

# 유무선 연동환경에서의 이동 컴퓨팅을 위한 데이터 프로토콜의 성능개선

정희원 박성수\*, 송영재\*, 조동호\*\*

## Performance Improvements of Data Protocol for Mobile Computing in Wire and Wireless Interworking Environments

Seong-Soo Park\*, Young-Jae Song\*, Dong-Ho Cho\*\* *Regular Members*

### 요약

본 논문에서는 핸드오버시에 유무선 연동환경에서 보다 효율적인 데이터 서비스를 제공하기 위한 방안에 대해 연구하였다. 유무선 연동환경에서는 유무선 채널의 다양한 전송특성에 대한 고려와 핸드오버에 대한 적응 메커니즘이 필요하다. TCP를 이용한 효율적인 데이터 서비스를 제공하기 위해 유무선 연동모듈에 TCP 프레임의 헤더 분석기능을 부여함으로써 중복된 TCP 프레임의 전송을 제한한다. 또한 연동모듈에 상태정보와 버퍼링된 데이터를 전달하는 메커니즘을 추가함으로써 핸드오버 과정에서의 프레임 손실에 대한 빠른 회복이 가능하도록 하였다. 시뮬레이션을 통한 성능분석 결과, 제안된 방안이 TCP 프레임의 처리를 측면에서 우수한 성능을 보였다. 왜냐하면 중복전송이 억제되고 핸드오버시에 버퍼링된 데이터가 손실없이 전달되어, 신속한 데이터의 복구가 가능하기 때문이다.

### ABSTRACT

In this paper, the efficient data transmission method in wired and wireless interworking environments is studied in the case of handover occurring. In wired and wireless interworking environments, the handover adaptation methods as well as various transmission characteristics of wired and wireless channel must be considered. To provide on efficient mobile data service based on TCP, wired and wireless interworking module with analysis function of TCP frame header protects the duplicated transmission of TCP frame. Also, by using the forwarding mechanism of status information and buffered data in interworking module, it is possible to recover quickly frame loss occurred in handover. According to simulation results, the proposed method has better performance than conventional methods in view of throughput. The reason is due to the fact that duplicated transmissions are prevented and data recovery is performed very quickly because buffered data is forwarded without loss in the case of handover.

\*경희대학교 전자계산공학과, \*\*KAIST 전기 및 전자공학과

논문번호 : 98230-0520, 접수일자 : 1998년 5월 20일

\* 이 논문은 1995년도 과학재단 연구비 지원에 의한 결과임(과제번호 : 95-0100-1501-3)

## I. 서 론

최근, 무선 네트워크에 대한 관심이 증가함에 따라 향후의 네트워크간에 연동에 있어서 무선 링크의 중요성이 증가하였다. 유선링크에 비해 상대적으로 높은 BER과 제한된 대역폭을 가지는 무선 링크를 통해 유선 링크에서와 같은 정도의 신뢰성있는 전송을 수행하기 위한 연구가 다양한 방법으로 진행되고 있다.

TCP와 같은 신뢰성있는 전송 프로토콜은 유선 링크와 고정 호스트로 대별되는 기존의 네트워크에서 적합하도록 설계되었다[1,2]. TCP 프로토콜에서는 네트워크상에서 패킷의 비정상적인 지연이나 패킷 손실은 네트워크의 congestion에 의한 것으로 가정하며, 종단간 지연과 congestion 손실에 적응할 수 있는 메카니즘을 제공한다. TCP 수신측은 송신측으로 cumulative 확인응답을 전송함으로써 송신측이 손실된 패킷에 대한 재전송과 평균적인 round-trip 지연에 적응할 수 있도록 한다. TCP 전송측은 중복된 cumulative 확인응답을 수신하거나 round-trip 지연에 기반하여 설정된 타이머가 timeout될 때까지 확인응답을 수신하지 못하면 전송 패킷이 손실된 것으로 판단하고, 패킷의 재전송을 수행하게 된다. TCP 전송측은 패킷을 전송하기 이전에 congestion 윈도우의 크기를 줄이며, congestion 제어 및 회피를 위한 메카니즘을 구동하고 backoff 타이머값을 조정하게 된다[3,4]. 이렇게 함으로써 중간노드에서의 부하가 감소하게 되어 네트워크의 congestion에 대한 제어가 가능하다.

하지만 패킷의 손실이 congestion이 아닌 다른 요인에 의해 발생할 경우, TCP에서의 이러한 메카니즘은 오히려 종단간 전송성능을 감소시키게 된다. 특히, 간헐적인 높은 비트오율과 핸드오버에 의한 전송중단 등의 특징을 가지는 무선링크 전송에서 TCP의 성능은 급격히 감소하게 되고, 상호동작을 위한 지연은 증가하게 된다[5].

최근에는 무선링크나 높은 손실율을 가지는 링크상에서 발생하게 되는 congestion과 무관한 형태의 패킷의 손실을 효율적으로 처리함으로써 TCP

의 성능을 향상시키기 위한 방안들이 제안되었다. 제안된 방안들은 종단간 처리율을 개선하기 위해 국부적인 재전송, TCP 연결의 분리, 순방향 오류정정의 다양한 방법들을 적용하였으며, 채널오율에 대한 전송성능을 비교·분석하였다[6]. 하지만, 이동단말의 핸드오버에 따른 패킷의 손실에 대한 고려는 이루어지지 않았다. 무선 전송에 있어서 TCP 성능개선을 위한 방안들은 종단간 제어를 수행하는 방안, 분리된 연결을 사용하는 방안, 링크계층을 이용하는 방안 등의 3가지로 구분될 수 있다. 종단간 제어를 수행하는 방안은 선택적 확인응답(SACK)을 전송함으로써 송신측이 다중 패킷손실에 대한 복구를 수행할 수 있도록 한다. 분리된 연결을 사용하는 방안은 전송구간을 무선과 유선구간으로 분리함으로써 패킷의 손실원인을 오류에 의한 손실과 congestion에 의한 손실로 분리하는 방안이다. 링크계층을 이용한 방안은 TCP 전송측이 패킷의 손실을 알 수 없도록 오류 발생 프레임에 대한 국부적인 재전송과 무선링크에서 FEC를 적용하게 된다.

