

Wi-Fi Direct 환경에서 우선순위 기반의 동적 Intent 할당 방안

이 재 호*

Priority-Based Dynamic Intent Assignment Method in Wi-Fi Direct Environments

Jae-ho Lee*

요 약

현재 Wi-Fi Alliance에서 발표한 Wi-Fi Direct 표준 기술(Wi-Fi Peer-to-Peer Technical Specifications v1.2, 2010)은 둘 이상의 장치로부터 Wi-Fi 직접 통신을 허용하기 위하여 정의된 기술로서, 최근 출시되는 스마트폰과 TV 등의 여러 장치에서 이 기술을 제공하고 있다. 본 기술에서 Coordinator 역할을 수행하는 GO(Group Owner)는 제 3의 장치로부터 접속을 허용할 수 있기 때문에 상대적으로 높은 에너지 자원과 연산 능력이 요구되지만, 현재 표준 기술에서는 GO 역할 결정에 대한 환경적 요소를 고려하지 않으며, 따라서 각 장치 간 에너지 분산 측면의 효율성이 제한적이다. 본 고는 Wi-Fi Direct를 구성하는 각 장치의 물리적 파라미터와 사용자 환경에 의존적인 역할 기반의 파라미터를 도출하고 이를 통하여 GO 역할을 효율적으로 결정할 수 있도록 DIVA 방식을 새롭게 제안하며 실험을 통하여 효과를 나타내었다.

Key Words : Wi-Fi Direct, Wi-Fi P2P, Dynamic Intent, Home Network, Group Owner

ABSTRACT

Wi-Fi Direct standard technology(Wi-Fi Peer to Peer Technical Specifications v1.2, 2010) was designed for allowing peer to peer communication between two or more devices and various products which have been currently manufactured such as smart phone and smart TV have already provided this technical function. In this technology the role of Coordinator in Wi-Fi infrastructure would be matched to GO(Group Owner) which needs relatively high energy resource and computation power due to the high probability for allowing 3rd-party connection, however, the current standard specification would be limited in terms of energy distribution because it has not included a process to determine the role of GO. To address above problem, this paper classified considerable parameters into the general parameters for the physicality of devices and the specific parameters for considering the role position depending on use-case scenario, and proposed a new method called DIVA to help efficiently determining GO role from the member devices of Wi-Fi Direct network. Furthermore the effect of this mechanism was proved via simulation-based experiments.

* First Author : Seowon Univ., izeho@seowon.ac.kr, 정희원
논문번호 : KICS2016-03-044, Received March 18, 2016; Revised May 18, 2016; Accepted May 20, 2016

I. 서 론

최근 홈 네트워크 기술의 발달로 스크린 미러링, 파일 공유 등의 P2P(Peer to Peer) 데이터 통신 요구가 증가하고 있으며, 이러한 요구는 스마트폰을 중심으로 스마트 TV, 셋톱박스, 무선 스피커 시스템 등을 중심으로 상용화 산업을 가속화하는데 높은 동기를 부여하고 있다. 홈 네트워크는 가정환경에서 사용되는 IT 기기 및 IT 기술이 접목된 가전제품이나 LED 조명 등으로 구성된 소규모 네트워크 환경이며, 현재 대부분 Wi-Fi 및 Bluetooth 기술을 중심으로 보급화 되고 있다.

Wi-Fi 기술은 무선 인터넷 사용을 목적으로 제안된 Wi-Fi Alliance^[1] 표준 기구에서 인증하는 표준 기술이며, IEEE WG802 TG11^[2] 표준에서 정의한 물리계층과 데이터링크 계층 기술을 기반으로 개발되었다.

현재까지 많은 수의 802.11 기반 기술이 802.11a 및 11b, 11g, 11n, 11ac 순서로 발전되어 왔으며, 주파수 대역과 Modulation, Diversity, MIMO (Multi Input Multi Output) 등의 세부 기술 차이는 존재하지만 모두 2.4GHz 대역과 5GHz 대역에서 통신 속도 향상을 목표로 꾸준히 발전되어 왔다. 또한 TG11 내에는 60GHz 대역을 위한 11ad, TV White Space 재사용을 위한 11af, 원거리 통신을 위한 11ah, 통신 효율 향상을 위한 11ai 등의 다양한 표준 기술들이 존재하며, 이들은 기존 Wi-Fi 사용 환경 영역을 탈피하여 광범위한 영역의 통신 환경을 고려하고 있다.

하지만 모든 Wi-Fi 기술이 TG11에서 정의하는 것은 아니다. Wi-Fi Alliance 에서는 다양한 사용자 응용 환경을 고려하는 응용계층 표준 기술을 다량 발전시켜왔으며, 통신 환경의 보안 기술을 체계화시킨 WPA (Wi-Fi CERTIFIED Protected Access[®])^[3] 및 보다 편리한 보안 접속을 위한 WPS (Wi-Fi CERTIFIED Protectes Setup[™])^[4] 등 다양한 응용 표준 기술들을 발표해 왔다. 또한 최근 출시되는 스마트 TV에 탑재되고 있는 Wi-Fi CERTIFIED Miracast[™]^[5] 기술은 스크린 미러링 기능을 위하여 개발된 응용 기술로써, Wi-Fi Direct 기술을 기반으로 탄생되었다.

Wi-Fi Direct는 Wi-Fi Alliance에서 2010년 발표된 Wi-Fi Peer-to-Peer Technical Specification v1.2^[6] 기술 표준을 위한 브랜드 명칭으로써, AP (Access Point)를 필요로 하지 않는 환경에서 기기간 직접 접속 및 송수신을 위한 표준 기술이다. 이 기술은 스마트폰과 스마트폰간 파일 송수신, 스마트폰과 TV간 화

면 스크린 미러링 또는 스크린 공유 등을 손쉽게 제공할 수 있으며, 따라서 홈 네트워크 환경은 물론 실외에서도 활용도가 매우 높다.

