

웨어러블 P2P 전송 방법의 실험 모델 및 평가

이태규*
 *한국생산기술연구소
 e-mail: tglee@kitech.re.kr

Experimental Model and Evaluation of Wearable P2P Transfer Method

Tae-Gyu Lee*
 *Korea Institute of Industrial Technology

요 약

이동컴퓨팅의 데이터 용량의 급증에 따른 무선 단말의 네트워크 및 단말 자원의 요구량이 급증하고 있다. 이를 위해 제한된 네트워크 채널 자원 및 단말 메모리 자원의 효율적 사용 기법을 연구한다. 무선네트워크에서 무선 단말의 전송 및 저장 능력의 한계는 웨어러블 컴퓨팅 정보 서비스 발전을 가로 막고 있다.

본 논문은 웨어러블 컴퓨팅을 지원하는 무선 스마트 단말의 전송 채널 및 저장 용량 등의 제약에 따른 무선단말 대 무선단말의 정보 전송한계를 극복하기 위한 전송방법을 제안한다. 제안 방법은 웨어러블 단말 간 데이터 전송 및 저장 능력을 극복하기 위한 실시간 백그라운드 전송 방법의 실험 모델을 정의하고 분석 및 평가한다.

1. 서론

웨어러블 컴퓨팅은 무선 통신기술과 시스템을 이동화 · 소형화 · 의류화 · 내장화 · 경량화 · 유연화 · 디지털화하여 사용자와 컴퓨팅 기기간의 상호교감을 극대화시키는 사용자 지향 인터페이스(user-oriented interface)를 지원한다. 또한 사용자의 정보접근성 및 이동성을 증대시키기 위해서 시간과 공간 제약을 받지 않는 외부 유비쿼터스 환경을 구축함으로써 인간과 정보 서비스 매체간의 경계를 허무는 서비스 플랫폼 기술을 지향한다 [1].

그러나 이러한 무선 이동통신서비스 발전에도 불구하고 이동단말의 무선 전송 서비스를 지원하기 위한 주요요소로서 무선 전송 채널수와 대역폭, 배터리, 메모리 등의 사용자 무선 이동단말 자원은 물리적으로 제한되어 있다. 이러한 제약사항들은 웨어러블 전송시스템의 안정성(safety)과 실시간성(realtime)의 한계성을 나타낸다.

이러한 웨어러블 컴퓨팅의 데이터 전송 및 저장 문제점에 대한 대안으로 실시간 백그라운드 전송 시스템(real-time background transfer system)을 제안한다 [2]. 이 후방지원 시스템은 정보 전송프로세스들 사이의 전송 실패를 모니터링 하여 전송 결함을 복구하는 전송 결함허용(fault tolerance) 기법과 전송 프로세스 및 데이터의 실시간 복제 프로세스를 통해서 높은 실시간성(hard real-time) 전송 기법을 지원함으로써 무선 전방위(foreground) 전송시스템의 안정성과 실시간성을 향상시킨다.

본 논문은 2장에서 웨어러블 무선 데이터 전송 시스템 모델을 중심으로 본 연구의 문제점 및 대안을 제안한다. 3장

에서는 제안된 백그라운드 전송방법 및 시스템의 다양한 특징을 실험 및 평가하고, 마지막으로 4장에서는 결론을 기술한다.

2. 웨어러블 데이터 전송 시스템 모델

웨어러블 컴퓨팅의 무선 이동 정보 전송 시스템은 주로 블루투스과 와이파이를 비롯한 내부 무선네트워크와 와이파이-에드혹, 블루투스, 지그비 등의 근거리 외부무선 네트워크와 CDMA와 GSM을 비롯한 광역 외부무선네트워크에 기초한 데이터 전송 서비스를 제공해 왔다 [3][4].

