

# 가상 셀룰라 망을 기반으로 하는 무선 ATM 액세스 망의 지역이동 프로토콜

정희원 정 명 순\*, 김 중 원\*, 김 화 중\*

## Zone Transfer Protocol for the VCN-based Wireless ATM Access Network

Myeng-Soon Jung\*, Jong-Won Kim\*, Hwa-Jong Kim\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문에서는 최근 제안된 가상 셀룰라 망(VCN: Virtual Cellular Network) 기반의 무선 ATM 액세스 망 구조에서의 지역이동(zone transfer) 프로토콜을 제안하고 이의 성능을 기존의 셀룰라 기반 망에서의 핸드오버와 비교하였다. 이를 위하여 지역이동과 핸드오버 호의 평균 지속시간을 각 호가 유지되는 영역의 평균 거리와 이동속도의 pdf(probability density function)로 구하고, 이러한 결과로부터 지역이동이 핸드오버에 비해 호당 처리시간에 여유가 있는 것을 확인하였다.

### ABSTRACT

In this paper, a zone transfer (i.e., a global handoff) protocol for the VCN-based wireless ATM access network is proposed and its performance is compared with that of a handoff for the conventional cellular-based network. The duration of each call is calculated by using the probability density function (pdf) of the average traveling distance in zone transfer area (or handoff area) and the mobile speed. From this result, we confirm that a zone transfer than the conventional handoff has much more enough the processing time.

### I. 서 론

최근 무선 멀티미디어와 같은 서비스를 제공하기 위한 방안으로 무선 ATM 기술에 관하여 많은 연구가 진행되고 있는데 무선 ATM은 이동성(mobility)과 넓은 대역(high bandwidth)을 동시에 제공할 수 있으며 유선 ATM 망과도 쉽게 연동될 것으로 예상되고 있다[1]-[3]. 그러나 무선 ATM 망에서 전통적인 셀룰라 개념을 사용하는 경우에는 가입자 수를 늘리고 보다 넓은 대역폭을 제공하기 위하여 셀의 크기를 점차 작게 하여야 하며 이에 비례하여 핸드오버와 각종 제어 트래픽이 증가하는 단점이 있다[4]-[5]. 또한 전통적인

셀룰라 시스템에서는 핸드오버시 새로 이동한 셀의 모든 무선채널이 사용되고 있으면 호는 채널을 할당받지 못하고 블로킹된다. 이러한 핸드오버 호의 블로킹 즉, 통화중인 호가 강제로 종료되는 것은 새로운 호 요구시의 블로킹보다 사용자에게 더 많은 불편함을 느끼게 한다. 따라서 기존의 셀룰라 시스템에서는 예약채널을 사용하여 핸드오버 호에 우선 순위를 부여하거나 큐를 이용하여 채널을 할당받지 못한 핸드오버 호를 저장하여 일정 기간 후에 서비스하는 등의 방법들이 제안되었다[6].

한편 CDMA 방식에서는 셀의 경계지역에서는 동시에 2, 3개의 기지국이 신호를 수신하고 있도록 함

\* 강원대학교 전자공학과(jmssoon@pine.kangwon.ac.kr) 정희원  
논문번호: 98114-0312, 접수일자: 1998년 3월 12일

으로써 핸드오버가 원활히 이루어질 수 있도록 하는 소프트 핸드오버를 제공하고 있다[7]. 그러나 지금까지의 모든 셀룰라 방식에서는 '핸드오버'라는 동작을 기본적으로 처리할 수밖에 없는데 그 이유는 셀룰라 방식에서는 미리 지정된 형태의 셀을 사용하고 있고 단말기가 셀의 경계를 지나면 필연적으로 핸드오버가 발생하기 때문이다.

