

무선 셀룰러 환경에서 무선단말의 이동성 예측에 기반한 호 수락 제어와 대역폭 예약에 대한 연구

서성훈*, 송주석

연세대학교 컴퓨터과학과

e-mail:{hoon, jssong}@emerald.yonsei.ac.kr

A Preestimated Mobility-Based Call Admission Control and Bandwidth Reservation in Wireless Cellular Networks

SungHoon Seo* JooSeok Song

Dept. of Computer Science, Yonsei University

요약

본 논문에서는 무선 셀룰러 망에서 호 수락 제어와 대역폭 예약을 위한 효율적인 기법을 제안한다. 제안된 방식에서는 각 셀에서의 핸드오프 호 절단확률을 줄이기 위해서 무선단말 사용자의 이동패턴에 대한 통계적인 정보를 이용하여 사용자에 대한 이동성을 예측하며, 이는 데이터 압축기법을 토대로 하는 허프만 알고리즘을 통해 최적화된다[1]. 제안된 이동성 예측 기법을 통해 무선단말 사용자가 이동하게 될 셀들에 대해서 핸드오프 호를 위한 대역폭이 예약되며, 호 수락 임계치를 적절하게 조절함으로써 핸드오프 호 절단률을 최소화하고, 자원이용률을 최대화시킬 수 있다. 제안된 방식이 기존의 방식에 비해 성능이 향상될 수 있는 새로운 기법을 제시한다.

1. 서론

무선통신망의 발전으로 사용자들은 초창기의 아날로그 통신망에서 서비스되었던 음성데이터 뿐만 아니라 다양한 멀티미디어 서비스도 제공받기를 원하고 있으며, 이를 위해서는 가입자들이 원하는 멀티미디어 서비스들 각각에 대해 대응되는 QoS가 반드시 보장되어야 한다[2].

무선통신 환경에서 가장 중요한 이슈는 사용자의 이동성을 보장해야하는 것이다. 초창기 아날로그 무선데이터 서비스로부터 현재의 디지털 서비스에 이르기까지 통신환경은 셀룰라 방식에 기반을 두고 있기 때문에, 각 셀을 제어하는 기지국을 중심으로 영역별로 서비스가 이루어지고 있다. 이러한 개별적인 셀들은 가능한 많은 사용자들에게 서비스를 제공해야 하고, 핸드오프를 수행하는 무선단말 사용자들에 대해 끊임 없는 서비스를 제공해주어야 한다. 이러한 요구사항을 만족시키기 위해 셀의 크기를 macro, micro, pico 등으로 줄이는 방법을 통해 각 셀의 용량이나 서비스 품질을 향상시켜 나가고 있다[3]. 셀

반경의 축소는 필연적으로 더 많은 빈도의 핸드오프를 야기하기 때문에 이를 위한 고려가 중요한 문제라고 생각된다. 따라서, 본 논문에서는 셀 반경의 축소로 인한 빈번한 핸드오프로 인해 생기는 문제점을 고려하여 무선단말의 이동성을 예측하기 위해 효율적인 데이터 압축기법인 허프만 알고리즘을 사용한 다[1]. 이 알고리즘을 통해서 사용자의 이동이 예상되는 셀들에 대해 대역폭을 예약함으로써 유연한 호 수락 제어를 수행한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 방식에 대해 설명하고, 3장에서는 제안된 모델에 대하여, 그리고 4장에서는 제안된 예측 기법에 대해 기술한다. 5장에서는 이를 이용한 호 수락 제어 및 대역폭 예약 기법을 제시하며, 6장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

전술한 여러 가지 요구사항을 해결하기 위해서 무선 셀룰러 망에서는 여러 가지 호 수락 제어 기법들

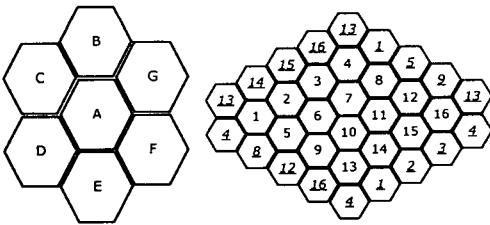
이 제시되어져 왔다. 이러한 기법들 중 핸드오프 호가 절단될 확률을 줄이기 위한 것으로써 크게 두 가지를 들 수 있다. 하나는 현재 국지적 셀의 상태정보만을 사용하여 호 수락을 결정하는 것으로, 가드 채널 기법이 있다[4]. 다른 하나는 현재 국지적 셀의 상태뿐만 아니라 이웃한 셀들에 대한 상태정보들도 고려한 기법으로써 대표적으로 분산된 호 수락 제어 기법을 들 수 있다[5].