하지만, TCP의 종단간 제어를 보장하기 위해서는 TCP를 유선과 무선구간으로 분리하는 I-TCP(indirect TCP) 방안은 사용할 수 없다. 또한, 신뢰성있는 데이터링크 계층 프로토콜을 사용하는 방안은 전송계층과 데이터링크 계층 타이머 사이의 상호동작에 대한 어려움과 확인응답의 중복으로 인한 재전송 문제 등이 해결되어야 한다. 본 논문에서는 기존의 TCP를 유무선 연동환경에 적용하여 종단간 제어를 통한 전송을 지원하며, 서로 다른 전송링크의 특성으로 인해 발생하는 성능저하를 이동성 지원 연동모듈을 통해 개선하는 방안을 제안하였다. 또한, 제안한 방안을 높은 비트오율과 핸드오버가 일어나는 무선채널 환경에 적용하여 전송성능을 분석하였다.

서론에 이어 2장에서는 CDMA기반 이동통신 시스템에서 데이터 서비스를 제공하기 위한 구조와 하부계층 프로토콜 및 핸드오버 절차에 대해 기술한다. 제 3장에서는 무선링크에서 TCP 전송을 위한 기존의 연구들과 문제점들을 분석하고, 이동성

지원 연동모듈을 제안한다. 제 4장에서는 시뮬레이션을 통해 제안방안에 대한 성능분석을 수행하고, 5장에서 결론을 맺는다.

## II. CDMA PCS시스템에서의 데이터 서비스

### 2.1 데이터 서비스를 위한 CDMA 기반 이동통신 시스템 구조

CDMA 기반 이동통신 시스템에서의 데이터 서비스로는 간단한 문자의 송수신을 위한 SMS(short message service), 개인용 컴퓨터를 이용한 정보검색이나 파일전송을 위한 비동기 회선 데이터 서비스, 그리고 G3-팩스 서비스가 있다. CDMA 기반 이동통신 시스템에서 이러한 데이터 서비스를 위한 시스템 구조가 그림 1에 나타나 있다.

기지국은 자신의 셀 영역 내에 있는 이동단말로부터 생성되는 데이터를 기지국제어기로 전달하게 된다. 기지국 제어기에서는 수신된 데이터를 이동 네트워크 내의 다른 기지국이나 기지국 제어기, 또는 이동 교환기로 전달하게 된다. 만약, 이동단말로부터 수신된 데이터가 인터넷 접속이나 혹은 유선

네트워크와의 접속을 요구하는 경우에는 기지국 제어기내에 위치하는 연동모듈을 통해 해당 네트워크로 데이터의 전달을 수행한다. 또한, 다른 네트워크로부터 이동단말로 전송되는 데이터 패킷은 이동통신 네트워크에서의 위치관리 절차에 의해 단말의 위치를 파악한 후, 기지국을 통해 해당 단말을 호출하여 전송한다. 이동통신 시스템에서 보다 많은 사용자에 대해 고속의 전송을 지원하기 위해 셀을 소형화시키는 추세이며, 이로 인해 기지국 설치비용의 증가와 핸드오버에 따른 신호부하가 증가하게 된다. 이를 해결하기 위해 dummy 기지국을 각 셀에 설치하여 신호의 송수신 기능만을 담당하게 하고, 실질적인 전송제어는 기지국 제어기에서 수행하게 된다.

### 2.2 데이터 서비스를 위한 프로토콜 구조

데이터 서비스를 지원하기 위한 이동 네트워크에서의 프로토콜 구조가 그림 2에 나타나 있다.

이동단말은 데이터 서비스를 위한 응용 프로토콜 구조를 가지며, 기지국은 단순한 신호 전달 기능만을 수행한다. 따라서, 기지국은 IS-95A 인터넷

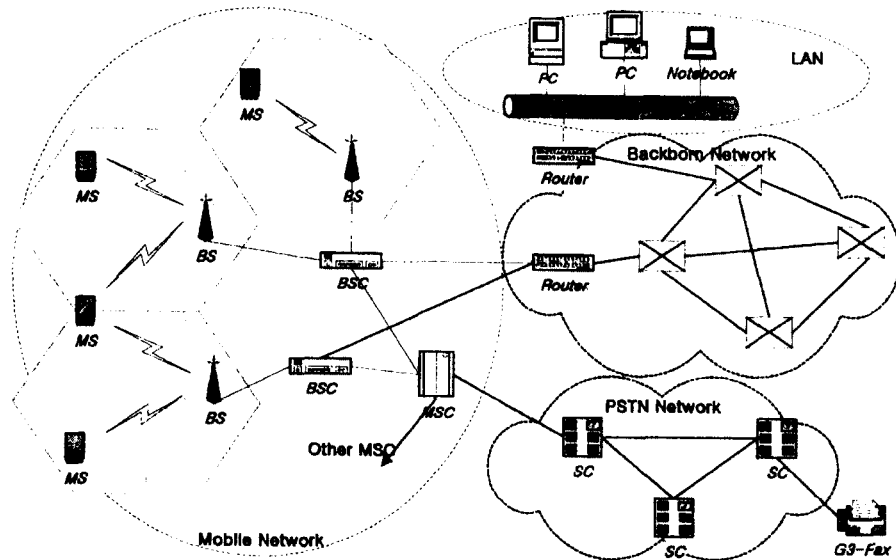


그림 1. CDMA 기반 이동통신 시스템에서 데이터 서비스를 위한 시스템 구조  
Fig. 1. System architecture for data service in CDMA mobile communication system.

