

# 오버레이 네트워크에서 끊김없는 이동성 지원을 위한 수직적 핸드오버 기법

한정훈\*, 김진수\*, 황승희\*, 공기식\*, 황종선\*

\*고려대학교 컴퓨터학과

e-mail:{frajung, cantor, shhwang, kskong,  
hwang}@disys.korea.ac.kr

## Vertical Handover scheme for Seamless Mobility in Overlay Networks

Jung-Hoon Han\*, Jin-Soo Kim\*, Seung-Hee Hwang\*,  
Ki-Sik Kong\*, Chong-Sun Hwang\*

\*Dept of Computer Science and Engineering, Korea University

### 요 약

이기종 네트워크들이 계층적인 구조로 결합되어 있는 오버레이 네트워크 환경에서 이동 단말(Mobile Terminal:MT)의 끊김없는 이동성 지원을 위해서는, 패킷 손실 및 호 단절 현상을 최소화할 수 있는 최적의 핸드오버 시점을 결정할 수 있어야 한다. 기존의 수직적 핸드오버 기법은, 단순히 MT의 위치 정보를 바탕으로 핸드오버 수행을 예측하고 결정하였다. 하지만 이 기법은, MT의 위치와 관계없이 네트워크의 과부하로 인한 패킷 손실 및 호 단절 현상이 발생할 수 있기 때문에, 네트워크의 과부하에 따른 핸드오버 시점을 간과하는 문제점을 노출하였다. 하루가 다르게 인터넷 트래픽이 급증하는 현실에서, 네트워크의 과부하를 고려하는 핸드오버 기법이 필요한 때이다. 따라서 본 논문에서는 MT의 위치와 네트워크의 부하를 모두 고려하여 핸드오버 시점을 결정할 수 있는 핸드오버 맵(Handover-Map:H-Map)의 개념을 제안한다. 그리고 핸드오버 동기화 현상을 최소화하기 위해 향상된 H-Map을 기반으로 차별화된 핸드오버 시점을 부여하는 VAH(Vertical handover on Advanced H-Map) 기법을 소개하고, 이의 성능을 기존기법과 비교한다.

### 1. 서론

무선 네트워크 환경에서의 핸드오버 기법은 크게 수평적(horizontal) 핸드오버 기법과 수직적(vertical) 핸드오버 기법, 두 가지로 나뉜다. 먼저 수평적 핸드오버 기법은, 동종 네트워크 안의 이동단말(Mobile Terminal:MT)이 이전 기지국(Base Station:BS)에서 새로운 BS로 이동할 때의 핸드오버 처리기법인 반면에, 수직적 핸드오버 기법은 이기종 네트워크 간 이동 시의 핸드오버 처리기법이다. 이와 같은 수직적 핸드오버는 각각 다른 특성을 갖는 다양한 네트워크들이 공존하는 환경, 즉 오버레이(overlay) 네트워크를 기반으로 수행된다. 오버레이 네트워크는 서로 다른 특성(적용범위, 대역폭, 비용 등)을 가지는 무선 네트워크들(WLAN, GPRS, UMTS 등)이 계층적 구조를 갖는 네트워크이다. 또한 수직적 핸드오버는 다시 상향(upward) 수직적 핸드오버와 하향(downward) 수직적 핸드오버, 두 가지 형태로 구분된다. 하향 수직적 핸드오버는 느린 데이터 전송율과 넓은 적용범위를 가진 네트워크에서 빠른 데이터 전송율과 좁은 적용범위를 가진 네트워

