

# 멀티 셀룰러 시스템에서 속도 적응적 핸드오버의 성능평가에 관한 연구

최원근

인하공업전문대학

wkchoi@inhatic.ac.kr

## A Study on the performance of the speed sensitive hand-over in the multi-cellular system

Choi Won Keun

Inha Technical College.

### 요 약

본 논문은 멀티 셀룰러 시스템에서 모바일 사용자들에게 더 나은 QoS를 제공하기 위한 속도 적응적 핸드오버의 성능평가에 관한 것이다. 마이크로 셀의 최소 잔류 시간 문제와 매크로 셀의 채널 재사용의 제한의 문제점들을 극복하기 위해서 멀티 셀룰러 시스템의 속도 적응적 핸드오버 기법을 제안하였다. 제안한 기법의 성능분석 모델을 설계하고, 큐잉 분석을 통하여 수학적 분석을 수행하였으며, 모의시험을 통하여 제안된 기법의 성능을 분석하였다. 제안한 기법은 마이크로 셀 및 매크로 셀에서의 호의 실패율을 감소시켜 모바일 사용자에게 더 나은 QoS를 제공할 수 있음을 보여주었다.

### I. 서 론

본 연구에서는 한 가지 이상의 계층 유형이 있는 멀티 셀룰러 시스템을 설계하였다.

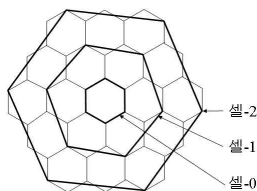


그림 1. 멀티 셀룰러 시스템

본 연구에서 설계된 내용을 살펴보면 다음과 같다.

- 멀티 셀룰러 시스템 구조에서 상위 계층의 셀은 하위 계층의 셀을 덮는다.
- 셀에는 크기에 따라서 셀-0·셀-1·셀-2...·셀- $i$  등으로 분류된다. 그림1은 다중 계층 무선망의 셀의 종류를 보여준다.
- 셀- $i$ 는  $3(i+1)^2 - 3(i+1) + 1$  개의 셀-0들을 덮는다.
- 셀-0를 마이크로-셀이라 정의하고, 나머지 셀들을 매크로-셀로 정의한다.
- 각 계층의 셀 크기는 MT의 속도 분포에 따라서 동적으로 선택된다.

호 핸드오프 속도  $\eta$ 는 다음과 같이 주어진다[1].

$$\eta = \frac{VL}{\pi S} = \frac{2V}{\pi l \sin(\pi/3)} \quad (1)$$

또한 MT가 핸드오버 시간  $T_H$  전에 현재의 셀에서 떠나는 핸드오버 실패 확률  $P_i$  다음과 같이 주어진다.

$$P_i = P[T < T_H] = 1 - e^{-\eta T_H} \quad (2)$$

셀 한 변의 최소 길이  $l_m$  은 (3)에서 다음과 같이 유도된다.

$$l_m = \frac{2VT_H}{\pi \log\left(\frac{1}{1-P_i}\right) \sin\left(\frac{\pi}{3}\right)} \quad (3)$$

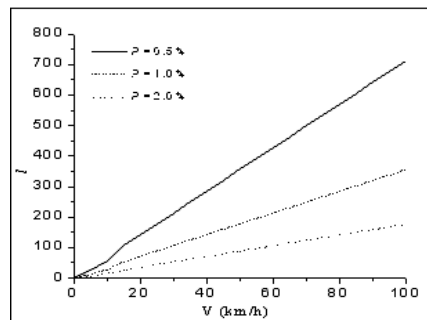


그림 2. MT 속도 변화에 따른  $l_m$  값 변화

핸드오버 실패 확률  $P_i$  값을 고정시킬 때, MT 평균 이동 속도  $V$  변화에 따른  $l_m$  값의 변화를 살펴보면, 동일한 핸드오버 실패 확률  $P_i$  값을 유지하기 위하여, 고속에서는  $l_m$  값이 커짐을 확인할 수 있었다.

