DBpia

논문 13-38B-08-08

한국통신학회논문지 '13-08 Vol.38B No.08
http://dx.doi.org/10.7840/kics.2013.38B.8.663

에너지 효율적인 Wi-Fi Direct를 위한 동적 전력 관리 기법

서 윤◆, 고 영 배°

Dynamic Power Management For Energy Efficient Wi-Fi Direct

Youn Seo◆, Young-Bae Ko°

요 약

최근 모바일 디바이스에서 D2D (Device-to-Device) 통신을 가능하게 하는 기술로 WLAN을 이용한 Wi-Fi Direct가 떠오르고 있다. 하지만 제한적인 전력을 사용하는 모바일 디바이스 특성상 전력을 많이 소비하는 WLAN은 에너지 비효율성 문제를 야기할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 Wi-Fi Direct 표준에서는 전력 관리 기법으로 Opportunistic 기법과 Notice of Absence(NoA) 기법을 정의하고 있다. 하지만 표준에서는 각 전력 관리 기법이 어떠한 환경에서 보다 효율적인지에 관한 구체적인 기준을 명시하지 않고 있다. 본 논문에서는 데이터 트래픽 패턴에 따라 두 전력 관리 기법의 성능이나 에너지 효율성이 매우 다른 양상을 보이고 있음을 ns-3 시뮬레이션에 기반한 다양한 실험을 통해 확인하고, 실제 데이터 트래픽 패턴 변화에 따라 전력 관리 기법을 동적으로 변경 하는 기법을 제안한다.

Key words : Wi-Fi Direct, Wi-Fi D2D, Wi-Fi P2P, Power Saving, Power Management

ABSTRACT

Recently, the Wi-Fi Direct standard based on WLAN is getting more attention as a new technology for enabling D2D(Devide-to-Device) communications on mobile devices. However, due to limited power resource of mobile devices and , an energy inefficiency problem can be an issue. In order to solve this problem, the Wi-Fi Direct defines two power management schemes: Opportunistic scheme and Notice of Absence(NoA) scheme. However, there is no concrete description of which power management scheme would be better for when. In this paper, via comprehensive simulation studies using ns-3, we show that each scheme presents obviously different performance and energy efficiency according to data traffic patterns. We then propose more energy efficient way of dynamically switching the two power management schemes.

Ⅰ. 서 론

최근에 인터넷 및 기기 간 통신이 가능한 스마트폰 등의 모바일 기기의 사용이 급증하면서 대용량 멀티미디어 데이터 사용이 덩달아 급증하고 있다. 이러한 데이터 사용의 급증은 3G, LTE와 같은 광대역 망의 사용량을 급증 시키고 있다. [1]의 모바일 데이터 사용량 증가 추세에 따르면 사용량이 급증하여 2017년에는 2013년 대비 약 5배가량 증가함을 알 수 있다. 이러한 증가 추세를 보면 향 후 3G, LTE와 같은 광대역 망의 사용량이 포화될 것으로 전망된다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 광대역 망에 연결하지 않고 직접 통신

※ 본 연구는 2013년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(2012R1A1B3003573)
◆ 주저자 : 아주대학교 컴퓨터공학과 유비쿼터스 네트워크 시스템 연구실, youn@unsr.ajou.ac.kr, 학생회원
° 교신저자 : 아주대학교 컴퓨터공학과 유비쿼터스 네트워크 시스템 연구실, youngko@ajou.ac.kr, 정회원
논문번호 : KICS2013-05-211, 접수일자 : 2013년 5월 10일, 최종논문접수일자 : 2013년 7월 5일

www.dbpia.co.kr

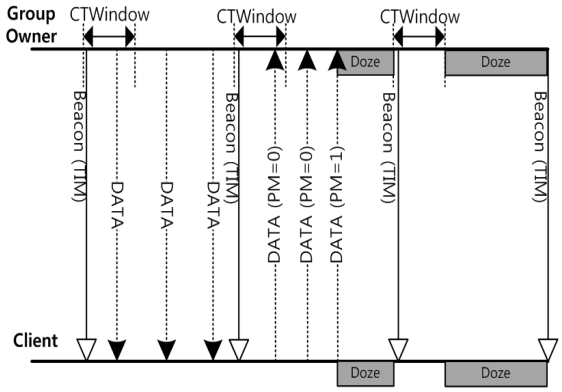


그림 1. Opportunistic 기법 예제
Fig. 1. Example of Opportunistic Scheme

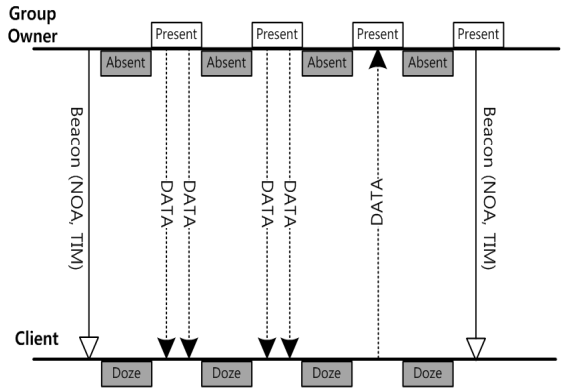


그림 2. Notice of Absence 기법 예제
Fig. 2. Example of NoA

이 가능한 통신기술인 Device-to-Device(D2D)가 최근 들어 떠오르고 있다. D2D 기술은 광대역 망을 사용하지 않고 파일 전송이나 멀티미디어 streaming 서비스 등을 지원할 수 있어 광대역 망의 부담을 줄일 수 있다는 면에서 중요성을 찾을 수 있다.