3. 모델 설명

3.1 망 토폴로지 (Network Topology)

호 수락 제어와 대역폭 예약 기법을 위해서, 셀룰러 망 모델은 구조화된 그래프 형태로 모델화 되어 왔다. 2차원 모델에서는 원형, 육각형, 사각형 셀 설정이 사용되었으며, 1차원 모델에서는 일반적으로 선형 셀 설정이 사용되어 왔다[5][6][7].

제안된 방식에서는 셀룰러 망 모델로써 정육각 모형의 구조화된 그래프 형태[그림 1]를 기반으로 한다. 그리고 현재 셀과 이웃된 셀의 모양을 아래의 그림과 같이 A~G 형태로 설정하였고, 전체적인 셀룰러 망 설정은 기존의 모델에서 보이는 경계선의 단점을 뺀 wraparound 모델을 적용하였다[8].



[그림 1] 셀 코드 [그림 2] Wraparound 모델

3.2 채널 사용시간(Channel Holding Time)

채널 사용시간은 새로운 호 혹은 핸드오프 호가 주어진 셀에서 채널을 차지하고 있는 동안의 시간으로 정의되며, 사용자의 이동성에 의존된다. 이는 고정된 전화망에서의 채널 사용시간과 유사하며, 대부분의 호 수락 제어와 대역폭 예약 관련 연구에서는 채널 사용시간이 지수 분포를 따른다. 지수 분포는 일반적으로 분석을 간단하게 만들지만 셀룰러 망의 실제 특성을 정확하게 표현하지는 못하는 단점을 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 일반적인 분포로 채널 사용시간을 가정하였다.

3.3 사용자 이동성 패턴(User Mobility Pattern)

사용자 이동약식을 특징짓는 모델 가운데 하나로서 Symmetric random walk model이 있다[5]. 이 모델에서는 이동단말 사용자가 하나의 셀에서 이웃한 셀로 모두 동일한 확률을 가지고 움직인다고 가정하며, 모델은 무선단말의 채널 사용시간이나 셀의 궤적은 고려하지 않는다.

무선 셀룰러 망에서 통화중 사용자의 이동성은 이벤트들의 연속적인 집합, $\{N, H_1, H_2, H_3, \dots, H_n, \dots, E\}$ 와 같이 표현된다. N 은 새로운 호가 수락되는 이벤트이고, H_n 은 사용자의 n 번째 핸드오프가 일어날 이벤트, 그리고 E 는 호 종료 이벤트를 표현한다. $N=(m, i, t)$, m 은 호를 요청하는 사용자의 식별자, i 는 시작이 된 셀의 식별자, 그리고 t 는 호가 도착한 시간; $H_n=(T_k, i)$ 로 정의되며, T_k 는 호가 시작된 후 경과된 시간, i 는 사용자의 단말이 핸드오프 되어질 셀의 식별자; $E=(T_k)$ 로 정의된다. 예를 들어 m 이라는 사용자가 T_1 이라는 시간에 i 라는 셀에서 통화를 시작해서 T_2 에 j 로 핸드오프가 된 후 T_3 에 셀 k 에서 종료될 이벤트는 아래와 같이 표현될 수 있다.

$$\text{Sequence} = \{(m, i, T_1), (T_2, j), (T_3, k)\}$$

4. 이동성 예측 기법

제안된 기법에서 사용자 이동성의 확률적 예측은 특정 사용자의 축적된 행동 히스토리를 기반으로 이루어진다. 일반적으로 사용자의 이동성은 습관적이기 때문에 반복적으로 동일한 경로로의 핸드오프가 일어난다는 것을 알 수 있다. 이러한 반복적인 이동성 패턴에 텍스트를 압축하는 데이터 압축기법을 적용시켜 사용자들이 주로 이동하는 경로저장에 더 효율적인 효과를 얻을 수 있다.

4.1 압축 (Data Compression)

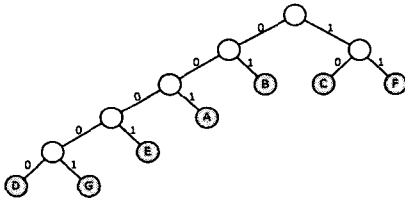
본 논문에서 사용되는 이동성 예측 알고리즘은 데이터를 압축하는데 이용되는 허프만 알고리즘[1]을 기반으로 한다. 이 알고리즘은 동일하지 않은 빈도수를 가지는 여러 개의 코드(셀)에 대한 비용을 최적화시킬 수 있는 알고리즘으로써, 무선단말이 핸드오프 되거나 혹은 현재 셀에 머무를 경우의 수, 즉 빈도수에 맞도록 코드의 크기를 재조합하는 방법이다. 즉, 현재 셀에서 MT들의 이동이 빈번한 경로에 대해서는 더 작은 셀 코드를 부여하여 비용을 줄일 수 있고, 그렇지 못한 경로에 대해서는 셀 코드의

크기를 늘리는 방식으로 전체 비용을 줄일 수 있는 이점을 가질 수 있다.