크로의 핸드오버를 의미하며, 오버레이 네트워크의 상단에 위치한 MT에게 적용될 수 있는 기법이다. 반면에 상향 수직적 핸드오버 기법은 오버레이 네트워크의 하단에 위치한 MT에게 적용될 수 있으며, 하향 수직적 핸드오버와 반대되는 특징을 갖는다. 또한 MT의 위치와 무관하게 언제라도 핸드오버를 수행할 수 있으므로, MT가 최적의 핸드오버 시점을 결정하기 위해서는 다양한 핸드오버 기준이 고려될 필요가 있다. 따라서 본 논문에서는, MT의 위치와 네트워크 부하를 모두 고려한 핸드오버 시점을 판단할 수 있는 핸드오버 맵(Handover-Map:H-Map)의 개념을 제안한다. 또한 다수의 MT들이 동시에 같은 핸드오버를 수행할 때 발생하는 핸드오버 동기화 현상을 최소화하기 위한 VAH(Vertical handover on Advanced H-Map) 기법을 제안하고, 성능평가를 통해 기존 기법과 비교한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 다양한 핸드오버 기준에 대해 소개하고, 3장은 H-Map의 개념을 설명한다. 그리고 4장에서 VAH 기법에 대해 기술하며, 5장에서는 실험을 통해 제안기법과 기존기법을 평가한다. 마지막

본 연구는 고려대학교 통신수학연구센터에 의해 지원되었음.

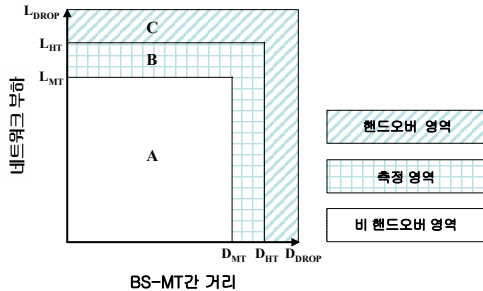
으로 6장에서는 결론 및 향후연구를 기술한다.

2. 관련연구

[1]의 수평적 핸드오버 기법은, MT의 위치와 네트워크 부하를 고려하여 핸드오버를 수행하였다. 하지만 MT가 두 네트워크의 중첩지역에 위치해야만 핸드오버가 가능하기 때문에, 실제적인 핸드오버 수행은 MT의 위치만이 고려되었다. 이것은 수평적 핸드오버 기법들이 갖는 특징이며, MT의 위치는 중요한 핸드오버 결정수단으로 사용되어왔다. 이와 같은 방법은 수직적 핸드오버 기법에도 적용되어, 비컨(beacon) 패킷의 수신 유/무에 따라 핸드오버를 수행하는 기법이 소개되었다[2]. 하지만 수직적 핸드오버는, MT의 위치에 관계없이 수행될 수도 있기 때문에 다양한 요소를 고려하여 더욱 정교하게 수행되어야 한다. 대표적인 수직적 핸드오버 기준으로는 비용, 네트워크 부하, 전력소비량, MT의 속도, 사용자 이동정보 등이 있다[3]. 이와 같은 핸드오버 기준을 다양하게 적용함으로써, 오버레이 네트워크의 자원을 효율적으로 활용할 수 있으며 전체 네트워크 성능 향상을 기대할 수 있다.

3. H-Map

MT가 핸드오버 수행이 필요 없는 안정적인 위치에 있다 하더라도, 네트워크의 과도한 부하로 인해 패킷 손실 및 긴 지연시간이 발생하면 수직적 핸드오버를 수행해야 한다. 본 논문은, BS-MT간 거리와 해당 네트워크의 부하 정도를 모두 고려하여 핸드오버 시점을 결정할 수 있는 H-Map의 개념을 그림1과 같이 제안한다.



<그림 1. H-Map>

그림 1에서 BS-MT간 거리는 현재 MT에게 서비스를 제공하는 네트워크의 기지국(BS)과 MT 사이의 거리를 의미하며, 네트워크 부하는 현재 네트워크의 부하 정도를 의미한다.  $D_{MT}$ 와  $L_{MT}$ 는, BS-MT간의 거리와 네트워크 부하로 인한 MT의 핸드오버 수행을 예상할 수 있는 측정 임계값이다. MT는 자신이 측정 영역에 위치하면, 소유하고 있는 모든 네트워크 인터페이스를 활성화한 후, 핸드오버를 수행할 대상 네트워크를 결정한다. 또한  $D_{HT}$ 와  $L_{HT}$ 는 실제적인 핸드오버 수행을 결정하는 핸드오버 임계값을 의미하며,  $D_{DROP}$ 과  $L_{DROP}$ 은 MT의 호 유지가 가능한 최대 BS-MT간 거리와 네트워크 부하를 나타내는 호 단절 임계값이다.