D2D 기술 중 모바일 기기에서 활용 가능한 장치로는 Bluetooth, Near Field Communication(NFC), WLAN이 있다. 그 중 WLAN을 이용한 D2D 기술이 보다 빠르고 안정성 있는 서비스를 제공해 줄 수 있다고 전망된다. WLAN 기반의 D2D는 IEEE 802.11표준에 기반한 통신 인터페이스를 가진 기기들이 Access Point(AP)나 광대역 망의 연결 없이 기기간에 직접 연결하여 파일 전송이나 멀티미디어 streaming 서비스 등 다양한 서비스를 이용하는 기술이다. WLAN을 통한 D2D 기술은 최대 1Gbps까지의 초고속 통신을 지원할 수 있기 때문에 각광 받고 있는 기술이다.

이러한 WLAN에 기반한 D2D 기술을 구축하기 위해서 Wi-Fi Direct[2], ad-hoc 네트워크, 802.11z등 여러 기술들을 사용 할 수 있다. 하지만 이 중 802.11z는 D2D 기술을 구축하기 위해서 AP가 반드시 필요하며, ad-hoc 네트워크는 스마트폰 및 태블릿에서 지원하지 않아 적합하지 않다. 그러나 Wi-Fi Direct는 안드로이드 4.0버전(Ice Cream Sandwitch : ICS)부터 기본기능으로 제공하고 있으며 노트북등 기존 모바일 기기에서도 점점 지원하는 추세이다. 따라서 모바일 기기에서 D2D 기술을 구축하기 가장 적합한 기술로 Wi-Fi Direct가 주목받고 있다.

하지만 제한된 전력을 사용해야 하는 모바일 기기 특성상 WLAN은 모바일 기기에서 에너지 소비를 증가시키는 요소가 될 수 있다. [3]에 따르면 WLAN을 통한 에너지 소모가 데이터를 전송 할 때 이외에 대기 상태에서도 에너지 소모를 지속적으로 발생 시킨다는 것을 알 수 있다. 기존의 WLAN에서도 [4]와 같이 전력 소모를 줄이기 위한 연구가 진행되어 왔다. 하지만 기존의 연구에서는 AP가 아닌 Client의 에너지 소모를 줄이기 위한 연구이므로 GO가 에너지를 많이 소모하는 Wi-Fi Direct에는 적합하지 않다. 따라서 Wi-Fi Direct는 이러한 에너지 낭비를 막기 위해서 Opportunistic과 Notice-of-Absence(NoA) 두 가지 전력 관리 기법을 정의한다.

두 가지 전력 관리 기법은 네트워크 환경이나 트래픽 패턴에 따라서 또는 파라메터 선정에 따라서 각기 다른 성능을 보여준다. 하지만 Wi-Fi Direct 표준에서는 두 가지 전력 관리 기법의 동작 원리만을 정의하고 있고 각각의 장단점이나 파라메터의 선정 방법에 대해서는 언급하지 않고 있다. 따라서 본 논문에서는 트래픽 패턴과 파라메터 값의 변화에 따라서 Wi-Fi Direct의 전력 소모량 및 성능의 변화를 분석하여 전력 관리 기법 사용에 대한 가이드라인을 제공하고, 더 나아가 분석한 결과를 토대로 동적으로 전력관리 기법을 전환하는 방법을 제안하고자 한다.

Ⅱ. Background

2.1. Wi-Fi Direct에서의 기기 탐색 과정

Wi-Fi Direct 표준은 Wi-Fi Allience(WFA)에서 정의한 Wi-Fi를 이용한 Peer-to-Peer(P2P) 기술로 D2D 기술을 구축하기 위해 활용할 수 있다. Wi-Fi Direct의 기본 기능은 기기 탐색과 연결을 통해 기기 간 통신을 시작하는 것이다. 기기 탐색 과정은 서로 다른 채널에 있는 기기들이 연결을 위해 서로를 찾는 과정이다. 기기 탐색 과정은 scan, listen, search 3가지 페이즈로 진행 된다. scan 페이즈에서는 먼저 모든 채널에서 기기를 탐색한다.

www.dbpia.co.kr

scan 페이즈가 끝난 후 listen 페이즈와 search 페이즈를 번갈아 실행하여 기기를 탐색한다. listen 페이즈에서는 1, 6, 11번인 소셜 채널 중 한 개에서 랜덤한 시간을 선정하여 다른 기기로부터 probe request 메시지가 전송 되기를 기다린다. listen 페이즈가 끝나면 기기는 search 페이즈로 상태를 변경한다. search 페이즈에서는 소셜 채널을 돌면서 probe request 메시지를 전송하고 probe response 메시지를 기다린다.

search 페이즈에서 1, 6, 11번 채널 모두를 탐색한 후에 다시 listen 페이즈를 반복한다. 기기 탐색 과정 중에 probe 메시지를 교환하게 되면 두 기기는 서로를 인식하게 되고, 사용자가 연결을 선택하면 연결을 시도하며 Group Owner(GO)를 선정한다. GO는 가상의 AP와 같은 동작을 하고 Group 안에서 단 한 개의 기기만이 선정된다.