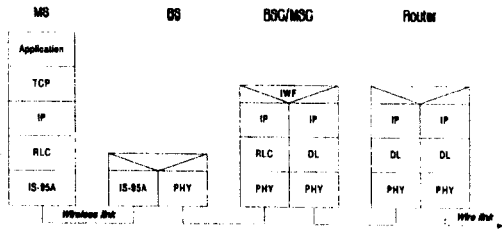


그림 2. 데이터 서비스를 위한 프로토콜 구조  
Fig. 2. Protocol architecture for data service

이스를 통해 전달된 무선 신호를 유선링크를 통해 전달하는 기능을 수행한다. RLC(radio link control)는 이동단말과 기지국 제어기 사이의 신뢰성있는

데이터 전달을 가능하게 하며, 가변 전송율을 지원하는 무선링크에 대해 다이버시티 핸드오버 제어를 수행한다. 기지국 제어기에는 다른 유선 네트워크와의 연결을 지원하기 위한 연동기능 모듈이 위치하게 되는데, 유선 프로토콜과 무선 프로토콜을 효율적으로 제어할 수 있는 기능들이 추가된다. 연동기능 모듈이 데이터링크 계층 상위에 위치하여 데이터 링크 계층 연동을 수행할 경우에는 네트워크 계층 프로토콜을 위한 헤더압축과 프로토콜의 식별 및 변환기능을 가지게 된다. 또한, 네트워크 계층 프로토콜의 연동을 수행할 경우, 연동기능 모듈은 상위 프로토콜의 식별기능과 프로토콜 변환기능을 가진다.

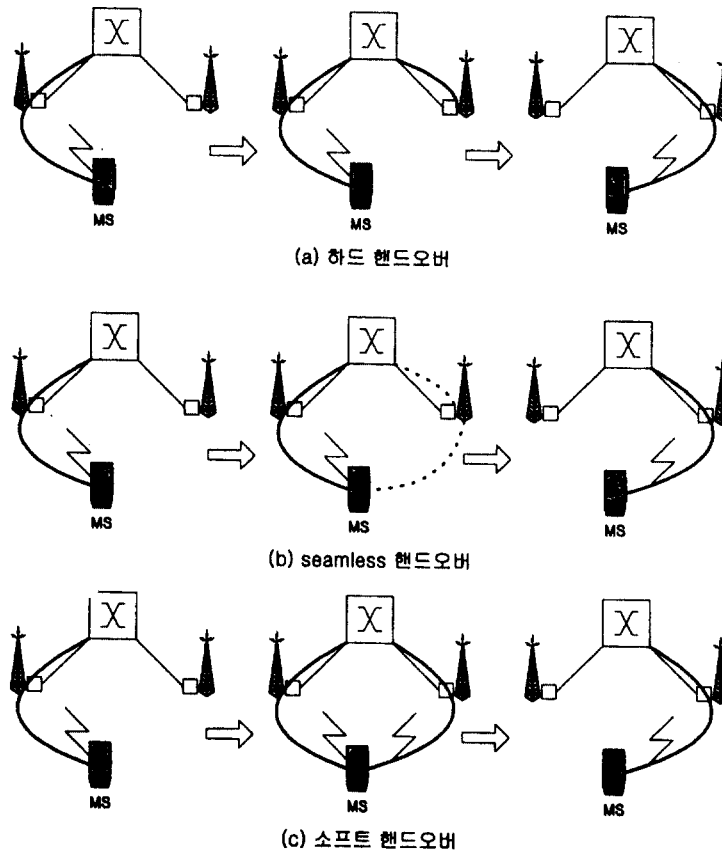


그림 3. CDMA 시스템에서의 핸드오버 방안  
Fig. 3. Handover mechanism in CDMA system

### 2.3 핸드오버 메카니즘의 지원

효율적인 이동 데이터 서비스를 위해서는 단말의 이동에 의한 핸드오버를 효과적으로 지원할 수 있어야 한다. 음성위주의 서비스를 제공하는 현재의 이동통신 시스템에서도 단말의 이동에 대한 핸드오버 메카니즘을 지원하고 있다. 핸드오버는 셀룰라나 PCS 시스템에서 단말의 이동으로 인해 무선자원 변경이 이루어질 때, 호의 단절을 방지하고 연속성을 유지시켜 주는 기능이다. 단말의 이동으로 인해 핸드오버가 결정되면 새로운 기지국과 경로를 설정하고, 호의 연결을 새로운 경로로 전환한 후에, 기존의 호를 해제하는 절차를 수행한다. CDMA 시스템에서 사용하는 핸드오버 방안들이 그림 3에 나타나 있다[7].

그림에서 알 수 있듯이 핸드오버는 크게 하드 핸드오버, seamless 핸드오버, 소프트 핸드오버로 나누어진다. 하드 핸드오버는 무선채널(주파수)을 변경할 경우에 주로 발생하며, 진행중인 연결에 대해서 일시적인 단절현상이 나타나는 단점을 가지지만 이동단말은 항상 하나의 캐리어만을 관리하면 된다는 장점을 가진다. Seamless 핸드오버에서는 새로운 경로가 설정되면 이전 경로와 더불어 두 개의 활성화된 경로를 통해 정보를 수신하게 된다. 이 방안은 시분할을 통해 이동단말이 2개의 캐리어를 관리하여야 하는 단점이 있으나, 채널의 품질에 기반하여 핸드오버를 정확히 지원할 수 있다는 장점을 가진다. 소프트 핸드오버에서는 이전경로와 새로운 경로를 통해 정보를 수신하고, 이를 기반으로 하나의 정보를 추출하게 된다. 이 방안은 단일 호에 대해 여러개의 경로를 관리하게 되므로 네트워크의 부하를 증가시키지만, 종단간 전송성능을 개선할 수 있다는 장점을 가진다.

