

# 블루투스 피코넷 환경에서 터보코드 기법을 이용한

## WAP 패킷의 연구

문일영\* · 조성준\*\*

\*한국기술교육대학교 인터넷미디어공학부

\*\*한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부

### A Study of WAP Packet using Turbo Code Scheme in Bluetooth Piconet Environment

Il-Young Moon\* · Sung-Joon Cho\*\*

\*School of Internet Media Eng., Korea University of Technology and Education

\*\*School of Electronics, Telecom. and Computer Eng., Hankuk Aviation University

E-mail : iymoon@kut.ac.kr

#### 요 약

Bluetooth 환경에서 SAR(Segment And Re-assembly) 알고리즘을 사용하여 WAP 성능을 향상시키기 위한 WAP 패킷의 전송 시간을 분석하였다. 이러한 WAP의 전송 능력을 향상시키기 위한 한 방법으로 SAR의 과정은 WTP (Wireless Transaction Protocol) 상위계층에서 내려온 전체 메시지를 분할한 다음, 베이스밴드에서 패킷을 전송하게 된다. 그리고 Bluetooth 피코넷 환경에서 SAR 알고리즘을 사용하여 Bluetooth 패킷 타입 중 DM (Data-Medium rate) 1, DM3, DM5 에 따른 Bluetooth 환경에서 WAP의 패킷 전송 시간을 분석하였다. 이 SAR 알고리즘은 멀티 슬롯으로 전송할 경우 L2CAP (Logical Link Control And Adaptation Protocol) 베이스밴드 패킷 전송 시간을 감소시킨다.

#### ABSTRACT

It is analyzed that WAP packet transmission time to improve performance of WAP using SAR algorithm in Bluetooth channel. The order for SAR algorithm to improve the transfer capability, it is fragmented in WTP total messages that are coming down from upper layer and then the packets are sent one at time in baseband. And it is studied that transmission time for WAP over Bluetooth according to DM1, DM3 or DM5 packet type using SAR algorithm in Bluetooth piconet environment. This SAR algorithm decreases WAP packet transmission time of L2CAP baseband packets by sending packet which are spanning multiple slots.

#### 키워드

WAP, Bluetooth, Turbo Code

#### 1. 서 론

차세대 통신은 고속 데이터 및 영상정보 전송 등 광대역 무선 접속을 지원할 수 있어야 하며, 강력한 오류 정정 채널 코딩 기법은 차세대 이동통신 시스템 개발에 있어서 핵심요소이다. 이것에 대한 해결책으로 1993년 Berrou에 의해 발표된 터보코드는, 사논의 통신용량 한계에 근접하는 우수한 성능을 나타내며, 그 동안 실용화의 걸림돌로 작용했던 복호 지연 문제점도 해결하였다[1],[2].

터보코드와 함께 SAR을 이용한 블루투스의 무선 전송은 상위 계층의 패킷으로부터의 오버헤드를 줄일 수 있다[3],[4]. SAR 기능은 기본적으로 상위 계층의 큰 패킷 데이터를 현재의 베어러 서비스의 크기에 맞게 분할하는 과정을 뜻한다.

본 논문은 블루투스 피코넷 환경에서 터보코드를 적용한 WAP 패킷의 멀티 슬롯 기법을 이용함으로써 오버헤드도 줄이고, 베이스밴드에서 빠르게 패킷 데이터를 수신 단에 전송하고자 한다 [5],[6]. 여기서 슬롯 제한은 무선 채널에서의 높은 비트 에러에 의하여 최대 확장 슬롯 크기인 5 슬

못 패킷 이하, 즉 1, 3, 5 슬롯으로 제한하였다.

본 논문에서는 블루투스 피코넷 환경에서 WAP 패킷 전송 시간을 향상시키기 위하여 Rate 7/8과 1/3 터보 코드를 사용하여 분석하였다.

결과적으로 터보 코드를 이용한 패킷 전송이 보다 기존의 패킷 전송보다 우수함을 확인할 수 있었다.

## II. 블루투스 환경에서 WAP의 구조

Bluetooth가 CDMA 망에서의 WAP과의 차이점은 기본적으로 베어러 서비스의 차이점이라고 할 수가 있다. Bluetooth에서는 상위 계층을 기존의 WAP 계층을 그대로 사용하고 단지 하위 계층에서는 Bluetooth 망을 사용한다는 것이다. 그러므로 상위 계층의 WAE (Wireless Application Environment) 에서 PPP까지는 프로토콜이 기존의 WAP 프로토콜 스택과 같고, 그 밑의 하위 계층 RFCOMM, L2CAP, LMP (Link Manager Protocol), 베이스밴드가 다른 것이다.