위의 H-Map을 기반으로 핸드오버 시점을 결정하기 위해서, MT는 BS-MT간의 거리와 네트워크의 부하 정도를 주기적으로 측정해야만 한다. 먼저 MT는 BS로부터 수신한 신호의 세기(Received Signal Strength:RSS)를 이용하여, BS-MT간의 거리를 산출할 수 있다. 본 논문은 전파 전달 모델로써 two-ray ground 모델[4]을 사용하여 BS-MT간 거리( $d_{curr}$ )를 다음과 같이 계산한다.

$$current\ distance(d_{curr}) = \left( \frac{P_t G_t G_r h_t^2 h_r^2}{L \cdot RSS_{curr}} \right)^{\frac{1}{4}} [m] \quad (1)$$

식(1)에서  $P_t$ 는 안테나의 송신전력[dBm]을 나타내고,  $G_t$ 와  $G_r$ 은 송, 수신 안테나이득[dBi]을 의미한다. 또한  $h_t$ 와  $h_r$ 은 송, 수신 안테나높이[m]이며,  $L$ 은 시스템손실[dB]을 말한다. 그리고  $RSS_{curr}$ 은 MT의 수신전력[dBm]을 말한다. 또한 호 유지가 가능한 최대한의 거리( $d_{drop}$ )를 다음과 같이 결정한다.

$$current\ distance(d_{drop}) = \left( \frac{P_t G_t G_r h_t^2 h_r^2}{L \cdot RSS_{drop}} \right)^{\frac{1}{4}} [m] \quad (2)$$

식(2)에서  $RSS_{drop}$ 은 호의 유지를 위해 요구되는 최소 신호세기를 의미한다. 그리고 식(1), (2)를 이용하여, BS-MT간 거리( $d$ )는 다음과 같이 정형화(normalization)된다.

$$distance(d) = \frac{d_{drop}}{d_{curr}} = \frac{RSS_{curr}}{RSS_{drop}}, \quad 0 \leq d \leq 1 \quad (3)$$

두 번째로 네트워크의 부하( $l_{curr}$ )는, MT가 전송한 패킷의 RTT(Round Trip Time) 값에 의해 평가될 수 있으며 다음과 같다[5].

$$current\ network\ load(l_{curr}) = 1 - \frac{1}{RTT_{curr} \cdot \mu} \quad (4)$$

식(4)에서  $1/\mu$ 은 패킷의 서비스 시간[s]이며,  $RTT_{curr}$ 은 MT가 수집한 현재 RTT[s] 값이다. 또한 호 유지가 가능한 최대 네트워크 부하( $l_{drop}$ )를 다음과 같이 정의한다.

$$drop\ network\ load(l_{drop}) = 1 - \frac{1}{RTT_{drop} \cdot \mu} \quad (5)$$

식(5)에서  $RTT_{drop}$ 은, 호 유지를 위해 허용할 수 있는 최대 RTT를 의미한다. 또한 다음과 같이 네트워크 부하 정도( $l$ )를 정형화한다.

$$network\ load(l) = \frac{l_{drop}}{l_{curr}} = \frac{RTT_{curr}}{RTT_{drop}}, \quad 0 \leq l \leq 1 \quad (6)$$

MT는 식(3), (6)을 이용하여 BS-MT간 거리와 네트워크의 부하 정도를 각각 산출하고, H-Map을 기반으로 핸드오버 시점을 결정한다. 그러나 단지 특정 시점의 RSS 혹은 RTT 값만을 이용하여 핸드오버 시점을 결정하는 것은 비효율적이다. 무선 링크상의 신호세기가 급변함으로 인해 발생할 수 있는 불필요한 핸드오버를 최소화하기 위해서, 해당 네트워크의 평균 RSS, RTT 값을 다음과 같이 산출한다.