먼저 각 셀에서 사용될 코드를 일반적인 방법을 적용시킨다면 전체 셀의 개수를 C라고 하였을 때 $\lceil \log C \rceil$ 만큼의 비트 수가 필요하다. 이렇게 생성된 비트들의 길이를 l, 발생 빈도수를 f 라 했을 때 총 비용은 아래와 같은 식으로 유도된다.

$$\text{총 비용} = \sum l_i f_i \quad (1)$$

반면 허프만 알고리즘을 사용한 방법은 각 셀에 대한 코드의 길이가 호프만 트리를 이용하여 빈도수가 높은 코드에 대해서는 짧은 길이로, 낮은 것에 대해서는 긴 길이의 코드를 부여하여 비용을 절감시킬 수 있다. 아래 [그림 3] 은 호프만 트리를 구성한 예이고, [표 1] 은 위의 두 가지 방법을 사용했을 때 필요로 하는 총비용을 비교한 것이다.



[그림 3] 허프만 트리의 작성 예

[표 1] 에서 위의 식(1) 을 계산하여 두 방법을 비교해 보면 허프만 알고리즘이 총 비용의 측면에서 약 16%정도 비용이 감소되었음을 알 수 있다.

$$\text{압축률} = 1 - \frac{146}{174} \approx 0.161 \quad (2)$$

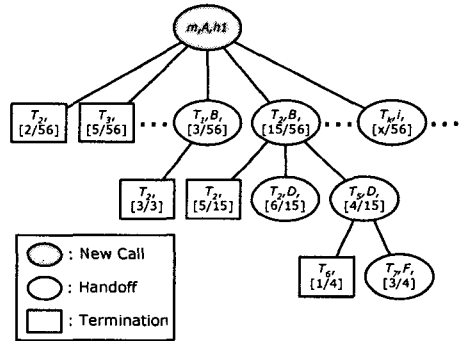
4.2 이동성 예측(Mobility Pre-estimation)

제안하는 이동성 예측기법은 허프만 알고리즘을 기반으로 한다. 즉, 호가 발생하고있는 동안의 $\{N, H_1, H_2, H_3, \dots, H_n, \dots, E\}$ 라는 시퀀스를 허프만 알고리즘을 적용시켜 저장하게 된다. 한편, 특정시간에 모든 사용자의 이동성 패턴에 대한 데이터베이스는 이동성 트라이(trie)[9]에 저장되는데, 이는 허프만 알고리즘과 관련된 확률 모델로써, 이동성 트라이 내의 root 노드를 제외한 모든 노드들은 계속적으로 발생될 이벤트에 대한 확률을 예측하는데 사용되어질 통계자료를 유지하고 있다. 이러한 이동성 트라이의 생성방법은 다음과 같다. 1) 무선단말이 새로운 호를 요청하면, 무선단말과 셀, 시간에 따라서 현재 노드를 트라이의 root로 설정한다. 2) 무선단말의 모든 가능한 이벤트의 확률을 계산한다. 3) 이

[표 1] 일반적인 방법과 허프만 알고리즘으로 생성된 셀 코드의 비용 비교

셀	빈도수	일반적 방법		허프만 적용 방법	
		Code	비 용	Code	비 용
A	10	000	30	001	30
B	15	001	45	01	30
C	12	010	36	10	24
D	3	011	9	0000	15
E	4	100	12	0001	16
F	13	101	39	11	26
G	1	110	3	00001	5
합 계			174		146

와 같은 방식으로 해당되는 이벤트까지 자식노드로 확장해 나간다. 4) 만약에 찾고자 하는 이벤트가 이동성 트라이에 존재하지 않는다면, 예측은 실패한 것이고, 트라이는 갱신되어진다.



[그림 4] 이동성 트라이의 형태

위와 같이 적응적인 허프만 알고리즘을 이용하여 압축된 형태의 데이터들이 저장된 트라이 모델을 이용했을 때는 임의의 셀에서 어떤 무선단말의 핸드오프가 예상되는 대상 셀뿐만 아니라 핸드오프가 수행되는 시간까지 예측이 가능하다.

