 기존의 위너 모델링에 기초한 예측방법과 성능을 비교한다. 성능비교를 위한 트래픽 환경은 피코셀 구조의 무선IP 망에서 장시간 호의 도착패턴이 일반적인 포아송 분포보다는 비포아송 분포를 보이므로 핸드오프 호의 도착과정을 비 포아송 분포, 핸드오프 호의 채널 점유 시간도 비 지수 분포로 모델링 하였다. 시뮬레이션 결과 기존의 위너모델에 의한 방법에서는 예측시점이 경과함에 따라 예측 오차량의 크기가 증가하는 반면에 제안한 방법에서는 예측 오차량의 크기가 감소하는 수렴성을 보였다. 따라서 제안한 자원의 예측 방법이 기존의 방법보다 미래의 핸드오프 호가 필요로 하는 무선자원의 양을 상대적으로 정확히 예측함으로써 필요이상의 과도한 자원의 예약으로 발생하는 무선자원의 낭비를 줄일 수 있음을 알 수 있다.

Key Words : LMS-Wiener Model, Resource Prediction, Handoff Calls, Wireless IP Networks

ABSTRACT

Exact prediction of resource demands for future handoff calls enhances the efficiency of the limited resource utilization in resource reservation methods for potential calls in wireless IP networks. In this paper, we propose a LMS-Wiener resource(bandwidth) prediction for future handoff calls, and then the proposed method is compared with an existing Wiener-based method in terms of prediction error through our simulations. In our simulations, we assume that handoff call arrivals follow a non-Poisson process and each handoff call has a non-exponentially distributed channel holdingtime in the cell, considering that handoff call arrival pattern is not Poisson distribution but non-Poisson for long periods of time in wireless picocellular IP networks. Simulation results show that the prediction error in the proposed method converges to the lower value while in an existing method increase as time is passed. Therefore we may conclude that the proposed method improves the efficiency of resource utilization by more exactly predicting resource demands for future handoff calls than an existing method.

* 청운대학교 전자공학과 (jinyi@chungwoon.ac.kr), **숭실대학교 정보통신전자공학부 컴퓨터신호처리연구실(khlee@e.ssu.ac.kr)
논문번호 : KICS2004-07-095, 접수일자 : 2004년 7월 10일

I. 서론

무선 통신망은 IP 기반 무선이동 통신망으로 점차 발전 되어감에 따라 무선 이동환경에서 기존의 음성 서비스 이외의 다양한 멀티미디어 서비스(인터넷 액세스)를 제공하기 위한 새로운 기술이 필요하게 되었다. 멀티미디어 서비스는 다양한 트래픽 특성을 갖는 많은 종류의 서비스 클래스로 구성되어 있고 이들 서비스 또한 각각 다른 수준의 서비스 품질을 원하기 때문에, 제한된 무선자원 하에서 만족한 서비스 품질을 제공하기 위한 자원의 효율적인 분배기술은 더욱 정교 할 수밖에 없다. 자원분배는 일차적으로 서비스가 요구하는 자원의 양을 정확히 예측하는 것이 전제되어야 하는데 모바일의 이동성으로 인해 미래의 핸드오프 호가 요구할 자원의 양을 정확히 예측하는 것이 어렵기 때문에 사실상 자원의 이용률을 높이면서 자원을 효율적으로 분배하는 것은 쉽지 않다. 또한 무선망은 가능한 많은 멀티미디어 서비스를 수용하기 위해서 주파수 대역의 재사용을 통한 무선 자원의 용량을 더욱 증가시키게 되었고, 이를 위해 셀룰러 구조를 채택하게 되었으며 셀의 크기는 더욱 작아지는 추세에 있다. 이러한 셀 크기의 축소는 모바일의 핸드오프율을 더욱 증가시키기 때문에 원하는 서비스 품질(QoS)을 만족시키면서 서비스 하는 것이 더욱 어렵게 된다. 따라서 무선 IP 망에서 멀티미디어 핸드오프 호가 요구하는 서비스 품질을 만족시키기 위해서는 미래의 핸드오프 호가 요구할 자원의 양을 정확히 예측하는 것이 필요하며 다른 한편으로는 제한된 자원의 효율적인 사용을 위해서 자원의 공평한 분배가 요구된다.