2.1 로컬 데이터 전송 모델

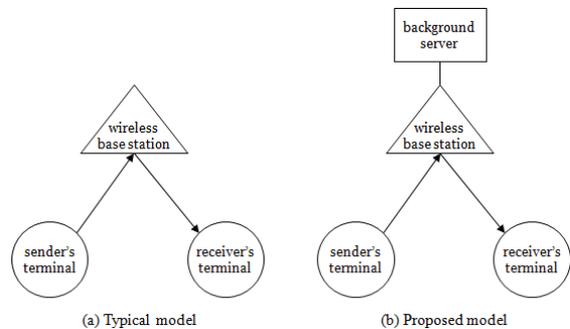


그림 1. 로컬 전송 시스템 모델

그림1-(a)의 기존 로컬 데이터 전송 모델은 송신자와 수신자 모두가 동일한 기지국 내에 위치한다. 데이터 전송소요시간이 짧고 트래픽 혼잡도와 전송 오류율이 하나의 셀

로 제한적이라는 특징을 갖는다.

제안 로컬 백그라운드 전송 모델은 그림1-(b)와 같이 송신자가 기지국을 통해서 수신자에게 데이터를 전송할 때 이와 동시에 기지국에 연결된 게이트웨이를 통해서 백그라운드 서버에 동일한 데이터 copy를 동시에 전송한다. 데이터 전송 도중 데이터 패킷이 손실되는 경우와 전송 완료 후 수신자가 데이터 copy를 다운로드 하고자 하는 경우에 송신자가 아닌 백그라운드 서버 상의 송신자 영역에서 필요한 데이터 copy를 재전송한다.

2.2 전역 데이터 전송 모델

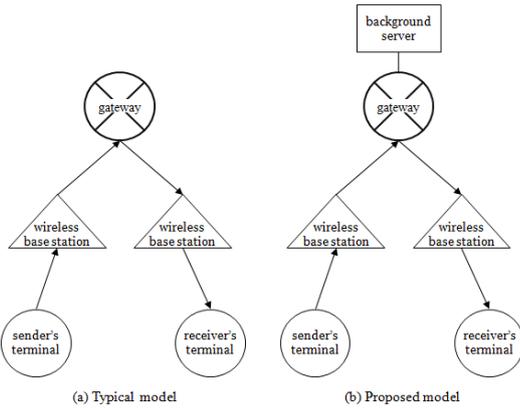


그림 2. 전역 전송 시스템 모델

그림2-(a)의 기존 전역 데이터 전송모델은 송신자와 수신자 서로 다른 기지국 내에 위치한다. 데이터 전송소요시간이 길고 트래픽 혼잡도와 전송 오류율이 여러 셀에 걸쳐 있다는 특징을 갖는다.

그림2-(b)의 제안 전역 백그라운드 전송 모델은 송신자가 기지국을 통해서 수신자에게 데이터를 전송할 때 이와 동시에 전송 경로 상의 기지국에 연결된 게이트웨이를 통해서 백그라운드 서버에 동일한 데이터 copy를 동시에 전송한다. 데이터 전송 도중 데이터 패킷이 손실되는 경우와 전송 완료 후 수신자가 데이터 copy를 다운로드 하고자 하는 경우에 송신자가 아닌 백그라운드 서버 상의 송신자 영역에서 필요한 데이터 copy를 재전송한다.

3. 시스템 실험 및 평가

3.1 실험 환경

제안 모델은 단말의 제약사항과 독립적으로 지원센터의 게이트웨이 또는 백그라운드 서버의 저장능력에 의존하기 때문에 전송 단위 비용과 저장 용량 측면에서 향상된 전송 프로세스를 실현한다.

본 연구의 시스템 분석 규격은 웨어러블 컴퓨팅 네트워크의 주요 이동네트워크인 PAN(Personal Area Network)으로 블루투스 규격(802.15.3) 무선 네트워크에 기초한다. 최소한의 백그라운드 네트워크 규격으로 IEEE Fast Ethernet(CSMA/CD) 유선 네트워크에 가정한다.

제안된 웨어러블 백그라운드 전송 방법은 데이터 전송이

지원센터의 백본 네트워크의 전송 속도인 1Mbps-10Gbps 이상의 유선 전송 비트율에 의존하기 때문에 기존 방법의 100Kbps-10Mbps의 낮은 비트율을 가진 무선 자원 제약 사항 문제점들을 극복한다.

