



단절시간과 회복시간에 기반한 다중 기준 수직적 핸드오프 알고리즘

정현진*, 최승식**

A Multi-Criteria Vertical Handoff Algorithm Based on Disconnection and Recovery Time

Hyeon-Jin Jeong*, Seung-Sik Choi**

본 연구는 2016년 인천대학교 교내연구비 지원으로 수행되었음.

요약

본 논문에서는 이기종 무선네트워크에서 타겟 네트워크를 선정할 때 다양한 요소들을 고려한 핸드오프 기법을 제안한다. 단절시간은 핸드오프 진행과정에서 네트워크의 연결이 끊어지고 난 직후부터 망의 재개까지 걸리는 시간으로, 단절시간이 짧다는 것은 핸드오프 진행절차가 다른 네트워크보다 빠르다는 것을 의미한다. 회복시간은 단절시간 이후 첫 데이터 전송부터 평균처리량까지 도달하기 위한 시간으로 대역폭에 얼마나 빠르게 적응할 수 있는가를 보여준다. 회복시간은 현재의 네트워크에 사용자의 특정한 서비스가 요구하는 대역폭을 만족할 수 있는지, 그리고 새로운 네트워크에 빠르게 적응할 수 있는지를 알려준다. 제안하는 기법을 네트워크 시뮬레이션(NS-2)을 통해 실험하였고, 핸드오프 수행 시 단절시간과 회복시간 측면에서 기존 기법들 보다 더 나은 성능을 보임을 확인하였다.

Abstract

In this paper, we propose a handoff algorithm that takes into account different components when a target network is selected in heterogeneous wireless networks. A cutoff time is the duration of handoff process from the moment the network is disconnected to the moment that the network is resumed, and the short cutoff time means that the handoff procedure in this network is faster than that in other networks. A recovery time is the duration between a mobile receives a first packet and reaches to the average of throughput after the cutoff time. It shows how quickly it can adapt to bandwidth. The recovery time shows that the current network can satisfy the bandwidth required by its particular services and quickly adapt to the new networks. The proposed algorithm is simulated by network simulations (NS-2), and it shows a better performance than the previous one in terms of disconnection time and recovery time.

Keywords

multi-criteria, vertical handoff algorithm, heterogeneous wireless networks, disconnection time, recovery time

* 인천대학교 컴퓨터공학과
 - ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3774-0531>
 ** 인천대학교 컴퓨터공학과 교수(교신저자)
 - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8469-0680>

· Received: Jan. 24, 2018, Revised: Mar. 08, 2018, Accepted: Mar. 11, 2018
 · Corresponding Author: Seung-Sik Choi
 Dept. of Computer Science and Engineering Incheon National University,
 119 Academic-ro, Yeonsu-gu, Incheon 406-772, Korea
 Tel.: +82-32-835-8498 Email: sschoi@incheon.ac.kr

1. 서 론

최근 이동 단말은 하나의 네트워크를 지원하는 것이 아니라 다수의 인터페이스를 탑재하여 3G, LTE, WLAN 등 다양한 네트워크를 사용할 수 있도록 멀티 모드를 지원하고 있다. 이동 단말이 다양한 네트워크를 지원함에 따라, 현재의 망에서 네트워크의 이동인 핸드오프는 매우 필연적으로 빈번하게 발생하게 된다. 특히 같은 네트워크로의 이동인 수직적 핸드오프보다 다른 네트워크로의 이동인 수직적 핸드오프가 많이 발생하는데, 다른 네트워크로 이동하는 과정에서는 다양한 문제가 발생하게 된다. 이는 각 네트워크들이 가지는 고유한 특성, 예를 들어 대역폭, 지연, 전송범위등이 다르기 때문이다. 이기종 무선 네트워크 환경은 기본적으로 여러 개의 네트워크가 중첩된 형태이므로, 많은 핸드오프가 발생할 수밖에 없다. 이러한 환경에서 원활한 핸드오프를 지원하기 위해 많은 연구가 진행 되어왔다 [1][2].

이기종 무선망 네트워크에서의 핸드오프는 결국 수직적 핸드오프를 말하므로, 수직적 핸드오프를 상황에서 발생하는 다양한 문제점을 눈여겨 볼 필요가 있다. 수직적 핸드오프 상황에서는 망의 고유한 특성들이 다르기 때문에 새로운 망으로 이동 했을 때, 새로운 네트워크에 대한 대역폭 적응문제가 발생할 수 있다. 대역폭 적응 문제는 급격하게 변경되는 대역폭으로 인해 발생하는 문제로, 대역폭이 좁은 망에서 많은 네트워크로의 이동인 하향식 핸드오프 상황에서는 새로운 망에서 많은 데이터를 전송할 수 있음에도 최대 대역폭까지 도달하기까지 많은 시간이 걸리는 문제이다. 반대의 상황인 상향식 핸드오프에서는 급격히 줄어드는 대역폭으로 인해 많은 손실 패킷이 발생하게 된다. 또 다른 문제점으로는 핸드오프 구간에서도 하위계층은 핸드오프를 처리했는지 모르지만, 상위계층에서는 이러한 정보를 알 수 없기 때문에 발생하는 서비스 품질 저하가 발생하게 된다. 그리고 핸드오프가 발생하게 되면 잘못된 순서로 패킷 및 세그먼트가 송신측에 전달될 수 있으므로 불필요한 타임아웃 및 재전송이 발생하기도 한다.

이기종 네트워크 간의 원활한 핸드오프를 진행하

는 것도 중요한 문제이지만, 어떤 네트워크로 이동할 것인지를 선정하는 작업 또한 매우 중요한 문제이다. 현재의 네트워크에서 옮겨갈 네트워크인 타겟 네트워크를 선정하는 작업에는 많은 요소들이 고려되어야 하는데, 그중 전통적인 방법은 RSS(Received Signal Strength), SINR(Signal Interference Noise Ratio) 등 신호의 세기나, 품질을 이용하여 타겟 네트워크를 선정하는 방법이다. 하지만 신호의 품질이 좋고 하더라도 상위 계층에서 사용자가 느끼는 품질은 신호의 품질과는 다를 수 있다. 최근의 추세는 신호의 품질만을 고려하는 것이 아니라, 다양한 요소를 고려해 타겟 네트워크를 선정하고 있다[3]-[6].