미래의 멀티미디어 핸드오프 호가 요구할 자원의 양을 예측하고 그 양을 예약하는 방법에는 크게 모바일 차원에서 예측하는 방법^{[1][2][3][4]}과 셀 차원에서 예측하는 방법^[5]이 나눌 수 있다. 모바일 차원에서 예측하는 방법은 인접 셀에 있는 서비스 종류 별 모바일의 개수, 모바일의 이동성을 고려한 핸드오프 확률, 서비스 종류 별 요구하는 자원의 양 등 다양한 정보들을 기지국이 서로 실시간적으로 교환하면서 예약 양을 결정하는 방법으로 고려하는 요소들이 많을수록 정확한 예측이 가능하지만 기지국이 처리해야할 오버로드는 매우 크게 된다. 이 방법보다 훨씬 간단하면서 대등한 성능을 갖는 방법이 셀 차원에서 핸드오프 호가 요구하는 자원의 양을

예측하는 방법이다. 이 방법은 위너의 예측이론을 사용하여 특정 셀에서 핸드오프 호가 이전에 사용한 자원의 양을 기초로 일정 시간 후에 핸드오프 호가 요구할 자원의 양을 예측하는 방법이다. 이 방법은 핸드오프 호의 트래픽 특성을 일정 형태로 모델링할 필요가 없고 예측 시점을 기준으로 이전에 사용한 자원의 양을 관측을 통하여 간단히 예측함으로써 멀티미디어 무선 IP 망에서 요구 자원의 양을 예측하는데 적합하다. 무선 IP 망에서 멀티미디어 핸드오프 호가 요구하는 자원의 양은 임의적으로 광범위한 값을 갖고, 셀의 크기는 피코 셀 구조의 작은 크기를 갖기 때문에 잦은 핸드오프 발생으로 핸드오프 호 도착과정이 포이송 분포보다는 비포이송 분포에 가까우며 채널 점유시간도 지수함수 분포보다는 임의의 일반적 분포가 더 적합하다^[6]. 또한 모바일의 이동속도가 빠른 경우에는 피코 셀 구조와 같은 작은 셀에서 모바일의 체류시간은 매우 짧기 때문에 모바일의 이동성과 관련한 정보를 기지국이 서로 실시간적으로 교환하는 과정은 더욱 복잡하게 된다. 따라서 이러한 무선 IP 망의 트래픽 환경에 적합한 자원 예측방법은 셀 차원에서 예측하는 방법이 더 적합하다. 본 연구에서는 멀티미디어 무선 IP 망에서 위너예측 이론을 토대로 한 자원 예측 방법인 LMS-위너 자원예측 방법을 제안하고 기존의 방법과 예측의 정확성 측면에서 성능을 비교한다. 2 장에서는 위너 예측에 의한 기존의 자원 예측방법과 제안한 LMS-위너 예측방법을 기술한다. 또한 자원 예측에 적용할 시계열(time series) 예측 알고리즘인 ARMA 예측모델을 기술한다. 3 장에서는 시뮬레이션을 통하여 자원예측의 오차 양을 기준으로 기존의 위너모델에 기초한 자원의 예측방법, 제안한 방법, 시계열 예측 알고리즘을 사용한 자원예측 방법의 성능을 비교한다. 4 장에서는 결론과 향후 연구과제에 대해 기술한다.

II. 자원 예측모델

위너모델에 의한 기존의 자원 예측방법, 제안된 자원 예측방법, 시계열 ARMA 예측모델에 의한 자원예측 과 구간예측에 의한 핸드오프 호 손실률을 기술한다.

2.1 자원예측을 위한 기본 위너모델^[5]

위너과정에 기초한 핸드오프 호의 자원 요구량 $R(t)$ 의 예측방법에서는 자원 요구량의 증가분 ΔR

을 표준 정규분포로 모델링하며 ΔR 는 예측시점 t 와 관계없이 서로 독립이고 다음 시점에서 ΔR 은 단지 현재의 ΔR 값에 의존하는 마르코프 과정(Markov process)으로 모델링하며 식 (1)과 같다.