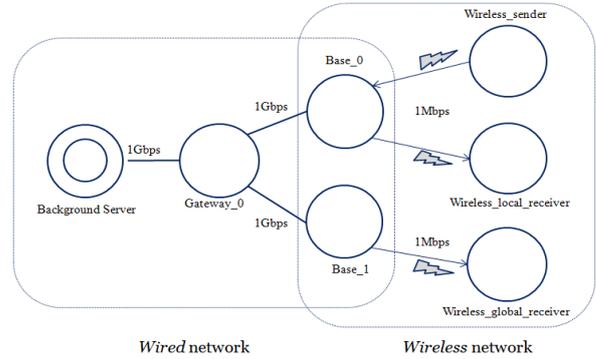


그림 3. 실험 네트워크 구성

본 전송 실험 환경은 그림 3의 구성에 기초하여 NS2 Simulator ver. 2.28을 이용하였고, 게이트웨이와 백그라운드 서버간 전송속도가 1Gbps이고, 송신 단말 업로드 속도 1Mbps이고, 수신 단말 다운로드 속도는 1Mbps의 동일한 조건하에서, 기존 모델과 제안 모델의 전송 성능을 분석 평가한다. 본 실험은 송신 단말과 수신 단말의 네트워크 경로 길이를 고려하여 로컬 전송 시스템과 글로벌 전송 시스템으로 구분하여 성능 분석과 시뮬레이션을 수행하여 각각에 대한 기존 모델과 제안 모델의 성능을 비교 평가한다.

3.2 분석 평가

본 연구의 무선 단말 송신자와 무선 단말 수신자 사이의 전송 시스템 분석은 하나의 기지국을 경유하는 로컬 데이터 전송분석과 두 개 이상의 기지국을 경유하는 전역 데이터 전송분석으로 구분한다.

3.2.1 시스템 분석 파라미터

본 연구의 주요한 전송 분석 파라미터는 사용자의 전송요구 데이터 용량(V_s), 전송 경로의 전송 대역폭(T_p), 전송 소요시간(D_p), 전송 오류율(E_r) 등이 있다.

이러한 전송 파라미터에 기초하여 기존 단말 전송 시스템과 제안 백그라운드 전송 시스템의 성능 분석 결과를 평가 비용함수(C_f : cost function, 수식(1))로 정의한다. 이 비용함수(C_f)는 사용자가 전송하고자 하는 데이터가 전송 대역폭, 전송 오류율에 대한 전송 소요시간의 비율이 어느 정도인가에 대한 평가를 나타낸다.

$$C_f = \frac{V_s}{T_p} + E_r \left(\frac{V_s}{T_p} \right) \quad (1)$$

비용함수(C_f)의 파라미터 정의

V_s = 전송되는 데이터의 크기(byte 단위)

T_p = 처리율(Throughput): $T_p U_w, T_p U_i, T_p D_i, T_p D_w$ (bps 단위)

C_f = 전송 지연시간의 비용 (sec 단위)

E_r = 전송 네트워크의 오류율

3.2.2 로컬 데이터 전송 분석

전형적인 무선 전송 시스템의 동일 셀 내의 단말 간 데이터 전송 구조는 무선 기지국을 통한 무선 업로드와 무선 다운로드의 전송 경로를 갖는다. 기존 로컬 전송 시스템에 대한 분석은 비용함수, $C_{f_old_local}$ (수식(2))로 평가한다.

$$C_{f_old_local} = \left(\frac{V_s}{T_p U_w} + \frac{V_s}{T_p D_w} \right) + E_r \left(\frac{V_s}{T_p U_w} + \frac{V_s}{T_p D_w} \right) \quad (2)$$

제안하는 로컬 전송 시스템은 송신자의 무선 업로드와 수신자의 무선 다운로드에 추가된 백그라운드 업로드 및 다운로드 과정을 수행한다. 제안 시스템의 로컬 전송에 대한 분석은 비용함수, $C_{f_new_local}$ 로 평가한다.

$$C_{f_new_local} = \left(\frac{V_s}{T_p U_w} + \frac{V_s}{T_p D_w} \right) + E_r \left(\frac{V_s}{T_p U_b} + \frac{V_s}{T_p D_b} + \frac{V_s}{T_p D_w} \right) \quad (3)$$