타겟 네트워크를 선정함에 있어 다양한 파라미터를 고려하는 것은 중요한 일지만, 자칫 너무 많은 요소들을 고려하게 되면 이들을 종합, 연산하는 과정에서 많은 시간을 소모하게 되므로 효율적이지 못하다[3]. 또한 너무 적은 요소만 고려하게 된다면, 사용자의 만족 혹은 서비스 비용 등, 반드시 고려해야 할 요소가 빠질 수 있으므로 이 경우 또한 문제가 발생할 수 있다. 또한 네트워크 상태도 반드시 고려해야 할 요소이다. 예를 들어 하나의 AP에 많은 네트워크가 접속해 있다면, 신호의 세기가 아무리 세다고 하더라도, 제대로 된 서비스를 제공할 수 없을 것이다. 반대의 경우에서도 마찬가지로 신호의 세기가 약하지만 그 AP에 접속해 있는 이동 단말의 수가 적을 경우, 오히려 강한 신호를 보내는 AP보다 더 원활하게 데이터를 송·수신 하는 경우도 발생할 것이다. 본 논문에서는 이를 반영하여, 단절시간이라는 새로운 개념을 이용하여 이 문제를 해결하고자 한다.

본 논문에서는 기존의 방법과는 다른 시각으로 네트워크를 선정하는 방법을 제안한다. 기존의 방법들은 대역폭, 지연, 지터(Jitter), 그리고 가격등을 이용하였다면, 본 논문에서는 무선 랜의 AP(Access Point)와 이동 단말의 서비스를 제공하는 eNB(E-UTRAN Node B), 기지국에서 제공되는 단절시간과 회복시간이라는 파라미터를 포함하여 서비스 별로 구분하여 타겟 네트워크를 선정하는 기법을 제안한다. AP와 기지국은 자신의 부하를 알고 있다고 가정하며, 이를 핸드오프 전에 수신 받아 타겟 네트워

크를 선정할 때 사용한다. 단절시간은 모바일 단말에 의해서 측정되는 시간이 아니라 AP와 기지국에서 측정되는 시간으로, 최근의 자신의 처리량 및 과거의 정보를 이용하여 평균 처리량을 계산하게 되고, 이를 통해 핸드오프시간을 계산하게 된다. 핸드오프시간은 네트워크에서 새로 들어온 이동 단말이 평균 처리량까지 도달하는 시간으로 정의되며, 이는 단절시간과 회복시간의 합과 같다. 핸드오프 시간을 넘겨받은 이동 단말은 서비스 형태를 고려하고, 각각의 파라미터들을 조사한다. 이때 사용되는 파라미터는 지연, 최대대역폭, SINR, 핸드오프시간을 주요 파라미터로 이용하며, 각각의 서비스가 요구하는 정도를 구한 후, 새로운 네트워크의 값들과 연산을 한다. 그 후 행렬 곱을 통해 각각 후보 네트워크의 점수를 계산한다. 이를 핸드오프 타겟 네트워크 선정에 활용하는 과정으로 이루어진다.

II. 관련연구

SMVHO(Service-adaptive Multi-criteria Vertical Handoff)[3]기법의 핸드오프 과정은 크게 네트워크 발견, 핸드오프 선택, 실행으로 나누어진다. 본 논문의 주제인 네트워크 선택과정 부분을 살펴보면 비용함수(Cost Function)를 이용하는데, 다속성 의사 결정(MADM, Multi-Attribute Decision Making) 기법을 이용한다. 대역폭 이용율, SINR, 지연, 패킷 손실률, 비용을 주요 파라미터로 이용하여 이를 행렬 형태로 치환한 후, 각각을 정규화 하여 네트워크 부분의 파라미터로 이용한다. 그리고 가중치를 결정하기 위해서 각각 파라미터에 대한 서비스의 상대적인 중요도를 구하고, 두 행렬의 합을 통해 최종 타겟 네트워크를 선정하게 된다. 상대적 중요도는 서비스에 따라 1부터 9 사이의 값을 가지게 되며, 최종 연산 후 연산결과가 가장 좋은 네트워크를 타겟 네트워크로 선정하게 된다. 하지만 서비스에 따른 상대적 중요도를 어떤 기준으로 분류하였는지를 기술하지 않고 있다.

다양한 파라미터를 사용하지만 주로 하위 계층에 초점을 맞추어 많은 연구들이 진행되고 있다. VHOM[4]의 기법에서는 타겟 네트워크를 선정할

때, 현재의 애플리케이션의 종류, 처리량, 처리량의 임계값, 지연시간, 및 평균지연과 현재네트워크의 지연 값을 이용하여 타겟 네트워크를 선정한다. 계산된 결과가 임계값 보다 높으면 타겟 네트워크로 선정되는 방식이며, WLAN과 WiMAX간의 핸드오프를 위해 제안되었다. 그리고 핸드오프에서 중요한 요소인 타겟 네트워크의 성능평가를 위해서 MAC 계층의 정보를 주로 이용한다. 하지만 VHOM기법은 상위 계층에 대한 정보를 고려하고 있지 않고 있다.

G. Mahardhika의 기법[6]은 전통적인 방법인 RSSI와 함께 이동 단말의 속도와 지연을 주요 파라미터로 이용하여 타겟 네트워크를 선정했을 때, RSSI를 이용한 핸드오프보다 더 나은 결과가 나오는 것을 확인하였다. 하지만 구체적으로 어떻게 적용이 되었는지를 기술하지 않고 있으며, 실제 사용자의 측면의 서비스 품질 등을 고려하고 있지 않다.

MADM(Multiple Attribute Decision Making) 기법[7]은 사용자들이 이기종 무선 네트워크에 접근하게 되면, 유사한 서비스를 요청하는 사용자들을 그룹화, 유사한 특성을 갖는 네트워크들을 묶어, 최적의 접근 네트워크를 탐색 및 선택하는 기법이다. 이 기법에서는 처리량, 지연, Jitter, PER, Cost를 주요 파라미터로 사용하고 있으며, 각각 가중치를 곱하여 연산한 후, 타겟 네트워크를 선정하는 방식으로 이루어진다. 기존의 방식과는 다르게 그룹화를 통해서 가중치를 부여하여 타겟 네트워크를 선정하고 있다.