$$RSS(N, w_i) = \sum_{j=0}^{N-1} (w_{N-j} \times RSS_{i-j}) \quad (7)$$

$$RTT(N, w_i) = \sum_{j=0}^{N-1} (w_{N-j} \times RTT_{i-j}) \quad (8)$$

위의 식(7), (8)에서  $N$ 은 측정할 샘플(RSS 혹은 RTT)의 개수이며,  $w_i$ 는  $i$ 번째 샘플에 부여하는 가중치이다. 또한  $RSS_i$ 는  $i$ 시간에 측정된 RSS값을 의미한다. 따라서 식(3)과 (6)의  $RSS_{curr}$ 와  $RTT_{curr}$ 를 평균값인  $RSS(N, w_i)$ 와  $RTT(N, w_i)$ 로 각각 대체하여, 신뢰할 수 있는 정보를 바탕으로 다음과 같이 핸드오버 시점을 결정한다.

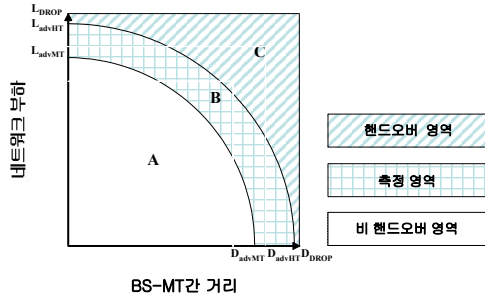
$$Distance(D) = \frac{RSS(N, w_i)}{RSS_{drop}}, \quad 0 \leq D \leq 1 \quad (9)$$

$$Network\ Load(L) = \frac{RTT(N, w_i)}{RTT_{drop}}, \quad 0 \leq L \leq 1 \quad (10)$$

4. VAH 기법

H-Map의 임계값이 모든 MT에 일관되게 적용되면, 많은 수의 MT가 존재하는 네트워크의 경우에는 핸드오버

동기화 현상이 발생할 가능성이 있다[3]. 본 논문의 VAH 기법은, BS-MT간 거리와 네트워크 부하에 따라 차별화된 핸드오버 시점을 할당하여 핸드오버 동기화 현상을 최소화할 수 있다. 그림 2은 VAH 기법에서 사용하는 향상된 핸드오버 맵(Advanced H-Map:AH-Map)을 나타낸다.



<그림 2. AH-Map>

이 기법은, BS로부터 서로 다른 거리에 복수개의 MT가 존재하고 동시에 네트워크 부하가 특정 임계값 이상으로 악화되는 경우에, BS로부터 멀리 떨어져 있는 MT부터 먼저 핸드오버를 수행하는 방식이다. 그리고 불필요한 핸드오버를 최소화하기 위해서 기존 H-Map의 A 영역을 최대한 유지한다. 따라서 기존 H-Map의 A 영역과 같은 넓이를 가질 수 있는  $D_{advMT}$ 와  $L_{advMT}$ 를 식(11), (12)와 같이 지정한다. 단, AH-Map의 곡선은 사분원으로 지정하며, 관리자의 정책에 의해 변화될 수 있다. 또한 AH-Map의 두 임계값(L,D)은 모두 상대적인 값이므로 본 논문에서는 같다고 가정한다.

$$D_{advMT} = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \times D_{MT} \quad (11)$$

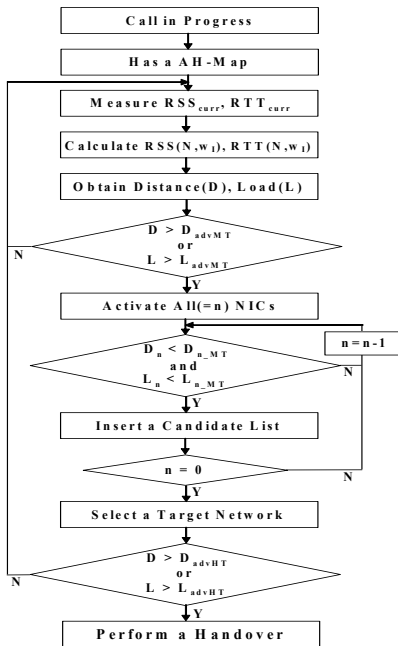
$$L_{advMT} = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \times L_{MT} \quad (12)$$

