

# 셀룰러 시스템에서 SPPQ에 근거한 동적 핸드오프 알고리즘

한유신, 최덕규

아주대학교 정보통신전문대학원

yushin@madang.ajou.ac.kr

## A SPPQ based dynamic handoff algorithm to reduce unnecessary handoffs in cellular systems

Yu Shin Han, Dug kyoo Choi

Graduate school of Information & Communication, Ajou Univ.

### Abstract

핸드오프 영역내에 정해진 RSS(Radio signal strength)에서 핸드오프를 시행하는 기존의 정적 핸드오프방식은 셀룰러 네트워크에서 제어신호가 증가하여 전송지연을 유발한다. 그러므로 핸드오프 수를 줄이는 방안으로 SPPQ(Signal Prediction Priority Queuing)에 기반한 동적 핸드오프를 제안한다.

SPPQ는 RSS에 근거하여 선형적으로 핸드오프의 가능성을 예측한 후, 핸드오프 순서를 결정하는 알고리즘이다. 이 때 실제 속도와 호의 위치 분포는 일정하다고 가정하고 RSS에 대한  $\Delta$ RSS(신호 세기의 증감)을 이용한다. SPPQ는 핸드오프 결정을 위해 선형적으로 RSS를 예측하며, 시간 구간에서 구한 시그널 평균을 사용한다. 그리고 두 개의 가장 최근 평균 RSS 측정값에 의해 표현되는 선형 방정식이 시간 축과 만나는 교차점을 핸드오프 예상 시점으로 결정한다. 이때 각 핸드오프 후보 단말들의 threshold는 다르게 줄 수 있으며 그에 따라 우선순위를 결정한다. 이 우선순위를 기본으로 하여, 핑퐁효과로 인한 불필요한 핸드오프를 줄일 수 있도록 표본화 시간  $\Delta t$ 만큼 핸드오프를 늦춰 SPPQ의 성능을 높인다.

### I. 서론

핸드오프 처리는 셀룰러 시스템에서 매우 중요한 작업이며, 사용자가 거의 감지하지 못 할 정도로 지국에서 받게 되는 최소 신호 레벨을 규정해야한

다. 이 최소 신호 레벨을 "threshold"라 하자.

threshold가 정해지면, 핸드오프 초기화에는 threshold보다는 약간 더 센 신호를 사용한다. 이 때 threshold와 신호의 세기간의 차이가 클 때는 불필요한 핸드오프가 일어나게 되고, 차이가 적으면 핸드오프를 완료하기에 시간이 충분하지 않아 약한 신호의 호가 종료될 수 있다.

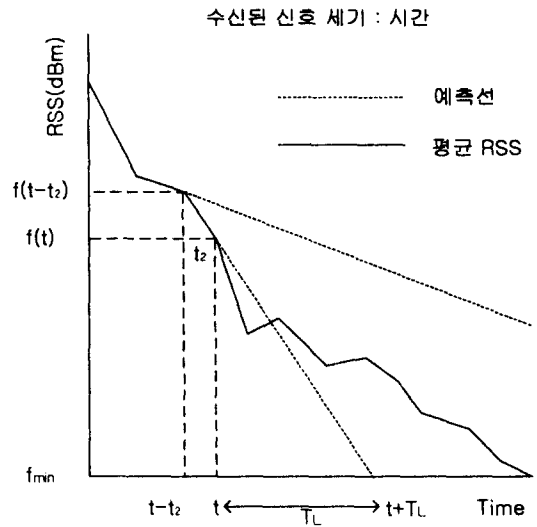
불필요한 핸드오프를 줄이기 위해 많은 핸드오프 전략들이 제기되었다. 그러나 아직도 핸드오프 영역내에 정해진 RSS(Radio signal strength)에 따라 핸드오프를 초기화하는 기존의 정적 핸드오프는 셀룰러 네트워크에서 트래픽과 프로세싱 부하를 증가시킨다[1],[2]. 이러한 문제들은 필요한 핸드오프와 불필요한 핸드오프를 판단할 수 있다면 어느 정도 경감할 수 있다. 그러므로 불필요한 핸드오프 수를 줄이기 위하여 SPPQ(Signal Prediction Priority Queuing)에 기반한 동적 핸드오프를 제안한다[3]. 이 핸드오프 SPPQ에 의해 구해진 각각의 threshold를 따르고, 서비스 품질이 유지될 수 있다고 판단되면  $\Delta t$  만큼 핸드오프를 연기시킨다.

