

Bluetooth Ad hoc 망에서 멀티 슬롯 SAR-QT 알고리즘을 고려한 WAP 패킷의 성능 분석

Performance Analysis of WAP Packet Considering Multi-Slot SAR-QT Algorithm in Bluetooth Ad hoc Network

문일영*, 노재성**, 조성준*

Il-Young Moon*, Jae-Sung Roh**, and Sung-Joon Cho*

요 약

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

결과로부터, WAP over Bluetooth 환경에서 WAP 패킷의 전송 시간을 줄이기 위해서 WTP 패킷 크기가 증가해야 한다는 점을 알 수 있었다. 또한, 이러한 무선 채널을 고려한, Rician 페이딩 환경에서 WAP over Bluetooth의 적당한 패킷 크기를 구할 수 있었다.

Abstract

In this paper, it is analyzed that WAP packet transmission time to improve performance of WAP using SAR-QT algorithm in Bluetooth channel. The order for SAR-QT 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-QT algorithm in Bluetooth piconet environment. This SAR-QT algorithm decreases WAP packet transmission time of L2CAP baseband packets by sending packet that are spanning multiple slots.

From the results, in WAP over Bluetooth channels, it is found out that WTP packet size ought to be increased to decrease transmission time of WAP packet. In addition, considering BER in wireless channel, optimal WTP packet size is achieved for WAP over Bluetooth in a Rician fading environment.

본 논문은 과학기술부·한국과학재단 지정 경기도 지역협력연구센터(RRC)인 한국항공대학교 인터넷정보검색연구센터의 지원에 의한 것임.

* 한국항공대학교 전자·정보통신·컴퓨터공학부(The Schools of Electronics, Telecommunication, and Computer Engineering, Hankuk Aviation University)

** 서울대학교 정보통신과(Department of Information & Communication Engineering, Seoul College)

· 논문번호 : 2002-8-8

· 접수일자 : 2002년 7월 23일

I. 서 론

현재 이동통신 시장은 과거의 음성통신 시장에 비추어 볼 때 음성통신 위주에서 데이터통신 위주로 응용 영역이 확대되고 있다. 과거의 통신 방식은 하나의 어플리케이션을 이용하여 음성 통화를 지원하는 기술이며, 이러한 접근은 시장에서 성공을 거두었다.

그러나, 이러한 음성 통화에 국한된 것을 데이터 통신 위주로서의 인터넷과 같은 무선 서비스를 제공하기 위해서 나타나게 된 것이 WAP이다. 이 WAP은 기존의 인터넷 정보를 큰 추가 비용 없이 사용자가 액세스 하기 위해서는 WAP 포럼에서 제안한 방식의 WML (Wireless Markup Language) 기반 문서 형태가 필요하고, 이동 단말기의 저용량 배터리, 잦은 에러율, 잦은 이동 환경 등의 제한적 구조를 고려하여 제안되었다[1],[2].

이러한 WAP에 대해서, ad-hoc 망인 Bluetooth는 다른 무선 네트워크처럼 사용될 수 있다. Bluetooth는 WAP 클라이언트와 WAP 서버 사이에서 데이터를 전송하기 위한 운반자 (Bearer) 로서 사용된다 [3],[4]. 또한 Bluetooth의 ad hoc 특성은 WAP 프로토콜이 유일하게 사용하는 기능들을 제공한다. WAP 통신의 전형적인 형태는 WAP 프로토콜을 이용하여 서버/프락시와 통신하는 클라이언트 장치를 포함한다. 이러한 경우, Bluetooth는 WAP 구조에서 정의된 운반자 서비스의 역할을 한다. 그러나 현재 존재하는 프로토콜에서 WAP 클라이언트가 Bluetooth 환경인 WAP 서버에게 데이터를 전송할 때 1 슬롯 베이스밴드 패킷을 전송한다. 이 방법은 데이터를 정확하게 보낼 수 있지만 전체 패킷 시간이 증가한다는 단점이 있다. 그러나, 멀티 슬롯 패킷 방식을 사용하면 Bluetooth L2CAP 에서의 WAP 패킷의 전송능력을 향상시킬 수 있다.