## Ⅲ. 효율적인 데이터 서비스를 위한 이동성 지원 연동모듈

3.1 무선링크에서 TCP 지원을 위한 기존연구  
이동 데이터 서비스를 제공하기 위해서는 유선 링크에서의 데이터 서비스와 연동하는 것이 필수

적이다. 특히, WWW, FTP, TELNET 등과 같은 유선 링크에서 보편화된 응용 서비스를 무선 링크에서 제공하는 것은 매우 중요하다. 무선링크상에서 TCP를 효율적으로 지원하기 위해서는 무선링크에서의 높은 오율과 제한된 전송대역, 그리고 단말 이동성에 대한 지원 등이 충분히 고려되어야 한다. 이를 위해 TCP 프레임 크기조정, 신뢰성있는 링크 계층 프로토콜의 사용, TCP 연결의 분리, snoop 프로토콜 및 fast retransmission 등이 제안되었다[9]

유선 네트워크에서의 TCP 프로토콜을 무선링크에 적용하면 무선링크의 오류로 인해 전송오류가 발생하게 된다. 프레임 전송 오류에 의한 성능저하를 막기 위해 과도한 전송오류를 방지하기 위한 방안으로 최대 프레임 크기를 무선링크에 적합하도록 변경하였다[8]. 하지만, 이 방안은 무선링크에서의 전송 오버헤드를 증가시키며, 무선링크에서의 신뢰성있는 전송만을 위해 프레임 크기를 조정함으로써 유무선 연동환경에서의 성능을 보장할 수 없다는 단점을 가진다.

링크계층 프로토콜로는 손실된 패킷을 재전송하기 위한 ARQ(automatic repeat request)와 오류 비트에 대한 교정을 수행하는 FEC(forward error correction)메카니즘이 널리 사용된다. CDMA나 TDMA와 같은 셀룰라 시스템에서도 이러한 메카니즘을 사용하여 데이터 전송을 수행하고 있다 [9,10]. 신뢰성 있는 데이터링크 프로토콜의 사용은 각 채널특성에 적합한 프로토콜을 사용할 수 있다는 장점이 있으나 타이머 처리에 의한 중복 재전송 문제를 해결하여야 한다.

I-TCP에서는 TCP 프레임의 전송 구간을 유선링크구간과 무선링크구간으로 분리하여 서로 다른 형태의 전송 메카니즘을 적용한다[11]. 이 경우에는 무선링크의 불안정과 단말의 이동에 의한 핸드오버 처리는 무선링크 내에서 지역적으로 처리된다. 따라서, 핸드오버나 무선링크의 높은 비트 오율로 인해 야기되는 불필요한 혼잡 메카니즘의 호출 문제를 해결함으로써 성능을 개선한다. 하지만, TCP 프로토콜에서 종단간 제어를 수행할 수 없다는 단점을 가진다.

Snoop 프로토콜은 무선구간에서의 패킷 오류에 적응할 수 있도록 하기 위해 기지국에 위치하여 TCP 프레임에 대한 버퍼링과 재전송을 수행한다 [12]. Snoop 모듈은 현재 전송되는 모든 프레임에 대해 확인응답 여부를 검사하고, 아직 확인응답을 수신하지 않은 프레임에 대해서는 지역적인 재전송을 수행한다. 또한, 핸드오버를 지원하기 위해 핸드오버의 가능성이 있는 인접 기지국들을 멀티캐스트 그룹에 가입시키고, TCP 프레임을 멀티캐스트를 통해 전달함으로써 핸드오버시에 즉각적인 복구가 가능하도록 한다. 하지만, TCP의 라우팅 코드 변경과 멀티캐스트로 인한 네트워크 부하가 해결되어야 한다.

핸드오버로 인해 발생하는 패킷의 전송 지연 문제를 해결하기 위해 fast retransmission 메카니즘이 제안되었다. 이 방안은 이동단말이 핸드오버를 수행할 경우, 기지국으로부터 수신하는 beacon 메시지를 통해 핸드오버 발생 사실을 알게 된다. 이 경우, 이동 단말은 새로운 기지국으로 확인 메시지를 전송함으로써 핸드오버를 통보하게 되고, 새로운 기지국은 이전 기지국으로부터 라우팅 정보를 수신하게 된다. 또한, 핸드오버 종료 사실이 송신측 TCP에 전달되면, 송신측 TCP는 타임아웃과 관계 없이 재전송을 수행하게 된다. fast retransmission 메카니즘은 송신측과 수신측의 TCP 코드를 일부 수정함으로써 지원할 수 있다는 장점이 있으나 핸드오버 지원에 중점을 둠으로서 무선링크의 비트 오류에 대한 해결책이 없다는 단점을 가진다.

기존의 연구에서 제안된 방안들 중, I-TCP를 제외하면 모두 TCP 종단간 제어를 지원하고 있다. 종단간 제어를 지원하기 위해 해결하여야 하는 가장 근본적인 문제점은 핸드오버의 신속한 복구와 무선링크의 오류에 대한 적응이라 할 수 있다. 핸드오버의 지원에 있어서는 fast retransmission 방안과 snoop 프로토콜에서 충분한 고려가 이루어졌지만, 이 방안들도 TCP의 일부변경과 네트워크에서의 많은 부하를 해결할 수 있어야 한다. 또한, 채널의 오류에 대한 복구 메카니즘은 snoop 프로토콜이 무선구간에서의 재전송을 통해 가장 효과적으로

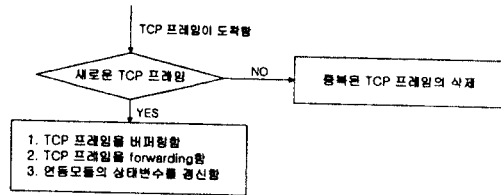
지원할 수 있다. 하지만, 이 경우에도 무선구간의 오류에 의한 국부적인 재전송만을 고려할 뿐, TCP 타이머와 링크계층 타이머의 불일치에 의한 중복 전송 문제는 고려되지 않았다. 따라서, 본 논문에서는 유무선 연동환경에서의 TCP 전송에 있어서, 기존의 TCP 프로토콜의 아무런 수정없이, 종단간 제어가 가능하며, 효율적인 핸드오버를 지원하는 방안을 제안하였다.