현재 Wi-Fi Alliance 에서는 Miracast 2.0, Wi-Fi Docking, Wi-Fi NAN (Neighbor Awareness Network) 등 다양한 서비스 기술들을 표준화하고 있고, 이들에 대하여 높은 기술적 파급 효과를 기대하고 있다. 하지만 이들의 기반 기술이 되는 Wi-Fi Direct 기술은 사용되는 기기의 에너지 자원과 컴퓨팅 능력 등을 고려하지 않고 있기에, 향후 기술 확장 측면에서 다소 제한적이다.

앞서 기술한 바와 같이, Wi-Fi Direct는 두 장치가 Wi-Fi 기술을 활용하여 AP없이 직접 통신하는 방식을 정의하는 기술로서, Master 역할을 수행하는 Group Owner가 기존의 AP 역할을 수행하도록 정의되어 있다. 이때 Group Owner는 AP의 역할을 수행하며 제 3의 장치로 부터 접속을 허용할 수 있기 때문에 상대적으로 에너지 소모량이 높으며 연산 능력에 대한 요구 역시 높다.

따라서 Group Owner 선택은 Wi-Fi Direct에서 매우 중요한 요소이며, 두 장치의 Intent 값을 바탕으로 역할이 할당된다. 하지만, 표준 기술에서는 Intent값을 정의하는 기준이 없으며, 일반적으로 제조사가 정의한 Prefix Intent값에 의존하여 Group Owner가 정해지기 때문에 효율성이 낮다.

본 고에서는 위와 같은 문제를 해결하기 위하여, 다양한 장치 환경을 고려한 Intent 값을 산출하는 알고리즘을 정의하고 이를 DIVA (Dynamic Intent Value Assignment) 라고 명칭한다. 또한 수행 효율성을 증가시키기 위하여 Wi-Fi Direct Negotiation 절차에서 DIVA 알고리즘을 적용한 세부 동작을 기술한다.

II. Wi-Fi Direct 기술 배경

일반적으로 IEEE 802.11 표준 기술 기반에서는 Coordinator 역할을 수행하는 AP가 사용 채널을 고정하고 주기적으로 beacon 프레임 전송하며, AP에 접속하기 위한 STA (Station) 장치는 초기 전체 채널을 대상으로 Probe Request 절차 또는 beacon 프레임 수신을 통하여 각 채널의 AP 존재를 파악한다. 이러한 과정을 통하여 STA 장치는 사용자에게 각 채널에 존재하는 AP 정보를 제공한 후, 선택된 AP를 대상으로 Authentication 및 Association 절차를 진행하여 해당 AP에 접속한다.

Wi-Fi Direct 표준 기술은 접속하려는 두 장치가

AP 연결 없이 일대일 접속을 허용하고 데이터를 송수신 하기 위하여 Wi-Fi Alliance에서 발표된 기술이다. 하지만 이 기술 역시 IEEE 802.11 접속 절차를 활용할 수 있도록 설계되었으며, 단지 Wi-Fi Direct 접속 환경에서 존재하지 않는 Coordinator 역할을 수행할 장치를 두 장치 중에서 선정하는 방안을 제공한다.

IEEE 802.11 표준 기술의 Coordinator 역할을 기존 Infrastructure 환경의 AP가 수행하는 바와 달리, 두 장치 간 일대일 접속 환경의 Wi-Fi Direct 표준 기술에서는 Coordinator 역할을 수행하는 장치를 GO (Group Owner) 라고 명칭하며, 이러한 Coordinator 역할 선정 절차를 GO Negotiation 라고 정의한다.

그림 1은 Wi-Fi Direct 표준 기술의 GO Negotiation의 도식화된 절차를 나타낸다. 초기 두 장치는 Scan 단계를 수행한 후 Search와 Find 절차로 구성된 Find 단계를 반복적으로 수행하며, 이때 사용 채널은 두 장치간 접속 확률을 높이기 위하여 1, 6, 11 채널로 구성되어 있는 Social Channel로 한정된다. Scan 단계는 초기 각 장치가 사용 가능한 모든 Wi-Fi 채널에 대하여 가용 상태를 파악하는 단계로서, 향후 대상 장치와 접속 후 실제 데이터 송수신을 위한 가용 채널을 파악하는 단계이다.

한편 Find 단계는 Search 절차와 Listen 절차로 구성되어 있고 이 두 절차를 반복 수행하는 단계이다. 이중 Search 절차는 3개의 Social 채널 중 대상 장치가 현재 위치하는 채널을 탐색하는 절차로서 IEEE 802.11에서 사용되는 Probe Request 메시지를 Broadcasting 형태로 송신하여 수행된다. 이때 대상 장치로부터 Probe Response 메시지를 수신할 경우 Find 단계를 완료하고, 반대의 경우 Listen 절차를 수

행한다.

또한 Find 단계의 또 다른 절차인 Listen 절차는 대상 장치가 Search 절차에서 송신하는 Probe Request 메시지에 응답하기 위한 절차로서, 3개의 Social 채널 중 특정 채널을 선택한 후 일정 시간 동안 Probe Request를 수신하기 위해 대기하는 형태로 진행된다. 이때 두 장치의 Search 절차와 Listen 절차가 상반된 스케줄을 수행할 경우 두 장치는 상호 접속에 실패할 수 있기 때문에, 모든 장치는 Listen 절차를 수행하는 시간을 Random하게 결정한다.

Scan 단계와 Find 단계를 수행한 후 Probe Request 및 Probe Response 메시지 교환을 통하여 서로의 존재를 파악한 두 장치는, Wi-Fi Direct 접속을 위하여 GO Negotiation 단계를 수행한다. 이 단계는 두 장치 중 Coordinator 역할을 수행할 GO를 결정하는 단계이며, 상호 7bit로 구성되는 Intent 값과 1bit로 구성되는 Tie Breaker 값을 교환한다. 즉, GO Negotiation 단계에서 높은 Intent 값을 산출한 장치가 GO 역할을 담당하고, Intent 값이 작은 장치는 STA 역할을 담당한다. 이때 만약 두 장치가 교환한 Intent 값이 동일한 경우, 각 장치가 Random 설정한 Tie Breaker 값에 의하여 GO 역할이 결정되고 Tie Breaker 값이 동일할 경우 두 장치는 상호 접속 절차를 종료하고 사용자에게 접속 실패를 알리거나 모든 접속 절차를 다시 시작한다.