최근 전통적인 셀룰라 개념에서의 셀 경계를 가지지 않는 가상 셀룰라 망(Virtual Cellular Network : VCN) 방식이 제안되었는데 VCN에서는 일정 크기의 지역(zone)<sup>1</sup> 내에서는 기존 개념의 핸드오버가 발생하지 않는다는 특징을 가지고 있다[8]-[10]. 즉, VCN 구조를 사용하는 경우 기지국 사이의 이동시에 발생하는 전통적인 의미의 핸드오버는 없다. 그러나 단말기가 지역의 경계를 이동하면 일종의 광역의 핸드오버는 발생하게 되는데 이를 본 논문에서 지역이동(zone transfer)이라 하겠다.

본 논문에서는 이러한 VCN 구조를 ATM 망의 무선 액세스 망 구조로 사용하는 방안을 제안하고 이의 성능을 기존의 셀룰라 망 구조를 사용하는 경우와 일정 영역 안에서의 발생율과 처리시간 측면에서 비교하였다. 또한 VCN 기반 무선 ATM 액세스 망에서의 효율적인 지역이동의 알고리즘과 시그널링을 제안하였다.

서론에 이어 2장에서는 제안된 구조를 설명하고 3장에서는 지역이동(zone transfer) 즉, 광역 핸드오버의 알고리즘과 시그널링을 설명하였다. 4장에서는 핸드오버와 지역이동의 호 지속시간을 구하여 비교하였다. 끝으로 5장에서 결론을 맺는다.

## II. VCN 기반 무선 ATM 액세스 망

그림 1과 2에 전통적인 셀룰라 망 개념에 기초한 무선 ATM 망과 VCN 기반 무선 ATM 망을 나타내었다. 그림 1의 전통적인 셀룰라 방식을 이용하는 ATM의 무선 액세스 망에서는 각각의 단말기가 자신이 속한 셀의 기지국하고만 통신하도록 정해져 있다. 그림 2의 VCN 기반의 액세스 망에서는 각 단말기들이 특정 기지국(port)<sup>2</sup>하고 통신하도록 제한하지 않는다. 따라서 단말기들은 주변의 포트들 중에서 자신의 신호를 수신할 수 있는 여러 개의 포트들(다음에 설명할 가상셀

내의 포트들)과 통신하여 상방향으로 패킷을 전송한다. 이로 인해 하나의 단말기로부터 여러 개의 포트에 동시에 신호가 수신되어 중복 패킷이 발생하게 되며, 이 때문에 '패킷 다이버시티'가 수행된다.

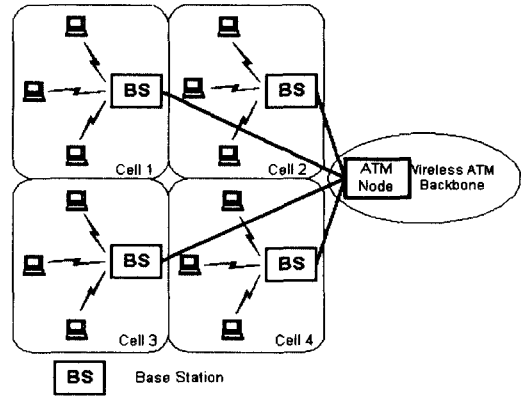


그림 1. 전통적인 셀룰라 방식을 이용하는 무선 ATM 액세스 망 구조  
Fig. 1 Wireless ATM access network with the conventional cellular-based.

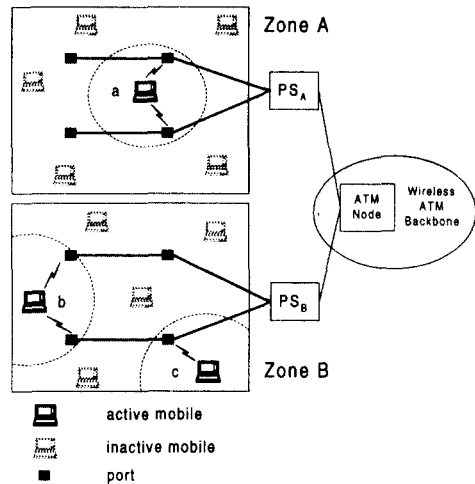


그림 2. VCN 기반의 무선 ATM 액세스 망 구조  
Fig. 2 Wireless ATM access network with the VCN-based.