그림 1은 Bluetooth 환경에서의 WAP의 클라이언트와 서버간의 프로토콜 구조이다.

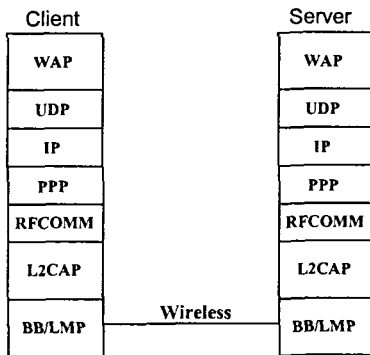


그림 1. 블루투스 환경에서 WAP의 구조

Bluetooth의 베이스밴드 프로토콜은 회선과 패킷 스위칭의 혼합된 형태이다. 모든 Bluetooth 장치는 하드웨어적으로는 모두 같지만, 그 상황에 따라 마스터 (Master) 또는 슬레이브 (Slave) 라 부르는 상태를 취한다. Bluetooth는 최소 구성 단위인 피코넷을 구성한다. 또 소비전력의 절감을 의식한 대기 (standby) 상태도 정의되어 있다.

처음에 통신을 개시한 Bluetooth 장치가 마스터로 되어, 피코넷 내의 슬레이브와 호핑 패턴의 동기 등을 행하는 구성으로 되어 있다. 피코넷 내의 통신은 마스터가 관리한다. Bluetooth는 패킷 상태의 데이터가 시분할된 주파수 대역을 전송하

는 주파수호핑 스펙트럼 확산 방식을 이용하고 있기 때문에, 이런 프로토콜 스택들은 조희와 호출의 방법을 이용하여 Bluetooth 기기의 호핑 주파수와 클럭의 동기를 맞추는 역할을 한다.

## III. 블루투스 피코넷에서 WAP 패킷 분석

SAR 기능은 기본적으로 상위 계층의 큰 패킷 데이터를 현재의 베어러 서비스의 크기에 맞게 분할하는 과정을 뜻한다. 이러한 SAR를 이용한 Bluetooth 패킷의 무선 전송은 상위 계층의 패킷으로부터의 오버헤드를 줄일 수 있다. 본 논문의 Bluetooth에서 적용한 SAR 알고리즘의 멀티 슬롯을 이용함으로써 오버헤드도 줄이고, 베이스밴드에서 빠르게 패킷 데이터를 수신 단에 전송함에 목적이 있다. 여기서 슬롯 제한은 무선 채널에서의 높은 비트 에러에 의하여 최대 확장 슬롯 크기인 5 슬롯 패킷 이하, 즉 1, 3, 5 슬롯으로 제한하였다. 또한 본 논문은 블루투스 피코넷 환경에서 WAP 패킷 전송 시간을 향상시키기 위하여 Rate 7/8과 1/3 터보 코드를 사용하여 분석하였다.

WAP 패킷을 성능 분석하기 위해 본 논문에서는 그림 1의 블루투스 환경에서 WAP 프로토콜 스택을 이용하여 각 기능별로 기호를 정의하고 수식적으로 나타내었다. 성능 분석 모델은 상대방의 블루투스 단말기, 블루투스 무선 채널로써 사용 되어지고 있는 GFSK(Gaussian Frequency Shift Keying) 이용하여 분석하였다.

상위 WTP(Wireless Transaction Protocol) 패킷으로부터, UDP, IP, PPP, L2CAP으로 각각 하위 계층으로 내려오는 SAR(Segment and Reassembly) 과정을 간단하게 각 기호를 나타내면 아래와 같다.

- $K$  : WAP내의 WTP에서 분할된 메시지의 전체 패킷 수,
- $M_{TOTAL}$  : WTP의 상위 계층의 전체 메시지 크기,
- $M_{SEG}$  : WTP 계층 내에서 상위 계층의 데이터를 분할하는 WTP 패킷 단위의 크기,
- $L_{WTP}$  : WTP 에서 분할된 마지막 패킷 크기,
- $M_{WTP}$  :  $M_{SEG}$ 의 크기와 WTP 패킷 크기,
- $M_{L2CAP}$  : 상위 계층에서 L2CAP 계층으로 전달되는 데이터의 크기,
- $F$  : L2CAP 프레임,
- $T_{PKT}(ms)$  :  $N$ 개의 L2CAP 프레임으로 분할된 WAP 패킷 전송 시간,
- $D_S$  : L2CAP 계층에서 한 slot 당 전송되는 데이터의 크기,
- $N$  :  $M_{L2CAP}$ 을 구성하는 분할된 프레임의 수,

