

# Freeze TCP와 압축 모드를 이용한 호라이즌탈 핸드오버 성능 향상 기법

김동신, 신봉걸, 장주욱  
서강대학교 전자공학과

e-mail:freeman@sogang.ac.kr, sba@monet1.sogang.ac.kr, jjang@sogang.ac.kr

## A Performance Improvement Scheme for Horizontal Handover using Freeze TCP and Compressed Mode

Dong-sin Kim, Bong-keol Shin, Ju-wook Jang  
Dept of Electronic Engineering, Sogang University

### 요 약

TCP의 성능저하는 버티컬 핸드오버에서만 발생하는 것이 아니라 호라이즌탈 핸드오버에서도 발생할 수 있다. 핸드오버 시 패킷 포워딩을 할 경우, 패킷은 라우터를 통해 소스 셀로 전송이 되었다가 단말이 이동한 타겟 셀로 다시 라우터를 통해 전송이 이루어지기 때문에 TCP 연결의 RTT가 증가하거나 패킷 리오더링에 의한 3dup ACK가 발생하는 문제가 있다. 또한 핸드오버 직후 포워딩된 데이터와 새 데이터가 합쳐져 일시적으로 데이터양이 급증하는 문제가 있다. 이 문제를 해결하기 위하여 Freeze TCP와 연동하여 패킷 리오더링과 타임아웃으로 인한 패킷 손실 문제를 해결한다. 핸드오버 직후 압축 모드 기법을 사용하여 일시적인 데이터 폭주문제를 해결한다.

### 1. 서론

TCP[1]의 성능저하는 버티컬 핸드오버에서만 발생하는 것이 아니라 같은 시스템 내에서의 핸드오버, 즉 호라이즌탈 핸드오버에서도 발생할 수 있다. 이동 단말이 소스 셀에서 다른 셀로 호라이즌탈 핸드오버 하는 경우, 이동 단말에게 전송되어지는 패킷이 핸드오버하려는 타겟 셀로 바로 전송이 되는 것이 아니라 핸드오버하는 과정에서는 소스 셀로 전송이 된다. 따라서 단말의 핸드오버 과정에서 패킷은 라우터를 통해 소스 셀로 전송이 되었다가 단말이 이동한 타겟 셀로 다시 라우터를 통해 전송이 이루어지기 때문에 RTT가 크게 증가하게 되고, 이후에 전송된 패킷보다 늦게 수신되어 패킷 리오더링 문제가 발생하거나 타임아웃 시간을 초과하여 패킷 손실이 발생할 수도 있으며 이 같은 문제점들은 TCP 성능 저하의 큰 원인이 된다.

본 논문에서는 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 Freeze TCP 기법과 압축 모드 기법을 합치는 방법으로 TCP 성능 저하를 해결하는 방법을 제안한다.

### 2. LTE 망에서의 핸드오버 과정

LTE 시스템의 경우 핸드오버 과정[2]의 메시지 시그널링에서 먼저 소스 eNB는 단말로부터 측정 리포트를 보고 받고 핸드오버를 할 것인지 결정하게 된다. 핸드오버의 결정이 끝난 후, 소스 eNB는 단말이 핸드오버하려는 타겟 eNB로 핸드오버 요청을 하게 되고 타겟 eNB는 이에 대한 응답 메시지를 소스 eNB로 전송한다. 핸드오버 요청에 대한 응답을 받은 소스 eNB는 단말에게 핸드오버 명령(Handover Command) 메시지를 보내게 된다. 단말과 타겟 eNB의 싱크를 맞추는 단계와 UL 할당까지 마친 후, 단말이 핸드오버 확인(Handover Confirm) 메시지를 타겟 eNB로 전송하기까지의 과정에서, 하여 단말을 목적지로 전송된 패킷들은 바로 타겟 eNB를 통해 전송되는 것이 아니라 '라우터 → 소스 eNB → 라우터 → 타겟 eNB'와 같이 데이터 포워딩이 이루어진다. 따라서 RTT의 증가로 인하여 이전에 전송된 패킷임에도 불과하고 이후에 '라우터 → 타겟 eNB'의 경로로 전송된 패킷보다 늦게 도착하여 이로 인해 패킷 리오더링 문제가 발생할 수 있다. 따라서 이러한 리오더링 문제의 해결을 위해 [3]에서는 핸드오버를 결정한 후 핸드오버하는 과정에서 데이터 포워딩을 피하기 위해서는 더 빠른 시간에 경로 변경 과정을 수행하는 알고리즘을 제안하였다. 소스 eNB가 타겟 eNB로 보낸 핸드오버 요청 메시지에 타겟 eNB가 응답 메시지를 보내기 이전에 경로 변경 요청을 하여 더 빠른 시간에 경로 변경 과정이 이루어질 수 있다. 기존의 LTE 시스템의

### ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government (MEST) (No. 2011-0018081). This work was also supported by the Sogang University Research Grant of 2011 (201119143.01)

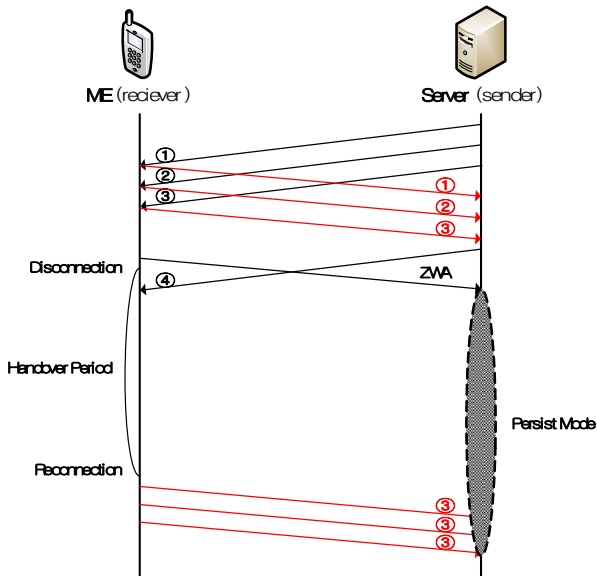
핸드오버의 경우, 단말의 핸드오버가 모두 완료된 후에 패킷의 경로가 소스 셀에서 타겟 셀로 바뀌게 되지만 더 빠른 시간에 경로 변경 과정이 이루어지면서 그만큼 핸드오버 과정에서 패킷이 소스 셀로 전송되었다가 다시 타겟 셀로 포워딩 되는 패킷의 수가 줄어들어 따라 패킷 리오더링 문제를 완화할 수 있다.

[3]에서는 빠른 경로 변경을 통해 데이터 포워딩을 피하는 방법을 제안하였지만 데이터 포워딩을 모두 막을 수 없기 때문에 패킷 리오더링 문제를 완전하게 해결하지 못하였다. 또한 데이터 포워딩을 통해 단말로 전송되는 패킷과 직접 타겟 셀로 전송되는 패킷이 코어 라우터에 같이 물리게 되기 때문에 LTE 같은 고속으로 데이터를 주고받는 시스템에서 타임아웃으로 인해 패킷의 손실이 발생할 수 있다.

**3. 제안 기법**

따라서 본 연구에서는 Freeze TCP를 통해 패킷 리오더링과 타임아웃으로 인한 패킷 손실 문제를 해결하고, 압축모드 기법을 사용하여 전력 제어와 자원 할당을 통해 일시적인 대역폭 폭주 문제를 해결하였다.

(그림 1) 같이 단말은 핸드오버가 시작할 것을 예측하여 Zero window advertisement(ZWA) 메시지를 서버로 전송하게 된다. ZWA 메시지를 받은 서버는 현재 진행 중인 데이터 전송을 중단하며, 현재 사용 중인 혼잡 윈도우 사이즈 값을 저장하고 재전송 타임아웃 값을 멈추게 된다. 따라서 핸드오버 과정에 있어서 전송되는 패킷의 데이터 포워딩을 방지하며, RTT 값의 증가로 타임아웃 되어 패킷이 손실되는 문제를 해결할 수 있다. 핸드오버 과정이 완료되면 단말은 재연결을 위해 핸드오버 이전에 받은 최종 메시지에 대한 응답 메시지를 3번 연속 보내어 알리게 된다.