2.2. Wi-Fi Direct에서의 전력 관리 기법

기기 탐색과 연결 과정이 끝난 후에 데이터 전송이 이루어지고, 이 때 Wi-Fi direct의 전력 관리 기법이 적용 된다. Wi-Fi direct의 전력 관리 기법은 Opportunistic기법과 NoA기법 두 종류가 있다. Opportunistic 기법은 Client에 데이터 전송 여부에 따라 GO의 Sleep상태를 결정하는 기법으로 비컨 주기에 일정 기간의 Client Traffic Window(CTWindow)를 두어 이 기간 동안 데이터의 전송이 있는지 기다린다. 그림 1은 Opportunistic 기법의 동작 예제이다. CTWindow 기간중에 GO가 전송할 데이터가 있다면 비컨 메시지에 Traffic Indication Message(TIM)을 담아서 전송하고 데이터를 받을 Client는 CTWindow가 끝난 이후에도 상태를 Sleep 모드로 변경하지 않고 깨어있게 된다. 반대로 Client가 GO로 전송할 데이터가 있다면 Client는 CTWindow 기간에 데이터를 전송하면서 PM = 0 값을 전달한다. 만약 데이터 전송이 CTWindow 기간에 끝나게 되면 마지막 데이터를 보낼 때 PM = 1값을 전달하여 GO에게 전송이 끝났음을 알리고 GO는 CTWindow가 종료 후에 상태를 Sleep 모드로 변경한다. GO가 CTWindow 기간중에 PM = 1 값이 전송받지 못하면 CTWindow 기간 이후에도 상태를 Sleep 모드로 변경하지 않고 데이터를 계속 수신 받다가 PM = 1값을 전송 받은 후부터 다음 비컨 주기까지 상태를 Sleep 모드로 변경한다. CTWindow의 길이는 GO가 선정하여 비컨 메시지에 담아 비컨 주기마다 Client들에게 알린다.

NoA 기법은 Opportunistic 기법과는 반대로 GO의 Sleep상태에 따라서 Client가 전송 시기를 결정하는 기법이다. 그림 2는 NoA 기법의 동작 예제이다. 먼저 GO가 Sleep기간과 주기를 비컨 메시지에 담아서 Client에게 전송한다. GO는 자신이 정한 Sleep 기간(Absent)에는 반드시 Sleep 모드로 상태를 변경하고, 비컨 메시지를 받은 Client들은 GO의 Absent를 피해서 전송을 시도하는 기법이다.

이와 같이 Wi-Fi Direct 표준에서는 두 가지 전력 관리 기법인 Opportunistic 기법과 NoA기법을 정의 하고 있다. 하지만 CTWindow의 길이나 Absent 구간의 길이 등 파라메터를 선정에 대한 기준이 없으며, 어떤 때 어느 기법을 적용해야 하는지에 대한 정의가 없다. 따라서 본 논문에서는 실험적인 분석을 통해 전력 관리 기법 사용에 대한 가이드라인을 제공하고, 나아가 분석을 토대로 유동적으로 전력 관리 기법을 전환하여 에너지 효율성을 높일 수 있는 방법을 제안한다.

Ⅲ. Wi-Fi Direct 전력 관리 기법의 효율성 분석

3.1. 트래픽 패턴에 따른 전력 관리 기법의 효율성 분석

WLAN 망에 전송되는 데이터의 트래픽 패턴은 패턴에 따라 두 가지로 정의해 볼 수 있다. 첫 번째는 주기적으로 데이터를 끊임없이 발생시키는 Periodic 패턴을 정의할 수 있다. 스마트폰에서 가장 많이 사용하는 서비스인 비디오 streaming 서비스나 음악 streaming 서비스의 트래픽 패턴이 Periodic 패턴을 나타낸다. 이와는 다르게 특정 기간 동안 데이터를 많이 발생시키는 트래픽 패턴으로 Burst 패턴을 정의 할 수 있다. 파일 전송 프로토콜인 File Transfer Wi-Fi Driect에 정의된 전력 관리 기법들은 이런 트래픽 패턴에 따라서 성능이 어떻게 달라지는지 언급하지 않고 있다.

NS-3 시뮬레이터를 이용해 실험해 본 결과 Wi-Fi Direct의 두 가지 전력 관리 기법은 실제로 트래픽 패턴에 따라서 서로 전혀 다른 성능을 나타냈다. 표 1과 표 2는 시뮬레이터 환경 설정을 정의한다. 실험 환경은 두 개의 스마트폰이 Peer-to-Peer(P2P)로 연결하여 데이터를 전송하는 상황을 가정했다. HD Streaming 트래픽은 VLC[5] streaming 프로그램을 통해 직접 HD 영상을 streaming한 트래픽을 Wireshark[6]로 캡처하였고, File Tranfer Protocol(FTP) 트래픽도 마찬가지로 FTP 프로그램으로 파일을 전송할 때의 트래픽을 캡쳐하여 사용하였다. Periodic 패턴 실험은 두 기기가 연결 후 시뮬레이션 종료까지 지속적으로 데이터를 전송하였고, Burst 패턴은 시뮬레이션 시간 중 랜덤한 시