- $H_{WTP}$  : WTP 헤더 크기,  $H_{UDP}$  : UDP 헤더 크기
- $H_{PPP}$  : PPP 헤더 크기,  $H_{IP}$  : IP 헤더 크기
- $T_{MSG}(ms)$  : 전체 메시지 전송시간,
- $S_{TIME}$  : WAP 패킷의 전송 슬롯 타임,
- $p$  : 프레임이 성공적으로 전송될 확률,
- $q, r$  :  $D_S$  에 의해 계산된 프레임 수.

정의한 기호를 바탕으로 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$K = \left\lceil \frac{M_{TOTAL}}{M_{SEG}} \right\rceil \quad (1)$$

단,  $\lceil x \rceil$  는  $x+1$  보다 크지 않은 정수

$$M_{WTP} = M_{SEG} + H_{WTP}, \quad (2)$$

$$L_{WTP} = M_{TOTAL} - (K-1)M_{SEG} + H_{WTP}, \quad (3)$$

$$M_{L2CAP} = M_{WTP} + H_{UDP} + H_{IP} + H_{PPP}, \quad (4)$$

$$N = \left\lceil \frac{M_{L2CAP}}{D_S} \right\rceil, \quad (5)$$

$$P(F = m) = (1 - p)^{m-1} p \quad (6)$$

$$E(F) = \sum_{m=1}^{\infty} m \cdot P(F = m) = \frac{1}{p} \quad (7)$$

$$E(P) = N \cdot E(F) = \frac{N}{p} \quad (8)$$

$$T_{PKT}(N) = E(P) \cdot S_{TIME} = \frac{S_{TIME} N}{p} (ms) \quad (9)$$

$$T_{MSG} = (K-1)T_{PKT}(q) + T_{PKT}(r) \\ = (K-1) \frac{S_{TIME} * q}{p} + \frac{S_{TIME} * r}{p}, \quad (10)$$

#### IV. 시뮬레이션 결과

블루투스 피코넷에서 터보코드를 이용한 WAP의 성능 개선을 실험하기 위해 무선 환경에서의  $E_b/N_0$  값을 5 dB로 하였다.

또한, 성능 분석을 하기 위한 시스템 모델은 그림 2와 같다. 시뮬레이션에 사용된 패킷은 DM이며, 이 패킷은 DM1, DM3, DM5 타임 슬롯을 모두 포함하고 있으며, 패킷 내의 Payload 안에 2/3FEC (Forward Error Correction) 기능이 있어 데이터를 수신지에 전송할 때, 에러가 발생했을 경우 빠르게 복구하는 장점이 있다. 따라서,

DM1, DM3, DM5 패킷을 각각 사용하여 WAP 패킷의 전송 시간을 분석한다.

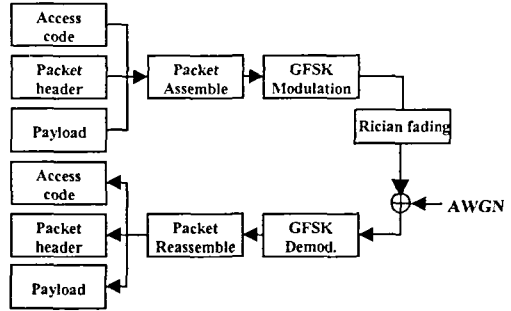


그림 2. 블루투스 환경의 시스템 모델

따라서 본 논문에서는 DM1, DM3, DM5 패킷을 각각 사용하여 WAP 패킷의 전송 시간을 분석한다.  $S_{TIME}$ 은 하나의 패킷을 보내면 그에 대한 확인 응답을 기다리는 TDD 방식을 사용함으로써, WAP 상위 계층에서 하위 계층 블루투스까지 DM 패킷을 전송할 때 수신지에 전체 메시지 도달한 후, 확인 응답하는 시간까지 모두 계산하여 분석하였다.  $S_{TIME}$ 은 DM1, DM3, DM5 경우에 각각 625 $\mu$ s, 1875 $\mu$ s, 3125 $\mu$ s 호핑 슬롯을 사용하였다.  $M_{TOTAL}$  = 5000 바이트의 블루투스 환경인 GFSK의 피코넷에서 분석하였다. 그림 3은 Rician 환경에서 Rate 7/8 터보 코드인 경우와 그림 4는 Rate 1/3 터보 코드인 경우에서의 WTP 패킷의 크기에 따른 WAP 패킷의 DM 패킷 성능 분석을 나타내었다.