- 1) zone이란 하나의 포트서버(port server)가 관리하는 지역으로 2장에서 정의한다.
- 2) 포트는 전통적인 셀룰라 시스템의 기지국보다 기능이 단순한 수신용 포트로 임의의 단말기가 전송하는 신호를 수신하여 유선망을 통하여 포트서버로 보내는 역할을 한다.

한편, 그림 2에는 포트서버 (Port Server : PS)가 커버하는 영역인 지역을 나타내었다. VCN에서 포트는 포트네트워크로 서로 접속되고 포트서버는 지역 내에 위치한 단말기 사이의 통신을 관리한다. 지역 내에는 전통

적인 셀의 개념이 없으므로 핸드오버는 발생하지 않는다.

그림 2에서 점선의 원은 가상셀을 나타내는데 가상셀은 지역 내에 다른 단말기가 패킷을 전송하지 않을 때, 수신신호가 포트를 capture하는데 충분한 세기를 가진 영역으로 정의한다 (즉, 전송신호를 수신한 포트들로). 또한 가상셀의 크기는 전송세기, 전파 감쇠, 채널잡음이 결정하게 되며 단말기가 패킷을 전송할 때만 생기는 특성이 있다. 그림 2에 3개의 active 단말기 a, b, c가 패킷을 전송하여 만들어진 3개의 가상셀을 표현하였다.

VCN 기반 액세스 망 구조의 기본 개념을 요약하면 다음과 같다. 첫 번째는 VCN 개념의 적용으로 가상셀로 인한 패킷 다이버시티의 이득을 얻는 것이다. 두 번째는 주파수 재사용 factor가 1로 패킷의 전송시간이 짧다. 세 번째는 가상셀의 크기를 최적화하는데 전력 제어 방법을 사용하는 것이고 이러한 기본 개념을 사용하여 무선 부분의 성능을 유선 포트 네트워크의 대역폭을 희생하여 개선하는 것이다.

전통적인 셀룰라 방법과 비교하여 VCN 기반 구조가 갖는 장점은 다음과 같다.

- 액세스 망 내에 핸드오버가 없음 (즉, 지역 내에)
- 간단한 무선 MAC 프로토콜이 사용됨
- 무선 채널에 throughput이 증가됨
- 기지국(cell planning) 설치 용이
- 포트의 추가가 용이

### III. 지역이동의 알고리즘과 시그널링

제안된 망에서는 지역 내에서는 핸드오버가 발생하지 않기 때문에 포트는 포트서버로 상방향 패킷을 전송하기만 할 뿐 핸드오버와는 무관하게 동작한다. 한편, 단말기가 두 개의 지역의 경계를 지날 때는 일종의 광역 핸드오버가 필요하다. 본 문에서는 이 광역 핸드오버를 기존의 핸드오버와 구분하기 위해 지역이동(Zone Transfer : ZT)이라 정의하였다.

#### 1. 지역이동의 알고리즘

VCN 기반에서의 지역이동은 가상셀이 두 개의 지역 경계를 지날 때 일어나는 것이다. 지역이동이 발생하는 시점은 가상셀에 인접한 지역 (후보 지역)에 속한 포트가 포함되어 단말기의 패킷이 다른 지역의 포트서버로 전송되기 시작할 때이다. 이 때 후보 지역의 포트서버가 지역이동을 요구하고, 요구를 받은 현재 지역의 포트서버가 후보 지역으로 제어신호를 보내면

서 지역이동의 수행이 시작된다.