게임이론을 이용하여 타겟 네트워크를 선정하는 방법도 제안되었다[8][9]. [8]은 이동 단말 사용자가 베이스안 내쉬 균형점을 기반으로 하는 최적의 네트워크를 선정하는 방법으로, 핸드오프 지연을 감소하게 하고, 항상 최선의 네트워크를 사용할 수 있게 해주는 방법을 제안했다. 또한 [9]에서는 게임 이론을 이용하여 최적의 네트워크를 선정할 수 있는 알고리즘을 제안하였다.

또한 최근 표준화가 진행되고 있는 802.21 표준(MIH, Mobile Independent Handover)[1]은 이기종 무선 네트워크 환경에서 QoS를 보장하기 위한 핸드오프 기술로, 하위 계층에서 주어진 정보를 이용하여 이를 상위 계층에 적용하여 핸드오프 하는 형태

로 이루어진다. 하지만 네트워크 타겟을 선정함에 있어서는 전송 계층 혹은 그 상위 계층에서의 내용을 반영하고 있지 않다.

III. 이기종 무선망 환경에서 서비스 형태를 고려한 네트워크 선택 기법

그림 1은 본 논문에서 제안하는 기법의 시스템 모델을 나타내고 있다. 셀룰러 네트워크와 다수의 WLAN 네트워크가 중첩된 형태로 존재하며, 이 망들 중에서 현재 사용자가 이용하고 있는 서비스 형태를 고려하여 최적 네트워크를 선정하는 형태로 이루어진다.

본 논문에서는 서비스 형태를 고려하여 타겟 네트워크를 선정한다. 음성은 지연과 SINR에 크게 영향을 받는 형태이며, 최대대역폭과 지연을 중요하게 고려하여야 한다. 이에 반해 영상 스트리밍은 사용자 측면에서 느끼는 품질이 주요 고려 요소인데, 단절시간과 회복시간 측정을 통해 기존 방법들이 가지지 못하는 서비스 품질요소를 고려할 수 있다. 네트워크를 선정함에 있어 다양한 요소들이 사용될 수 있다.

```

Time measurement;
if Hand-off started do
     $t_s \leftarrow \text{current\_time}()$  ;
    while(true) do
        if throughput  $\geq I$ 
             $t_e \leftarrow \text{current\_time}()$  ;
             $T_n \leftarrow t_s - t_e$  ;
            return  $T_n$  ;
    then exit;

※ current_time() is a function that measures the
current time

```

그림 1. 단절시간 측정 알고리즘

Fig. 1. Algorithm of measuring disconnection time

기를 이용하여 타겟 네트워크를 선택하고 있으며, 그 외에도 다양한 파라미터와 방법으로 타겟 네트워크를 선정하였다. 본 논문에서는 타겟 네트워크를 선정함에 있어서 네 가지의 파라미터를 사용한다. 첫 번째는 지연으로 수신 단에서 송신 단까지 걸리는 시간이며, SINR을 포함하여 신호의 세기(잡음 정도를)측정하게 된다. 두 번째 파라미터는 최대 대역폭이다. 대역폭은 데이터 전송에 있어 얼마나 빠르게 데이터를 전달할 수 있는가를 의미하며, 이를 이용하여 현재의 서비스에 따라 얼마나 빠르게 데이터를 전송할 수 있는가를 대략적으로 알 수 있다.

세 번째는 단절시간인데, 단절시간이란 AP, eNB 등 기지국 혹은 이동 단말의 접속지점에서 측정되는 파라미터로 한 네트워크가 접속지점에 접속한 후 최초 전송이 시작되는 시간으로 정의할 수 있다. 본 논문에서는 각 네트워크 접속지점에서는 한 네트워크의 핸드오프 재개에서 최초 전송까지의 시간인 단절시간을 알 수 있다고 가정한다. 각 접속지점에서는 새로운 네트워크가 추가될 때마다 최근의 경향을 반영한 평균 단절시간을 계산하는데, 이는 식 (1)과 같다. T_n 은 최근 접속한 네트워크의 단절시간이며 n 은 현재 네트워크에 접속된 이동 단말의 순서번호이다.

$$T_{D,avg} = \alpha \times T_{D,n} + (1-\alpha) \times T_{D,n-1} \quad (1)$$

$$(0 \leq n \leq \max)$$

마지막 파라미터는 회복시간이다. 회복시간이란 핸드오프 이후 최초의 데이터 전송 시작 시점부터 평균처리량에 도달하는 시간이다. 이것 또한 식 (1)과 유사하게 접속지점에서 측정할 수 있다고 가정한다. 이는 식 (2)와 같다.

$$T_{R,avg} = \alpha \times T_{R,n} + (1-\alpha) \times T_{R,n-1} \quad (2)$$

$$(0 \leq n \leq \max)$$

회복시간은 서비스 형태에서 스트리밍 형태에서 중요하게 고려해야 할 요소이다. 하지만 새로운 네트워크가 접속한다면 처리량은 낮아질 것이며, 이로 인해 새로운 이동단말은 평균처리량까지 도달할 수 없을 가능성이 높다. 그렇기 때문에 이를 고려하여 예측 평균 처리량을 이용한다. 이는 식 (3)와 같다.

관련연구에서 보듯이 전통적인 방법은 신호의 세

T_{avg-r} 는 현재의 평균 처리량을 이용하여 새로운 이동 단말이 왔을 때, 사용할 수 있는 평균 처리량이며 이를 이용하여 회복 시간을 계산하게 된다.

$$T_R = \frac{n \times T_{R,avg}}{n+1} \quad (3)$$

스트리밍은 핸드오프 과정에서 현재의 서비스 품질을 유지하는 것이 중요하다. 이는 결국 새로운 네트워크에 얼마나 빨리 데이터 전송을 시작하느냐에 달려있다. 이를 위해 단절시간을 이용한다. 이는 그림 1과 같다. 그림 1은 식 (1)에서 사용될 단절시간을 구하는 과정을 나타낸 그림이다. 핸드오프가 시작되면 현재의 시간을 저장한다. 그 후 최초의 데이터 전송이 시작되면 하나의 이동단말이 핸드오프를 시작하여 최초의 전송이 발생할 때의 시간을 구할 수 있다. 이를 이용하여 단절시간을 측정할 수 있으며 측정된 단절시간을 이용하여, 평균 단절시간을 구하게 된다.