이와 같이 GO 역할을 수행할 장치가 결정된 후에는, 두 장치가 서로 Coordinator와 STA 역할을 통하여 기존 IEEE 802.11 표준 기술의 접속 절차를 준수하고, 이를 통하여 기존 Infrastructure 환경과 동일한 접속 절차를 수행한다. 따라서 GO 장치는 기존의 AP 역할을 수행하기 때문에 MAC 계층에서 상대적으로 높은 데이터 송수신을 수행한다. 하지만 현재의 표준 기술에서는 각 장치의 에너지 자원과 연산 능력이 고려되지 않기 때문에 GO장치에 대한 효율성 문제가 발생할 수 있으며, 이러한 문제를 극복하기 위하여 본 고에서는 장치의 환경적 요소를 고려한 우선순위 기반의 GO 결정 방안을 설계하였다.

III. 우선순위 기반 GO 결정 방안

3.1 Dynamic Intent Value Assignment

Wi-Fi Direct 표준 기술은 GO 장치를 선택할 때 절대적으로 Intent 값에 의존하지만, 앞서 설명한 바와 같이 현재의 표준 기술에서는 이러한 중요 파라미터인 Intent 값 결정에 대한 기준이 존재하지 않으며, 따

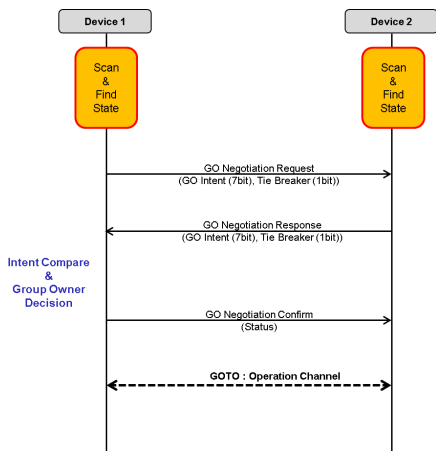


Fig. 1. Group Owner Negotiation Process in Current Wi-Fi Direct Specifications.

라서 각 장치 성능 및 환경에 따른 Intent 결정을 할 수 없다. 본 장에서는 이러한 문제를 극복하기 위해서 각 장치 간 Intent 결정을 위한 알고리즘을 제안한다.

DIVA 알고리즘은 각 장치의 환경요소를 고려하고 이를 Intent 결정에 반영하기 위하여 그림 2와 같이 설계하였다. 먼저 Wi-Fi Direct를 사용하는 각 장치는 자신의 환경 파라미터를 선정하고 이에 대하여 주어진 우선순위를 적용하기 위하여 파라미터별로 우선순위 상수를 적용한다.

예를 들어 에너지 자원이 풍부하지 못한 장치나 연산 능력이 낮은 장치는 GO 역할을 수행하기에 적합하지 않기 때문에 자신의 에너지 또는 연산 능력 파라미터를 낮은 수치로 선정하며, 이때 각 산출된 파라미터의 종류 별로 GO 수행 관점에서 Weight 차등을 부여하기 위하여 SC(Scale Cost)를 반영한다. 이러한 모든 환경 파라미터와 SC 반영이 완료된 후 각 장치는 적합한 Intent 값을 식 (1)과 같이 산정하며, 결정된 Intent 값을 바탕으로 GO 역할을 수행할 장치를 결정한다.

하지만 모든 장치가 보유한 파라미터의 종류는 상이할 수 있으며, 단순 환경 파라미터 이외에도 사용자 환경의 특성을 고려해야 하는 경우가 발생한다. 따라서 본 고에서는 위와 같은 환경을 적용하기 위하여, DIVA에서 고려하는 파라미터를 ‘General Parameter’와 ‘Specific Parameter’로 구분한다.

이와 같은 DIVA 알고리즘은 General Parameter와 Specific Parameter로 구분되는 환경 변수를 고려하여 각기 다른 가중치를 설정할 수 있다. 우선 동일 그룹 형성을 시도하는 다수의 장치는 상호 상이한 파라미터 수를 보유할 수 있다. 이때 임의의 장치가 보유하는 파라미터 중 n번째 파라미터의 값을 P_n 으로 정의하고 이에 대한 우선순위 가중치 상수를 SC_n 으로 정의할 때 해당 장치가 보유한 Intent 값은 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$V_{Intent} = \sum_{n=1}^{Num(P_n)} (SC_n P_n), \tag{1}$$

$$where \sum_{n=1}^{Num(P_n)} SC_n = 1$$

3.2 Parameter Classification

표 1은 DIVA에서 고려하는 General Parameter를 나타낸다. 앞서 설명한 바와 같이 Wi-Fi Direct에서의 Intent 값은 GO 역할을 결정하기 위한 절대적 수치이다. 따라서 네트워크 수행 역할에 따라 많은 데이터 송수신 처리와 네트워크 제어 기능을 수행해야 하는 Coordinator를 결정하는 데 반드시 고려해야 할 공통적 파라미터들로 구성되며, 배터리 잔량 및 예상 가용 시간, 외부 전원 공급 여부, 최대 연산 능력 및 가용 연산 능력 등으로 구성된다.

위 표에서 나타내는 Concurrent Operation 관련 파라미터의 경우, 해당 장치의 또 다른 Wi-Fi Direct 동시연결 가능 여부를 의미한다. 이 기능은 기존의 Infrastructure 네트워크에 연결되어 STA 기능을 수행하는 장치가 동시에 Wi-Fi Direct 연결을 수행하는 능력을 의미하며, 만약 기존 네트워크의 사용 채널과 Wi-Fi Direct의 데이터 채널이 다를 경우 Frequency Adaptation 수행을 위한 스케줄링 기법 등 다소 복잡한 기능을 수행해야 한다.