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

여기서, α 는 $N(0, 1)$ 인 확률변수이고 Δt 는 요구자원의 예측 간격이다 식 (1)의 기본 모델링 방법을 기초로 ΔR 의 평균과 표준편차를 도입한 자원 요구량의 모델링은 식 (2)과 같다.

$$\Delta R = \mu \Delta t + \alpha \delta \sqrt{\Delta t} \quad (2)$$

여기서, μ 와 δ 는 각각 ΔR 의 순간 평균과 순간 표준편차를 나타낸다 식 (2)은 ΔR 의 평균이 $\mu \Delta t$, 표준편차가 $\delta \sqrt{\Delta t}$ 인 정규분포를 갖는 확률변수로 모델링 한 것으로 μ 와 δ 값은 다음 식 (3),(4)로 추정한다.

$$\hat{\mu} = \frac{\sum_{i=0}^{k-1} [r(t - i\tau) - r(t - i\tau - \tau)]}{k\tau} = \frac{r(t) - r(t - k\tau)}{k\tau} \quad (3)$$

$$\hat{\delta} = \frac{1}{\sqrt{\tau}} \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{k-1} [r(t - i\tau) - r(t - i\tau - \tau) - \hat{\mu}\tau]^2}{k}} \quad (4)$$

여기서, $r(t)$ 는 핸드오프 호가 사용한 자원의 표본화 값이고, τ 는 셀에서 이전에 사용하였던 자원의 양을 구하기 위한 시간상의 표본화 간격이다 k 는 예측시점 이전에 사용하였던 자원 양의 표본화 개수이다

자원의 예측은 미래의 핸드오프 호가 요구할 자원의 양을 정확히 예측하여 그 양을 예약함으로써 원하는 핸드오프 손실률 이하에서 서비스가 이루어 지도록 하기 위한 것이다. 원하는 핸드오프 호 손실률 CDP 를 만족하는 자원의 예약량 L 은 식 (5)로 표현된다

$$P(\Delta R \leq L) = 1 - CDP \quad (5)$$

여기서, 자원의 예약량은 예측된 양 만큼 예약된다고 가정한다. 따라서 미래의 멀티미디어 핸드오프 호가 요구하는 자원의 양에 대한 예측의 정확성에 따라 자원의 이용률이 결정되므로 필요이상의 과도한 예약량은 자원의 낭비를 초래하고, 적은 양의 예

약은 핸드오프 호의 손실을 가져온다.

2.2 자원예측을 위한 제안된 워너모델

제안된 LMS-워너모델은 멀티미디어 무선 IP 망에서 미래의 핸드오프 호가 요구하는 자원의 요구량을 예측하는 방법으로 기존의 워너모델에 의한 자원 예측 방법에서 자원의 증감량을 정규분포로 규정하는 파라메타 α 값을 LMS 알고리즘을 사용하여 자원의 예측 오차량을 최소로 하는 방향으로 재조정하면서 요구자원의 양을 예측하는 방법이다

2.2.1 LMS-워너모델

예측량과 실제 요구량의 예측 오차량의 지승 평균을 최소로 하는 LMS 알고리즘^{7)[8][9]}을 사용하여 α 값을 정하는 LMS 워너 모델은 다음 식 (6)과 같다.

$$\Delta R = \mu \Delta t + \alpha(t) \delta \sqrt{\Delta t} \quad (6)$$

파라메타 $\alpha(t)$ 는 다음의 순환 식으로 구해지며 정규화 된 형태를 갖는다

$$e(t) = r(t) - \hat{r}(t) \quad (7)$$

$$D(t) = wD(t-1) + r^2(t-1) \quad (8)$$

$$\alpha(t) = \alpha(t-1) + r(t-1)e(t-1)/D(t) \quad (9)$$

여기서, $\hat{r}(t)$ 는 예측된 자원의 양, w 는 적응속도와 적응 후의 자원의 증감량의 변화를 조정하는 파라메타로 1에 가까운 값을 갖는다