제안 로컬 백그라운드 비용함수 수식(3) $C_{f_new_local}$ 에서 $T_p U_b$ 전송 대역폭에 따른 전송 비용 $V_s/T_p U_b$ 은 $T_p D_w$ 전송 대역폭에 따른 전송 비용 $V_s/T_p D_w$ 과 시간적으로 오버래핑 되므로 패킷 오류로 인해 발생하는 패킷 재전송 시 소요시간에서 $V_s/T_p U_b$ 제거할 수 있다. 따라서 제안 비용함수를 다시 기술하면 다음 수식(4)와 같다.

$$C_{f_new_local} = \left(\frac{V_s}{T_p U_w} + \frac{V_s}{T_p D_w} \right) + E_r \left(\frac{V_s}{T_p D_b} + \frac{V_s}{T_p D_w} \right) \quad (4)$$

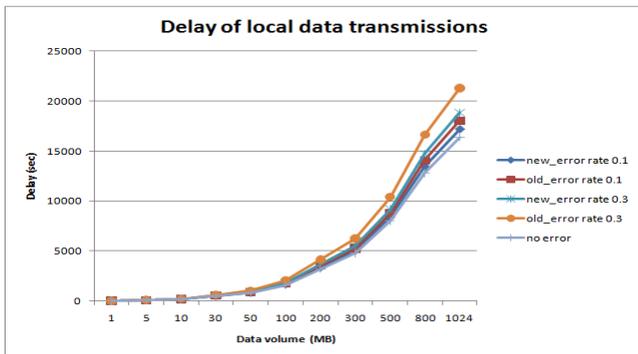


그림 4. 로컬 데이터 전송 비용 분석

그림 4는 수식 $C_{f_old_local}$ 과 $C_{f_new_local}$ 에 기초하여 각각이 나타내는 기존 전송시스템과 제안 백그라운드 전송 시스템을 비교 분석한 그래프이다. 오류율이 증가할수록 기존 시스템과 제안 시스템의 성능 차이는 더 커진다. (예, "old_error rate 0.3" vs. "new_error rate 0.3") 그리고

데이터 전송 요구량이 커질수록 기존 시스템과 제안 시스템의 성능 차는 커진다. (예, 1GB에서 전송 시간지연 결과)

따라서 동일 셀 내에 위치하는 단말들 사이의 정보를 전송하는 로컬 전송 시스템에서 오류율이 크고 전송 요구량이 클수록 제안시스템은 기존시스템 보다 전송 소요시간의 개선 효과가 높아진다.

3.2.3 전역 데이터 전송 분석

기존 무선 전송 시스템의 서로 다른 셀에 위치하는 송신 단말과 수신 단말 간 데이터 전송 구조는 무선 기지국을 통한 무선 업로드, 무선기지국으로부터 게이트웨이까지 유선 업로드, 게이트웨이로부터 무선기지국까지 유선 다운로드, 무선기지국을 통한 무선 다운로드의 전송 경로를 갖는다. 기존 전역전송시스템에 대한 분석은 비용함수, $C_{f_old_global}$ (수식(5))로 평가한다.

$$C_{f_old_global} = \left(\frac{V_s}{T_p U_w} + \frac{V_s}{T_p U_g} + \frac{V_s}{T_p D_g} + \frac{V_s}{T_p D_w} \right) + E_r \left(\frac{V_s}{T_p U_w} + \frac{V_s}{T_p U_g} + \frac{V_s}{T_p D_g} + \frac{V_s}{T_p D_w} \right) \quad (5)$$

본 논문에서 제안하는 글로벌전송시스템은 기존 무선전송 시스템과 동일한 전송경로를 통해서 데이터를 전송한다. 부가적으로, 동일한 데이터 복제를 게이트웨이에 연동된 백그라운드 서버로 업로드하고, 패킷 전송 실패 또는 수신자의 데이터 재전송 요구 시 백그라운드 서버로부터 다운로드를 수행하는 과정이 요구된다. 제안 시스템의 원거리 전송에 대한 분석은 비용함수, $C_{f_new_global}$ (수식(6))로 평가한다.