이러한 지역이동을 수행할 때의 문제는 다음과 같다. 먼저 각 지역의 포트서버가 지역이동에 대비하여 인접한 모든 지역의 포트에 대한 정보를 가지고 있어야 하고 이로 인해 포트서버뿐 아니라 포트 네트워크의 트래픽이 증가하게 된다. 두 번째는 지역이동 처리시간의 문제로 지역이동이 지역 사이를 이동하는 것이지만 결국, 가상셀이 포트 사이를 이동하여 일어나는 것이므로 포트 사이의 거리 이동시간 안에 지역이동의 수행을 종료해야 하는 제약이 있다.

이러한 단점의 극복을 위해 본 논문에서는 지역의 경계에 위치한 포트들을 망 초기화 시에 경계포트(Boundary Port : BP)로 정의하여 지역이동 처리시에 이용하도록 하였다. 즉, 경계포트로 설정된 포트들은 패킷을 수신하여 포트서버로 전송할 때 자신의 ID에 경계포트임을 알리는 정보를 첨부하여 포트서버로 전송한다. 이러한 패킷을 받는 즉시 포트서버는 지역이동을 준비하기 시작하여 그 처리시간이 감소하고, 동시에 포트서버가 가지고 미리 가지고 있어야 하는 후보 지역의 정보도 경계포트만으로 한정할 수 있으므로 포트서버의 부하를 줄일 수 있다.

그림 3에 단말기의 지역이동의 상태를 나타내었고

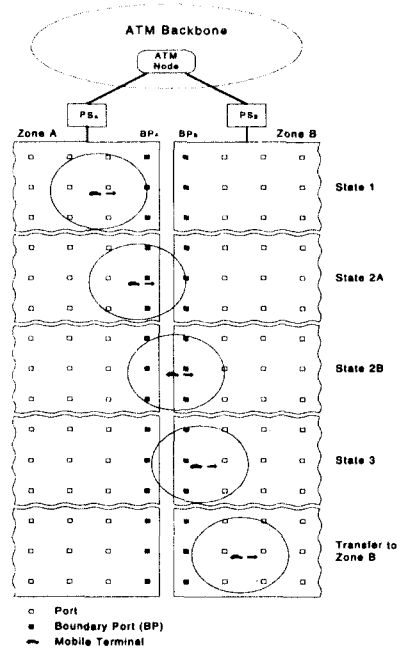


그림 3. 지역이동의 상태 정의  
Fig. 3 State diagram of the Zone Transfer

각 상태를 다음과 같이 정의하였다 (테스트 단말기가 지역 A에서 지역 B로 움직인다고 가정).

**State 1:** 'Ready' 상태로 단말기의 가상셀이 자신의 지역(지역 A)의 경계포트와 만나면, 단말기의 정보가 지역 B의 PS, PS<sub>B</sub>로 전송된다. 단말기가 지역 A로 돌아오면, 지역이동이 초기화된다(지역이동 준비단계).

**State 2A:** 단말기의 가상셀이 이웃하는 지역(지역 B)의 경계포트를 만날 때, 이 때 지역 A로부터의 신호품질이 지역 B로부터의 신호품질보다 좋다. 지역 A와 B의 포트서버, 즉 PS<sub>A</sub>와 PS<sub>B</sub>는 지역이동을 시작하여 제어신호를 서로 교환한다. 단말기의 데이터는 PS<sub>A</sub>와 PS<sub>B</sub>에 동시에 복사되지만 단말기의 패킷은 PS<sub>A</sub>가 목적으로 전송한다.