식 (4)를 통해서 현재의 네트워크에서 새로운 이동 단말이 접속했을 때의 단절 시간과 회복 시간을 구할 수 있다. 이를 이용하면 결국 핸드오프에 걸린 평균시간을 구할 수 가 있는데, 이를 핸드오프 시간이라고 정의하며 이는 식 (4)와 같다.

$$T_H = T_{R,avg} + T_{R,avg} \quad (4)$$

식 (3)을 통하여 접속 지점(AP, BS)은 평균 단절시간을 구하게 되고, 이것을 이동 단말에게 전송 하여 핸드오프 타겟 네트워크를 선택하는 파라미터로 이용하게 된다.

본 논문에서는 이동 단말에서 주로 사용되는 서비스를 임의로 구분하고 네트워크 결정 파라미터들을 이용하여 핸드오프할 타겟을 선정하게 되는데, 이때 사용되는 파라미터들은 서비스 중요도를 고려한다. 음성의 경우에는 최대대역폭 보다는 지연과 SINR값에 민감하며, 인터넷 같은 경우에는 SINR값 보다는 최대 대역폭과 지연에 민감하다. 서비스 중요도 행렬의 일반형은 식 (5)와 같다. n은 서비스의 개수, l은 고려하는 파라미터의 개수를 나타낸다.

$$A = (a_{ij})_{(n \times l)} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1l} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2l} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nl} \end{pmatrix} \quad (5)$$

일반형 식 (5)를 기초로 본 논문에서 제안하는 알고리즘을 위해 네 가지의 파라미터만을 고려한다. 이는 식 (6)과 같다. 식 (6)에서 1열은 지연, 2열은 최대대역폭, 3열은 SINR, 4열은 단절시간을 의미한다.

$$A = (a_{ij})_{(n \times 4)} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & a_{n4} \end{pmatrix} \quad (6)$$

각 서비스별로 상대적 중요도를 이용하여 이제 실제 네트워크 상태 행렬과 곱을 통해 타겟 네트워크를 선정하게 된다. 서비스별 상대적 중요도를 나누어 준 다음에는, 네트워크 상태 행렬은 현재의 네트워크 상태를 반영하는 행렬을 계산하게 된다. 이는 식 (7)와 같이 같다.

$$B = (b_{ij})_{(l \times m)} = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1m} \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ b_{l1} & b_{l2} & \cdots & b_{lm} \end{pmatrix} \quad (7)$$

행렬 B에서 j는 후보 네트워크들을 의미하며, 행렬 B에서도 4개의 네트워크를 고려하기로 한다. 4개의 네트워크가 존재한다고 가정 할 때, 행렬 B는 식 (8)과 같다.

$$B = (b_{ij})_{(4 \times m)} = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1m} \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{2m} \\ b_{31} & b_{32} & \cdots & b_{3m} \\ b_{41} & b_{42} & \cdots & b_{4m} \end{pmatrix} \quad (8)$$

1열은 실제지연의 값을 서비스별 요구 지연과 나눈 값으로 정의된다. 지연은 낮으면 낮을수록 좋은 파라미터 이므로, 식 (9)와 같다. D_r 은 실제지연, D_{req} 는 서비스가 요구하는 최소 지연으로, 이 값은 미리 설정된 값이다. 식 (9)을 통해서 계산된 상대

적 지연은, 네트워크의 지연이 낮으면 낮을수록 높은 점수를 얻게 된다.

$$b_{1j} = \frac{D_{dd}}{D_r} \quad (9)$$

식 (10)은 요구대역폭을 실제대역폭으로 나눈 값으로 다음과 같이 표현되며 BW_{dd} 는 요구대역폭, BW_r 은 실제대역폭이다. 대역폭은 넓으면 넓을수록 좋은 네트워크를 의미하므로, 대역폭이 넓은 네트워크가 식 (10)에 의해서 높은 점수를 가지게 된다.

$$b_{2j} = \frac{BW_r}{BW_{dd}} \quad (10)$$

식 (11)는 서비스의 요구 SINR을 실제 SNIR 값으로 나눈 값이며, 이 값은 상위 계층뿐만 아니라 하위 계층에서 일어나는 핸드오프를 위한 파라미터이며, 또한 음성과 같은 신호의 세기에 민감한 서비스를 위하여 추가한 파라미터 이다. 식 (11)에서 $SINR_r$ 은 실제 SINR값이며, $SINR_{dd}$ 는 서비스의 요구 SINR값이다. 역시 대역폭과 마찬가지로, 신호대 잡음비가 좋으면 좋을수록 높은 점수를 가지게 된다.

$$b_{3j} = \frac{SINR_r}{SINR_{dd}} \quad (11)$$

마지막 열값은 핸드오프시간이다. 앞에서 나온 파라미터들과는 다르게 단절시간은 각각의 서비스가 요구할 수 있는 값이 아니므로, 현재의 네트워크에서 가장 큰 값과 현재 계산되는 네트워크의 상대적인 비교를 이용하여 네트워크 상태를 계산한다. 핸드오프시간은 짧으면 짧을수록 좋은 네트워크를 의미한다. 현재 네트워크 j에서 걸리는 핸드오프 시간을 $T_{H,j}$ 라고 하며 이를 이용하여 핸드오프시간을 구한다. 이는 식 (12)과 같이 표현되고, 식을 통해 핸드오프 시간이 짧은 네트워크가 가장 높은 점수를 가지게 된다.

$$b_{4j} = \frac{\max\{T_{H,j} | 0 \leq j \leq n\} - T_{H,j}}{T_{H,j}}, \quad (0 < T_{H,j}) \quad (12)$$