$$C_{f_new_global} = \left(\frac{V_s}{T_p U_w} + \frac{V_s}{T_p U_g} + \frac{V_s}{T_p D_g} + \frac{V_s}{T_p D_w} \right) + E_r \left(\frac{V_s}{T_p U_b} + \frac{V_s}{T_p D_b} + \frac{V_s}{T_p D_g} + \frac{V_s}{T_p D_w} \right) \quad (6)$$

제안 전역 백그라운드시스템 비용함수, 수식(6)의 $C_{f_new_global}$ 에서 $T_p U_b$ 전송 대역폭에 따른 전송 비용 $V_s/T_p U_b$ 은 $T_p D_g$ 와 $T_p D_w$ 의 전송 대역폭에 따른 전송 비용 $V_s/T_p D_g$ 과 $V_s/T_p D_w$ 의 합과 시간적으로 오버래핑 되므로 패킷 오류로 인해 발생하는 패킷 재전송 시 소요시간에서 $V_s/T_p U_b$ 는 제거할 수 있다. 따라서 제안 비용함수를 다시 기술하면 다음 수식(7)과 같다.

$$C_{f_new_global} = \left(\frac{V_s}{T_p U_w} + \frac{V_s}{T_p U_g} + \frac{V_s}{T_p D_g} + \frac{V_s}{T_p D_w} \right) + E_r \left(\frac{V_s}{T_p D_b} + \frac{V_s}{T_p D_g} + \frac{V_s}{T_p D_w} \right) \quad (7)$$

수식 $C_{f_old_global}$ 과 $C_{f_new_global}$ 에 기초한 기존방법과 제안방법을 비교분석한 그래프는 그림4의 로컬 데이터 전송비용 분석그래프와 유사한 결과를 얻었다.

3.3 성능 평가

3.3.1 로컬 데이터 전송 성능 평가

로컬 데이터 전송 모델에서 전송 오류가 발생함에도 불구하고 신뢰성 있는 데이터 전송을 지원하는 전송 복구를 지원할 제안 백그라운드 전송 모델의 실험이다. 동일한 셀 내에 존재하는 송신 단말과 수신 단말 사이의 전송 성능을 평가하기 위해 0.1과 0.3까지 오류율을 각각 적용하여 전송 클라이언트에 기초한 기존 전송 기법과 백그라운드 서버에 기초한 제안 전송 기법을 비교한다.

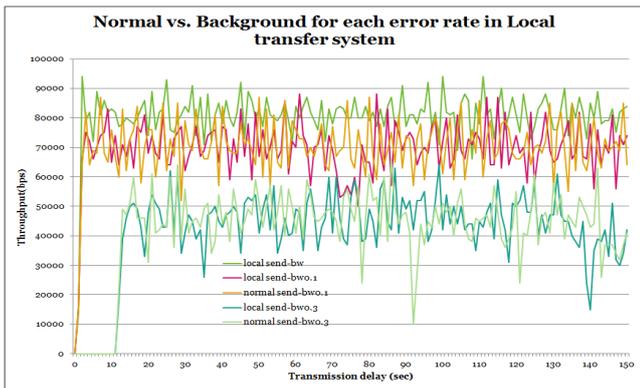


그림 5. 오류율에 따른 로컬 전송 성능

그림 5는 오류 없는("local-send-bw") 데이터 전송 성능(bps)에 대해 전송오류율(0.1과 0.3) 각각을 적용하여 기존 기법("normal-send-bw0.1", "normal-send-bw0.3")과 제안 기법("local-send-bw0.1", "local-send-bw0.3")의 전송성능을 0초에서 150초 동안 비교하였다. 제안 기법은 기존기법보다 오류율에 영향을 덜 받고 안정적인 전송성능을 보여준다. 적게는 수kbps에서 많게는 수십kbps의 전송성능의 차이를 보여준다.