본 논문은 WAP 전송 능력을 향상시키기 위하여 SAR-QT 알고리즘을 사용하여 이러한 WAP over Bluetooth 환경에서 WAP 패킷의 전송 시간을 분석하였다. 이 알고리즘은 Bluetooth L2CAP에서 WAP 패킷 전송 시간을 줄일 수 있었으며, 이에 따른 효율

적인 WTP에서의 WAP 패킷 크기도 구할 수가 있었다. 또한 시뮬레이션 환경으로는 GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying) 변조 방식에서 채널 모델로 AWGN (Addictive White Gaussian Noise) 과 Rician 페이딩 채널을 각각 적용하여 분석하였다.

II. WAP over Bluetooth의 구조

2-1 WAP over Bluetooth의 무선 망 구조

WAP over Bluetooth의 무선 망 구조는 기존의 WAP에서의 클라이언트-서버 구조와 거의 동일하다. 다른 점은 낮은 대역폭, 낮은 메모리, 낮은 디스플레이 수용 능력 등에 최적화 되었다는 것이다. 이 최적화된 환경에서 사용되는 장치는 Pagers, PDAs, Wireless phone과 임의적인 다른 통신 장치에 해당된다. 그림 1은 WAP over Bluetooth의 네트워크의 구조이다. 이 구조에서의 WAP over Bluetooth의 통신 동작은 클라이언트에 의한 동작과 서버에 의한 동작으로 두 가지로 나누어 설명할 수 있다.

첫번째, 클라이언트에 의한 동작은

① 초기 연결 상태일 경우

WAP 클라이언트가 Bluetooth 장치가 사용 가능한지에 대해 탐색하고 있을 때, Bluetooth 프로토콜의 SDP (Service Discovery Protocol) 를 이용하여 WAP 서버의 존재를 알아낼 수 있다. 그림 1에서 WAP 클라이언트 장치가 WAP 프락시/게이트웨이의 피코넷 (Piconet) 으로 들어갔을 경우, 클라이언트가 WAP 프락시/게이트웨이의 존재를 감지하면, 클라이언트는 자동으로 또는 사용자의 지시로 그 서버에 연결할 수 있다. 이 때 사용되는 SDP 프로토콜

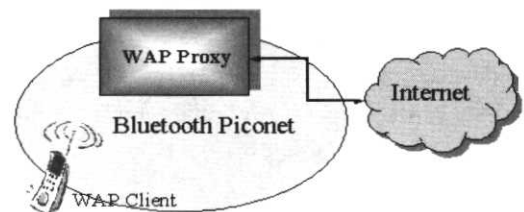


그림 1. WAP over Bluetooth의 네트워크의 구조

은 서버의 정보를 알아내야 되기 때문에 이 프로토콜로 서버의 이름, 서버 홈페이지 문서 이름, 서버/프락시 기능의 정보를 알아내고 지정할 수 있다.

② 연결을 끊을 경우

WAP 클라이언트 장치가 빠져나가서 연결을 끊을 경우에, 클라이언트 장치가 WAP 프락시/게이트웨이와의 통신이 끊겼다는 것을 감지하면, 장치는 옵션으로써 탐색 작업에서 얻은 정보를 이용하여 통신을 다시 시작할지를 결정할 수 있다. 예를 들어, 두 가지의 통신 수단을 지원하는 클라이언트 장치가 서버의 두 가지 통신 수단의 경로로 접속 가능한 주소 정보를 요청한다. 그 정보는 나중에 사용될 것을 대비하여 메모리에 저장되어야 한다. 왜냐하면, 그 장치는 언제 피코넷을 나갈지 모르며, 그 정보를 더 이상 사용할 수 없게 될지도 모른다. Bluetooth로 통신이 불가능하게 되면, 그 장치는 클라이언트-서버 세션을 재사용하여 셀룰라 패킷 통신 데이터를 사용할 수 있을 것이다.

두번째, 서버에 의한 동작은

클라이언트와 서버 사이의 통신을 시작하는 두 가지 방법 중 하나는 서버가 주기적으로 클라이언트 장치가 피코넷에 들어 왔는지에 대해서 확인하는 것이다. 그 서버가 WAP 클라이언트 기능을 갖는 클라이언트를 찾으면, 그 서버는 옵션으로써 그 클라이언트에게 연결하여 데이터를 전송할 수 있다. 클라이언트 장치는 사용자의 지시에 따라 전송된 데이터를 읽을 수도 있고 그렇지 않을 수도 있다.