**State 2B:** 지역 A로부터의 신호품질보다 지역 B로부터의 신호품질이 좋을 때, 지역 B의 포트서버, PS<sub>B</sub>는 단말기로부터의 패킷을 목적으로 전송한다.

**State 3:** 가상셀이 지역 A의 경계 포트에서 벗어나는 상태. PS<sub>A</sub>와 PS<sub>B</sub>는 다시 지역이동 대기상태로 들어간다.

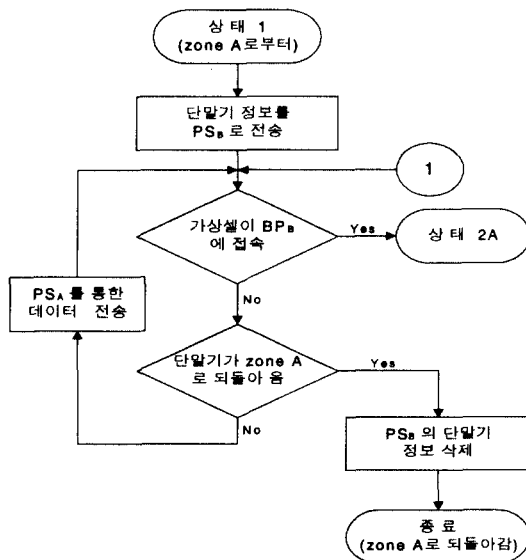


그림 4. 지역이동에서 상태 1의 흐름도  
Fig. 4 Flowchart for State 1 during a zone transfer

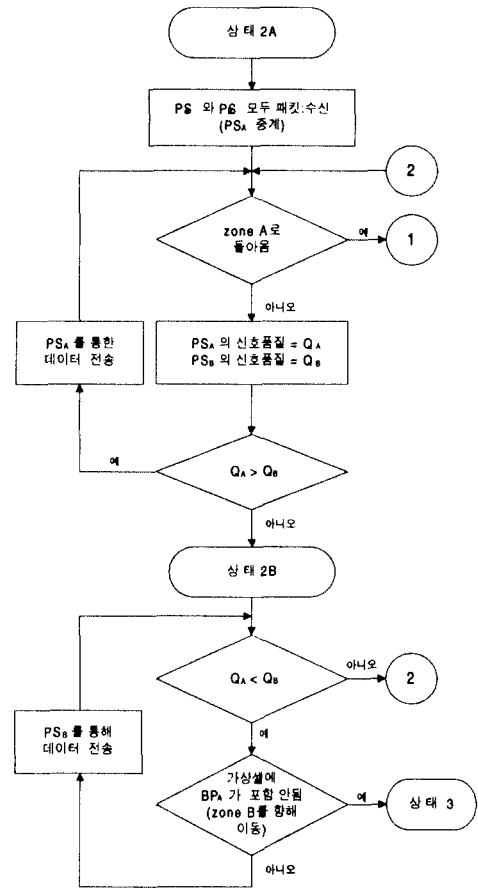


그림 5. 지역이동에서 상태 2A와 2B의 흐름도  
Fig. 5 Flowchart for State 2A and 2B during a zone transfer

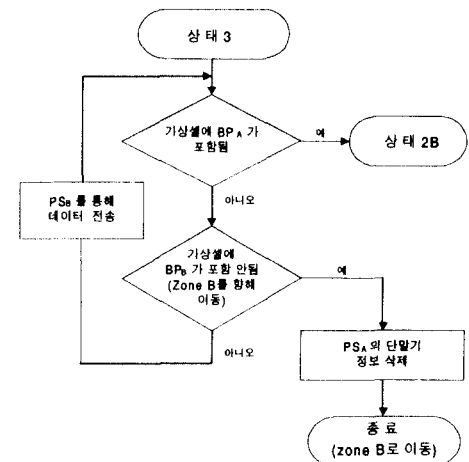


그림 6. 지역이동에서 상태 3의 흐름도  
Fig. 6 Flowchart for State 3 during a zone transfer

2. 지역이동의 시그널링

포트로부터 포트서버로 전송되는 패킷의 구조는 그림 9에 정의하였다. 여기서 Port ID는 패킷을 전송한 포트의 고유 ID이고 BP는 그 포트가 경계포트인지의 여부를 알리는 정보로 BP가 1 값을 가지면 패킷을 전송한 포트는 경계포트로 포트서버에 인지된다.

DATA	Port ID	BP
------	---------	----

그림 7. 패킷의 구조  
Fig. 7 Packet

VCN 기반의 지역이동에 필요한 시그널링을 다음과 같이 정의하고 그림 8에 그 절차를 나타내었다.