### II. 본론

#### 2.1 멀티 셀룰러 시스템 성능 분석 모델

그림3은 멀티 셀룰러 시스템 분석 모델을 보여주며, 멀티 셀룰러 시스템 구조에서, 계층 및 셀을 다음과 같이 설계한다.

- MT들은 이동 속도에 따라서 두 가지 이상의 그룹으로 분류된다. 계층-0은 최저 속도로 이동하는 MT 그룹에 할당되고, 계층-1은 다음 속도로 이동하는 MT 그룹에 할당된다. 그러므로 계층- $i$ 의 MT의 이동 속도는 계층- $i-1$ 의 MT의 이동 속도보다 빠르다. MT 그룹의 이동 속도는 일정 기간의 평균 속도이므로 MT의 속도 변화는 고려

하지 않는다.

- 계층-0에는 셀-0가 할당되며, 셀-0의 크기는 계층-0에 속한 MT들의 이동 속도에 결정된다.
- 계층- $i$ 에 속한 MT 그룹의 속도에 따라서 셀 유형에서 최적의 셀을 선택하여 계층- $i$ 에 할당한다. 계층- $i$ 에 셀- $i$ 가 항상 할당되는 것은 아니다.
- 계층- $i$ 의 셀은  $O_i$ 개의 계층- $i-1$  셀들을 덮는다.
- 계층- $i$ 의 셀에  $m_i$  개의 채널이 할당된다.

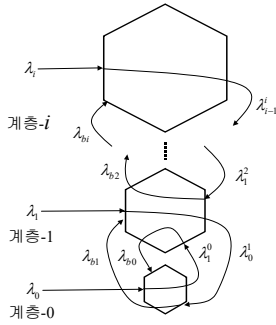


그림 3. 다중 계층 무선망 분석 모델

- 계층- $i$ 의 셀들은 한 변의 길이가  $l_i$ 인 정 육각형이다.
- MT $_i$ 의 신규 호는 입력 속도  $\lambda_m$ 의 포아송 과정을 따른다.
- 호 서비스 시간 및 셀 체류 시간은 각각  $1/m$  및  $1/h$ 의 지수 분포를 따른다.
- 신규 호 및 핸드오버 호의 블로킹 확률은 Erlang loss formula에 의하여 주어진다.

$$P_{bi} = \frac{(\lambda_{ui}/\mu_i + \lambda_{ui}^{(i+1)}/\mu_i^{(i+1)})^{m_i}}{m_i! \sum_{j=0}^{m_i} (\lambda_{uj}/\mu_j + \lambda_{uj}^{(i+1)}/\mu_j^{(i+1)})^j}, \quad i=0,2,3,\dots \quad (4)$$

$$P_{b1} = \frac{(\lambda_{u1}/\mu_1 + \lambda_{u1}^{(0)}/\mu_1^{(0)} + \lambda_{u1}^{(2)}/\mu_1^{(2)})^{m_1}}{m_1! \sum_{j=0}^{m_1} (\lambda_{u1}/\mu_1 + \lambda_{u1}^{(0)}/\mu_1^{(0)} + \lambda_{u1}^{(2)}/\mu_1^{(2)})^j} \quad (5)$$

신규 호의 발생 속도는 모든 셀에서 동일하고, 전체 셀들의 영역에 대한 트래픽은  $\lambda n$ 의 포아송 과정을 따른다고 가정한다. 그러므로 입력 속도를  $\lambda n_1 = \sigma \lambda n$ ,  $\lambda n_0 = (1-\sigma)\lambda n/O_1$ 으로 줄 수 있다.