2-2 WAP over Bluetooth의 프로토콜 스택

WAP over Bluetooth에서는 상위 계층을 기존의 WAP 계층을 그대로 사용하고 단지 하위 계층에서는 Bluetooth ad-hoc 망을 사용한다. 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. 이 하위 계층을 각각 설명하면 다음

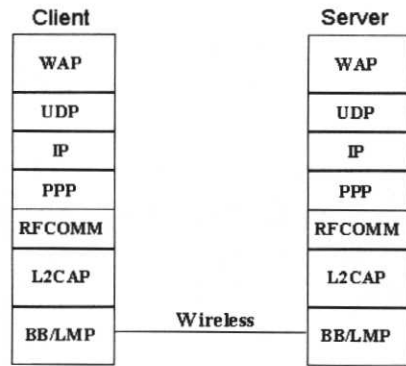


그림 2. WAP over Bluetooth의 프로토콜 스택

과 같다.

그림 2는 WAP over Bluetooth의 클라이언트와 서버간의 프로토콜 스택이다.

2-2-1 RFCOMM

RFCOMM 프로토콜은 L2CAP 프로토콜 위에서 RS-232 시리얼 포트를 에뮬레이트하는 프로토콜을 말한다. RFCOMM은 두 Bluetooth 장치 사이에서 약 60개를 동시에 연결할 수 있는 기능을 가지고 있으며, 이러한 연결의 개수는 특정한 경우에만 가능하다.

2-2-2 L2CAP (Logical Link Control and Adaptation Protocol)

L2CAP 계층은 인터넷 프로토콜의 TCP 계층과 거의 비슷한 역할을 한다. L2CAP Protocol이 기본적으로 수행되어야 하는 것으로는 HCI (Host Controller Interface) 계층 바로 위에 위치하여 상위 프로토콜이나 어플리케이션에게 64 MB까지의 데이터 패킷을 교환할 수 있도록 해주는 것이다.

그림 3은 프로토콜 스택 안의 L2CAP의 구조를 나타낸다.

L2CAP의 기능은 다음과 같다.

- ① 프로토콜 멀티플렉싱 (Protocol Multiplexing)
프로토콜 멀티플렉싱은 HCI를 통하여 데이터가

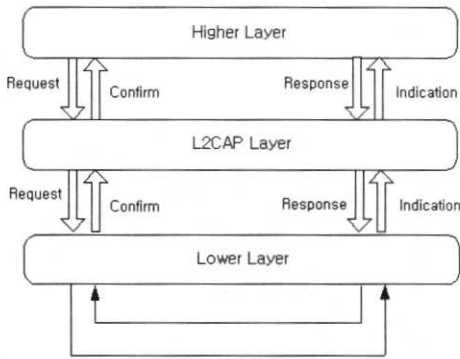


그림 3. L2CAP의 구조

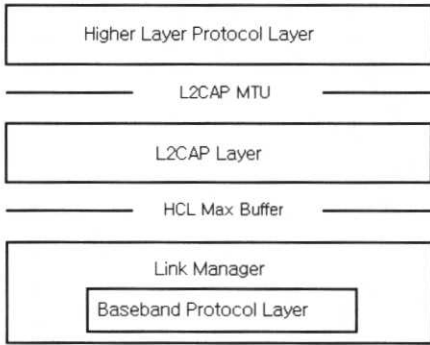


그림 4. L2CAP SAR의 동작

들어올 때 어느 프로토콜 데이터인지를 구분하여 데이터에 적합한 프로토콜로 분배해주는 역할을 한다.

② SAR (Segmentation and Re-assembly)

SAR은 L2CAP 상위 계층에서 전달된 큰 데이터를 HCI에 전달할 때 작게 잘라 전달하고, 반대로 HCI를 통해 들어오는 작은 데이터를 원래의 큰 데이터로 복구하여 상위 계층으로 전달해주는 역할을 한다.

그림 4는 L2CAP SAR의 MTU (Maximum Transmission Unit) 동작을 보여준다.

2-2-3 LMP (Link Manager Protocol)

LMP 메시지의 역할은 링크 설정, 보안 그리고 제어를 하는 것이며, LMP와 L2CAP은 Payload 해

더의 L_CH의 값에 의해서 구별되어진다. LMP 메시지는 수신측의 LMP에 의해서 걸러지고 해석되어지며 상위 계층으로 전달되어지지 않는다.