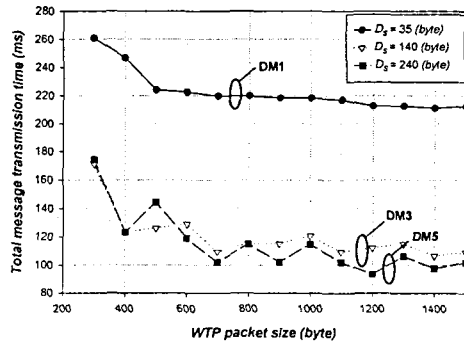


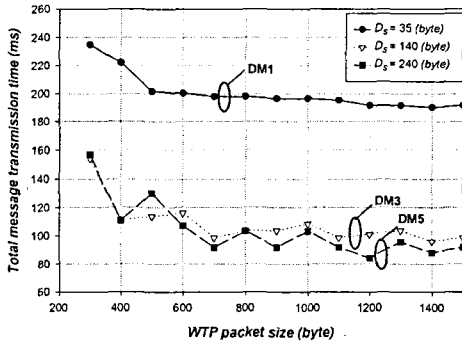
그림 3. 블루투스 환경에서의 WAP 패킷 전체 메시지 전송 시간 (Rate 7/8 Turbo code)

## 감사의 글

본 논문은 산업자원부 한국산업기술평가원 지정 한국항공대학교 부설 인터넷정보검색 연구센터의 지원에 의함.

## 참고문헌

- [1] J.G. Proakis, *Digital Communications*, New York : McGraw-Hill, 4th ed., 2001.
- [2] B. Sklar, *Digital Communications* : Prentice-Hall, 2001.
- [3] <http://www.bluetooth.org/>
- [4] B.A. Miller, *Bluetooth Revealed* : Prentice-Hall, 2001.
- [5] WAP forum, *Wireless Application Protocol: Wireless Transaction Protocol Specification*.
- [6] 박홍성, 허경욱, "WAP에서의 WTP 성능 평가", *한국통신학회 논문지*, vol. 26, No. 1A, pp. 67-76, Jan. 2001.



블루투스의 환경에서의 SAR 알고리즘을 이용한 WAP 패킷의 전체 메시지 전송 시간은 그림 3과 4의 경우를 비교했을 경우 DM1 (35 바이트) 슬롯 패킷에서 DM3 (140 바이트), DM5 (240 바이트) 슬롯 패킷으로 증가함에 따라 전송 시간이 감소함을 알 수가 있다. 또한 같은 터보 코드를 적용했는지라도 Rate 7/8 보다 Rate 1/3이 DM 패킷 메시지를 전송하는데 시간이 감소함을 알 수가 있다.

결과적으로, 블루투스 피코넷 환경에서 터보 코드를 사용함으로써, WAP 패킷의 전송 시간이 기존의 WAP 패킷의 전송보다 감소함을 알 수 있다. 또한, 어떠한 Rate를 적용하느냐에 따라 성능 개선이 달라짐을 알 수 있었다.

## V. 결 론

본 논문은 WAP의 전송 능력을 향상시키기 위한 한 방법으로 상위 계층에서 내려온 전체 메시지를 SAR 알고리즘을 사용하여 블루투스 환경속에서 터보 코드 기법을 도입하여 데이터를 전송하는 WAP 패킷의 성능 향상을 분석하였다. WAP 패킷의 전송 능력을 향상시키기 위한 한 방법으로 DM 패킷을 터보 코드 기법을 적용하여 Rate 7/8, Rate 1/3인 경우와 서로 비교하여 분석하였다. 얻어진 결과로부터 블루투스 피코넷 환경에서 WAP 패킷의 전송 시간, 메시지 처리 시간과 비교하여 성능이 개선됨을 알 수 있었다. 또한, 최적의 WTP 패킷 크기와 DM 패킷의 크기를 구할 수가 있었다. 또한 분석한 결과로부터 DM1의 단일 슬롯 패킷을 사용하는 것보다 DM3, DM5 멀티 슬롯 패킷을 사용하는 것이 WAP 패킷 전송 시간을 단축하는데 도움이 됨을 알 수가 있었다.