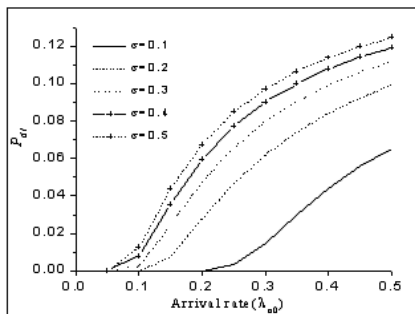


그림 4. 매크로셀-1의 호 손율

그림 4에서 그림 6은 마이크로 셀-0과 매크로-셀이 셀-1셀-2·셀-3으로 고정된 환경에서 신규 호 입력속도 ( $\lambda n_0$ )의 값이 변화에 따르는 신규 호와 핸드오버 호의 통화 실패율( $P_{di}$ )의 변화를 나타낸다. 그림 6의  $P_{d1}$ 는 상대적으로 차이가 크게 나는 것을 볼 수 있다. 이것은 매크로 셀을 이용한 다중 계층 구성은 빈번한 핸드오버의 발생을 줄여서  $P_{d1}$  값이 적

어진 것으로 볼 수 있으며,  $\sigma$  값이 커질수록 차이가 적어지는 것은 채널의 재사용을 이용한 트래픽 용량이 상대적으로 적은 것을 보여준다.

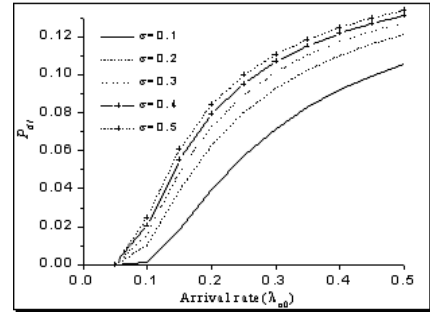


그림 5. 매크로셀-2의 호 손율

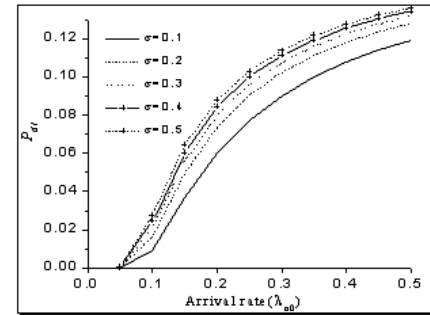


그림 6. 매크로셀-3의 호 손율

하지만 그림 5와 그림 6은 그림 4보다는 차이가 적은 것을 확인할 수 있는데 이것은 핸드오버는 작게 발생하지만, 채널의 재사용을 이용한 트래픽 용량이 상대적으로 적기 때문이다.

### III. 결론

마이크로 셀의 최소 잔류 시간 문제와 매크로 셀의 채널 재사용의 제한의 문제점들을 극복하기 위해서 멀티 셀룰러 시스템의 속도 적응적 핸드오버 기법을 제안하였다. 제안한 기법의 성능분석 모델을 설계하고, 큐잉 분석을 통하여 수학적 분석을 수행하였으며, 모의시뮬을 통하여 제안된 기법의 성능을 분석하였다. 제안한 기법은 마이크로 셀 및 매크로 셀에서의 호의 실패율을 감소시켜 모바일 사용자에게 더 나은 QoS를 제공할 수 있음을 보여주었다.

### 참고 문헌

- [1] W. K. Choi "The QoS Adaptive Mobility Management Scheme in Multi Layer Wireless Networks" KICS vol.45, no.2, pp321-326, 2020
- [2] C. W. Sung and W. S. Wong, "User speed estimation and dynamic channel allocation in hierarchical cellular system," in *Proc. IEEE Veh. Technol. Conf. (VTC'94)*, Stockholm, Sweden, Sweden, 1994.
- [3] X. Lagrange and P. Godlewski, "Performance of a hierarchical cellular network with mobility-dependent hand-over strategies," in *Proc. IEEE Veh. Technol. Conf. (VTC'96)*, Atlanta, GA, USA, USA, 1996.
- [4] K. L. Yeung and S. Nanda, "Optimal mobile-determined micro-cell selection," in *Proc. IEEE Veh. Technol. Conf. (VTC'95)*, Toronto, Ontario, Canada, 1995