2-2-4 베이스밴드

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. 그림 5와 같이 그들이 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 전송하는 주파수 호핑 스펙트럼 확산 방식을 이용하고 있기 때문에, 이런

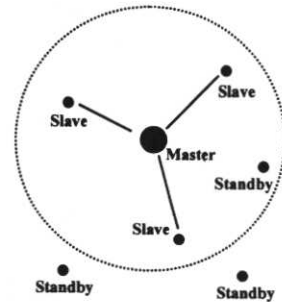


그림 5. Bluetooth 피코넷

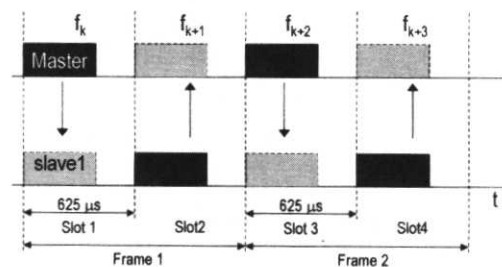


그림 6. Bluetooth 주파수 호핑과 TDD

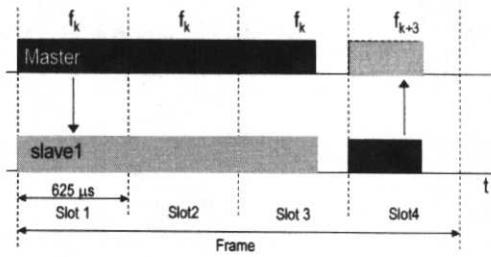


그림 7. Bluetooth 멀티 슬롯

프로토콜 스택들은 조희와 호출의 방법을 이용하여 Bluetooth 기기의 호핑 주파수와 클럭의 동기를 맞는 역할을 한다.

그림 6에서와 같이 기본적으로는 1호핑 슬롯 (625 μ s = 1/1600초) 을 단위로 하여 TDD (Time Division Duplex) 로 송수신을 한다. 그러나, 경우에 따라 그림 7에서와 같이 5호핑 슬롯까지의 멀티 슬롯 프레임으로 확장할 수가 있다. Bluetooth는 하나의 비동기 데이터 채널, 동시에 세 개의 음성 채널까지 지원할 수 있고, 또는 비동기 데이터와 동기 음성을 동시에 지원할 수 있다. 각 음성 채널은 64 Kbps의 동기적인 (음성) 링크를 지원한다. 비동기 채널은 한 방향으로 최대 721 Kbps와 역방향으로 56.7 Kbps를 허용하는 비대칭 링크를 지원할 수 있고, 또는 432.6 Kbps의 대칭 링크를 지원할 수 있다.

III. WAP over Bluetooth의 패킷 전송 모델링

3-1 SAR-QT (Quick Transfer) 알고리즘

SAR 기능은 앞서 설명한 것과 같이 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[5]. 본 논문의 WAP over Bluetooth에서 적용한 SAR-QT 알고리즘의 멀티 슬롯을 이용함으로써 오버헤드도 줄이고, 베이스밴드에서 빠르게 패킷 데이터를 수신단에 전송함에 목적이 있다. 여기서 슬롯 제한은 무선 채널에서의 높은 비트 에러에 의하여 최대 확장 슬롯 크기인 5 슬롯 패킷 이하, 즉 1, 3, 5 슬롯

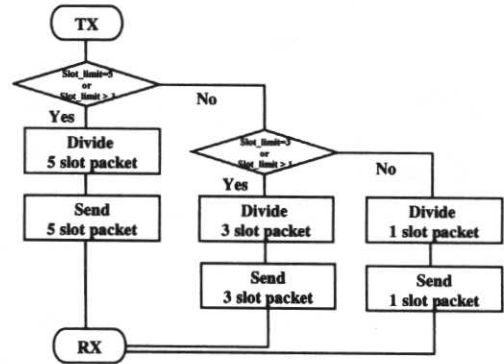


그림 8. SAR-QT 알고리즘의 순서도

으로 제한하였다[6].

SAR-QT의 과정을 설명하면 다음과 같다.

1. slot limit = 5 라면, L2CAP 패킷을 5 슬롯 패킷으로 분할한 후 베이스밴드에서 패킷을 전송한다.
2. 1의 과정에서 분할된 나머지 패킷이 3 슬롯 패킷보다 크다면, 5 슬롯 패킷을 보낸다.
3. slot limit = 3이라면, L2CAP 패킷을 3 슬롯 패킷으로 분할한 후 베이스밴드에서 패킷을 전송한다.
4. 3의 과정에서 분할된 나머지 패킷이 1 슬롯 패킷보다 크다면, 3슬롯 패킷을 보낸다.
5. 위의 과정을 거친 후, 모든 나머지 패킷은 1 슬롯 패킷으로 보낸다.