2.2.2 ARMA 모델¹⁰⁾

특정 셀에서 이전에 사용된 자원의 양의 통계적 특성을 잘 나타낼 수 있는 적절한 시계열 모델을 사용하여 미래의 자원 요구량을 예측할 수 있다

ARMA(p,q) 과정은 랜덤변수 $\{X_t\}$ 의 선형 차분 방정식으로 표시되어 식 (10)과 같다.

$$X_t - \phi_1 X_{t-1} - \dots - \phi_p X_{t-p} = Z_t + \theta_1 Z_{t-1} + \dots + \theta_q Z_{t-q} \quad (10)$$

여기서 $\{Z_t\} \sim WN(0, \sigma^2)$ 인 확률변수 이고 ϕ_p 와 θ_q 는 상수이다 p 와 q 는 모델의 차수를 나타낸다. 모델이 인과성(causal)을 갖기 위해서는 $|\phi_p| < 1$ 이고, 가역성(invertible)을 갖기 위해서는

$|\theta_q| < 1$ 이어야 한다. AR(p) 모델과 MA(q) 모델은 각각 식(11) 와 식 (12)으로 표시된다.

$$X_t = \phi_1 X_{t-1} + \dots + \phi_p X_{t-p} \quad (11)$$

$$X_t = Z_t + \theta_1 Z_{t-1} + \dots + \theta_q Z_{t-q} \quad (12)$$

ARMA 모델을 이전에 사용한 자원의 양에 fitting 시키기 위한 모델의 차수를 결정하는 방법에는 Akaike 가 제안한 AI (Information Criterion of Akaike) 기준과 Hurvich 와 Tsai 가 제안한 AICC(또는 BIC, Biased-corrected version of AIC) 기준을 사용하는 방법이 있으며, 각각의 기준을 최소로 하는 차수 p, q를 구한다.

III. 자원예측 방법의 성능평가

성능비교를 위한 트래픽 환경은 피코 셀 구조의 멀티미디어 무선 IP 망을 고려하여 비 포이송 분포의 핸드오프 호 도착과정, 비 지수분포의 핸드오프 호의 채널 점유 시간으로 모델링 하여, 기존의 방법과 제안된 방법의 성능을 비교하였다. 시계열 ARMA 예측모델은 최적화 된 것으로 하여 비교하였다. 멀티미디어 핸드오프 호가 매분 마다 요구하는 자원의 양은 음성 서비스와 인터넷 멀티미디어 서비스를 고려하여 16[kbps]에서 56[kbps]의 균일 분포로 하였다. 이러한 트래픽 특성은 1 차 AR(1) 모델인 식 (13)을 사용하여 발생하였다.

$$X_t = \phi_1 X_{t-1} + Z_t \quad (13)$$

핸드오프 호의 도착은 평균 도착 간 시간이 1/5[분]인 지수분포의 확률변수 Z_t 와 파라메타 $\phi_1 = 0.8$ 로 하여 발생시키고, 핸드오프 호의 채널 점유시간 분포는 평균 점유시간이 10[분]인 지수분포의 Z_t 와 파라메타 $\phi_1 = 0.5$ 로 하여 발생시켰다. 핸드오프 호의 서비스 품질은 핸드오프 호의 손실률로 정의하고 원하는 핸드오프 호 손실률(CDP)은 0.05 이하의 값으로 정하였다. 자원예측을 위한 기존의 위너 모델과 제안된 방법들에서 자원의 샘플링 간격 $\tau = 1$ [분], 예측 간격 $\Delta t = 1$ [분], 자원 예측을 위한 이전 자원의 샘플 개수 $k = 25$ [개]로 하였다.

그림 1은 AR(1) 모델을 사용하여 핸드오프 호가 요구하는 실제 자원의 양을 나타낸다. 그림 2, 그림 3, 그림 4는 각각 기존의 위너모델과 제안된 위너모

델, ARMA 모델에 의한 예측된 자원의 양을 나타낸 것이다.