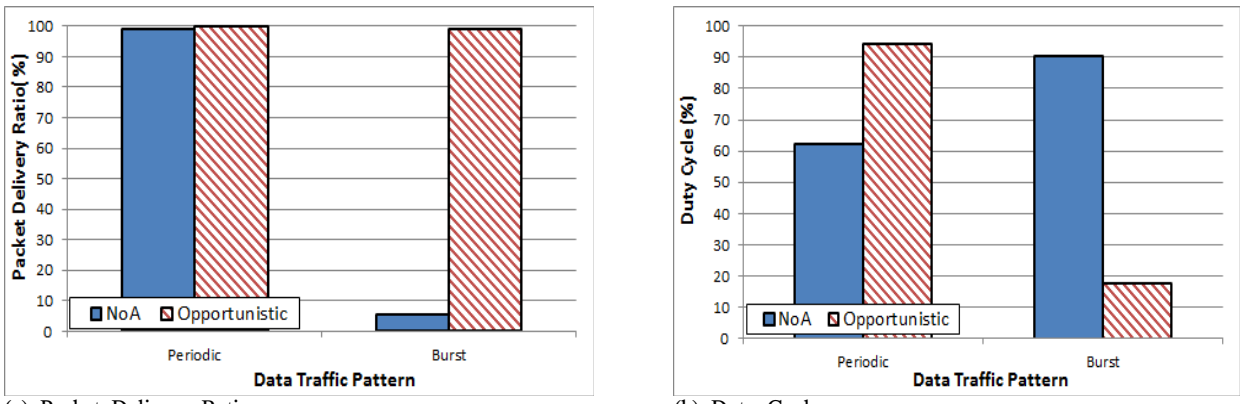
www.dbpia.co.kr

표 1. 시뮬레이션 구성
Table 1. Simulator Configuration

PHY	IEEE 802.11g
Data Rate	54Mbps
Node #	2
Beacon Interval	100ms
Simulation Time	300s
NoA # per Beacon Period	10

표 2 . 트래픽 패턴에 따른 전력 관리 기법의 파라메터
Table 2 . Parameter of Power Management Scheme by Traffic Pattern

		Parameter		Application
		Absent : Present	CTWindow	
Periodic Pattern	NoA	4 : 6	·	HD Streaming (UDP) Avg Rate : 8Mbps
	Opportunistic	·	10ms	
Burst Pattern	NoA	1 : 9	·	FTP (TCP) File Size : 35MB
	Opportunistic	·	10ms	



(a) Packet Delivery Ratio (b) Duty Cycle

그림 3. 트래픽 패턴에 따른 Wi-Fi Direct의 전력 관리 기법 분석
Fig. 3. Analysis of Wi-Fi Direct Power Management Scheme by Traffic Pattern

간에 짧은 시간동안 대량의 트래픽을 발생시켰다. NoA의 경우 비컨 주기마다 10번의 Absent 구간과 Present 구간이 발생하고 Periodic 패턴의 데이터 실험에서는 8Mbps가 지원 가능하게 absent 구간을 4ms, present 구간을 6ms로 설정 하였고, Burst 패턴의 데이터 실험에서는 트래픽이 굉장히 많이 발생하므로 성능이 가장 좋을 것으로 예상되는 absent 구간을 1ms, present 구간을 9ms로 설정 하였다.

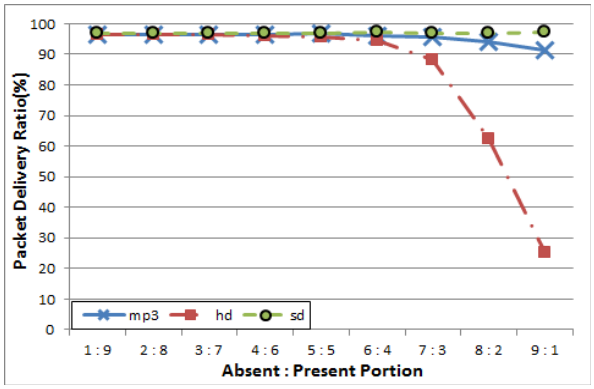
실험 결과 성능은 그림 3 (a)와 같이 Periodic 패턴일 경우 Packet Delivery Ratio(PDR)의 차이가 거의 없는 반면 Burst한 패턴에서는 NoA의 PDR이 급격히 떨어지는 현상을 보였다.

Burst 패턴일 경우 PDR이 급감하는 이유를 분석해 본 결과 Transmission Control Protocol(TCP) 레이어에서 Ack이 드롭 될 경우 재전송을 하게 되는데 이때 재전송을 할 때까지의 시간동안 TCP 버퍼에서 오버플로우 현상이 발생하여 PDR이 급감한다. 에너지 효율성 측면을 살펴보면 두 가지 트래픽 패턴에서 두 가지 전력 관리 기법은 뚜렷한 차이를 가진다. 그림 3 (b)는 GO가 깨어 있는 시간이다.

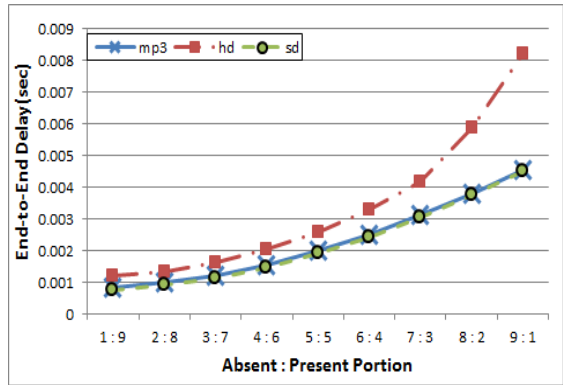
데이터가 Periodic 패턴일 경우 NoA기법과 Opportunistc기법의 성능이 거의 동일하지만 GO의 깨어 있는 시간이 Opportunistic 기법이 훨씬 더 큼을 알 수 있다. 반대로 말하면 GO의 Sleep 시간이 NoA일 때 더 길기 때문에 에너지 효율성 측면에서 NoA가 더 좋다는 것을 알 수 있다.