이후 서비스의 상대적 중요도 행렬과 실제 네트워크 상태 행렬을 곱하게 된다. 이를 타겟 네트워크 점수 행렬(H)이라하며 이를 식 (13)과 같이 표현한다. 식 (13)에서 만들어진 타겟 네트워크의 점수 행렬에서, 같은 행은 특정한 서비스가 여러개의 타겟 네트워크에 핸드오프 되었을 때 획득하는 점수를 의미한다. 이는 다음과 같다.

$$H_{nm} = (A_{n4} \times B_{4m}) = \begin{bmatrix} h_{11} & \dots & h_{1n} \\ \vdots & \dots & \vdots \\ h_{n1} & \dots & h_{nm} \end{bmatrix} \quad (13)$$

각각의 네트워크에 대한 점수가 계산되면, 식 (14)에서 가장 높은 점수를 가지는 네트워크가 최종 후보 네트워크로 선정되며, 이 점수를 현재의 네트워크와 비교하게 된다. 만약 현재의 네트워크가 더 좋은 점수를 가지게 되면 핸드오프를 실행할 필요가 없게 된다.

$$S_i = \text{Max}(H_{i1}, H_{i2}, H_{i3}, \dots, H_{im}) \quad (14)$$

전체적인 메시지 흐름은 그림 2와 같다. 먼저 이동 단말과 서버 측간의 통신이 이루어지고 있는 상태에서, 네트워크의 끝 부분, 예를 들어 WLAN의 AP나, 3G의 BS, 그리고 LTE의 eNB 등은 위의 식을 이용하여 자신의 단절 시간을 계산하게 된다. 그리고 만약 이동 단말이 핸드오프 할 타겟 네트워크를 선정하기 위하여 단절 시간을 요청하는 메시지를 각각의 기지국에 요청 하게 되면, 현재의 네트워크 상태 및 단절시간을 이동 단말 측으로 전송하게 된다. 이를 전송받은 이동 단말은 각각의 서비스에 따른 요구 처리량, 지연, SINR값 그리고 상대적인 단절 시간을 수집하게 되며, 타겟 네트워크 점수 행렬 값을 이용하여 타겟 네트워크를 선정하게 된다. 타겟 네트워크로 선정되고, 그것이 현재의 망보다 더 나은 상태를 가지는 네트워크라는 것이 확인 되면, 타겟 네트워크로의 핸드오프 절차를 수행하게 된다. 이후 새로운 TCP 및 UDP 연결이 이루어지게 된다.