또한 실제적인 핸드오버 수행을 결정하는  $D_{advHT}$ 와  $L_{advHT}$ 을 다음과 같이 결정한다.

$$D_{advHT} = (D_{DROP} - D_{advMT}) \cdot \alpha + D_{advMT} \quad (0 \leq \alpha \leq 1) \quad (13)$$

$$L_{advHT} = (L_{DROP} - L_{advMT}) \cdot \beta + L_{advMT} \quad (0 \leq \beta \leq 1) \quad (14)$$

식(13), (14)에서,  $\alpha$ 와  $\beta$ 는 입력값을 의미하며 시스템 관리자에 의해 결정된다. 그림 3은 VAH 기법을 설명한다.

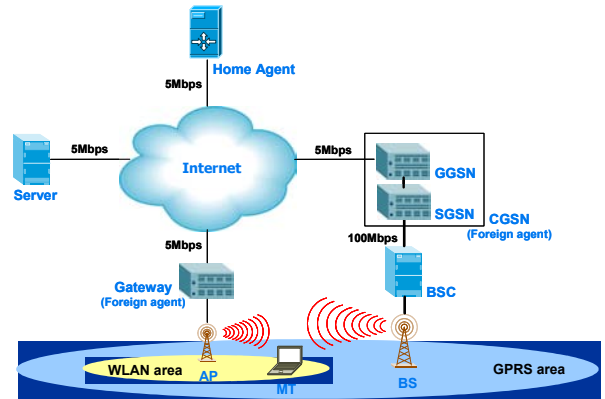


<그림 3. VAH 기법>

- ① 호를 유지하고 있는 MT는 주기적으로 BS-MT간 거리(D)와 네트워크 부하(L)를 산출한다.
- ② MT의 산출값(D 혹은 L)이 측정 임계값( $D_{advMT}$  혹은  $L_{advMT}$ )을 초과하면, MT는 모든 네트워크 인터페이스를 활성화하여 핸드오버 후보(candidate) 네트워크를 찾는다. 핸드오버 후보 네트워크가 되기 위해서는, 해당(n) 네트워크의  $D_n$ -MT간 거리( $D_n$ )와 네트워크 부하( $L_n$ )가 모두 해당 네트워크가 가지는 측정 임계값( $D_{n-MT}$ 와  $L_{n-MT}$ ) 이하로 산출되어야만 한다.
- ③ 후보 네트워크 중에서 최소의 산출값( $D_n, L_n$ )을 가지는 네트워크를 대상(target) 네트워크로 결정한다.
- ④ 대상 네트워크가 결정된 후, 산출값(D 혹은 L)이 핸드오버 임계값( $D_{advHT}$  혹은  $L_{advHT}$ )을 초과하면 MT는 미리 결정된 네트워크로 핸드오버를 수행한다.

5. 성능평가

본 논문의 성능평가를 위해 Network Simulator 2 (NS2)[6]를 이용하였으며, WLAN과 GPRS 간 오버레이 네트워크 환경을 그림 4와 같이 구축하였다.



<그림 4. 오버레이 네트워크 환경>

오버레이 네트워크 내의 모든 MT들은 두 개의 네트워크 인터페이스를 가지고 있으며, WLAN과 GPRS와 각각 연동이 가능하다. AH-Map 설정 시, 실험의 간결성을 위해 두 측정시점 임계값( $D_{advMT}$ ,  $L_{advMT}$ )을 함께 지정하였고 호 단절 임계값( $D_{drop}$ ,  $L_{drop}$ ) 대비 80% 시점에서 할당하였다. 또한 입력값( $\alpha, \beta$ )을 다양하게 적용시킴으로써 차별화된 핸드오버 임계값( $D_{advHT}$ ,  $L_{advHT}$ )에 따른 성능을 실험하였다. 네트워크 부하는, 호를 유지하는 MT의 수에 따라 변화하며 최대 25개의 MT를 고려하였다. 각 네트워크의 특성 및 적용한 임계값은 표 1과 같다[7].