데이터가 Burst 패턴일 경우는 결과가 반대로 NoA가 Opportunistic 보다 비효율적이다. Periodic 패턴일 경우 Opportunistic 기법의 경우 거의 항상 CTWindow 기간에 데이터 전송이 발생하며 데이터가 끊임없이 발생하므로 거의 항상 깨어 있어야한다. 하지만 Burst 패턴일 경우 데이터 전송이 없는데도 불구하고 NoA는

www.dbpia.co.kr



(a) Packet Delivery Ratio



(b) End-to-End Delay

그림 4. NoA 기법의 성능 분석
Fig. 4. Performance of NoA Scheme

일정 비율은 깨어 있어야하기 때문에 Opportunistic보다 에너지 효율이 좋지 않다. 따라서 트래픽 패턴이 Periodic 패턴일 경우는 NoA를, Burst 패턴일 경우 Opportunistic 기법을 적용하는 것이 효율적이다.

3.2. 파라메터에 따른 전력 관리 기법의 성능 분석

Wi-Fi Direct의 전력 관리 기법의 성능에 영향을 주는 것은 트래픽 패턴 이외에 각 전력 관리 기법의 파라메터가 있다. Opportunistic 기법은 CTWindow의 크기에 따라서 데이터를 전송을 위해 반드시 깨어 있어야 하는 구간이 달라지므로 에너지 효율성 측면이나 성능에 직접적인 영향을 줄 수 있다. 마찬가지로 NoA도 Absent 구간과 Present 구간의 비율에 따라서 성능에 영향을 받는다. 하지만 Wi-Fi Direct 표준에서는 파라메터들을 선정하는 방법이나 선정 기준에 대해서는 정의하지 않고 있다. 따라서 본 장에서 실험을 통해 파라메터 변화에 따라 각 전력 관리 기법의 성능 변화를 분석한다.

3.2.1. NoA 기법의 성능 분석

NoA 기법의 성능 분석은 NS-3 시뮬레이터를 이용해 진행했다. 시뮬레이터 환경은 표 1과 같은 환경으로 진행 하였고 HD streaming, SD streaming, MP3 streaming 트래픽을 사용하여 실험하였다. 각 streaming 트래픽은 VLC를 통해 직접 streaming한 트래픽을 Wireshark로 캡처하여 사용하였다. 파라메터는 absent와 present 구간의 비율을 1:9부터 9:1까지 변경하여 실험하였다. 즉 비율이 1:9라면 absent 구간의 길이가 1ms, present 구간이 9ms이며 각 비컨 주기마다 10번씩의 absent와 present 구간이 번갈아 가면서 발생한다. 각각의 streaming 트래픽의 데이터 량은 표 3과 같다. 데이터 전송은 User Datagram Protocol(UDP)을 사용해 전송 하였다.

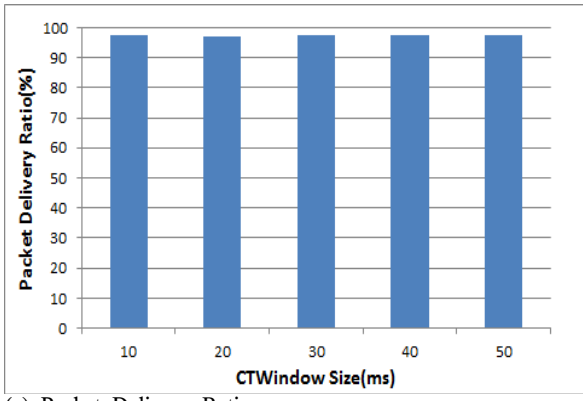
실험 결과는 그림 4와 같이 streaming 종류에 따라 다른 결과가 나타났다. MP3와 SD의 성능이 비슷하고 HD의 성능이 다른 이유는 HD streaming의 데이터량이 MP3와 SD streaming 데이터량보다 많기 때문이다. 그림 4 (a)에서 6:4를 기점으로 HD streaming의 PDR이 급격히 떨어지는 이유는 54Mbps 링크에서 오버헤드에 의해 통상 지원 가능한 정도는 20Mbps정도인데 absent와 present의 비율이 6:4인 경우 깨어있는 시간이 40%이기 때문에 20Mbps의 40%인 8Mbps가 지원 가능하기 때문이다. 따라서 비율이 7:3인 구간부터는 8Mbps를 지원 할 수 없기 때문에 PDR이 급격이 감소한다. 결과적으로 HD streaming의 경우 absent와 present 비율이 최소 6:4 이상이어야 정상적으로 지원이 가능하고, MP3와 SD streaming의 경우 9:1까지도 원할한 지원이 가능하다.

3.2.2. Opportunistic 기법의 성능 분석

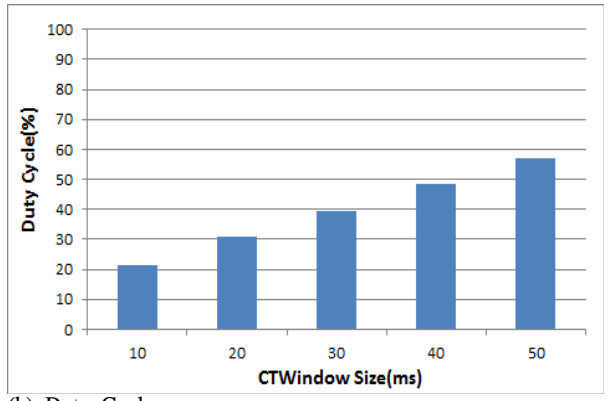
Opportunisticc 기법의 성능 분석 역시 표 4의 환경에 맞춰서 실험을 진행했고 FTP를 이용한 파일 전송 트래픽을 사용했다. FTP를 이용한 파일 전속 트래픽도 실제 35MB의 파일을 FTP 프로그램을 이용해 전송하고 이 때 생성된 트래픽을 Wireshark를 이용해 캡처하여 사용하였다. 파라메터는 CTWindow의 크기를 10ms부터 50ms까지 늘려서 실험하였고, FTP 데이터 전송은 TCP를 사용해 전송 하였다.