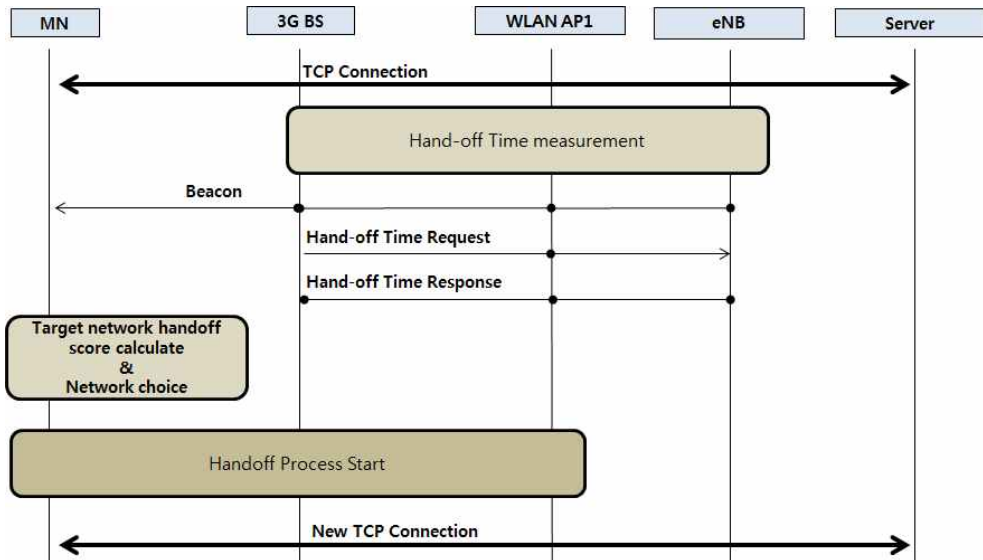


그림 2. 메시지 흐름도
Fig. 2. Message flow chart

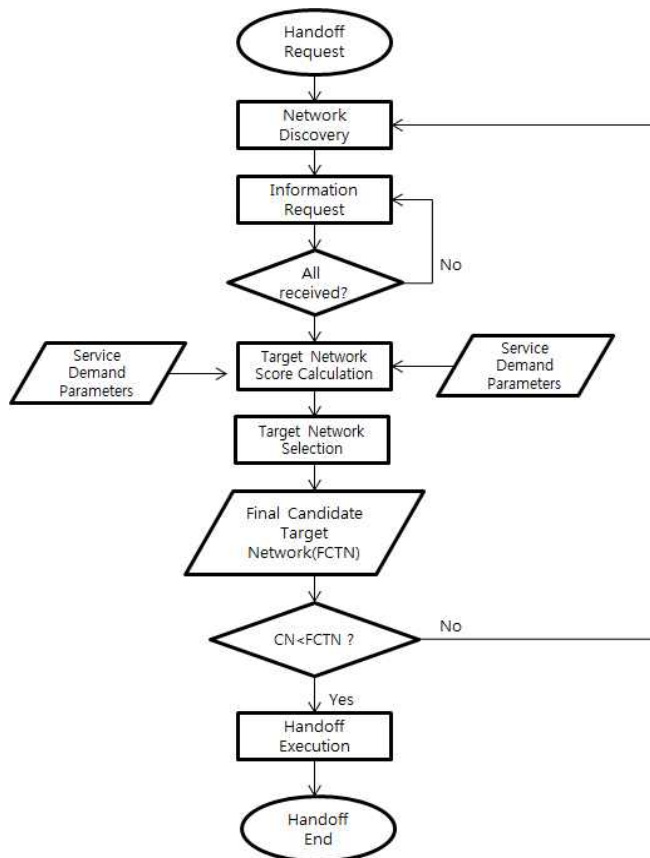


그림 3. 제안 기법의 순서도
Fig. 3. Flow chart of proposed method

그림 3은 본 논문에서 제안하는 기법을 포함하는 전체적인 핸드오프 과정을 표현해 놓은 것이다. 먼저 이동 단말이 핸드오프를 시작하게 되면, 현재 이동 단말의 주위에 있는 네트워크들을 발견하고, 이들에게 핸드오프시간을 포함한 현재 네트워크 상태에 대한 파라미터를 요청하게 된다. 그리고 이 작업이 끝난 후에는 타겟 네트워크를 선정하기 위하여 계산을 수행하게 되는데, 이 때 사용되는 파라미터들은 앞에서 요청 한 실제 네트워크에 대한 정보와 현재 서비스가 요구하는 파라미터들을 종합하게 된다. 그리고 앞에서 표현된 식을 통해 타겟 네트워크 후보에 대한 점수를 계산하게 된다. 이를 통해 가장 점수가 높은 네트워크를 타겟 네트워크로 선정하게 된다. 하지만 현재의 네트워크보다 최종 후보 네트워크의 점수가 낮다면 핸드오프를 수행하지 않고, 다시 주변의 네트워크를 검색하는 과정으로 들어가게 된다. 만약 현재의 네트워크보다 최종 후보 타겟 네트워크가 점수가 높다면, 최종 후보 네트워크로의 핸드오프가 수행되며 끝나는 형태로 이루어지게 된다.

IV. 실험

제안하는 기법의 성능 평가를 위하여 NS-2 (Network Simulator-2)[10]를 이용하여 시뮬레이션을 진행하였다. 실험 환경은 그림 4와 같이 하나의 서버와 하나의 라우터 그리고 4개의 접속지점이 존재하는 형태로 이루어진다. 각각의 접속지점은 고유한 특성을 가지고 있는데, 단절시간과 회복시간이 모두 낮은 접속지점, 단절시간만 낮은 접속 지점, 회복시간만 낮은 접속지점 그리고 회복시간과 단절시간이 모두 높은 접속지점으로 구성되어 있다.

데이터 형태는 여러 가지의 기준으로 분류할 수 있으나 본 실험에서는 음성, 데이터, 스트리밍 세 가지의 형태가 있다고 가정한다. 그리고 각각 상대적 중요도를 부여하기 위해 서비스형태를 고려하여 임의로 가중치를 부여하였다. 이는 표 1과 같다.

각각의 시뮬레이션은 총 20초간 수행되었으며, 10~12초 구간에서 핸드오프가 발생된다. 그리고 각 접속지점의 상태가 다르기 때문에 핸드오프 시간은 동일하지 않다.

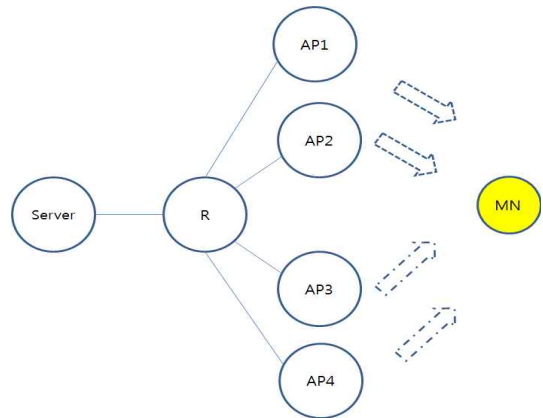


그림 4. 시뮬레이션 토폴로지
Fig. 4. Simulation topology

표 1. 시뮬레이션을 위한 상대적 중요도 행렬
Table 1. Relative importance matrix for simulation

	Maximum Bandwidth	Delay	SINR	Handoff time
Sound	α	0	β	$(1-\alpha-\beta)$
Data	β	α	0	$(1-\alpha-\beta)$
Streaming	β	$(1-\alpha-\beta)$	0	α

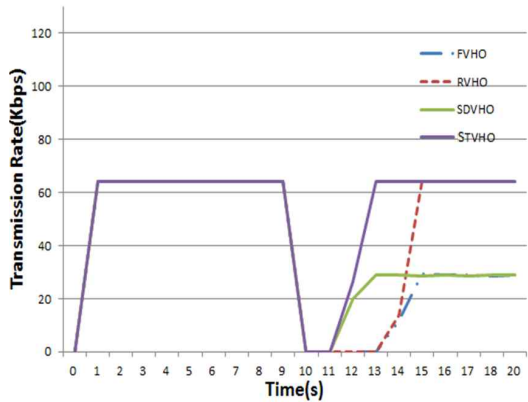


그림 5. 음성 데이터의 실험
Fig. 5. Simulation of voice data

그림 5는 음성 데이터의 실험 결과이다. FVHO (Fast Vertical Handoff)는 신호의 세기인 SINR값만을 고려하여 핸드오프를 한 경우이다. 신호의 세기만을 고려하기 때문에, 타겟 네트워크 선정과정에서 처리량 등 다양한 파라미터를 고려하지 못한다. 그리고 신호의 세기가 세다고 해서 항상 좋은 결과를 나타내는 것은 아니기 때문에 다음과 같은 결과가 도출되었다. RVHO(RSS based Vertical Handoff)기법은

회복시간만을 고려한 핸드오프 기법이다. 핸드오프 이후의 회복시간만을 고려하기 때문에 기존의 신호의 세기만 고려하는 것 보다 더 빠르게 대역폭을 점유하는 것을 확인할 수 있다. 하지만 단절시간을 고려하지 않기 때문에, 상대적으로 긴 단절시간을 보여주고 있다.

SDVHO(Short Disconnection time Vertical Handoff) 기법은 제안하는 기법에서 단절시간만을 고려한 기법이다. 단절시간이 짧기 때문에 빠르게 핸드오프 이후에 데이터 전송이 발생한다. 하지만 회복시간이 느린 망으로 핸드오프 했기 때문에, 이는 자신이 필요한 대역폭을 사용할 수 없다는 것을 의미하므로 다음과 같은 실험 결과가 도출되었다. 제안하는 기법인 STVHO(Service-oriented Vertical Handoff)는 단절시간과 회복시간 모두를 고려한다.