이러한 환경적 요소를 고려하기 위하여 DIVA 알고리즘은 Concurrent Operation 기능에 대한 지원 여부를 중요 파라미터로 간주한다. 즉, Concurrent Operation 기능을 수행하는 장치는 에너지 또는 연산 능력이 다소 풍부할 지라도 Wi-Fi Direct 데이터 채널에 머물러 있는 시간이 확률적으로 길지 않으며, 이로 인하여 Wi-Fi Direct 데이터 송수신에 대한 신뢰성이 낮을 수 있다. 이러한 문제로 인하여 본 DIVA 알고리즘에서는 GO 역할의 중요성을 근거로 Concurrent

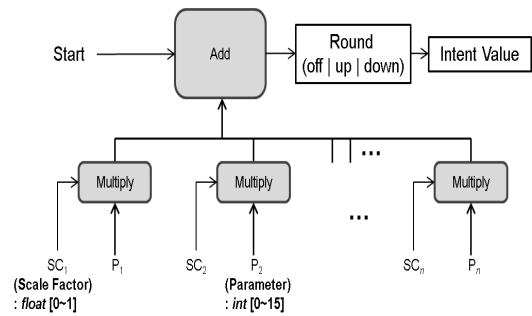


Fig. 2. Dynamic Intent Value Assignment.

Table 1. General Parameters for Dynamic Intent Decision.

Parameter	Description
Remained Energy	장치에 남아있는 배터리 잔량 - 배터리 잔량이 높을수록 높은 값을 표현
Supplied Power Method	Adaptor 등을 통하여 상시 전원이 공급되고 있는지 여부 - 상시 전원이 공급될 경우 배터리잔량의 최대값보다 높게 설정
Assigned Computing Resource	CPU, Memory 등 현재 남아있는 여유 Computing Resource의 평균 - 최근 t 시간 동안의 평균 값
Ability of Concurrent Operation	Wi-Fi Direct의 Concurrent Operation 수행 가능 여부 - 가능할 경우, 향후 Concurrent Operation 기능을 수행할 가능성이 높기 때문에 Parameter 값 낮게 설정
Current Usage of Concurrent Operation	현재 Concurrent Operation 수행 중인지 여부 - 현재 Concurrent Operation 수행 중일 경우 가능한 GO 회피 (GO 수행 중일 경우 Parameter 값 낮게 설정)
Num of Multiple Group	현재 소속된 Group의 개수 - 소속된 Group의 수가 많을 수록 GO 회피 (Num of Multiple Group이 클 수록 Parameter 값 낮게 설정)

Operation 기능을 수행하는 장치에 대해서는 상대적으로 낮은 파라미터 가중치를 할당한다.

표 2는 Wi-Fi Direct 접속 요구에 대한 사용자 환경을 반영하기 위한 Specific Parameter를 나타낸다. 앞서 설명한 바와 같이 Wi-Fi Direct를 사용하는 사용자 환경은, 향후 발생할 수 있는 또 다른 Wi-Fi Direct의 중복 연결에 대한 발생 가능성을 Use-case 관점에서 차단할 수 있다.

예를 들어 스마트폰과 TV를 이용한 스크린미러링 기능을 수행하는 사용자 환경의 경우, TV 장치는 단일 스마트폰 화면만을 표현하기 때문에 다른 장치와의 Wi-Fi Direct 다중 연결은 불필요하다. 이러한 경우 TV 장치가 에너지 자원과 연산 능력 측면에서 우월하더라도 해당 Wi-Fi Direct 연결 측면에서 불 때 GO 역할 수행은 비효율적이다.

이러한 관점에서 본 고에서 제안하는 Specific Parameter는 사용자 접속 환경에 따른 특수성을 고려하고 이를 반영하기 위하여 고안되었으며, 각 Use-case에 따른 서비스별 파라미터 설정을 표 3과 같이 권고한다. 또한 본 고에서 제안하는 파라미터 분류는 일반적인 환경 변수를 나타내는 General Parameter와 특정 기능 역할 수행을 고려하는 Specific Parameter로 구분될 수 있다. 이러한 파라미터 및 이에 따른 우선순위 가중치는 그림 2와 식 (1)에 의하여 최종적인 Intent 값으로 산출될 수 있으며, 이에 대한 예시는 3장에 나타내었다.

Table 2. Specific Parameters for Dynamic Intent Decision.

Parameter	Description
Role Value	장치의 구분에 따른 Parameter 값 - TV / Phone / PC / Notebook / Tablet / HA 등으로 구분 - 장치의 구분 별로 Parameter 치등 부여 - 아래 Role Position Matrix 참조
Manufacturing Intent	- 제조사가 정의 - 해당 장치에 부여되는 fundamental Intent - Pre-Fixed Value

Table 3. Role Position Matrix (based on use-cases).

Use-Case	Device Type	Recommended Parameter	Possible Device
Miracast	Sync	High	TV, Monitor
	Source	Low	Phone, Laptop
File Sharing	Peer Device	Middle	Phone, PC, Laptop, Tablet
2nd Screen	1st Screen Device	High	Phone, Laptop, Tablet, PC
	2nd Screen Device	Low	TV, Monitor
Content Synchronization	Server	High	PC, Laptop
	Source	Low	Phone, Tablet
Print	Printing Device	High	Printer, Scanner
	Source	Low	Phone, Laptop, Tablet, PC

3.3 DIVA-based GO Negotiation

DIVA 알고리즘은 Wi-Fi Direct 접속 환경에서 보다 적합하고 합리적인 GO 결정을 위하여 각 장치의 물리적 상태정보와 Use-case 측면의 사용 환경에 적합한 Intent 값을 결정하는 방식이다. 따라서 기존 Wi-Fi Direct 접속 절차는 표준 기술을 그대로 준수하며 기기 내에서의 DIVA 수행 절차만 포함되어 반영된다.

그림 3은 기존의 GO Negotiation 절차에서 각 장치의 Intent 값을 DIVA 알고리즘을 사용하여 설정하는 경우를 나타내었다. 기존 Wi-Fi Direct에서는 각 장치가 Pre-fixed된 Intent 값과 Random하게 생성되는 Tie-Breaker를 통하여 GO를 정하는데, 본 그림에서는 각 장치가 이 과정에서 사용되는 Intent 값을 DIVA를 이용하여 동적으로 생성한 후, 연산된 Intent를 기반으로 GO를 정한다.