(그림 1) Freeze-TCP 동작 과정

이후 서버는 데이터 전송이 중단되기 전에 저장해둔 혼잡 윈도우 사이즈 값과 이전의 재전송 타임아웃 값으로 데이터를 전송하게 된다. 이 때, 데이터 전송의 중단으로 인해 단말은 품질의 저하를 느낄 수 있기 때문에 품질의 유지를 위해 압축 모드 기법[4]을 사용한다. 단말의 품질을 유지하게 위해 LTE 시스템에서의 단말의 전송률을 구하기 위해 먼저 다음과 같이 파라미터를 정리하였다.

<표 1> 단말의 전송률을 구하기 위한 파라미터.

|                      |                                |
|----------------------|--------------------------------|
| 1 Radio Frame        | 10 Sub-frame                   |
| 1 Sub-frame          | 2 Time-slots                   |
| 1 Time-slot          | 0.5 ms                         |
| 1 Time-slot          | 7 Modulation Symbols           |
| 1 Modulation Symbols | k bits<br>(모듈레이션 기법에 따라<br>다름) |

따라서 단말  $i$ 의 입장에서 단절 - 재연결 구간에서 받지 못하게 되는 데이터를 (식 1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$datarate_i = RB_i \times 12 \times 2 \times 7 \times k_{p,i} \times 1000 \quad (\text{식 1})$$

$$data_i = datarate_i \times T_i$$

여기서  $RB_i$  는 단말  $i$ 에게 할당된 리소스 블록의 수를 의미하며,  $k_{p,i}$  는 핸드오버 전 단말  $i$ 의 모듈레이션 기법에 따른 심벌 당 비트 수를 의미하며,  $T_i$  는 단말  $i$ 의 핸드오버 과정의 시간을 의미한다.  $datarate_{p,i}$ 의 단위는 bps이며  $data_{p,i}$ 의 단위는 bit이다. 위와 같이 데이터 전송의 중단으로 인해 야기되는 품질의 저하를 핸드오버 전과 핸드오버 후의 자원 할당과 전력 할당의 이득을 통해 해결한다. 핸드오버 전과 후의 데이터의 크기는 각각 (식 2)와 (식 3)과 같다.

$$datarate_{p,i} = RB_{p,i} \times 12 \times 2 \times 7 \times k_{p,i} \times 1000 \quad (\text{식 2})$$

$$data_{p,i} = datarate_{p,i} \times t_p$$

$$datarate_{l,i} = RB_{l,i} \times 12 \times 2 \times 7 \times k_{l,i} \times 1000 \quad (\text{식 3})$$

$$data_{l,i} = datarate_{l,i} \times t_l$$

$RB_{p,i}$ ,  $RB_{l,i}$  는 각각 핸드오버 이전과 후의 단말  $i$ 에게 추가적으로 할당해준 리소스 블록의 수이다.  $k_{l,i}$  은 핸드오버 후 단말  $i$ 의 심벌 당 비트 수를 의미하며,  $t_p$  와  $t_l$  은 각각 핸드오버 이전과 후의 압축 기간을 의미한다. 따라서 (식 4)를 만족할 수 있도록 핸드오버 전과 후 과정에서 추가적인 자원의 할당과 전력 및 압축 기간을 결정한다.

$$data_i = data_{p,i} + data_{l,i} \quad (\text{식 } 4)$$

#### 참고문헌

- [1] J. Postel, "Transmission Control Protocol" Internet Engineering Task Force, RFC 0793, Sep. 1981.
- [2] 3GPP, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRAN); Overall description; Stage 2" 3rd Generation Partnership Project (3GPP), Sep. 2008.
- [3] D. Pacifico et al., "Improving TCP Performance During the Intra LTE Handover", GLOBECOM 2009, Nov, 2009
- [4] R. Tanner and J. Woodard, WCDMA: Requirements and Practical Design. Wiley, 2004.