<표 1. 오버레이 네트워크 특성>

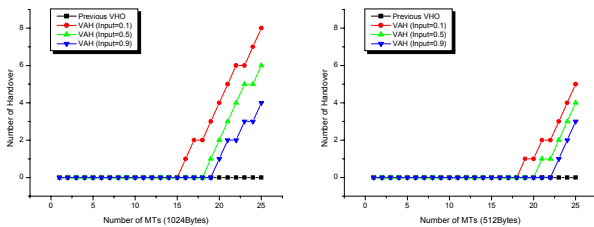
네트워크 특성	GPRS (CS4)	WLAN (802.11)
매체접근제어	TDMA	CSMA/CA(DCF)
적용범위	290m	100m
대역폭	172kbps	2Mbps
데이터 전송율	21.4kbps	2Mbps
전송전력 (P <sub>t</sub> )	27dBm	24.5dBm
안테나이득 (G <sub>t</sub> ,G <sub>r</sub> )	1dBi	1dBi
안테나높이 (h <sub>t</sub> ,h <sub>r</sub> )	1.5m	1.5m
시스템손실 (L)	1dB	1dB
패킷서비스시간 (1/μ)	0.4s	0.1s
호단절 임계값	RSS <sub>drop</sub>	-95dBm
	RTT <sub>drop</sub>	2s

또한 실험을 위해 적용한 세부 실험 환경은 표 2와 같다.

<표 2. 실험 환경>

전파 전달 모델		Two Ray Ground
이동성	속도	5m/s
	동작시간	1 - 150s
트래픽 모델	형태	TCP-Reno
	동작시간	100 - 250s
MT수	WLAN	1 - 25
	GPRS	3
AH-Map	측정입력값 ( $D_{advMT}$ , $L_{advMT}$ )	0.8
	입력값 ( $\alpha$ , $\beta$ )	0.1, 0.5, 0.9

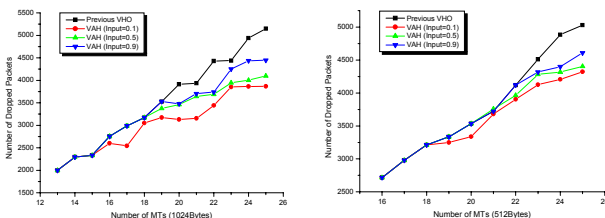
이와 같은 환경에서 WLAN의 부하가 증가할 때의 핸드오버 수행횟수와 패킷 손실량, 그리고 MT당 평균 처리량을 측정하였다. 네트워크 부하는 호를 유지하는 MT의 수로써 조정하였으며, TCP 트래픽의 전달패킷의 크기를 다양하게 적용하였다. WLAN 내의 MT들은 이동성이 WLAN 내의 지역에만 한정되어 위치에 따른 핸드오버는 발생하지 않으며, BS-MT간 거리는 균등하게 분포되어 있다. 먼저 네트워크 부하에 따른 핸드오버 수행횟수에 대한 결과는 그림 5와 같다.



<그림 5. MT의 수에 따른 핸드오버 수행횟수>

그림 5에서 좌측은 전송패킷의 크기를 1024Bytes로 설정한 경우이고, 우측은 512Bytes로 지정한 경우에 발생하는 수직적 핸드오버 횟수이다. MT의 위치만을 고려한 기존 기법은 네트워크 부하와 관계없이 핸드오버가 발생하지 않는 반면에, VAH 기법을 적용한 경우에는 네트워크 부하가 증가함에 따라 핸드오버 수행 횟수도 늘어나는 것을 확인할 수 있다. 또한 세 가지(0.1, 0.5, 0.9) 입력값에 따라 핸드오버 수행 시점이 변화하는데, 입력값을 작게 할수록 빠른 핸드오버가 수행되며 핸드오버 수행횟수가 증가하게 된다. 그리고 네트워크 부하에 영향을 미치는 전송패킷의 크기에 따라 핸드오버 수행이 변화하는 것을 확인할 수 있다.

두 번째는 네트워크 부하에 따른 패킷 손실량을 측정하였고, 입력값은 위의 실험과 같이 다양하게 지정하였다. 제안기법과 기존기법의 패킷 손실 정도와 입력값에 따른 손실량 변화를 확인할 수 있으며, 결과는 그림 6과 같다.