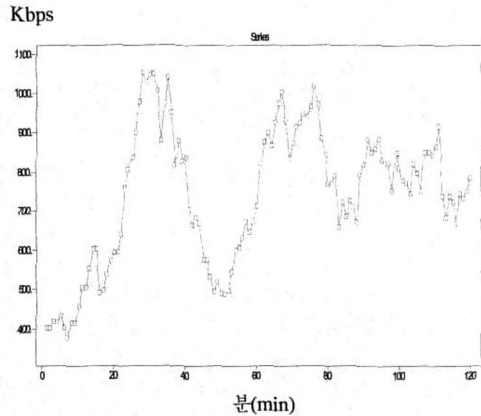


그림 1. 핸드오프 호가 요구하는 자원의 양

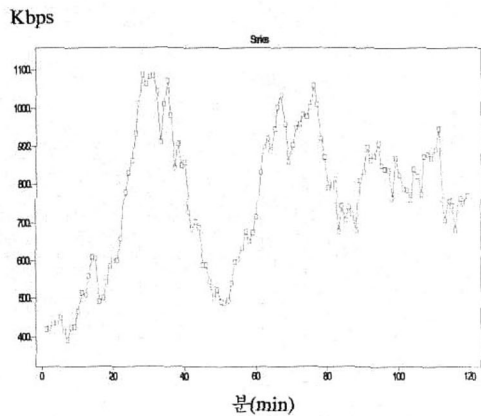


그림 2. 기존의 위너 모델에 의한 예측된 자원의 양

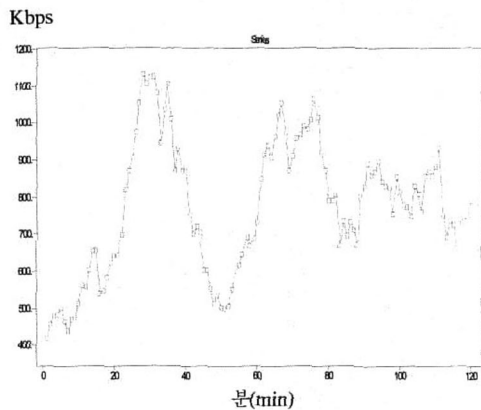


그림 3. 제안된 LMS- 위너모델에 의한 예측된 자원의 양

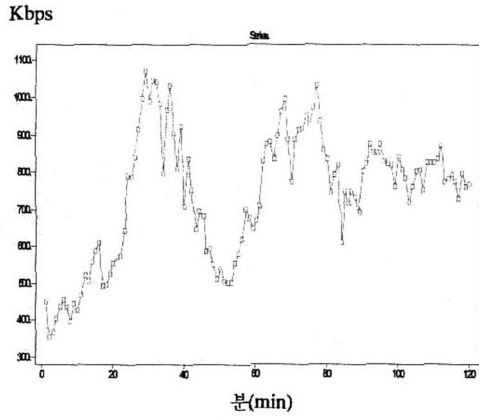


그림 4. ARMA 예측 모델에 의한 예측된 자원의 양

그림 5, 그림 6, 그림 7은 CDP=0.05 일 때, 각각의 자원 예측방법에 의한 자원의 예측 오차량을 나타낸다.

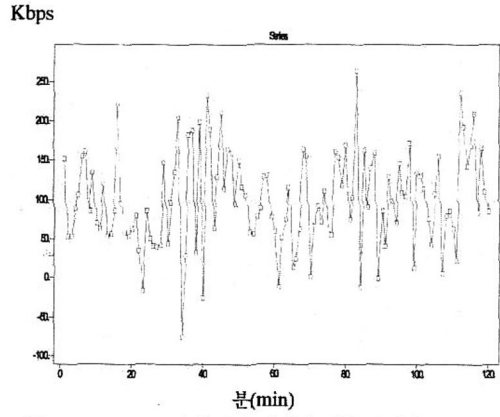


그림 7. ARMA 모델에 의한 자원의 예측 오차량

기존의 워너모델에서는 구간별 자원의 예측 오차량이 평균적으로 증가함을 보이는 반면에 제안된 LMS- 워너 모델은 예측시점이 경과함에 따라 예측 오차량의 크기가 0으로 수렴함을 볼 수 있다.