먼저 장치 1이 DIVA 수행으로 Intent 값을 생성한 후, 이 값을 장치 2에게 GO Negotiation Request 메시지를 통하여 전달한다. 장치 2는 장치 1로부터 GO Negotiation Request 메시지를 수신한 후, 자신의 Intent 값을 DIVA를 통하여 생성하고 장치 1의 Intent 값과 자신의 값을 비교한다. 또한 장치 2에서 생성된 Intent 값은 GO Negotiation Response를 통하여 장치 1에게 전달한다.

장치 1과 장치 2가 서로 GO Negotiation Request와 GO Negotiation Response 메시지를 교환한 후에는, 두 장치 모두 자신의 Intent와 상대 장치의 Intent를 모두 공유하였기 때문에 어느 장치가 GO 역할을 수행할 지 알 수 있다. 이후 Wi-Fi Direct 표준 기술에서 정의된 바와 같이 두 장치는 최종적으로 GO Negotiation Confirm 메시지를 통하여 GO

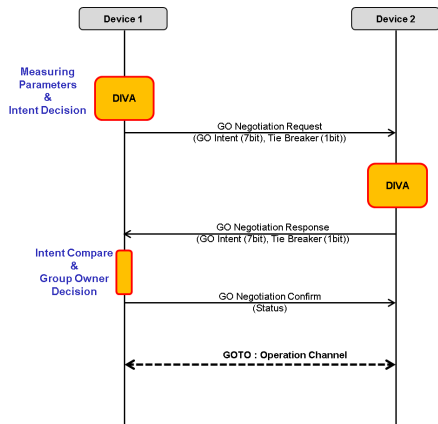


Fig. 3. Message Sequence of DIVA.

Negotiation 절차를 완료한다.

앞서 기술한 바와 같이, 본 방식은 기존 Wi-Fi Direct 표준 기술의 메시지 교환 절차를 준수하여 활용할 수 있다. 하지만 Wi-Fi Direct 기술은 현재 광범위하게 보급되어 있으며, 따라서 DIVA 절차를 수행하지 않는 기존 상용화 장치들이 다수 존재한다. 이러한 Legacy 장치들은 제조사에서 설정한 Intent 값을 고정적으로 사용하기 때문에 환경에 반응하여 변경되지 않으며, 만약 Intent값이 동일한 경우 Tie-Breaker에 의해서만 GO가 결정되기 때문에 50%의 Wi-Fi Direct 접속 실패 확률이 존재한다.

이러한 문제는 빈번하게 발생되지는 않으나, 한번 발생되면 문제를 극복할 방안이 현존하는 표준 기술에서는 정의되어 있지 않다. 따라서 본 고에서는 DIVA 알고리즘을 그림 4와 같이 유연하게 적용하여 문제를 극복하고자 한다.

본 방식은 기존의 GO Negotiation 절차를 DIVA 알고리즘 없이 기존 방식대로 수행한 후, Intent 및 Tie-Breaker 값이 동일한 경우에 한하여 DIVA 알고리즘을 통해 GO를 결정하는 방식을 나타낸다. 기존 Wi-Fi Direct에서는 각 장치가 Pre-fixed된 Intent 값과 Random하게 생성되는 Tie-Breaker를 통하여 GO를 정하는데, 본 방식에서는 이러한 과정을 그대로 수행한 후, Intent 및 Tie-Breaker가 동일한 경우에만 그림 4의 과정을 수행한다.

먼저 두 장치가 GO Negotiation Request 및 Response 메시지를 통하여 상호 Intent 및 Tie-Breaker 값이 동일함을 인지한 경우, 장치1은 GO Negotiation Confirm 메시지 내의 Status 필드를 Retry Negotiation으로 설정한 후 해당 메시지를 송신

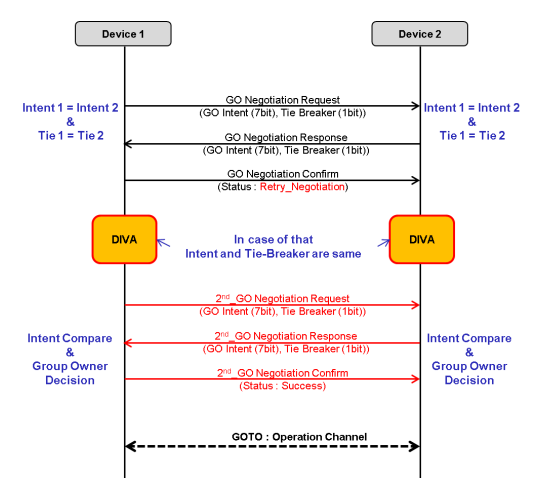


Fig. 4. 2nd GO Negotiation Process with DIVA.

한다. 장치2가 장치1로부터 Retry Negotiation Status를 수신한 후, 두 장치는 모두 각자의 Intent 값을 환경 데이터를 적용하고 이를 동적으로 생성하기 위하여 DIVA 알고리즘을 수행한다. 또한 두 장치는 2nd GO Negotiation Request 및 Response 메시지를 통하여 새로운 Negotiation을 수행한다. 따라서 두 장치는 최종적으로 2nd GO Negotiation Confirm 메시지를 통하여 GO Negotiation 동작을 완료할 수 있다.

DIVA 알고리즘은 앞 설에서 나타낸 바와 같이 기기의 물리적 환경을 적용하기 위한 General Parameter와 사용자 사용 환경에 의존적인 Use-case 측면의 환경 정보를 적용하기 위한 Specific Parameter로 구분하여 이를 활용한다. 이 두 파라미터들은 어느 한 부분만 적용할 수 없기 때문에 두 파라미터 범위에 포함되는 모든 정보들을 고려하되, 이에 대한 효과를 적용하기 위해 SC값을 포함하여 적용한다.

이와 같은 환경적 요인은 다양한 형태의 응용 분야에 의존적이고 또한 사용자 개인의 사용 패턴과도 관계가 있기 때문에 확정적으로 결정할 수 없으며, 따라서 본 고에서는 그림 5와 같이 사용에 대한 예시를 제공함으로써 DIVA 적용 파라미터 설정 및 SC 결정에 대한 가이드라인을 제시한다.