### 3.2 제안한 이동성 지원 연동모듈

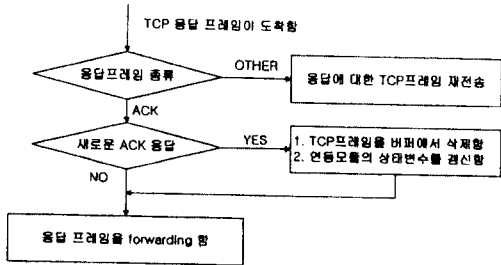
유무선 연동 환경에서의 데이터 전송에 있어서는 무선링크의 오율과 핸드오버로 인해 야기되는 전송성능의 감소를 보상할 수 있는 방안이 필요하다. 무선링크에서 효율적인 전송을 위해서는 높은 오율환경에 적응할 수 있는 링크계층 프로토콜이 필요하며, 이는 유선과 무선링크에 대해 서로 다르게 적용된다. 따라서, 유선구간과 무선구간으로 나누어지는 중간노드에서는 서로 다른 형태의 프로토콜 연동을 위한 기능이 추가되어야 한다. 또한, 효율적인 데이터 전송을 위해 연동기능에서 TCP 프레임의 버퍼링과 응답 메시지 식별, 그리고 국부적인 재전송을 수행할 수 있어야 한다. 또한, TCP 프레임의 버퍼링 과정에서는 TCP 헤더정보의 분석을 통해 중복수신 여부를 판단하고 이를 폐기하여야 한다[13]. 아울러, 단말의 이동에 따른 핸드오버를 지원할 수 있는 메카니즘이 추가되어야 한다. 이러한 연동모듈의 동작이 그림 4에 나타나 있다.

제안된 연동모듈은 효율적인 TCP 프레임 전송을 지원하기 위해 프로토콜 변환기능 이외에 다음과 같은 추가적인 기능을 가진다.

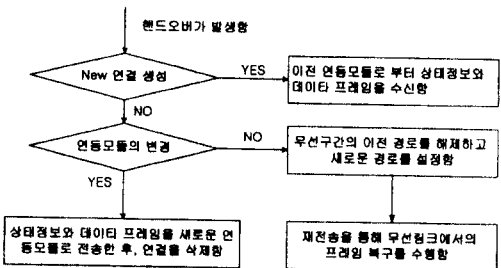
- TCP 프레임 헤더정보를 분석함으로써 프레임 전송과 응답을 제어하는 기능
- 무선링크에서의 오류에 대한 재전송을 수행하기 위한 프레임 버퍼링 기능
- TCP 프레임 전송을 관리하기 위한 상태정보의 유지 및 관리기능
- 핸드오버 발생시 상태정보와 데이터 forwarding 기능



(a) 데이터 프레임 수신



(b) 응답 프레임 수신



(c) 핸드오버 처리

그림 4. TCP 지원을 위한 연동모듈의 동작  
Fig. 4. The operation of interworking module to support

고정 호스트와 이동단말 사이에 데이터 전송을 위한 연결이 설정되면 연동모듈을 통해 데이터 전송이 수행된다. 연동모듈에 전송측으로부터 패킷이 도착하면 TCP 프레임 단위로 순서번호 필드와 ACK 번호 필드가 포함된 헤더정보를 분석한다. 연동모듈이 현재 버퍼링하고 있는 TCP 프레임일 경우에는 송신측에서 TCP 프레임을 재전송한 것이므로, 프레임의 중복 전송요구로 판단하여 삭제한다. 이러한 재전송은 송신측이 전송중 오류가 발생했음을 알리는 NACK 응답을 수신하거나 응답 대기 타이머가 초과하였을 경우에 수행하게 된다. 연동모듈을 통한 전송에서는 무선구간 및 유선구간 각각에 대해 링크의 특성에 맞는 데이터링크 프로토콜을 적용하고, 타이머의 불일치에 따른 중복

전송은 TCP 헤더정보의 분석을 통해 해결한다. 또한, 연동모듈과 수신측 사이에 오류가 발생하여 수신측이 NACK 응답을 송신하였을 경우에는, 연동모듈은 이를 송신측으로 전송하여 중단간 복구를 수행하는 것이 아니라 버퍼링 데이터 프레임에 기반하여 재전송을 시도함으로써 국부적인 복구절차를 수행한다. 따라서, 데이터의 손실에 대한 빠른 복구가 가능하며, congestion 제어 메카니즘에 의한 성능 감소도 줄일 수 있다.

단말의 이동으로 인해 핸드오버가 발생할 경우에는 전송경로의 변경과 데이터 프레임의 복구가 신속하게 이루어져야 한다. 이를 위해서는 TCP 전송측이 단말의 핸드오버 사실을 신속하게 통보받을 수 있어야 한다. 만약, TCP 전송에서 이동성이 전혀 고려되지 않았다면 핸드오버 구간동안 전송된 TCP 프레임은 모두 손실되며, 핸드오버가 종료되고 무선링크의 재설정이 완료된 후에 송신측의 타이머 초과에 따른 재전송 절차를 통해 프레임 복구가 일어나게 된다. Fast retransmission 방안에서는 핸드오버 사실을 송신측에 알려주는 메카니즘을

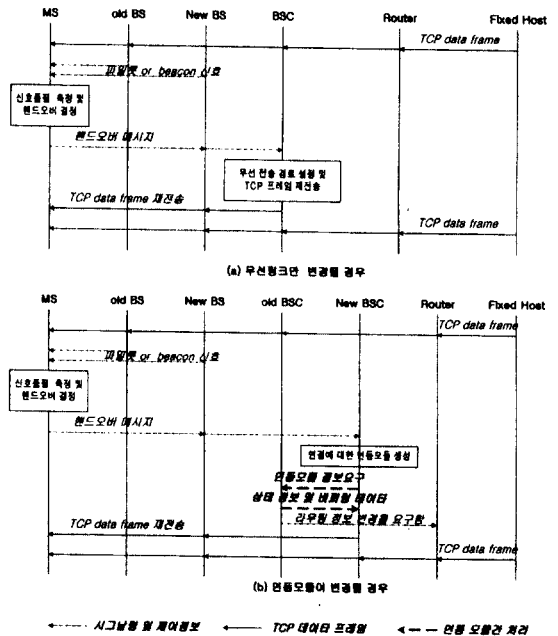


그림 5. 핸드오버에 따른 제어절차  
Fig. 5. Control procedure for handover

제한하고 TCP 프로토콜의 일부 수정을 통해 성능을 개선하였다. 하지만, 연동모듈에 데이터 프레임의 버퍼링과 전송상태 정보를 유지하고 있을 경우에는 재전송이 극부적으로 가능하므로 연동모듈에서의 재전송만으로 복구가 가능하다. 핸드오버가 발생할 경우에 있어서의 전송제어 절차가 그림 5에 나타나 있다.