그림 8은 위의 내용을 순서도로 나타낸 것이다.

3-2 WAP over Bluetooth의 시스템 구조

그림 9는 Bluetooth 베어러 서비스를 이용한 WAP over Bluetooth의 시스템 구조이다. WAP 패킷의 전송 시간 시뮬레이션을 위해서 이 시스템 구조를 기준으로 하였다. 즉, WAP 클라이언트 WAP 상위 계층에서 Bluetooth의 하위 계층까지의 프로토콜 스택을 지나서 WAP 서버까지의 패킷 전송을 보여준다.

이를 설명하기 위해 WAP over Bluetooth를 각 기호들을 정의하고 수식적으로 나타내면 다음과 같다.

- K : WTP에서 분할된 메시지의 전체 패킷 수,

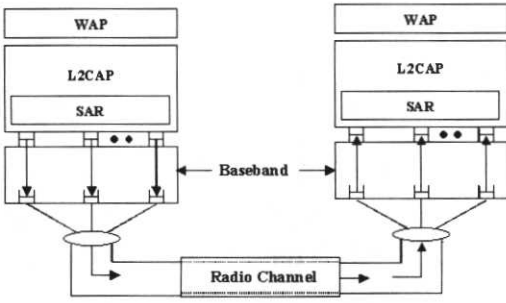


그림 9. WAP over Bluetooth의 시스템 구조

- M_{TOTAL} : WTP의 상위 계층에서 전달되는 전송할 전체 메시지 크기,
- M_{SEG} : WTP 계층 내에서 상위 계층의 데이터를 분할하는 WTP 패킷 단위의 크기,
- L_{WTP} : WTP 계층 내에서 분할된 마지막 패킷 크기,
- M_{WTP} : M_{SEG} 의 크기와 WTP 헤더의 크기를 합한 전송할 WTP 패킷 크기,
- M_{L2CAP} : 상위 계층에서 L2CAP 계층으로 전달되는 데이터의 크기,
- F : RLP 프레임,
- $T_{PKT}(N)$: N 개의 RLP 프레임으로 분할된 WAP 패킷 전송 시간,
- T_{MSG} : WAP 패킷의 전체 메시지 전송시간,
- D_S : L2CAP 계층에서 한 slot 당 전송되는 데이터의 크기,
- N : M_{L2CAP} 를 구성하는 분할된 프레임의 수,
- H_{WTP} : WTP 헤더의 크기,
- H_{UDP} : UDP 헤더의 크기,
- H_{IP} : IP 헤더의 크기,
- H_{PPP} : PPP 헤더의 크기,
- S_{TIME} : WAP 패킷의 전송 슬롯 타임.
- p : 데이터 프레임이 성공적으로 전송될 확률,
- q, r : D_S 에 의해 계산된 프레임 수.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned} T_{MSG} &= (K - 1)T_{PKT}(q) + T_{PKT}(r) \\ &= (K - 1) \frac{S_{TIME} \times q}{p} + \frac{S_{TIME} \times r}{p}, \end{aligned} \quad (10)$$

$$q = \left\lceil \frac{M_{WTP} + 36}{D_S} \right\rceil, r = \left\lceil \frac{L_{WTP} + 36}{D_S} \right\rceil. \quad (11)$$

식 (11)에서의 36은 UDP, IP, PPP 헤더의 크기를 모두 계산한 값이다. WAP over Bluetooth에서 WAP 패킷의 전송 시간을 구하는 것에 있어, 시뮬레이션 환경으로는 Bluetooth 베어러 서비스에서 L2CAP의 SAR-QT 알고리즘을 적용한 것과 변조 방식이 GFSK 에서 TDD 방식이라는 것을 적용하여 전송 시간을 구하였다. Bluetooth 베이스밴드에서 전송되는 GFSK 신호는 다음과 같이 쓸 수 있다 [7],[8].

$$p(t) = \text{Re} \left\{ \sqrt{\frac{2E}{T}} \exp \left(j2\pi \left\{ f_c t + h \int_{-\infty}^t g(t) dt \right\} \right) \right\} \quad (12)$$

E 는 심볼 당 에너지, T 는 심볼 주기, f_c 는 반송파 주파수, h 는 변조도 그리고 $g(t)$ 는 GLPF (Gaussian Low Pass Filter)의 전달함수이다.