즉, 그림 5의 Phone 및 TV 장치는 공통적으로 5개의 General Parameter와 2개의 Specific Parameter를 보유하고 있으며, 각 파라미터 P 값은 해당 장치와 역할 분담 등의 환경 요소를 고려하여 우선순위 가중치 값을 SC와 같이 정의하고 있다. 이러한 P 및 SC값은 식 (1)에 의하여 최종적인 Intent 값을 선정한 후 기존 Wi-Fi Direct 표준 절차를 활용하여 GO 역할 수행 장치를 결정한다.

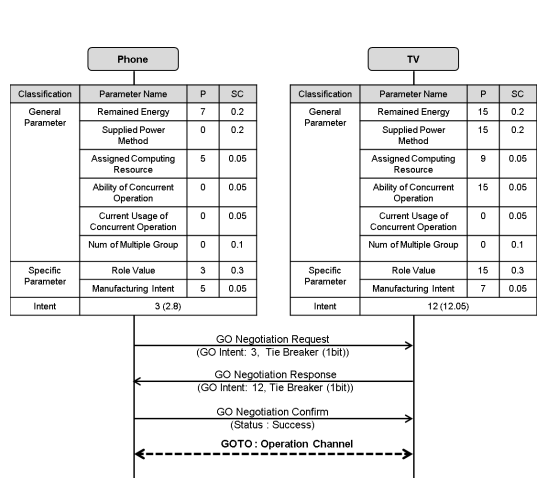


Fig. 5. DIVA Sequence for Miracase use-case.

본 사용 환경은 TV와 Phone이 Wi-Fi Direct 기반의 Miracast 기술을 활용하여 화면 공유를 시도할 경우에 대한 GO 역할 결정을 나타내었다. 그림 5는 Phone이 자신의 화면을 TV에 공유하기 위하여 먼저 Wi-Fi Direct 연결을 시도한 경우이며, 그림에 포함된 테이블에 명시된 바와 같이 Intent 값을 3 으로 나타내었다. 한편, TV는 Phone으로부터 GO Negotiation Request 메시지를 수신한 후, 자신의 Intent 값을 12 로 산출하였으며, 이 결과를 토대로 TV가 최종 GO 역할을 수행하기로 결정되었다.

본 환경에서는 Role Value에 대한 우선순위가 SC에 의해 크게 설정되었으며, 이를 통하여 최종적으로 TV의 Intent값이 크게 산출되었다. 또한 SC는 Phone과 TV 모두 동일하게 적용되었으며, Parameter는 각 기기가 직접 측정하여 산출한다. 이와 같이 모든 장치는 동일한 SC값과 각기 다른 Parameter를 이용하여 자신의 최종 Intent 값을 산출할 수 있다.

IV. 성능 평가

본 논문에서 제안한 DIVA 알고리즘은 Wi-Fi Direct 환경에서 각 장치의 물리적 환경과 사용자 Use-case 서비스 역할 환경을 고려하여 효율적인 GO를 결정하는 데 목적이 있다. 따라서 배터리 등의 에너지 잔량이 부족한 장치는 GO로 선정되지 않음으로써 전체적인 네트워크를 구성하는 각 장치의 평균 수명을 증가시킬 수 있으며, 제3의 장치와 또 다른 Wi-Fi Direct 접속을 수행할 가능성이 높은 장치가 GO로 선정되어 Wi-Fi Direct 토폴로지 측면에서의 효율도 향상시킬 수 있다.

현재 대부분의 Wi-Fi Direct 기능을 수행하는 장치는 휴대용 스마트폰이 대표적이며, 사용하는 서비스는 파일 공유 및 송수신과 스크린 미러링 기능이 가장 활성화 되어있다. 또한 TV와 스마트폰의 Wi-Fi Direct 연결은 오늘날 홈 네트워크 환경에서 가장 널리 보급되어 있는 기능이다. 하지만 이 환경에서는 상시전원이 사용되는 TV 장치가 에너지 및 연산능력 측면에서도 스마트폰 대비 우월하다. 따라서 DIVA 알고리즘을 적용할 경우 TV가 GO 역할을 수행할 것이 자명하다.

이러한 이유로 본 고에서는 객관적인 분석을 위하여 스마트폰과 스마트폰의 연결 등과 같이 동일 또는 대등한 장치가 서로 Wi-Fi Direct 연결을 시도하는 환경을 가정하여 기술한다.

일반적으로 네트워크 수명은 구성 장치의 수에 의존적이다. 즉, 네트워크를 구성하는 장치 중 일부가

기능을 동작하지 못하더라도 전체 네트워크 수행에 큰 문제가 없는 환경이라면, 극히 일부분의 장치에 장애가 발생하더라도 전체 네트워크 수명이 만료되었고 판단하지는 않는다. 하지만 Wi-Fi Direct 환경은 1대1 또는 소수 장치의 통신 환경이기 때문에, 하나의 장치에 에너지 고갈 등의 문제로 장애가 발생한다면 Wi-Fi Direct를 구성하는 전체 네트워크 장애가 발생했다고 판단할 수 있다. 즉, 이러한 환경에서는 전체 네트워크 수명은 각 구성 장치의 수명에 의존적이다. 따라서 Wi-Fi Direct 네트워크를 구성하는 각 장치의 수명 시간을 ϵ_n 이라 할 때, 전체 네트워크 수명 시간 ϵ_N 은 다음과 같다.

$$\epsilon_N = \min(\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3, \dots, \epsilon_n) \quad (2)$$

또한 각 장치에 남아있는 잔류 에너지량 R , 단위 시간당 연산능력 S , Wi-Fi Direct 역할에 따른 단위 시간당 소비 에너지 λ , GO 역할을 할당받을 확률 p 를 고려할 때, t 시간이 지난 후에 임의의 n 번째 장치에 남아있는 에너지 잔량은 다음과 같다.