## II. SPPQ(Signal Prediction Priority Queuing)

SPPQ는 이동 단말의 최대 접속유지 가능시간을 측정하여 RSS에 근거한 선형 예측을 수행함으로써 핸드오프 순서를 결정한다. 단말의 실제 위치와 속도에 근거한 측정은 아니지만 대신 RSS와  $\Delta$  RSS를 알고 있고, 이를 핸드오프 될 단말의 우선 순위 결정에 이용하는 것이 기본 아이디어다. 다시 말해, SPPQ는 RSS에 근거하여 선형적으로 핸드오프의 가능성을 예측한 후, 핸드오프 순서를 결정하는 알고리즘이다. 이 때 실제 속도와 호의 위치

분포는 일정하다고 보고 RSS와  $\Delta$  RSS(신호 세기의 증감)을 이용한다. 이 두 가지 요소를 이용하기 때문에 원래의 RSS에 근거한 MBPS(Measurement-Based Prioritization Scheme)[4]와 FIFO Queuing보다 micro-cellular 환경에서 성능이 더 향상된다. SPPQ는 안전하게 핸드오프를 결정하기 위해 선형적 RSS 예측을 사용하는데, 이때 시간 구간( $t_2$ )에서 시그널 평균을 구하게 된다. 그리고 두 개의 가장 최근 평균 RSS 측정값에 의해 표현되는 선형 방정식이 시간을 나타내는 축과 만나는 교차점을 구한다. 이로써 각 핸드오프 후보 단말들의 threshold는 다르게 주어지며 그에 따라 우선순위가 결정되어진다.

[그림 1]에서 이를 보여주고 있고 그림에서의  $T_L$ (교차점까지의 시간거리)이 threshold가 된다.



[그림 1] RSS(수신된 신호 세기)와 시간에 따른 선형 예측 그래프.

$$T_L = \frac{[f(t) - f_{min}] \cdot t_2}{[f(t-t_2) - f(t)]} \quad (1)$$

$f(t)$  : 시간  $t$  에서 RSS.

$f_{\min}$  : 최소로 허용되는 RSS.

$t_2$  : 두 개의 최근 RSS 사이의 시간거리.

(제안된 알고리즘에서는 고정된 값으로 사용한다.)

### III. 제안된 알고리즘

SPPQ는 예측을 통해 미리 핸드오프를 수행하여 이동 단말이 핸드오프 되지 않고 종결될 수 있는 결점을 개선시키기 위해 제안된 알고리즘이라고 하더라도, 이 방법에는 불필요한 핸드오프가 일어날 확률은 고려하지 않는다. 이에, SPPQ에 셀룰러 시스템의 상태를 주기적으로 표본화하는  $\Delta t$  (Sampling interval)만큼의 시간을 지연시켜, 짧은 시간 후에 원래의 셀로 돌아오려는 핑퐁 핸드오버 (핑퐁 효과)로 인해 일어나는 불필요한 핸드오프의 수를 줄여서 SPPQ의 성능을 높이는데 초점을 둔다[5].

시물레이션을 위한 알고리즘은 아래와 같다.

- ① 이동 단말이 핸드오프 큐에 저장된다.
- ② 큐에 저장된 후, RSS와 RSS의 변화량을 이용해  $T_L$ 을 구한다.
- ③  $T_L$ 의 증가되는 순서로 집합  $M_i$ 에서의 호들을 정렬한다. ( $i$  번째 호는  $m_i$ )
- ④ set  $i \leftarrow 1$ , continue  $\leftarrow$  true  
 while(  $i \leq |M_i|$  ) and ( continue = true )  
 if (  $P \left( \sum_{j=1}^{Q+N-S} X_j \geq T_L - \Delta t \right) \geq P_{HF}$  )  
 $m_i$ 의 핸드오프 초기화 ;  $i = i + 1$  ;

else continue  $\leftarrow$  false ;

/\* 핸드오프할 호가 더 이상 없으므로 STOP \*/

$M_i$  : 잠재적 핸드오프 상태에 있는 이동 단말의 총 개수.