여기서, $g(t)$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$g(t) = \sum_{K=-\infty}^{\infty} a_k v(t - kT) \quad (13)$$

$a_k = 1, -1$ 이고,

$$v(t) = \frac{1}{2} \{ \text{erf}(-\lambda B_b T) + \text{erf}(\lambda B_b (t + T)) \} \quad (14)$$

위의 식 (14)에서는 각각 $\lambda = \sqrt{2/\ln 2\pi}$, $B_b T = 0.5$, $B_b = 3\text{dB}$ 그리고 $\text{erf}(t) = \int_0^t \frac{2}{\sqrt{\pi}} e^{-t^2} dt$ 이다.

만약 이것이 상관 관계에 있지 않고, 랜덤 변수라고 가정한다면, $g_I(t_1)$ 와 $g_Q(t_1)$ 는 같은 변수 b_o 를 갖는다. 그리고, t_1 에서 수신된 포락선의 크기는 Rician 분포와 확률 밀도 함수를 갖는다. 이것을 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$f(r) = \frac{r}{b_o} \exp\left[-\frac{r^2 + A^2}{2b_o}\right] I_0\left(\frac{Ar}{b_o}\right) \text{ for } A \geq 0, r \geq 0 \quad (15)$$

$$K_R = \frac{A^2}{2b_o} \quad (16)$$

K_R 은 스펙클라 전력 A^2 과 산란 전력 $2b_o$ 로의 비로 나타낸 Rician 인수이다. $K_R = 0$ 일 때, 채널은 Rayleigh 페이딩이며, $K_R = \infty$ 일 때, 채널은 어떠한 페이딩도 가지지 않는다.

WAP 패킷의 전송 시간을 얻기 위해서, WAP over Bluetooth의 GFSK 변조 방식에서 채널 모델은 AWGN과 Rician 페이딩 채널을 각각 적용하여 시뮬레이션을 하였다. 그림 10은 시뮬레이션을 위한 WAP over Bluetooth의 시스템 모델이다.

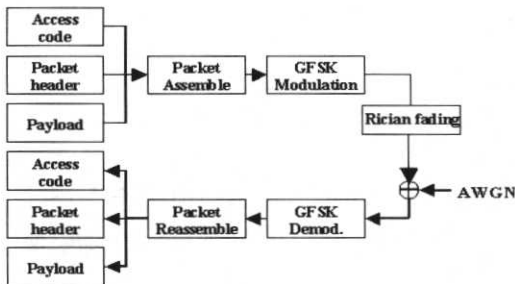


그림 10. WAP over Bluetooth의 시스템 모델

IV. WAP over Bluetooth에서 패킷의 전송시간 시뮬레이션

무선 환경에서의 클라이언트에서 서버로의 E_b/N_o 를 변화시켜 가며, WAP over Bluetooth의 성능을 분석하고, 전체 메시지 전송 시간을 분석할 수 있다. 시뮬레이션에 사용된 패킷은 DM이며, 이 패킷은 DM1, DM3, DM5 타임 슬롯을 모두 포함하고 있으며, 패킷 내의 Payload 안에 2/3 FEC (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.

S_{TIME} 은 하나의 패킷을 보내면 그에 대한 확인 응답을 기다리는 TDD 방식을 사용함으로써, WAP 상위 계층에서 하위 계층 Bluetooth까지 패킷을 전송할 때 수신지에 전체 메시지 도달한 후, 확인 응답하는 시간까지 모두 계산하여 분석하였다. S_{TIME} 은 DM1, DM3, DM5 경우에 각각 $625 \mu\text{s}$, $1875 \mu\text{s}$, $3125 \mu\text{s}$ 호핑 슬롯을 사용하였다.

WAP over Bluetooth 패킷의 전송시간을 구하기 위해서 전체 메시지 전송 시간을 AWGN 환경에서는 $M_{TOTAL} = 5000$ 바이트, $E_b/N_o = 2 \text{dB}$, 5dB , Rician 페이딩 환경에서는 $M_{TOTAL} = 5000$ 바이트, $E_b/N_o = 5 \text{dB}$, 10dB , $K_R = 9 \text{dB}$ 의 GFSK의 피코넷에서 분석하였다. 그림 11은 Bluetooth 피코넷