- ZT Wait 1: 현재 지역의 경계포트에서 패킷이 들어올 때, 지역이동이 초기화하고 대기한다.
- ZT Req.: 목적지 지역의 경계포트로 패킷이 들어오면, 포트서버는 지역이동을 실행한다. 지역이동 상태는 두 개의 포트서버를 통해

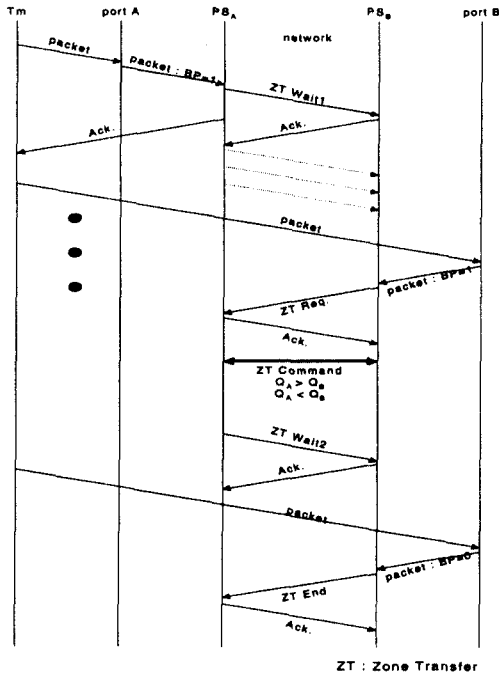


그림 8. 지역이동의 신호 절차  
Fig. 8 Signaling during a zone transfer

들어오는 신호의 품질에 따라 State 2A와 State 2B로 나눈다.

- ZT Wait 2: 현재 지역의 경계포트에 패킷이 수신되지 않으면 단말기가 목적지 지역으로 넘어간 것으로 대기상태가 된다.
- ZT End: 단말기의 가상셀이 목적지 지역의 경계포트를 완전히 벗어난 것으로 지역이동이 완료된다.

IV. 성능 분석

본 문에서는 VCN 구조를 ATM 망의 무선 액세스 망 구조로 사용할 때 발생하는 지역이동과 전통적인 핸드오버와의 성능을 각 호가 핸드오버영역이나 지역이동 영역에서 머무는 평균시간인 지속시간을 구하여 비교하였다.

1. 핸드오버호의 지속 시간

전통적인 셀룰라 시스템에서 핸드오버의 수행은 이동 단말기의 평균 수신전력이 미리 정해진 핸드오버 임계값과 수신기 임계값 사이일 때 이루어지며, 이러한 신호 특성이 나타나는 지역을 "핸드오버영역"이라 부른다. 즉, 셀의 형태가 그림 9와 같이 한 번의 길이가 R인 정육각형 셀과 동일한 면적을 갖는 반지름이 R인 원이라고 가정하면 두 셀 사이에 겹쳐지는 부분이다. 이동 단말기가 이러한 핸드오버영역에 머무는 시간을 핸드오버호의 지속시간이라고 한다.

임의의 호가 핸드오버를 요구한 후에, 핸드오버할 셀의 기지국에서 단말기에 핸드오버호의 지속시간 내에 무선 채널을 할당하지 못하면 블록킹 된다. 핸드오버호의 지속 시간은 이동 단말기의 속도, 방향, 셀의 반경에 따라 달라질 수 있다.

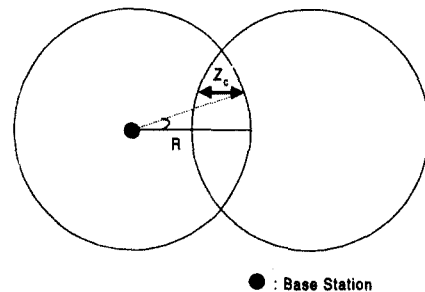


그림 9. 전통적인 셀룰라 시스템에서의 핸드오프 영역  
Fig. 9 Handoff area for a conventional cellular system.