그림 5를 보면, 앞에서 기술한 다양한 파라미터들을 고려하여 핸드오프를 하기 때문에 단절시간 및 회복시간이 다른 기존의 기법보다 단절시간 및 회복시간에서 더 좋은 성능을 보여주는 것을 확인할 수 있다. 핸드오프를 할 때는 신호의 세기는 중요하게 고려해야하지만, 절대적인 기준이 될 수 없다는 것 역시 볼 수 있다.

그림 6은 음성데이터의 실험에서 핸드오프 구간의 손실 패킷의 개수를 정리해 놓은 결과이다. 본 결과에서도 볼 수 있듯이, 회복시간과 단절시간이 짧은 네트워크로 이동하는 기법인 STVHO가 손실 패킷이 가장 적은 것을 확인할 수 있다. 이는 상위 계층인 전송계층에서는 하위 계층에서 핸드오프가 발생했는지 아닌지를 알 수 없다. 그렇기 때문에 핸드오프과정에서 바로 전송을 끊을 수 없으며, 또한 핸드오프 이후에도 바로 데이터 전송을 시작하지 못한다. 이 과정에서 손실패킷이 발생하게 된다.

그림 7은 일반적인 TCP 연결 상황에서 데이터의 전송 실험이다. TCP 연결이기 때문에 전송률이 조절되는 모습을 확인할 수 있다. 신호의 세기만 고려하는 기법은 단절시간과 회복시간 모두 고려하고 있지 않기 때문에, 잘못된 핸드오프를 수행할 가능성이 높다. 하지만 제안하는 기법인 STVHO가 신호의 세기 및 단절시간 및 회복시간 모두를 고려하기에 기존의 기법보다는 더 좋은 성능을 가지는 것을 확인할 수 있다.

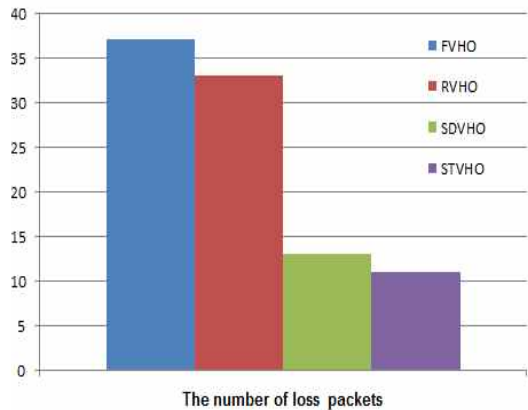


그림 6. 음성데이터 실험의 손실 패킷
Fig. 6. Number of loss packets in simulation of voice data

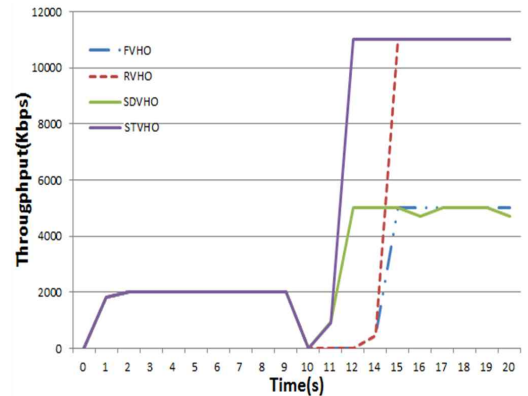


그림 7. 일반 데이터의 실험
Fig. 7. Simulation of general data

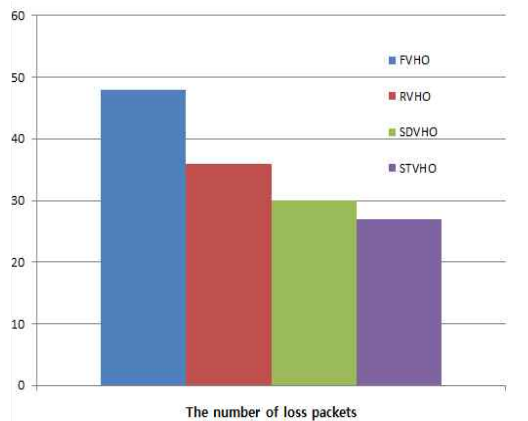


그림 8. 일반 데이터의 실험의 손실패킷
Fig. 8. Number of loss packets in simulation of general data

그림 8은 일반 데이터의 실험에서 핸드오프 과정에서 발생하는 손실패킷의 수를 나타낸 그래프이다. 본 논문에서 제안하는 기법은 단절시간 및 회복시간이 가장 짧은 기법이고, 핸드오프 과정에서 손실되는 패킷이 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

단절시간과 회복시간을 고려하지 않는다면, 핸드오프 과정에서 핸드오프가 일어난다는 것을 인지하지 못하는 TCP가 계속 패킷을 전송하게 되므로, 이 과정에서 패킷 손실이 발생하게 된다. 패킷이 손실된다는 것은 서비스 품질의 저하를 의미하며, 원하는 데이터를 빠르게 전송하지 못한다는 것을 의미하게 된다. 그렇게 때문에 제안 기법은 더 나은 품질을 서비스 사용자에게 제공 할 수 있다.

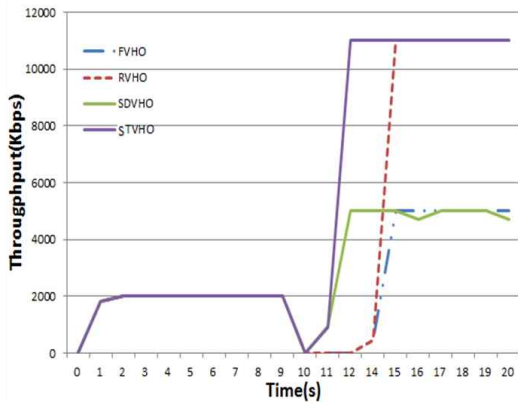


그림 9. 스트리밍 실험
Fig. 9. Simulation of streaming service

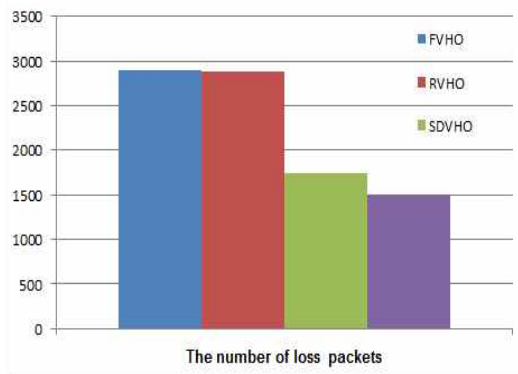


그림 10. 스트리밍 실험의 손실패킷
Fig. 10. Number of loss packets in simulation of general data

그림 9와 그림 10은 스트리밍 환경에서 이루어진 실험의 결과이다. 이 실험은 UDP를 전송계층의 프로토콜로 사용하였으며, 이로 인해 전송률 제어를 하지 않는다. 그림 9에서도 앞에서의 실험결과와 같이 제안한 기법이 다른 타 기법보다 단절시간과 회복시간 측면에서 기존 기법들보다 더 나은 성능을 보여주는 것을 확인할 수 있다.