이동단말은 기지국으로부터 주기적으로 파일럿 신호나 beacon 메시지를 통해 신호의 강도를 측정하고, 다른 기지국의 신호 세기가 커질 경우에 핸드오버를 수행하게 된다. 핸드오버가 발생하면 유무선 연동구간에 대한 데이터 제어는 연동모듈이 위치하는 기지국 제어기에 의해 이루어진다. 연동모듈과 이동단말 사이의 경로만 변경될 경우에는 무선 링크에 대한 재설정만 수행하면 되므로, 기지국 제어기에서 새로운 기지국으로 링크를 설정하고 데이터를 전송한다. 이 경우에는 핸드오버 진행 시간동안 발생한 프레임의 손실을 보상하기 위해 연동모듈내에 확인 응답을 기다리는 프레임에 대한 재전송을 수행한다.

하지만 연동모듈이 변경되는 핸드오버를 수행할 경우에는 무선링크의 재설정과 연동모듈의 재구동이 필요하게 된다. 이동단말이 새로운 기지국 제어기내에 있는 기지국으로 이동하면, 핸드오버 종료와 더불어 새로운 기지국으로 이전 기지국 관련 정보를 전송한다. 새로운 기지국 제어기는 연동모듈을 생성하고 이전 기지국 제어기의 연동모듈로 데이터 전송과 관련된 상태정보와 데이터의 forwarding을 요구한다. Forwarding 요구를 수신한 이전 기지국제어기의 연동모듈은 버퍼링되어 있는 데이터 프레임과 프레임 송수신 관련 상태정보를 새로운 연동모듈로 전달한다. 아울러, 이전 연동모듈은 인접 라우터에 새로운 연동모듈로 데이터 프레임을 forwarding해야 함을 알리고 종료하게 된다.

#### IV. 시뮬레이션 및 결과분석

##### 5.1 시뮬레이션 환경

유무선 연동서비스에서 중복전송과 핸드오버를

고려한 이동 데이터 서비스의 성능분석을 위한 network의 구성이 그림 6에 나타나 있다.

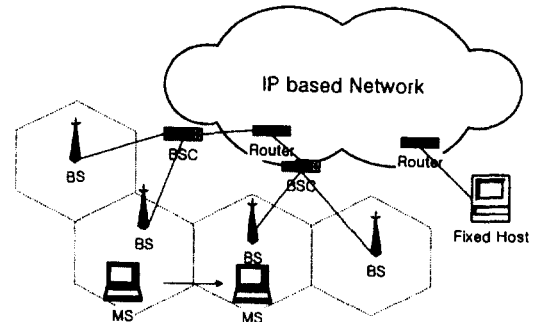


그림 6. 시뮬레이션에서 사용한 네트워크의 구성  
Fig. 6. Network configuration used in the simulation

기지국과 이동단말 사이의 인터페이스는 CDMA CAI 프로토콜을 지원하며, 유선 network는 IP 기반의 데이터 전송이 가능한 고속의 네트워크로 가정한다. 따라서, 유선 네트워크에서의 데이터 전송에 대한 오버헤드는 TCP/IP 프로토콜에 대한 오버헤드와 패킷의 전송에 소요되는 전송 지연 시간만을 고려하며, 전파지연은 무시한다. 핸드오버에 소요되는 시간은 CDMA PCS 권고안에서 서로 다른 기지국간 다른 주파수 할당을 수행할 경우에 있어서의 하드 핸드오버 소요시간을 참조하여 최대 80ms로 가정하며, 핸드오버 시간동안에는 버스트한 에러가 발생하는 환경으로 가정한다. 기지국 제어기의 연동모듈은 유선망에서 전송된 데이터를 무선 프로토콜에 적합하도록 변환하여 전송하는 연동기능을 수행한다. 이때 TCP는 유선망에서 적용되는 메커니즘을 아무런 수정없이 사용하며, 고정 호스트와 이동노드 사이의 데이터 전송에 대한 종단간 제어를 수행한다. 무선 링크에서의 전송속도는 9600bps로 가정하며, 무선 데이터 링크계층은 RLP(radio link protocol)를 기반으로 한다. TCP 프레임은 9600bps의 지수분포로 전송큐에 도착하게 되고, TCP/IP의 헤더정보를 추가한후, 전송하게된다. 또한, 데이터의 손실은 무선링크의 오류와 핸드오



버로 인해 발생하며, 유선링크 전송에서는 오류는 없다고 가정한다.

무선 링크에서는 다중경로 페이딩과 신호의 간섭 등으로 인해 버스트 에러가 존재하는데, 이로 인해 데이터 프레임에 대한 전송성능은 급격히 감소한다. 이동단말과 기지국 사이의 무선채널 환경을 그림 7에 나타나 있는 2-state Markov 모델로 모델링하였다[14].

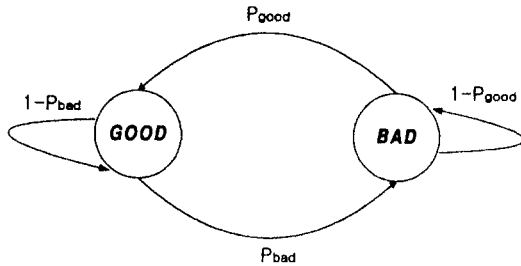


그림 7. 2-state Markov 에러모델  
Fig. 7. 2-state Markov error model

Bad 상태의 비트오율은 good 상태에서 보다 10 배의 높은 비트오율을 가진다고 가정하며,  $P_{bad}$ 와  $P_{good}$ 의 값은 각각 0.5로 가정하였다.