$$R_n^* = R_n - \frac{(p\lambda_{GO} + (1-p)\lambda_{STA})t}{S_n} \quad (3)$$

하지만 앞 장에서 기술한 바와 같이 현재의 Wi-Fi Direct 표준 기술에서는 Intent 값을 결정하는 기준이 없으며, 일반적으로는 제조사에서 결정하는 값에 따르기 때문에 임의의 장치가 GO 역할을 수행할 확률 p 는 0.5로 산출할 수 있다. 따라서 장치 n 이 보유한 에너지 자원 R 을 초기 상태로 가정할 경우, 향후 이 장치의 수명 시간은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\epsilon_n = 2R_n S_n (\lambda_{GO} + \lambda_{STA})^{-1} \quad (4)$$

반면에, DIVA를 적용한 환경을 고려할 때, 각 장치는 Wi-Fi Direct 접속 시점에서의 대상 장치와 자신의 파라미터를 고려하여 GO를 결정한다. 따라서 임의의 장치 n 이 임의의 장치 k 와 접속을 시도할 경우, 장치 n 의 수명 시간은 다음과 같다.

$$\epsilon_n^* = pR_n S_n \lambda_{GO}^{-1} + (1-p)R_n S_n \lambda_{STA}^{-1} \quad (5)$$

$$p = P(R_n S_n - R_k S_k > 0)$$

이와 같은 분석을 통하여, 본 고에서는 Wi-Fi

Table 4. Average Parameter Values for Experiments

Classification	Parameter Name	Phone		PC		Laptop	
		P	SC	P	SC	P	SC
General Parameter	Remained Energy	7	0.2	15	0.2	10	0.2
	Supplied Power Method	0	0.2	15	0.2	0	0.2
	Assigned Computing Resource	9	0.05	4	0.05	13	0.05
	Ability of Concurrent Operation	0	0.05	0	0.05	1	0.05
	Current Usage of Concurrent Operation	0	0.05	0	0.05	1	0.05
	Num of Multiple Group	0	0.1	2	0.1	0	0.1
Specific Parameter	Role Value	3	0.3	10	0.3	4	0.3
	Manufacturing Intent	5	0.05	6	0.05	6	0.05
	Intent	3 (3.0)		10 (9.7)		4 (4.25)	

Direct 접속 환경에서 서로 다른 물리적 환경 파라미터를 보유하는 장치를 실험 대상으로 선정하고 이에 따른 결과를 아래와 같이 나타내었다. 본 실험은 IEEE 802.11n을 대상으로 NS-2 (Network Simulator 2)를 통하여 진행되었으며, Wi-Fi Direct 표준 기술에 필요한 Listen 채널은 각 장치별로 초기 Random 생성 후 고정시켰다. 또한 실험의 객관성을 위하여 802.11n의 Channel Bonding 기능을 배제하고, Wi-Fi Direct 표준에서 정의되는 바와 같이 Social Channel 사용을 위하여 2.4GHz 대역에서만 실험을 진행하였다. 또한 본 실험에서는 장치 유형을 Phone, PC, Laptop 으로 구분하고 해당 파라미터 및 가중치 값을 Random하게 지정하되 아래와 같은 평균 값을 만족하도록 설정하였다.

그림 6은 2대의 장치가 Wi-Fi Direct 접속을 시도하고 각 장치별로 Random 트래픽을 발생시킨 후, 주어진 시간에 따른 에너지 잔량을 나타내었다. 이 실험에서는 Wi-Fi Direct 접속에서 발생하는 GO 역할을 주기적으로 결정하기 위하여 1분 간격으로 Wi-Fi Direct 접속을 새롭게 진행하였으며, 초기에 주어진 에너지 잔량은 지속적으로 사용하는 환경을 구축하고 연산능력은 고정 상수로 적용하였다.

그림 6을 살펴볼 때 기존의 Wi-Fi Direct 환경에서

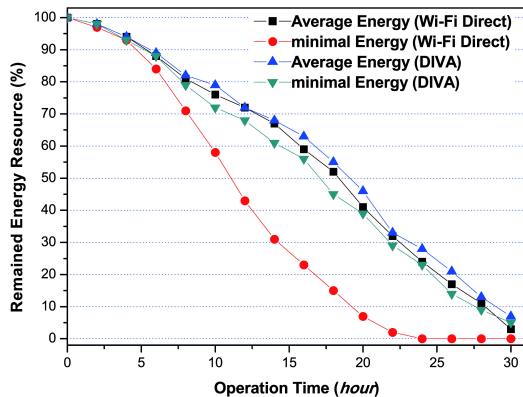


Fig. 6. Results for 2 devices via Wi-Fi Direct.

는 두 장치의 평균 에너지 잔량이 비교적 고른 분포를 보여준다는 점을 확인할 수 있다. 하지만, 두 장치 중 에너지 잔량이 낮은 장치는 자신의 물리적 환경과 무관하게 GO 역할을 수행함으로써 시간에 따라 에너지 잔량이 급격하게 감소되는 현상이 관찰되었다. 즉, 이러한 결과는 전체 네트워크 수명 시간이 네트워크를 구성하는 최소 장치의 에너지 잔량에 결정적으로 의존한다는 점을 고려할 때 기존 Wi-Fi Direct 접속에서 Intent 값 결정이 매우 중요하다는 것을 확인할 수 있다. 반면에 DIVA 알고리즘을 적용할 경우 두 장치의 평균 에너지 잔량과 두 장치 중 최소 에너지 잔량은 큰 차이가 없다는 점을 발견할 수 있다.

다음 실험은 12시간 동안 n 개의 장치가 자신의 Wi-Fi Direct 접속 대상을 Random 결정하여 네트워크를 구성한 환경에 대하여 진행하였으며, 그 결과는 그림 7과 같다. 본 실험 역시 앞서 설명한 실험과 동일하게 한 조건의 Wi-Fi Direct 접속 주기와 트래픽 환경을 적용하였으며, 모든 장치는 Wi-Fi Direct 접속을 중복 허용할 수 있도록 적용하였다.

그림 7에서 나타나는 기존 Wi-Fi Direct 접속에서는, 그림 6과 동일하게 최소 에너지 잔량과 네트워크를 구성하는 전체 장치의 평균 에너지 잔량이 큰 차이를 나타냈으며, 이는 DIVA 알고리즘을 통하여 크게 개선될 수 있다는 결과가 관찰되었다.