핸드오버호의 평균 지속시간을 구하기 위하여 이동 단말기의 이동 방향이 셀의 경계에 대해 수직 방향으로만 이동하는 것으로 가정하였다. 핸드오버호의 지속시간의 랜덤변수를  $T_H$ 라 하고 이동 단말기가 핸드오버영역 내에서 움직이는 거리는 평균  $Z_C$ , 이동속도는 평균  $V[\text{km/h}]$ 로 균일한 분포를 가지는 것으로 하였다. 따라서  $T_H$ 의 pdf는  $\frac{Z_C}{V}$ 이며, 평균값은  $\overline{T_H} = \frac{R}{\pi V} (6 - \sqrt{3} \pi)$ 이다[11].

2. 지역이동 호의 지속시간

지역이동의 처리과정은 전통적인 핸드오버와 달리 단말기가 패킷을 전송하여 생기는 가상셀의 움직임에 기준으로 한다. 단말기의 가상셀이 현재 지역의 경계 포트와 만나면, 단말기의 정보가 인접 지역의 포트서버로 전송되면서 양쪽 지역의 포트서버는 지역이동을 준비한다. 단말기의 가상셀이 인접 지역의 경계포트를 만나면 제어신호가 교환되고, 각 지역의 포트서버에서 현재 지역과 인접 지역에서 수신한 신호품질이 비교되어 신호품질이 양호한 쪽의 포트서버를 통해 정보를 전송한다. 마지막으로 가상셀이 현재 지역의 경계 포트의 영역을 벗어나면 대기상태로 되고 인접 지역의 경계포트의 영역을 벗어나면 지역이동이 완료된다. 따라서 지역이동 호의 지속영역은 단말기의 가상셀에 임의의 경계포트의 커버영역 시작점에서 이동할 지역의 경계포트의 커버영역이 끝나는 지점으로 그림 10에 나타내었다. 지역이동 호의 지속시간의 랜덤변수를  $T_{ZT}$ 로 정의하고, 단말기의 속도가 평균  $V[\text{km/h}]$ 로 균일한 분포이고 지역이동 영역 내의 이동거리가  $Z_{VCN}$ 을 평균으로 균일한 분포라고 가정하면,  $T_{ZT}$ 의 pdf는  $Z_{VCN}/V$ 이고 평균값은  $4R/V$ 이다.

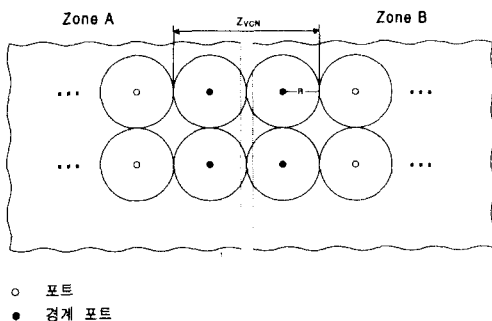


그림 10. 지역이동 영역

Fig. 10 Zone transfer area for a VCN-based system.

이동 단말기의 속도가  $50[\text{km/h}]$ 로 일정하고, 셀 반경과 포트 커버영역의 반경이  $0\sim 20[\text{km}]$ 까지 변할 때의 핸드오버와 지역이동 호의 지속시간을 그림 11에 비교하였다. 이로부터 핸드오버 호보다 지역이동 호의 처리시간에 여유가 있음을 알 수 있다.

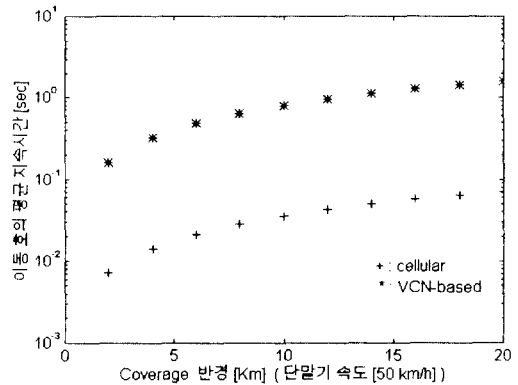


그림 11. 핸드오버호와 지역이동 호의 지속시간

Fig. 11 Handoff and zone transfer call duration as function of the coverage radius (mobile speed =  $50[\text{km/h}]$ ).