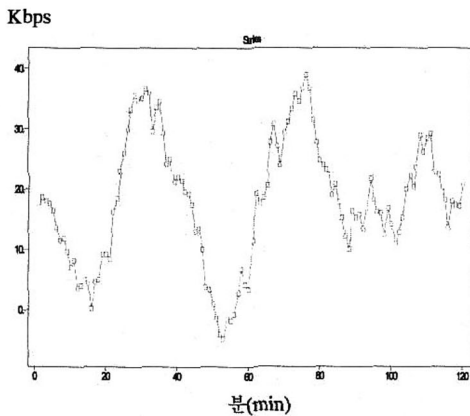


그림 5. 기존 워너모델에 의한 자원의 예측 오차량

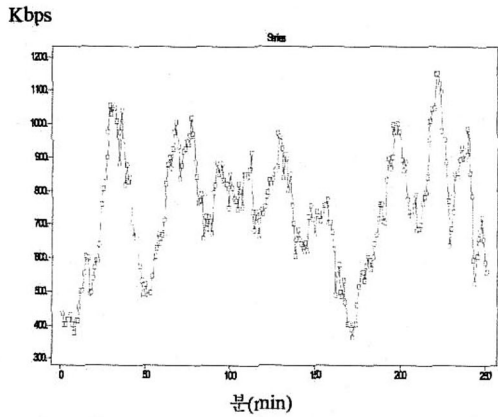


그림 8. 핸드오프가 요구하는 자원의 요구량

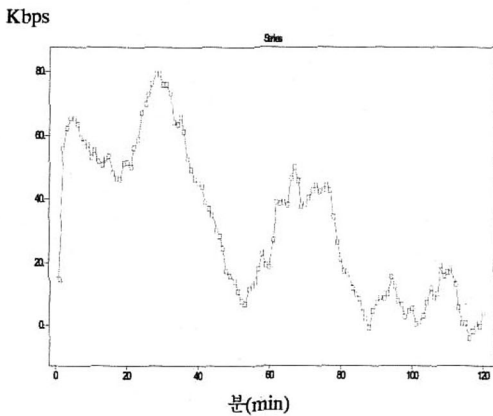


그림 6. 제안된 LMS-워너모델에 의한 자원의 예측 오차량

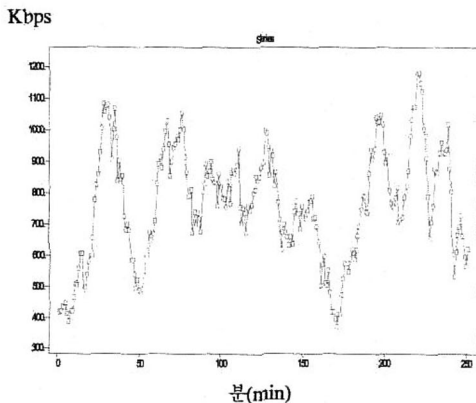


그림 9. 기존 워너모델에 의한 자원의 예측량

예측구간을 길게 하고, $CDP = 0.036$ 일 때 각각의 자원 예측방법에 의한 자원의 예측 오차량을 비교하였다. 그림 8은 예측구간을 길게 하였을 때, 핸드오프 호가 요구하는 자원의 요구량이다. 그림 9, 그림 10, 그림 11은 각각의 방법에 의한 자원의 예측량을 나타낸다.