그림 5 (a)와 같이 PDR은 CTWindow Size에 크게 영향을 받지 않는다. TCP를 사용해 전송하기 때문에 중간에 드롭 되더라도 재전송 기능에 의해 다시 전송되기 때문이다. 하지만 그림 5 (b)에서는 CTWindow의 크기가 커질수록 GO의 에너지 효율성

www.dbpia.co.kr



(a) Packet Delivery Ratio



(b) Duty Cycle

그림 5. Opportunistic 기법의 성능 분석
Fig. 5. Performance of Opportunistic Scheme

이 떨어지는 현상을 보여준다. 이것은 CTWindow 크기가 커지면 데이터 전송을 위해 반드시 깨어 있어야 하는 구간이 길어지기 때문이다. 따라서 Burst 패턴의 데이터 전송은 CTWindow의 사이즈를 작게 설정하는 것이 에너지 효율성 측면에서 이득이다.

Ⅳ. 제안 기법 및 성능 분석

4.1. 제안 기법

Wi-Fi Direct 표준에서는 설정된 전력 관리 기법을 변경하거나 끄는 기능은 정의하지 않고 있다. 따라서 처음 설정한 전력 관리 기법을 연결이 종료될 때까지 사용해야한다. 하지만 앞서 분석 했듯이 Wi-Fi Direct의 전력 관리 기법은 전송하는 데이터의 패턴에 따라 성능과 에너지 효율성이 극명하게 차이난다. 따라서 데이터 패턴에 따라 전력 관리 기법을 변경 할 수 있는 방안이 필요하다. 본 장에서는 앞서 분석한 내용을 토대로 전력관리 기법을 데이터 패턴에 따라서 적용하는 방법을 제안한다.

전력 관리 기법의 변경은 메시지 교환을 통해 이루어진다. Wi-Fi Direct 연결 이후에 Client가 자신이 전송을 원하는 서비스에 관한 정보와 필요한 Data Rate을 GO에게 알려주고 GO는 해당 정보를 통해 전력 관리 기법을 선택하고 즉시 새로운 비컨 메시지를 전송하

표 3. Streaming 타입 별 데이터 량
Table 3. Streaming Type's Data Rate

Streaming Type	Avg Data rate
HD	8Mbps
SD	650Kbps
MP3	500Kbps

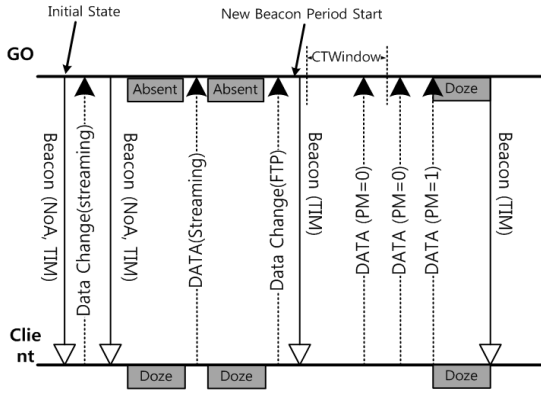


그림 6. 제안 기법 동작 예제
Fig. 6. Example of Operation of Proposed Scheme

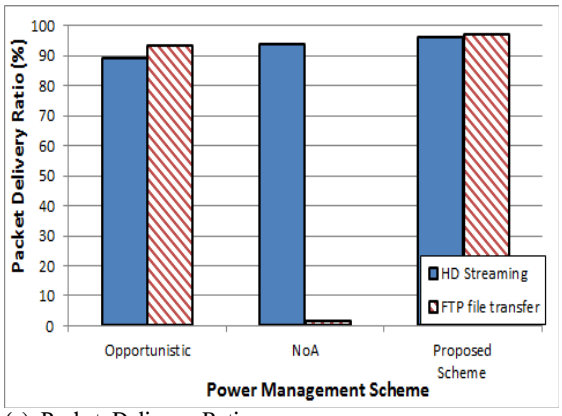
표 4. 성능 분석을 위한 시뮬레이터 환경 설정
Table 4. Simulator Configuration for analysis

Node #	2
Beacon Interval	100ms
Simulation Time	300s
CTWindow Size	10 ~ 50ms
Application	FTP(file : 35MB)

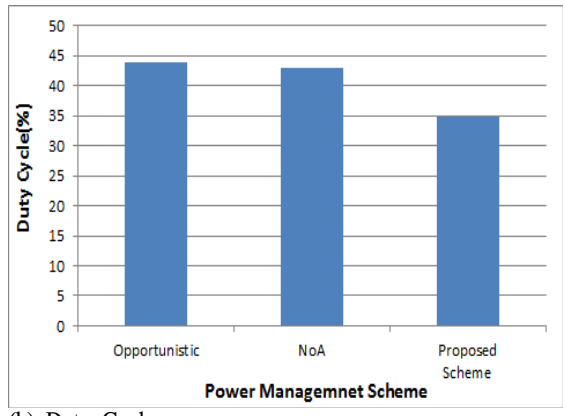
표 5. 성능 평가를 위한 시뮬레이터 환경 설정
Table 5. Simulator Configuration for Performance Evaluation