그림 8은 그림 7 환경과 동일한 실험 조건을 적용할 경우 각 장치가 수행하는 평균 GO 역할 수를 나타내었으며, 본 실험 결과로부터 기존 Wi-Fi Direct 접속 절차의 Intent 결정 방식에 대한 문제점을 확인할 수 있다. 실험 시간이 종료된 시점에서, 기존 Wi-Fi Direct 접속 환경에서는 각 장치가 수행한 GO 역할의 수가 평균 0.3 정도로 관찰되었으며, 이 결과로부터

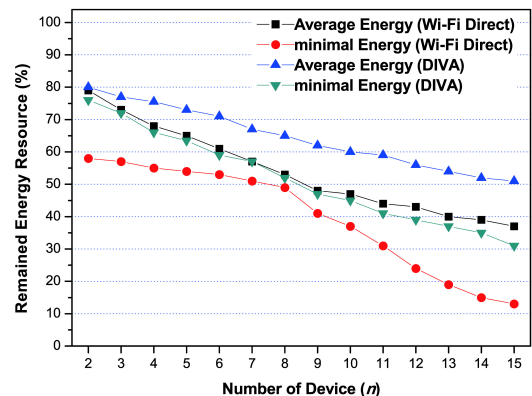


Fig. 7. Results for n devices via Wi-Fi Direct.

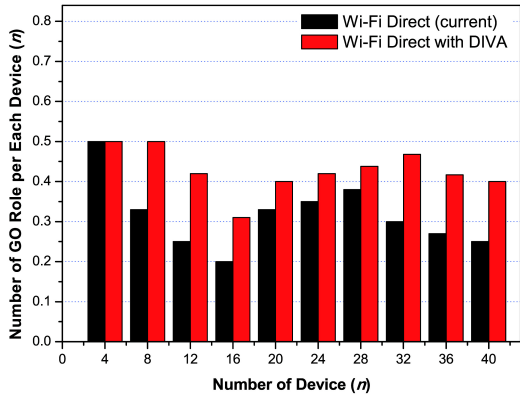


Fig. 8. Average Number of GO Role.

특정 장치에 GO 역할이 집중될 확률이 다소 높다는 결과를 유추할 수 있다.

반면 DIVA 알고리즘을 적용한 환경에서는 각 장치 당 평균 GO 역할의 수가 0.4 이상으로 관찰되었다. 즉, DIVA 수행으로부터 각 장치는 자신의 에너지 잔량과 연산능력 및 자신이 현재 수행하고 있는 GO 역할 수를 고려하고 이를 통하여 새로운 Wi-Fi Direct 환경에서의 GO 역할 여부를 결정하기 때문에, 많은 장치가 고르게 GO 역할을 수행함으로써 전체적인 네트워크 수명이 향상되었음을 관찰할 수 있다.

V. 결 론

본 고에서는 제안한 DIVA 방식은 기존 Wi-Fi Direct 표준 기술에서 정의하지 않은 Intent 값을 각 장치의 물리적 환경 파라미터와 사용자 환경 파라미터를 고려하고 이를 통해 GO를 결정함으로써, Wi-Fi Direct 접속 절차에서 GO 역할 할당에 대한 효율성을 제공할 수 있도록 설계하였다. 또한 DIVA 방식이 고려하는 환경 파라미터를 일반적인 물리적 파라미터와 사용자 환경에 따른 특수 파라미터로 분류하고 이에 대하여 정의하였다.

이를 통하여 본 고에서 제안하는 방식은 네트워크를 구성하는 각 장치 중 연산 능력과 에너지 자원이 높은 장치의 GO 역할 수행을 유도함으로써 전체적인 네트워크 수명을 연장시킬 수 있으며, 이를 실험을 통하여 효과를 나타내었다. 이러한 방식은 향후 홈 네트워크 환경에서 서로 다른 성능과 특성을 지닌 다양한 장치가 자신의 환경적 특성에 따라 Wi-Fi Direct 기술을 효율적이고 합리적으로 사용하는데 기여할 수 있을 것으로 예상된다.

References

- [1] <http://www.wi-fi.org>
- [2] *Wireless LAN Medium Access Control and Physical Layer Specifications*, IEEE Std. 802.11, 2012.
- [3] *Enhanced Security Implementation Based on IEEE P802.11i standard*, Wi-Fi Alliance, 2004.
- [4] *IBSS with Wi-Fi Protected Setup Technical Specification*, Wi-Fi Alliance, 2012.
- [5] *Wi-Fi Display Technical Specification*, Wi-Fi Alliance, 2012.
- [6] *Wi-Fi Peer-to-Peer (P2P) Technical Specification v1.2*, Wi-Fi Alliance, 2010.
- [7] A. Carroll and G. Heiser, "An analysis of power consumption in a smart phone," in *Proc. USENIX Annu. Tech. Conf.(ATC)*, pp. 21-21, Boston, USA, Jun. 2010.
- [8] J. Lee, "A new routing scheme to reduce traffic in large scale mobile ad-hoc networks through selective on-demand method," *Wirel. Netw.*, vol. 20, no. 5, pp. 1067-1083, 2014.
- [9] C.-M. Daniel, G.-S. Andres, and S. Pablo, "Device-to-device communications with Wi-Fi Direct: overview and experimentation," *IEEE Wirel. Commun.*, vol. 20, no. 3, pp. 96-104, Jun. 2013.
- [10] H. Joh and I. Ryoo, "A hybrid Wi-Fi P2P with bluetooth low energy for optimizing smart device's communication property," *Peer-to-Peer Netw. and Appl.*, vol. 8, no. 4, pp. 567-577, 2015.

이 재 호 (Jae-ho Lee)



2005년 : 고려대학교 전자컴퓨터 공학과 석사

2008년~2013년 : 고려대학교 전기전자전파공학과 박사

2011년~2013년 : 서일대학교 겸임교수

2013년~2015년 : LG전자 차세대 표준연구소 선임연구원

2013년~현재 : 서원대학교 정보통신공학과 조교수

<관심분야> WPAN, 센서네트워크, MANET, MAC, WBAN, Bluetooth, Wi-Fi, ITS, Localization