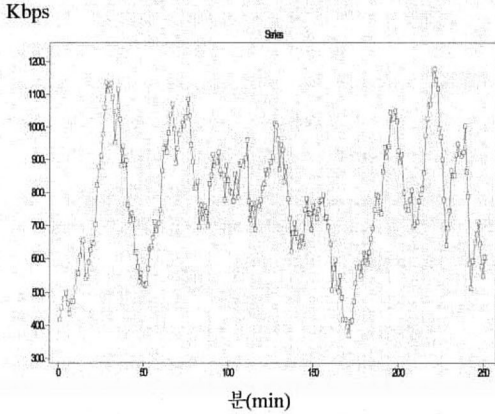


그림 10. 제안된 LMS- 위너 모델에 의한 자원의 예측량

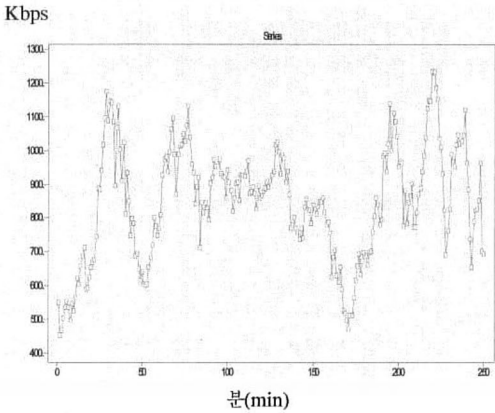


그림 11. ARMA 예측 모델에 의한 자원의 예측량

그림 12, 그림 13, 그림 14는 각각의 예측 방법에 의한 자원의 예측 오차량을 나타낸다.

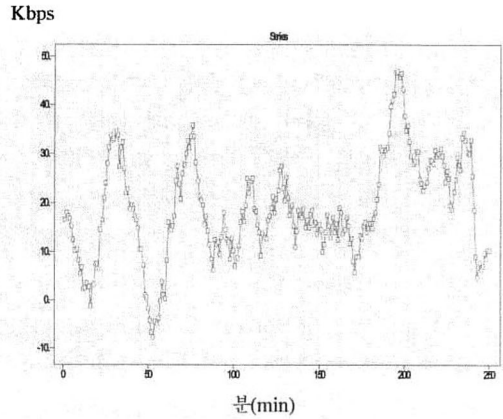


그림 12. 기존 위너 모델에 의한 자원의 예측 오차량

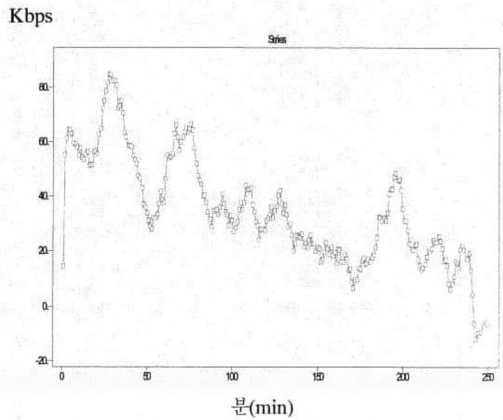


그림 13. LMS-위너모델에 의한 자원의 예측 오차량

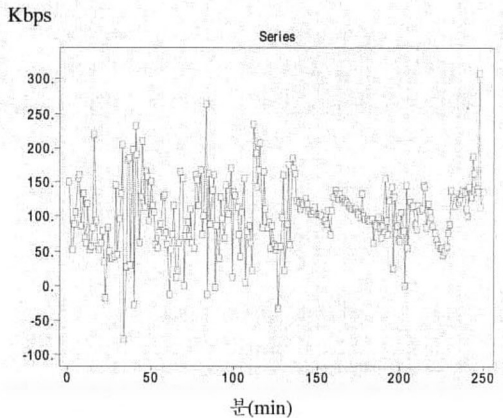


그림 14. ARMA 모델에 의한 자원의 예측 오차량

예측 구간을 길게 하였을 때 기존의 위너모델에 의한 자원의 예측 오차량의 크기는 증가하는 경향을 보이는 반면에, 제안된 LMS-위너방법에 의한 예

측 오차량의 크기는 0 으로 수렴하는 특성을 볼 수 있다. 이것은 제안된 방법이 일정 시간 후에는 기존의 방법보다 미래의 핸드오프호가 요구하는 자원의 양을 상대적으로 정확히 예측함으로써 필요 이상의 자원 예약으로 인한 자원의 낭비를 줄일 수 있음을 의미한다.