Simulator	NS-3
Node #	2
Simulation Time	300s
Phy	802.11g
data rate	54Mbps
Beacon Interval	100ms
Scenario	1 : HD Streaming -> FTP transfer 2 : HD Streaming -> SD Streaming
NoA Parameter	Scenario 1 :absent(1) : present(9) Scenario 2 : absent(6) : present(4)
Opportunistic Parameter	CTWindow Size : 10ms

www.dbpia.co.kr

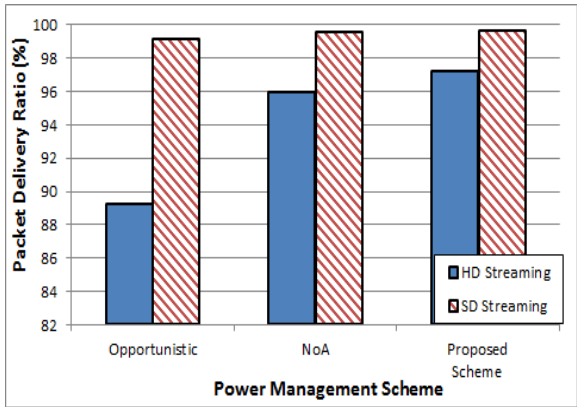


(a) Packet Delivery Ratio

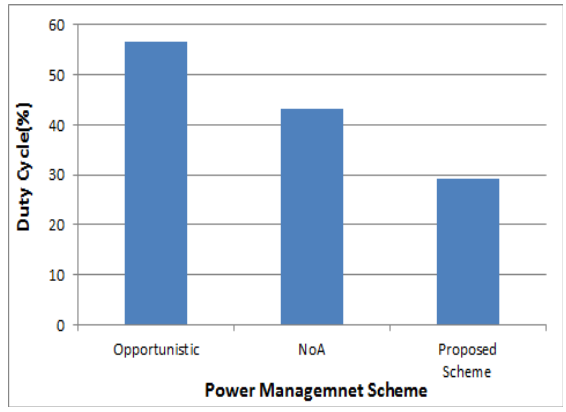


(b) Duty Cycle

그림 7. 시나리오 1의 성능 분석
Fig. 7. Performance Evaluation of Scenario 1



(a) Packet Delivery Ratio



(b) Duty Cycle

그림 8. 시나리오 2의 성능 분석
Fig. 8. Performance Evaluation of Scenario 2

여 비컨 주기를 갱신하고 새로운 전력 관리 기법을 적용한다. 그림 6은 전력 관리 기법 변경 예제이다. 이전에 NoA 기법을 적용하여 동작을 하다가 Client로부터 FTP 전송을 하겠다는 변경 메시지를 받게 되면 Opportunistic 기법으로 전력 관리 기법을 전환하고 즉시 비컨 메시지를 보내 전력 관리 기법을 변경함과 동시에 새로운 비컨 주기를 시작한다.

전력 관리 기법의 선정은 Client가 보낸 서비스 정보와 Data Rate을 기반으로 한다. 우선 원하는 서비스의 타입에 따라 Burst한 데이터가 요청 된 경우 Opportunistic을 선정하고 파라메터는 그림 5에서 알 수 있듯이 CTWindow 크기에 성능이 크게 영향 받지 않으므로 에너지 효율성이 가장 좋은 10ms로 설정한다. Periodic 데이터 패턴일 경우 NoA를 선정하고 파라메터는 Client가 필요로 하는 Data Rate을 가지고 수식 (1)을 사용하여 계산한다.

$$Absence = (I_{bcon} \div N_{absent}) \times \{1-(Rate_R \div Rate_S)\} \quad (1)$$

I_{bcon}은 Beacon 주기, N_{absent}는 한 Beacon 주기 동안 발생하는 Absence의 수 $Rate_R$와 $Rate_S$는 각각 Client가 필요한 Data Rate, GO가 제공해 줄 수 있는 Data Rate이다. 따라서 한 abesent 동안 잠들어 있을 시간을 계산해서 NoA의 파라메터로 사용한다. 만약 Beacon 주기가 100ms, absent구간이 10번 나타나고 Periodic 데이터 패턴 8Mbps를 요청하고 20Mbps가 지원 가능하다면 absent 구간은 4ms가 된다.

4.2. 성능 분석

Wi-Fi Direct에서 정의하는 전력 관리 기법을 사용하면 데이터 전송 패턴이 변경되더라도 전력 관리 기법을 변경할 수 있는 메커니즘이 없다. 따라서 데이터 전송 패턴이 변경 되면 성능이 떨어지는 현상이 발생할 수 있다. 하지만 제안 기법은 데이터 전송 패턴이

www.dbpia.co.kr

변경 되면 전력 관리 기법 역시 같이 변경 되어 성능이나 에너지 효율성이 떨어지지 않는 것을 실험을 통해 확인했다.

실험 환경은 서로 다른 전송 패턴 두 가지를 연속적으로 전송 했을 때 제안 기법, NoA 기법, Opportunistic 기법의 성능과 에너지효율성을 분석하였다. 실험 환경 설정 및 전력 관리 기법의 파라메터 선정은 표 5와 같다.