3.3.2 전역 데이터 전송 성능 평가

전역 전송 시스템 모델에 기초한 기존기법과 제안기법에 대한 시뮬레이션을 수행하였다. 전송오류가 발생함에도 불구하고 신뢰성 있는 데이터 전송을 지원하는 전송 복구를 지원하는 제안 백그라운드 전송 모델의 실험이다. 그림 6는 오류 없는("global-send-bw") 전송결과와 전송오류율(0.1과 0.3) 각각에 기초한 기존방법("normal-send-bw0.1", "normal-send-bw0.3")과 제안방법("global-send-bw0.1", "global-send-bw0.3")의 전송성능(bps) 결과를 0초에서 150초 동안 전송 성능을 비교한다. 3.3.1절의 로컬전송실험결과와 유사하게 전역전송환경 실험에서 제안기법은 기존기법보다 오류율에 영향을 덜 받고 안정적인 전송성능을 보여준다. 적게는 수kbps에서 많게는 수십kbps의 전송성능의 차이를 보여준다.

본 연구의 백그라운드 전송 모델은 웨어러블 컴퓨팅과 같은 경량 이동 사용자를 지원하는 스마트 컴퓨팅 응용을 위한 제안이다. 단문메시지 중심의 송신자(sender)의 데이터 전송과 수신자(receiver)의 수신 명령에 따라 무선 네트워크 인프라의 어떠한 간섭이나 중재 없이 실시간으로

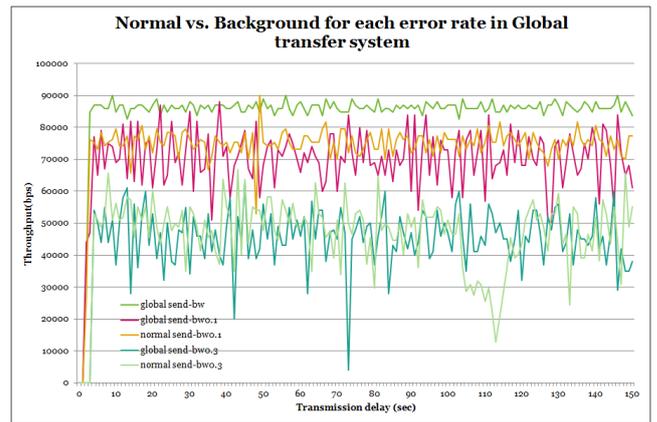


그림 6. 오류율에 따른 전역 전송 성능 실험

데이터 전송 프로세스를 진행하기 때문에 지원 센터의 백본 네트워크에 기초한 전송 안정성(safety) 및 실시간성(realtime)을 강화할 수 있다.

4. 결론

본 논문은 3절에서 분석한 바와 같이 데이터 저장성 및 비용, 전송 성능, 안정성 측면 모두에서 백그라운드 유선 네트워크 및 백그라운드 서버의 장점이 최대한 활용되었다는 것을 확인할 수 있다.

제안 모델의 백그라운드 데이터 전송 과정에 무선 자원의 간섭(intermediation)을 최소화 하면서도 모든 데이터 전송 진행 상황을 시스템 운용 정책에 따라 웨어러블 클라이언트들에게 공지(inform)하는 명령을 제공한다.

3.2.2절의 그림 4는 오류율이 증가할수록(0.1보다 0.3일 때) 기존 시스템과 제안 시스템의 성능 차이는 더 커지고, 데이터 전송요구량이 커질수록 기존 시스템과 제안 시스템의 성능 차 또한 커진다는 보여준다.

3.3절의 그림 5와 그림 6는 제안모델이 기존모델보다 일정하게 10%이상 전송 성능이 향상됨을 보여준다.

향후 연구로 본연구의 단일 단말에 기초한 전송실험을 확장하여 다중 클라이언트에 대해 데이터 전송 및 백업을 안정적으로 실현할 수 있는 복원 전송 프로세스 방법을 연구할 것이다.

참고문헌

- [1] John Krumm, "Ubiquitous Computing Fundamentals," CRC Press, 2010, pp.1-35.
- [2] 이태규, 고명숙, 정기수, "웨어러블컴퓨팅 지원 백그라운드 전송 방법," 한국컴퓨터종합학술대회 논문집, 2010, Vol.37, No.1(D), pp.226-230.
- [3] Stefan Poslad, "Ubiquitous Computing-smart devices, environments and interactions," John Wiley & Sons Press, 2009, pp 343-378.
- [4] Yangsheng Xu, Wen Jung Li, and Ka Keung Lee, "Intelligent Wearable Interfaces," John Wiley & Sons Press, 2008, pp.5-30.