그림 10의 손실 패킷의 개수는 앞의 실험보다 많은 양의 패킷들이 손실되는 것을 확인할 수 있다. 이는 UDP는 손실패킷이 발생하더라도, 전송률을 제어하지 않기 때문에 많은 패킷 손실들이 발생하게 된다. 하지만 다른 기법과는 다르게 제안하는 기법은 단절시간 및 회복시간이 짧은 망으로 핸드오프하기 때문에, 이 과정에서 손실패킷이 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 이기종 네트워크가 중첩되어 있는 형태의 핸드오프 상황에서 타겟 네트워크를 선정함에 있어 다양한 요소를 고려한다. 단절시간은 핸드오프 진행과정에서 네트워크의 연결이 끊어지고 난 직후부터 망의 재개까지 걸리는 시간으로, 단절시간이 짧다는 것은 핸드오프 진행절차가 다른 네트워크보다 빠르다는 것을 의미한다. 회복시간은 단절시간 이후 첫 데이터 전송부터 평균처리량 까지 도달하기 위한 시간으로 대역폭에 얼마나 빠르게 적용할 수 있는가를 보여준다. 회복시간이 짧다는 것은 현재의 네트워크에 사용자의 특정한 서비스가 요구하는 대역폭을 만족할 수 있는지, 그리고 새로운 네트워크에 빠르게 적용할 수 있는지를 알려준다. 그 외에도 신호의 세기와 지연을 고려하여 핸드오프하게 된다. 앞의 파라미터들을 이용하여 각각을 행렬을 이용하여 정리하였고, 핸드오프 타겟을 선정할 때 앞에서 정리된 행렬을 이용하여 각각의 네트워크에 대한 평가를 점수의 형태로 정리하였다. 그리고 가장 높은 점수를 가지는 망으로 핸드오프를 진행하게 된다. 그리고 제안된 기법을 NS-2를 이용하여 시뮬레이션을 진행하였고, 기존의 기법들보다 더 나은 성능을 보여주는 것을 확인하였다.

References

- [1] IEEE, "IEEE Standard for Local and metropolitan area network-Part 21: Media Independent Handover Services", IEEE std 802.21-2008, pp. 1-90, Nov. 2009.
- [2] H. Jeong and S Choi, "Performance Enhancement for Vertical Handover in Heterogeneous Wireless Networks", Journal of the Korean Information and Communications Society, Vol. 39A, No. 8, pp. 499-509, Aug. 2014.
- [3] Jin Chen, Zaixue Wei, Yu Wang, Lin Sang, and Dacheng Yang, "A Service-Adaptive Multi-Criteria Vertical Handoff Algorithm in Heterogeneous Wireless Networks", IEEE International Symposium on Personal, 23rd, pp. 899, Sep. 2012.
- [4] Dong Ma, "A QoS Oriented Vertical Handoff Scheme for WiMAX/WLAN Overlay Networks", IEEE Transaction On Parallel Ad Distributed System, Vol. 23, No. 4, pp. 598-606, Apr. 2012
- [5] Van Minh Nguyen, Chung Shue Chen, and Laurent Thomas, "Handover Measurement in Mobile Cellular Networks: Analysis and Applications to LTE", IEEE Communications Society subject matter experts for publication IEEE, pp. 1-6, Jun. 2011.
- [6] G. Mahardhika, M. Ismail, and K. Mat, "Multi-Criteria Vertical Handover Decision in Heterogeneous Network", IEEE ISWTA, pp. 1-4, Sep. 2012.
- [7] N. S. Kim, "AHP and Group Decision Making for Access Network Selection in Heterogeneous Wireless Networks", Journal of the Korean Information and Communications Society, Vol. 38A, No. 10, pp. 858-864, Oct. 2013.
- [8] I. H. Abdoul-Aziz, L. Renfa, and Z. Fanzi, "A Vertical Handover Triggering Algorithm with WLAN and Cellular Networks", AISS: Advances in Information Sciences and Service Sciences, Vol. 4, No. 7, pp. 172-181, Apr. 2012.
- [9] A. H. Zahran and C. J. Sreenan, "Extended

Handover Keying and Modified IEEE 802.21 Resource Query Approach for Improving Vertical Handoff Performance", IFIP international conference on new technologies, mobility and security (NTMS), pp. 1-7, Feb. 2011.

- [10] The Network Simulator NS-2, <https://www.isi.edu/nsnam/ns/>. [Accessed: Jan. 20. 2018]

저자소개

정 현 진 (Hyeon-Jin Jeong)



2012년 : 인천대학교 경영 및
컴퓨터공학과 졸업(학사)
2014년 : 인천대학교 대학원
컴퓨터공학과 졸업(석사)
2014년 ~ 현재 : 인천대학교
컴퓨터공학과 박사과정
관심분야 : 무선 인터넷 프로토콜,

라우팅 프로토콜

최 승 식 (Seung-Sik Choi)



1988년 : 연세대학교 전자공학과
졸업(학사)
1990년 : KAIST 대학원 전기 및
전자공학과 졸업(석사)
2002년 : KAIST 대학원 전기 및
전자공학과 졸업(박사)
1990년 ~ 2004년 : KT서비스

개발연구소 선임연구원

2004년 ~ 현재 : 인천대학교 컴퓨터공학과 교수
관심분야 : 무선 MAC, 무선자원관리, 무선 인터넷
프로토콜