IV. 결론

멀티미디어 무선 IP 망에서 부족한 무선자원을 효율적으로 이용하기 위해서는 미래의 호가 요구하는 자원의 양을 정확히 예측하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 멀티미디어 무선 IP 망에서 핸드오프 호가 요구하는 자원의 양을 예측하는 LMS-위너 모델을 제안하고, 시뮬레이션을 통하여 기존의 자원 예측방법과 예측의 정확성을 서로 비교하였다. 기존의 모델에서는 예측시점이 경과함에 따라 예측 오차량이 증가하여 결국 필요이상의 자원을 예약하게 되므로 자원의 이용률을 저하시킨다. 반면에 제안된 LMS-위너모델은 예측 초기에는 자원 예측의 오차량이 크지만 예측시점이 경과함에 따라 예측 오차량이 감소하는 수렴성을 보임으로써 기존의 방법보다 자원의 이용률을 높일 수 있음을 보였다. 향후 연구과제는 신경망을 이용하여 자원의 양을 예측하는 것인데, 지금까지의 연구결과에 의하면 이 방법도 예측시점이 증가하면 예측 오차량이 증가하는 특성을 보여준다. 따라서 시계열 특성을 웨이블릿 분석을 통하여 근사부분과 상세부분으로 나누어 분석하고, 이들 각각을 신경망으로 학습함으로써 예측의 정확성을 높일 수 있는 방안과 신경망의 지역 최소화(local minima)를 해결 할 수 있는 유전자 알고리즘을 신경망과 결합하여 자원을 예측하는 방법이다.

참 고 문 헌

[1] M. Naghshineh and M. Schwartz, "Distributed Call Admission Control in Mobile/Wireless Networks," IEEE J. Select. Areas Commun., Vol.14, No.4, pp. 711-716, May 1996.
 [2] S. Choi and K. G. Shin, "Predictive and Adaptive Bandwidth Reservation for Hand-Offs in QoS Sensitive Cellular Networks." in Proc. ACM SIGCOMM '98, Vancouver,

pp. 155-166, Sep. 1988.
 [3] S. Choi and K. G. Shin, "Comparison of Connection Admission Control Schemes in the Presence of Hand-Offs in Cellular Networks," in Proc. ACM/IEEE MobilCom '98. Dallas, Oct. 1998.
 [4] D. A. Levine, I. F. Akyildiz and M. Naghshineh, "A Resource Estimation and Call Admission Algorithm for Wireless Multimedia Networks using the Shadow Cluster Concept," IEEE/ACM Trans. on Networking, Vol.5, No.1, pp. 1-12, Feb. 1997.
 [5] 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.
 [6] 이진이, 이광형, "멀티미디어 무선 셀룰러 망에서 자원예측을 위한 위너모델의 성능개선", 한국통신학회 하계 종합학술발표회 논문집 5C-82, 2004. 7
 [7] M.L. Honig, and D. G. Messerschmitt, "Comparison of Adaptive Linear Prediction algorithm ADPCM", IEEE Trans. on Commun., Vol. Com-30, No. 7, pp. 1775-1785, July 1982.
 [8] R.C. Renninger and J.D.Gibson, "Backward Adaptive Lattice and Transversal Predictor in ADPCM," IEEE Trans. on Commun., Vol. Com-30, No. 1, pp. 74-84, January 1985.
 [9] D. L. Cohn and J. L. Melsa, "The Residual Encoder-An Improved ADPCM System for Speech Digitization," IEEE Trans. on Commun., Vol. Com-23, No. 9, pp. 935-941, September 1975
 [10] P. J. Brockwell and R. A. Davis, "Introduction to Time Series and Forecasting", Springer-Verlag, 2002

이 진 이(Jinyi Lee)



정회원
1985년 숭실대학교 전자공학과 공학사
1988년 숭실대학교 전자공학과 공학석사
1994년 숭실대학교 전자공학과 공학박사
1995년~현재 청운대학교 전자

공학과 부교수

<관심분야> 지능 트래픽 제어, 퍼지 와 신경망응용

이 광 형(Kwanghyung Lee)



정회원
1968년 서울대학교 전자공학과 공학사
1972년 서울대학교 전자공학과 공학석사
1974년~1979년 일본 동경대학교 대학원 전자공학전공
1987년 중앙대학교 전자공학

과 공학박사

1982년~현재 숭실대학교 정보통신전자공학부 교수
<관심분야> 지능 신호처리, 멀티미디어 통신처리, 퍼지와 신경망응용