5. 호 수락 제어와 대역폭 예약

이동성 예측기법을 기반으로 무선단말 사용자가 이동하게 될 셀들에 대해서 핸드오프 호 절단확률을 감소시키기 위한 대역폭이 예약되며, 호 수락 임계치를 조절함으로써 핸드오프 호 절단률을 최소화하고, 자원 이용률은 최대화시킬 수 있다.

제안된 기법은 각 사용자의 이동 패턴을 예측하는데 기반을 둔다. 이를 위해서 $P_{ij}(T_k)$, 즉 단위시간 T_k 동안에 셀 i 에서 셀 j 로 핸드오프가 될 확률이 계산되어야 하며, 이는 이동성 트라이로부터 동일한 시간이 임의의 셀들을 방문할 수 있는 여러 개의 다른 주기를 확인할 수 있다. 따라서, 전체적인 확률을

구하기 위해서는 해당하는 모든 확률을 추가시켜야 한다.

이런 방식으로 계산된 확률은 호 수락 제어를 위해 사용하게 된다. 트라이에 저장된 확률을 사용하여 호 수락제어를 한다면 어떤 무선단말이 언제 어디로 이동할 것인지를 확률적으로 예측가능하기 때문에 기존의 다른 호 수락 제어 기법보다 더 나은 결과를 가져올 수 있다. 그리고 이동성 트라이에는 개개의 무선단말에 대해서 계속적으로 현재 셀에 머무를 것인지 혹은 이동할 것인지에 대한 확률이 저장되어있기 때문에 호가 지속되는 중에 이동할 수 있는 셀들에 미리 대역폭을 예약해 줌으로써 호 절단 확률을 크게 줄일 수 있음은 물론이고, 현재 셀에 핸드오프 되지 않고 머무를 호들에 대한 정보도 알고있기 때문에 새로운 호에 대한 강제 종료률 또한 줄일 수 있다.

6. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 무선 셀룰러 환경에서 호 수락 제어와 대역폭 예약기법에서 필요한 사용자의 이동 패턴에 대한 새로운 예측 기법을 제시하였다. 예측기법으로는 빈도수의 분포차이에 따라서 압축률이 변경되는 허프만 알고리즘을 사용하여, 사용자의 습관적인 이동 패턴으로 인한 확률모델을 이용하여 예측 가능하다는 것을 보였다. 그리고 이러한 모델들의 이벤트들을 트라이에 저장됨으로써 효율성을 높임을 보였다.

향후 연구에서는 본 논문에서 제시된 예측기법을 적용시킨 모델의 성능평가를 통해서 기존에 제시되었던 기법들과의 비교되어질 수 있는 호 절단률이나 핸드오프 호의 강제 종료률, 그리고 자원이용률에 대한 연구도 고려되어야 할 것이다.

7. 참고 문헌

- [1] D. A. Huffman, "A Method for the Construction of Minimum Redundancy Codes," *Proceedings of the IRE*, 1098- 1101, 1952
- [2] K. Lee, "Supporting Mobile Multimedia in Integrated Service Networks," *ACM Wireless Networks*, vol. 2, 205-217, 1996
- [3] Dr. W.C.Y. Lee, "Smaller Cells for Greater Performance," *IEEE Communications Magazine*, November 1991
- [4] E.C. Posner and R. Guerin, "Traffic Policies in cellular radio that minimize blocking of handoff calls",

Proceedings for 11th Teletraffic Cong.(ITC-11), Japan, September 1985

- [5] M. Naghshineh and M. Schwartz, "Distributed Call Admission Control in Mobile/Wireless Networks", *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 14, No. 4, pp. 711-717, May 1996
- [6] S.Choi and K.G.Kin, "Predictive and Adaptive Bandwidth Reservation for Hand-offs in QoS-Sensitive Cellular Networks", *Proceedings of ACM SIGCOMM'98*, Vancouver, BC, September 1998
- [7] D.A. Levine, I.F.Akyildiz, and M. Naghshineh, "A Resource Estimation and Call Admission Algorithm for Wireless Multimedia Networks Using Shadow Cluster Concept" *IEEE/ACM Trans. on Networking*, Vol.5, pp.1-12, Feb. 1997
- [8] K. Mitchell and K. Sohraby, "An Analysis of the Effects of Mobility on Bandwidth Allocation Strategies in Multi-class Cellular Wireless Networks," *IEEE INFOCOM*, 1005-1011, 2001
- [9] E. Horowitz, S. Sahni, S. Anderson-Freed, "Fundamentals of Data Structures in C," *W. H. Freeman and Company*, 1993