$Q$  : 핸드오프 queue에 있는 request의 개수.

$N$  : 새로운 핸드오프 call의 개수.

$S$  : 핸드오프 queue에서 서비스가 완결된 단말의 개수.

$X_j$  : FIFO에서  $j$ 번째 저장된 request의 서비스 타임(channel holding time).

$P_{HF}$  : 핸드오프 실패 확률.

제안된 알고리즘은, 서비스 품질을 만족하는 내에서 핸드오프 초기화를 지연시키도록 되어있다. 그러나 ④에서 핸드오프의 초기화가 일어날 때, 핸드오프의 실패 확률이 정해진 서비스 품질 보증 한계를 넘지 않기 때문에, 이 알고리즘은 항상 기대되는 서비스 품질을 충족시키면서 불필요한 핸드오프를 감소시킬 수 있다.

$\Delta t$ 의 변화에 따른 성능의 변화는 시물레이션 결과에서 볼 수 있다.

### IV. 시물레이션 결과

이 장에서는 기존의 핸드오프와 제안된 알고리즘과의 비교를 통해 성능이 좋아짐을 보여준다.

제안된 알고리즘의 성능을 분석하기 위해 다음과 같은 환경에서 시물레이션하였다. 도시환경에서 7개의 셀이 기지국과 유선으로 연결되어 있는 지역에서 80개의 단말기가 각자 자신의 이동경로를 가지게 하였다. 단말의 속도는 일정하다고 가정하고,

발생되는 메시지의 발생률과 메시지의 크기는 유니폼 분포를 가정한다. 초기 호와 핸드오프 호는 모두 동일하게 채널을 점유한다. 송수신 주파수는 825MHz에 맞추었고 시물레이션 시간은 60분으로 정했다.

기존의 핸드오프와 제안된 알고리즘의 비교를 통해서, 호 차단율(call blocking percentage)을 [그림 2]에서 보여준다. 시나리오 1은 기존의 핸드오프의 호 차단율을 나타낸 것이고 시나리오 2는 제안된 알고리즘의 호 차단율을 나타낸 것이다. 수평축은 시간(분)을 나타내고, 수직축은 비율을 나타낸다. 이 그래프에서 점차 시간이 지남에 따라 각각 수렴하긴 하지만, 시나리오 2가 차단율이 낮음을 알 수 있다.

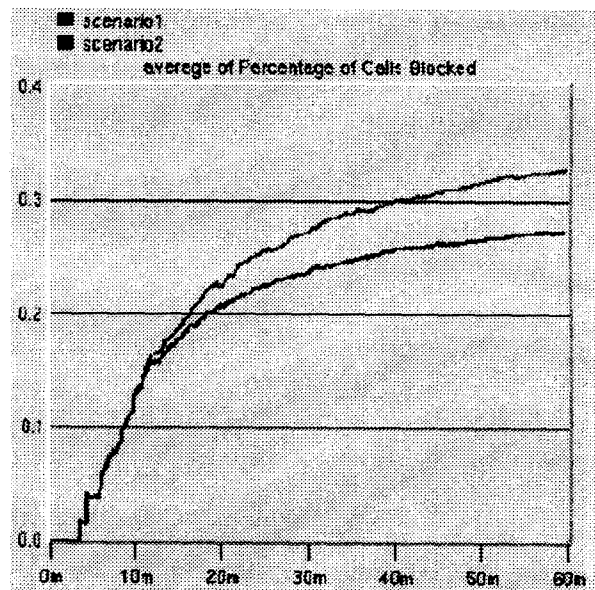
여기서 목적 셀에 있는 채널들에 할당된 호들의 전체 수를  $N$ 이라고 하고, 기존 셀의 RSS를 가지면서 목적 셀내의 채널로 핸드오프되어 할당된 호의 수를  $n$ 이라 한다면,  $\frac{n}{N}$ 으로 나타낸 것을 불필요한 핸드오프율이라 한다.