### 5.2 성능분석

이동 무선환경에서의 데이터 프로토콜 성능분석을 위해 TCP 프레임 전송에 있어서 프로토콜 변환을 수행하는 기존의 연동모듈을 사용하는 경우 (case A)와 이동성 기능제공을 위해 데이터 forwarding을 수행하는 연동모듈을 사용하는 경우 (case B), 그리고 제안한 연동모듈을 사용하는 경우 (case C)에 대해 성능을 비교·분석하였다. 먼저, 핸드오버를 고려하지 않은 환경에서의 채널의 오율 증가에 따른 TCP 프레임의 전송성능이 그림 8에 나타나 있다.

성능분석의 척도로 사용된 TCP 프레임의 처리율은 실제 데이터 프레임 전송율과 연결설정시 요구된 데이터 프레임의 전송율의 비율로 계산하였다. 그림에서 알 수 있듯이 채널의 오율이 증가함에 따라 TCP 프레임의 중복전송에 따른 대역낭비로

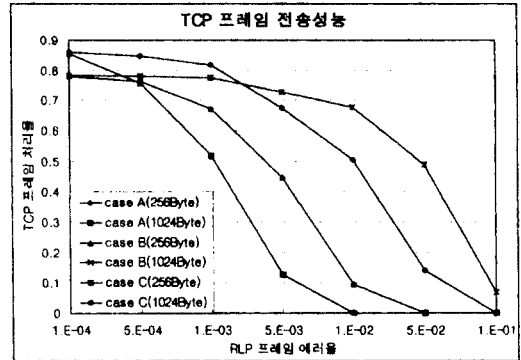


그림 8. 핸드오버가 없는 환경에서의 채널 오율에 따른 TCP 프레임의 전송성능  
Fig. 8. Transmission performance of TCP frame vs. channel error rate in non-handover environments

많은 성능 차이를 보이게 된다. 제안한 방안은 연동 모듈에 TCP 헤더의 분석기능을 부여함으로써 타이머 불일치와 무선전송 지연으로 발생하는 TCP 프레임의 중복전송을 검출하고, 폐기함으로써 중복된 TCP 프레임이 무선링크로 전송되는 것을 막는다. 그러나 기존의 방안에서는(case A, B)에서는 중복된 TCP 프레임인지를 식별할 수 없으므로 무선링크로 중복된 TCP 프레임을 전송하게 된다. 이로 인한 데이터 전송성능의 차이는 TCP 프레임의 길이가 길수록, 비트오율이 증가할수록 더욱 크게 나타난다.

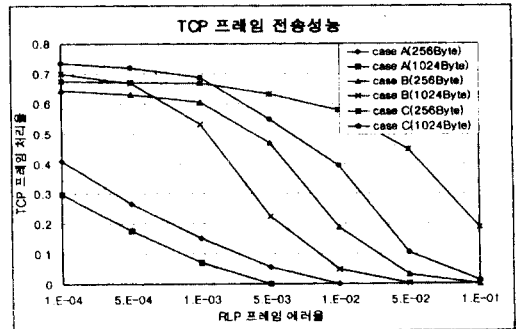


그림 9. 핸드오버 환경에서 채널오율에 따른 TCP 프레임의 전송성능  
Fig. 9. Transmission performance of TCP frame vs. channel error rate in handover environments

데이터 전송에 있어서 핸드오버를 고려한 환경에서의 채널오울에 따른 전송성능이 그림 9에 나타나 있다.

이동성을 지원하는 연동모듈(case B, C)에서는 핸드오버가 수행되면, 연동모듈에 버퍼링된 데이터를 새로운 연동모듈로 전송한 후, 새로운 연동모듈에서 이를 다시 이동단말로 재전송하게 된다. 그러나 이동성을 지원하지 않는 연동모듈에서는 종단간 TCP 전송에 대한 프로토콜 변환기능만을 수행하므로 송신측에서 재전송 절차가 시작될 때까지 대기하게 된다. 그림에서 알 수 있듯이 전송시간의 10%가 핸드오버 진행 구간일 경우, 이동성을 지원하는 방안(case B,C)에서는 핸드오버 구간동안의 전송중단으로 인한 전체적인 성능감소만 있을 뿐, 주로 채널의 오울 특성에 의해 영향을 받는 것으로 나타났다. 또한, 제안한 방안(case C)이 오울이 증가할수록 오류로 인한 TCP 프레임의 중복전송 문제를 효과적으로 해결함을 알 수 있다. 하지만 이동성을 지원하지 않는 경우(case A)에서는 핸드오버 구간동안 발생한 패킷의 손실을 TCP 프로토콜의 오류회복 절차를 이용하여 복구함으로써 데이터 전송 성능이 큰 감소를 보이게 된다. 따라서, 종래의 연동모듈에서는 핸드오버 처리에 따른 성능감소와 채널오울의 증가에 따른 성능감소가 동시에 발생함으로써 이동성 지원방안에 비해 열악한 데이터 전송성능을 보이며, 이동성만을 지원하는 방안보

다 제안된 방안이 오류로 인한 데이터 복구과정에서 더 우수한 성능을 나타낸다.

핸드오버 구간 비율에 따른 TCP 프레임의 전송성능이 그림 10에 나타나 있다.

핸드오버 구간에 머무르는 시간이 증가할수록 TCP 프레임의 전송성능은 감소하게 되며, 이동성을 지원하는 연동모듈이 종래의 연동모듈 보다는 완만한 형태의 성능감소를 보인다. 이는 핸드오버가 완료되는 시점에서 TCP 프레임 복구를 위한 재전송이 종단간 제어가 아닌 연동모듈에 의해 수행되기 때문이다. 또한, 핸드오버 구간의 비율이 증가할수록 TCP 프레임의 손실도 증가하게 되므로, 데이터 프레임의 복구에 따른 성능차이가 나타남을 알 수 있다.