2가지의 시나리오를 통해 Wi-Fi Direct의 전력관리 기법과 제안 기법의 성능을 비교하였다. 첫 번째는 HD Streaming 전송을 한 후 FTP를 이용해 파일 전송을 하는 시나리오, 두 번째는 HD Streaming을 한 후 SD Streaming을 하는 시나리오이다. NoA 기법은 absent와 present 구간의 비율을 시나리오 1일 때는 1:9로 설정 하였고 시나리오 2일 때는 6:4로 설정하였다. 시나리오 1의 경우 FTP 전송인 경우 앞서 분석한 결과 NoA의 absent와 present 비율이 1:9여도 성능이 굉장히 좋지 않게 나타나기 때문에 그나마 가장 성능이 좋을 경우인 1:9로 선정 하였고 시나리오 2의 경우 HD Streaming과 SD Streaming 둘 다 성능을 만족 할 수 있으면서 에너지 효율이 가장 좋은 6:4를 선정하였다. Opportunistic 기법의 CTWindow 크기는 10ms로 설정하였다. 제안 기법은 Burst하게 데이터가 발생하는 FTP 파일 전송의 경우 Opportunistic 기법을 CTWindow의 크기 10ms로 설정하여 적용 하였고 Periodic하게 데이터가 발생하는 Streaming 전송일 경우 NoA의 파라메터를 수식 (1)을 통해 계산하여 적용되게 하였다.

시나리오 1은 그림 7에서 알 수 있듯이 Opportunistic 기법은 전체적으로 PDR이 90%가량의 수준은 유지하지만 NoA의 경우 FTP 파일 전송의 PDR이 굉장히 낮은 것을 알 수 있다. 이 이유는 앞서 분석한 결과와 마찬가지로 TCP 레이어에서 Ack이 드롭 될 경우 재전송을 하게 되는데 이때 재전송을 할 때까지의 시간동안 TCP 버퍼에서 오버플로우 현상이 발생하여 PDR이 급감한다. Opportunistic 기법의 성능은 제안 기법과 비슷하지만 CTWindow를 최소 크기로 했음에도 제안 기법보다 GO의 활성화 시간이 월등히 긴 것을 확인 할 수 있다. Periodic하게 데이터가 발생하는 Streaming 전송 구간에서 항상 데이터 전송이 있기 때문에 Opportunistic 기법은 GO가 항상 깨어 있어야 하는 현상이 발생하기 때문에 Duty Cycle 측면에서 제안 기법보다 더 큰 수치를 보인다.

시나리오 2는 두 가지 모두 periodic 패턴을 보이는 데이터이기 때문에 그림 8을 보면 알 수 있듯이 NoA 기법이 Opportunistic 기법 보다 PDR측면에서 좋은 성능을 보이지만 GO의 활성화 시간과 PDR 모두 제안 기법보다 떨어지는 것을 확인 할 수 있다.

V. 결 론

본 논문은 Wi-Fi Direct 표준의 전력 관리 기법의 성능을 데이터 전송 패턴에 따라 분석하고 나아가 분석한 정보를 토대로 여러 데이터 전송 패턴에서도 에너지 효율성을 높일 수 있는 전력 관리 기법을 제안하였다. 기존에 Wi-Fi Direct 표준에서는 각각의 전력 관리 기법의 효율이 데이터 전송 패턴에 따라 다름에도 불구하고 전력 관리 기법의 변경 방법에 대해서는 언급하지 않고 있다. 따라서 본 논문에서 전력 관리 기법을 효율적으로 변경 할 수 있는 기법을 제안하였다. 제안 기법을 적용할 경우 모바일 기기에서 Wi-Fi Direct를 이용해 D2D 통신을 구축할 경우 성능은 유지하면서도 에너지 효율성을 높일 수 있을 것이다.

References

[1] Cisco, "Cisco visual networking index: global mobile data traffic forecast update, 2012–2017," *Cisco White Paper*, pp. 1-34, Feb. 2013.

[2] Wi-Fi Alliance, P2P Technical Group, "Wi-Fi Peer-to-Peer (P2P) Technical Specification v1.1," 2010.

[3] A. Carroll and G. Heiser, "An analysis of power consumption in a smartphone," in *Proc. USENIX Annu. Tech. Conf. (ATC)*, pp. 21-21, Boston, U.S.A., June 2010.

[4] Y. D. Park and Y. J. Suh "An enhanced IEEE 802.11 PSM on Wi-Fi enabled mobile devices," in *Proc. KICS Int. Conf. Commun. (KICS ICC 2013)*, pp. 221-222, Yongpyung, Korea, Jan. 2013.

[5] VLC Official Web Site, Retrieved Aug. 23, 2013, from http://www.vlcmediaplayer.org/.

[6] Wireshark Official Web Site, Retrieved Aug. 23, 2013, from http://www.wireshark.org/.

www.dbpia.co.kr

서 윤 (Youn Seo)

2011년 8월 아주대학교 정보컴퓨터공학부 졸업
2011년 9월~현재 아주대학교 컴퓨터공학과 석사과정
<관심분야> 무선네트워크, Wi-Fi Technology

고 영 배 (Young-Bae Ko)

1991년 2월 아주대학교 전계산학 학사
1995년 2월 아주대학교 MBA 경영정보학 석사
2000년 7월 Texas A&M Univ. 컴퓨터공학 박사
2000년~2002년 미국 IBM T.J 왓슨 연구소 전임연구원
2002년 9월~2011년 아주대학교 정보컴퓨터공학부 정교수
2012년~현재 아주대학교 소프트웨어 융합학과, 일반대학원 컴퓨터공학과 및 NCW학과 정교수
<관심분야> Wi-Fi Technology, MANET, 미래인터넷 CCN, 군 전술네트워크 등

www.dbpia.co.kr