V. 결 론

본 논문에서는 전통적인 셀룰라 개념을 사용하는 무선 ATM 망의 단점을 극복하기 위하여 가상 셀룰라 망(VCN) 구조를 사용하는 무선 ATM 액세스 망 구조를 제안하였다. 제안된 망의 특징은 지역 내에서는 핸드오버가 일어나지 않고 일종의 광역 핸드오버인 지역이동이 일어나는 것으로 빈번한 핸드오버의 발생이 없기 때문에 이로 인한 트래픽의 증가를 막을 수 있고 지역이동의 프로토콜이 단순하다는 특징을 가지고 있다. 특히 경계포트를 정의하여 적은 트래픽으로 효율적인 지역이동이 이루어지도록 하였다.

본 논문에서는 이러한 VCN 구조를 무선 ATM 액세스 망 구조로 사용하는 방안을 제시하고 지역이동과 핸드오버의 성능을 각 호의 지속시간으로 비교하였다. 이러한 결과로부터 지역이동이 핸드오버에 비하여 처리시간에서 여유가 있음을 대표적인 값 예시로 확인하였다.

참 고 문 헌

1. H. Armbruster, "The Flexibility of ATM: Support-

- ing Future Multimedia and Mobile Communication," IEEE Communications Magazine, pp. 76-84, Feb. 1995.
2. D. Raychaudhuri, "ATM Based Transport Architecture for Multimedia Wireless Personal Communication Networks," IEEE JSACs. Vol. 12. NO. 8., Oct. 1994.
  3. M. Rosenzweig et als., "Wide Area Networks Asynchronous Transfer Mode(ATM) Program Plan," CECOM Technical Report, Jun. 1994.
  4. B. Jabbari, et als., "Network Issues for Wireless Communication," IEEE Communications Magazine, pp. 88-98, Jan. 1995.
  5. L. Van Hauwermeriren et al., "Requirements for Mobility Support in ATM," GLOBECOM'94, pp. 1691-1695, 1994.
  6. T. S. Rappaport, "Wireless Communications," Prentice Hall PTR, pp. 30-36, 1996.
  7. A. J. Viterbi, "CDMA: Principles of Spread Spectrum Communication," Addison Wesley, 1995.
  8. H. J. Kim and J. P. Linnartz, "Virtual Cellular Network: a new wireless communications architecture with multiple access ports," 44-th VTC'94, E.25, IEEE, 1994. 6.
  9. H. J. Kim and W. Y. Jeong, "Communication protocol for Virtual Cellular Network," PIMRC'95, Sept. 1995.
  10. H. J. Kim, M. S. Jung and J. W. Kim, "New access network architecture for wireless ATM backbone," MoMuC'97.
  11. D. Y. Hong, S. S. Rappaport, "Traffic Model and performance analysis for cellular mobile radio telephone systems with prioritized and nonprioritized handoff procedures," IEEE Trans. on Vehi. Tech. vol. 35, No. 3, pp. 77-92, Aug. 1986.

정 명 순(Myeng-Soon Jung) 정회원  
한국통신학회논문지 제23권 제9A호 참조



김 종 원(Jong-Won Kim) 정회원  
1969년 8월 26일생  
1995년 2월 : 강원대학교 공과대학  
전자공학과 졸업(공학사)  
1998년 8월 : 강원대학교 대학원  
전자공학과 졸업(공학석사)

1998년 9월~현재 : 강원대학교 대학원 전자공학과 박사과정 재학  
<연구분야> 무선 ATM, Mobile IP

김 화 중(Hwa-Jong Kim) 정회원  
한국통신학회논문지 제23권 제9A호 참조