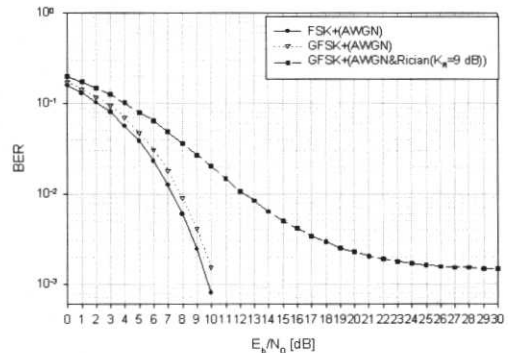
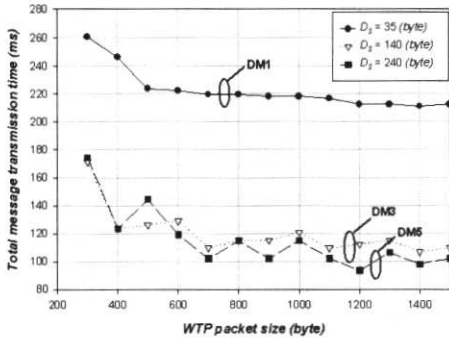
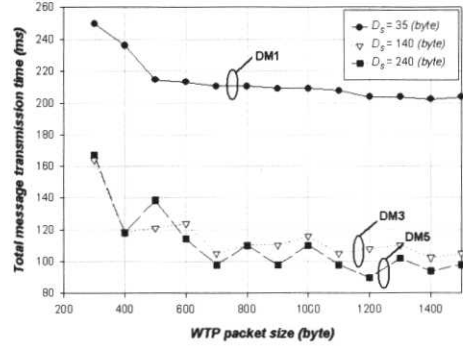


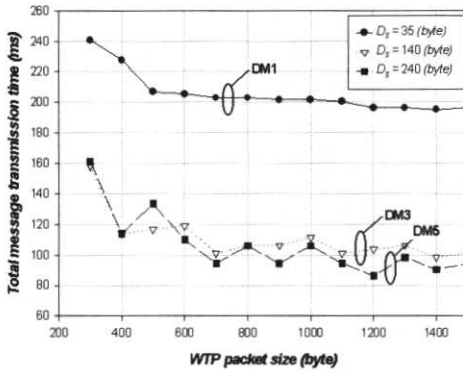
그림 11. Bluetooth 피코넷의 비트 오류 성능



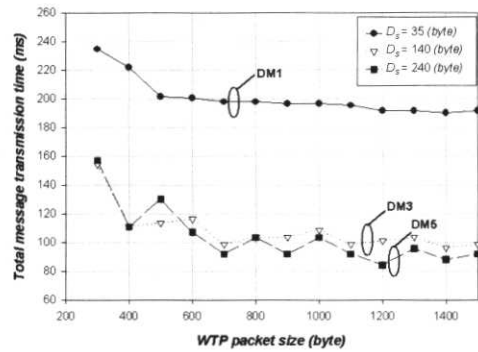
(a) $E_b/N_o = 2$ dB, AWGN



(a) $E_b/N_o = 5$ dB, $K_R = 9$ dB Rician



(b) $E_b/N_o = 5$ dB, AWGN



(b) $E_b/N_o = 10$ dB, $K_R = 9$ dB Rician

그림 12. WAP over Bluetooth 시스템의 전체 메시지 전송 시간

그림 13. WAP over Bluetooth 시스템의 전체 메시지 전송 시간

에서 GFSK 변조신호의 비트 오류 성능이다. 그림에서도 알 수 있듯이 Rician 페이딩 환경이 AWGN 환경보다 성능이 떨어지는 것을 알 수 있다. 또한 GFSK는 FSK보다 필터링에 의해 비트 오류 성능이 열화되었다. 그림 12 (a), 12 (b)는 AWGN 환경에서의 $E_b/N_o = 2$ dB, 5 dB일 때의 그래프이며, E_b/N_o 가 2 dB에서 5 dB가 증가할 때, 전체 메시지 전송 시간이 줄어들음을 알 수가 있다. 또한, DM1 (35 바이트) 슬롯 패킷에서 DM3 (140 바이트), DM5 (240 바이트) 슬롯 패킷으로 증가함에 따라 기존의 1 슬롯 패킷을 사용하는 것보다 전송 시간이 감소함을 알 수가 있다.

그림 13 (a), 13 (b)는 Rician 페이딩 환경에서 $E_b/N_o = 5$ dB와 10 dB, 그리고 페이딩 파라미터

$K_R = 9$ dB 일 때의 그래프이다. 그림에서 알 수 있듯이 전체 메시지 전송시간에서만 차이가 있을 뿐 AWGN 환경에서와 거의 같은 경향임을 알 수 있다.