[그림 3]에서는 제안된 알고리즘이 기존의 핸드오프와 비교해서 불필요한 핸드오프의 수를 감소시킴을 보여준다. 시나리오 3은 제안된 알고리즘, 시나리오 4는 기존의 핸드오프 알고리즘, 시나리오 5는 SPPQ에 근거한 핸드오프이다. 수평축은  $\Delta t$ (msec)의 변화값을 나타낸 것이고, 수직축은 불필요한 핸드오프율( $\times 10$ )을 나타낸다. 이 그래프에서  $\Delta t$ 가 0.05~0.06 일 때 가장 좋은 성능을 보이고 있다.

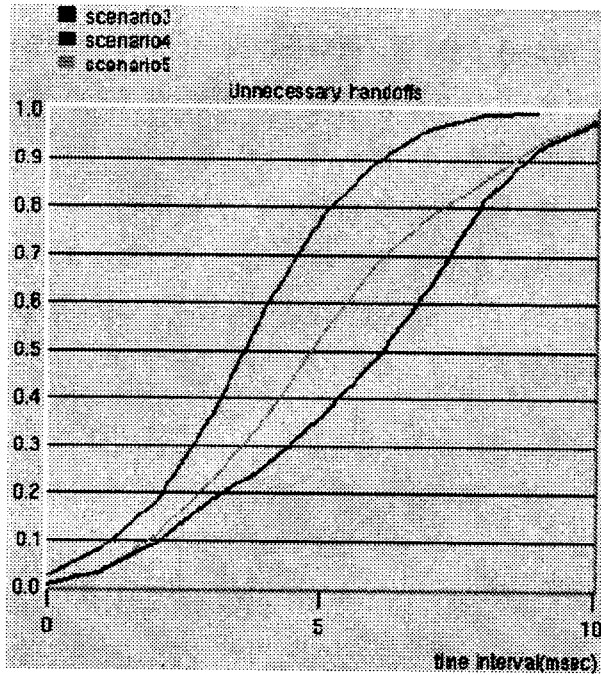
## V. 결론

기존의 핸드오프 기법들은 RSS에만 근거하여 호

차단율이 높고 불필요한 핸드오프가 발생하는 율이 높았다. 여기서 SPPQ를 이용한 동적 핸드오프 기법은 호 차단율을 줄임과 동시에 불필요한 핸드오프가 발생하는 율을 낮출 수 있다. 이 측면에서 기존의 핸드오프 기법들보다 효율적이다. 그러나 여기서는 단말의 속도와 분포가 일정하다고 가정하였으므로 실제적인 환경에서의 개선된 모델에 대한 연구가 필요하다.



[그림 2] 호 차단율( $\Delta t=0.05$  sec)



[그림 3] 불필요한 핸드오프율

Measurement-Based Prioritization Scheme for Handovers in Mobile Cellular Networks", IEEE Jour. on Sel. Areas in Comm., Vol. 28. pp. 678-679. March 1992.

(5) Bernhard H. Walke "Mobile Radio Networks", JOHN WILEY & SONS, 1999

참고 문헌

- (1) Rappaport, T. S., "Wireless Communication, Principles and Practice". Prentice Hall, 1996
- (2) Senarath, G. and Everitt, D., "Handover Performance: Propagation and Traffic Issues", in Wireless Information Networks, Architecture, Resource, Management, and Mobile Data, edited by Jack M. Holtzman, Kluwer Academic Publishers, 1996.
- (3) Ebersman, H. G. and Tonguz, O. K., "Handoff Ordering Using Signal Prediction Priority Queuing in Personal Communication Systems", IEEE Trans. Veh. Technol., Vol 48, NO. 1, pp. 20-35, Jan, 1999.
- (4) S.Tekinary and B.jabbari, "A