## VI. 결 론

무선 멀티미디어 서비스를 제공하는 차세대 이동통신 시스템이 현재의 PCS 시스템에 기반하여 진화할 것으로 예상됨에 따라 PCS 환경에서의 이동 데이터 서비스에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 논문에서는 PCS와 유선 인터넷이 연동되는 환경에서 데이터 서비스를 효율적으로 제공하는 방안에 대해 연구하였다.

본 논문에서는 유선망의 TCP 프로토콜을 아무런 변경없이 유무선 연동환경에 적용함으로써 발생하는 성능 감소를 방지하기 위해서 연동모듈에 핸드오버에 대한 지원메카니즘을 추가하였다. 단말의 이동으로 인해 핸드오버 요구가 발생하면 연동모듈은 새로운 기지국으로 연동모듈내의 정보와 상태 변수들을 forwarding한다. 이전 연동모듈로부터 forwarding 데이터를 수신한 새로운 연동모듈은 버퍼링된 TCP 프레임 데이터를 순차적으로 전송하게 된다. 이는 단순한 프로토콜 변환 및 버퍼링 기능만을 수행하던 기존의 연동모듈에서의 종단간 데이터 복구에 비해 빠른 회복 메카니즘을 제공하게 된다. 또한, 연동모듈에 TCP 프레임의 중복전송을 방지하는 헤더분석 기능을 추가하여 핸드오버로 인한 성능감소를 최소화한다. 시뮬레이션을 통

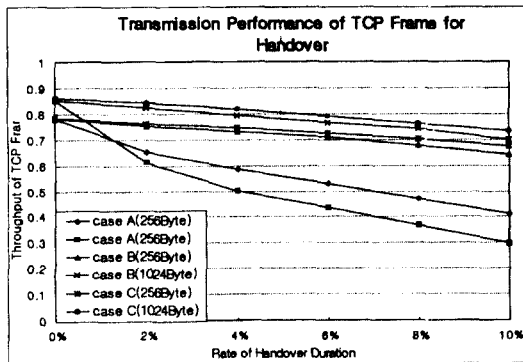


그림 10. 핸드오버 구간 비율에 따른 TCP 프레임의 전송성능  
Fig. 10. Transmission performance of TCP frame vs. the rate of handover duration

해 성능을 비교한 결과, 기존의 단순한 연동모듈이나 이동성만을 지원하는 연동모듈에 비해 제안한 방안이 핸드오버 환경에서 데이터의 처리율 측면에서 매우 우수한 성능을 보였다.

### 참 고 문 헌

1. J.B.Postel. "Transmission Control Protocol", RFC. 793, Sep. 1981
2. J.R.Stevens, "TCP/IP Illustrated Volume 1", Addison Wesley, Nov. 1994
3. V.Jacobson, "Congestion Avoidance and Control", Computer Communication Review, Vol. 18, No. 4, pp. 314-329, Aug. 1988
4. P.Karn and C.Partridge, "Improving round-trip time estimates in reliable transport protocols", ACM Transaction Computer System, Vol. 9, No. 11, pp. 364-373, Nov. 1991
5. R.Caceres and L.Iftode, "Improving the Performance of Reliable Transport Protocols in Mobile Computing Environments", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 13, No. 5, pp. 850-857, Jun. 1995
6. H.Balakrishnan, V.N.Padmanabhan, S.Seshan, and R.H.Katz, "A Comparison of Mechanisms for Improving TCP Performance over Wireless Link", IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 5, No. 6, pp. 756-769, Dec. 1997
7. B.Jabbri, G.Colombo, A.Nakajima, and J.Kulkarni, "Network Issue for Wireless Communications", IEEE Communication Magazine, Vol. 33, No. 1, pp. 88-98, Jan. 1995.
8. TIA/EIA/IS-99, "Data Service Option Standard for Wideband Spread Spectrum Digital Cellular System", Jan. 1995.
9. S.Kallel and D.Haccoun, "Generalized Type II Hybrid ARQ Scheme Using Punctured Convolutional Coding", IEEE Transaction on Communications, Vol 38, No. 11, pp. 1938-1946, Nov. 1990
10. M.Braneci and P.Godlowski, "Ambiguity Analysis for a Hybrid Type II ARQ/FEC Protocol on a Fluctuating Radio Channel", Proc. ICC' 97, Vol. 2, pp. 1068-1072, Jun. 1997
11. A.V.Bakre and B.R.Badrinath, "Implementation and Performance Evaluation of Indirect TCP", IEEE Transaction on Computer, Vol. 46, No. 3, pp. 260-278, Mar. 1997
12. R.Caceres and L.Iftode, "The Effects of Mobility on Reliable Transport Protocols", Proc. ICDCS' 94, pp. 16-20, Jun. 1994
13. SeongSoo. Park, and DongHo. Cho, "Performance Improvements of TCP Protocol for Mobile Data Service", GLOBECOM' 97, pp. 1871-1875, Nov. 1997.
14. P.Bhagwat, P.Bhattacharya, A.Krishna, and S.K. Tripathi, "Enhancing throughput over Wireless LANs using Channel Data Dependent Packet Scheduling", INFOCOMM '96, pp. 9b.4.1-9b.4.1, Mar. 1996.

박 성 수(Seong-Soo Park)

통신학회 논문지 제 23 권 제 7 호 참조

e-mail : sspark@infocomm.kyunghee.ac.kr

송 영 재(Young-Jae Song)

통신학회 논문지 제 23 권 제 7 호 참조

e-mail : yjsong@nms.kyunghee.ac.kr

조 동 호(Dong-Ho Cho)

통신학회 논문지 제 23 권 제 7 호 참조

e-mail : dhcho@eekaist.kaist.ac.kr