결과적으로, WAP over Bluetooth의 SAR-QT 알고리즘을 사용함으로써, 패킷의 전송 시간이 감소함을 알 수 있다. 그리고, 그림 12와 그림 13에서 볼 수 있듯이 무선 환경에서의 비트 오류를 고려하여, 최적의 WTP 패킷 크기는 AWGN 환경과 Rician 페이딩 환경에서 약 600 바이트이고, 적당한 WAP 패킷의 전송 시간은 데이터 크기에 따라서 시간이 결정되는데 AWGN 환경에서는 220 ms (DM1), 120 ms~130 ms (DM3, DM5), Rician 페이딩 환경에서는 200 ms (DM1), 110 ms~120 ms (DM3, DM5)임을 알 수 있다.

V. 결 론

본 연구는 WAP의 전송 능력을 향상시키기 위한 방법으로 상위 계층에서 내려온 전체 메시지를 SAR-QT 알고리즘을 사용하여 WAP over Bluetooth 환경에서의 WAP 패킷의 전송 시간을 분석하였다. SAR-QT 알고리즘을 적용한 WAP over Bluetooth는 DM1, DM3, DM5 패킷을 대상으로 AWGN과 Rician 페이딩 환경에서 분석하였다.

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. 그 결과, 최적의 WTP 패킷 크기는 AWGN 환경과 Rician 페이딩 환경에서 약 600 바이트이고, 적당한 WAP 패킷의 전송 시간은 AWGN 환경에서는 220 ms (DM1), 120 ms~130 ms (DM3, DM5), 그리고 Rician 페이딩 환경에서는 200 ms (DM1), 110 ms~120 ms (DM3, DM5) 임을 알 수 있다. 또한, WAP over Bluetooth의 SAR-QT 알고리즘을 사용함으로써, 패킷의 전송 시간이 감소함을 알 수 있다.

본 연구는 사용자 메시지의 송수신 품질을 위해서 즉, WAP over Bluetooth의 패킷 전송 능력의 성능 향상에 영향을 미칠 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] WAP forum, Wireless Application Protocol: Wireless Transaction Protocol Specification, Version 10-July-2001.
- [2] WAP forum, Wireless Application Protocol: WAP Architecture Specification, Version 12-July-2001.
- [3] <http://www.bluetooth.com>
- [4] S. Hartwig, T. Rautenberg, M. Simmer, D. Temovic, and A. van Bebber, "WAP over Bluetooth: Technology and applications", *ICCE-2001*, pp. 12-13, 2001.
- [5] H. S. Park and K. W. Heo, "Performance evaluation of WAP-WTP", *The Journal of the Korean Institute of communication sciences*, vol. 26, no. 1A, pp. 67-76, Jan. 2001.
- [6] A. Das, A. Ghose, V. Gupta, A. Razdan, H. Saran, and R. Shorey, "Adaptive link-level error recovery mechanisms in bluetooth," *PWC-2000*, pp. 85-89, 2000.
- [7] J. G. Proakis, *Digital Communications*, New York : McGraw-Hill, 4th ed., 2001.
- [8] B. Sklar, *Digital Communications* : Prentice-Hall, 2001.

문 일 영(文日永)



2000년 2월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과 (공학사)
2002년 2월 : 한국항공대학교 대학원 항공통신정보공학과 (공학석사)
2002년 3월~현재 : 한국항공대학교 대학원 정보통신공학과 박사과정 재학중

사과정 재학중
관심분야 : WAP, Mobile IP, Home Networking, IMT-2000

조 성 준(趙成俊)



1969년 2월 : 한국항공대학 항공통신공학과 (공학사)
1975년 2월 : 한양대학교 대학원 (공학석사)
1981년 3월 : 오사카대학 대학원 통신공학과 (공학박사)
1972년 8월~현재 : 한국항공대학교 전자·정보통신·컴퓨터 공

학부 교수
관심분야 : 무선통신, 이동통신, 환경전자공학

노 재 성(盧在成)



1990년 2월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과 (공학사)
1992년 2월 : 한국항공대학교 대학원 항공통신정보공학과 (공학석사)
2000년 8월 : 한국항공대학교 대학원 항공통신정보공학과 (공학박사)

1992년 3월~1997년 5월 : 한화정보 통신(주) 무선가입자망 연구소
2000년 9월~현재 : 서일대학 정보통신시스템전공 전임강사
관심분야 : 이동통신망 성능분석, 모바일 인터넷, 멀티미디어 통신 및 정보보호