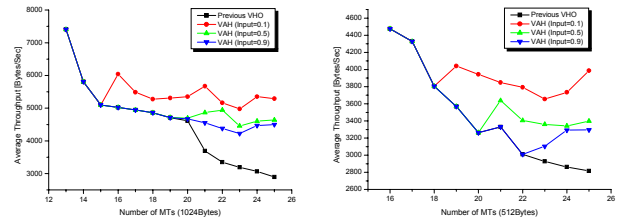


<그림 6. MT의 수에 따른 패킷 손실량>

그림 6은 MT가 네트워크 부하에 의해 핸드오버를 수행하는 부분만을 나타내며, 적은 네트워크 부하를 유지하는 경우는 모든 기법이 같은 패킷 손실량을 유지한다. VAH 기법의 경우, 기존기법에 비해 네트워크 부하 증가에 따른 패킷 손실량을 줄일 수 있다. 입력값을 작게 지정하고 전

송패킷의 크기가 클수록 더 적은 패킷 손실이 발생하는 것을 확인할 수 있다.

세 번째는 네트워크 부하에 따른 MT당 평균 처리량 (throughput)에 관한 실험이다. 결과는 그림 7과 같다.



<그림 7. MT당 평균 처리량>

기존의 기법에서 네트워크 부하가 증가할수록 MT에서 처리하는 데이터의 양이 꾸준히 감소하지만, 네트워크 부하에 따라 핸드오버를 수행하는 VAH 기법에서는 평균 처리량이 개선되는 것을 확인할 수 있다. 그리고 전송패킷의 크기가 크고 입력값이 작을수록 평균 처리량의 개선이 두드러지는 것을 알 수 있다.

## 6. 결론 및 향후연구

본 논문에서는, MT의 수직적 핸드오버 수행을 결정하기 위한 H-Map의 개념을 도입하였다. H-Map을 이용하여 MT의 위치뿐만 아니라 네트워크의 부하까지 고려한 최적의 핸드오버 시점을 결정할 수 있다. 또한 차별화된 핸드오버 시점을 부여하는 AH-Map 기반의 VAH 기법은 네트워크의 부하가 증가하는 상황에서 기존기법에 비해 적은 패킷 손실량을 보이고, MT당 평균 처리량은 향상되는 것을 확인할 수 있었다. 다만 패킷의 손실 정도와 MT당 처리량은 입력값에 의해 변화하는데 입력값을 작게 지정할수록 패킷 손실은 크게 감소하고 MT당 처리량은 증가하지만 핸드오버 수행횟수가 증가하게 된다. 따라서 적절한 핸드오버 수행횟수를 유지하면서도 패킷 손실은 최소화하고 처리량은 극대화 할 수 있는 최적의 입력값을 결정해야 한다. 향후연구로는 MT의 속도와 네트워크 비용, 그리고 사용자 선호도까지 고려하여 핸드오버 수행을 결정하는 발전된 수직적 핸드오버 기법에 대한 연구가 있다.

## 참고문헌

- [1] Ali F. Almutairi "Adaptive distribution-based handover scheme for cellular communication networks", Wireless Communications and Mobile Computing, 2004.
- [2] Mark Stemm "Vertical Handoffs in Wireless Overlay Networks", ACM Mobile Networking, Special Issue on Mobile Networking in the Internet, Vol. 3, 1998.
- [3] Helen J. Wang "Policy-Enabled Handoffs Across Heterogeneous Wireless Networks", Mobile Computing Systems and Applications, 2nd IEEE Workshop, 1999.
- [4] T. S. Rappaport "Wireless Communications, principles and practice", Prentice Hall, 1996.
- [5] Teruhi. S "End-node-based congestion-aware network load balancing", Communications, 2004 IEEE International Conference, Vol. 4, 2004.
- [6] NS2 web page: <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [7] Chakravorty, R "Performance Issues with Vertical Handovers - Experiences from GPRS Cellular and WLAN Hot-spots Integration", Pervasive Computing and Communications, 2004.