



# BFD(Bidirectional Forwarding Detection) 기술

광주대학교 정보통신공학과 노 선 식



## 1. 서론

정보통신기술의 발달로 인터넷은 모든 생활영역의 필수요소가 되었으며, 사용자들은 더욱 고도화되고 다양한 인터넷 서비스를 요구하게 되었다. 인터넷의 핵심기술인 IP는 라우팅과 포워딩이 동시에 수행되는 프로토콜이다. 초기 IP 네트워크는 수초안에 오류(failure)를 감지하여 수정하는 기능을 고려하지 않고 설계되었다. 하지만 VoIP와 같이 실시간 응용 서비스에 대한 인터넷 사용자의 요구가 급증함에 따라 IP 네트워크에서도 빠른 오류감지와 수정기능을 요구하게 되었다. 기존의 라우팅 구조는 음성과 같은 실시간 응용서비스의 오류정정 기능에 대한 요구사항을 만족시키기는 어렵다. 이를 해결하기 위해 최근 IP 네트워크는 구조적으로 라우팅과 포워딩을 분리하고 있다.

RSVP, IS-IS, OSPF와 같은 기존의 라우팅 프로토콜이나 신호 프로토콜들도 오류감지를 위해 Hello 메커니즘을 사용한다. 하지만 Hello 메커니즘은 라우터 CPU 점유, 대용량 패킷, 부가적인 정보 등으로 인해 라우터의 부담을 가중시키며, 구현함에 있어서 경제적인 부담을 가중시킨다. 더욱이 오류를 감지하는 시간이 느려 SONET에서와 같이 수 초안에 오류를 감지할 수 없는 단점을 갖고 있으며, 이는 전송속도가 초고속화됨에 따라 더욱 큰 영향을 미친다. 또한 다양한 Layer 2 프로토콜과 포워딩 프로토콜이 제시되어 구현되고 있고, 고도의 인터넷 서비스를 제공하기 위해서 이들의 융합이 절실히 요구되고 있는 최근의 경향에서는 모든 프로토콜에서 통합되어 적용될 수 있는 오류감지 프로토콜이 절실히 요구된다.

기존 라우팅 프로토콜의 제한사항을 극복하고 오류감지 및 수정시간에 대한 요구사항을 만족시키는 메커니즘을 개발하기 위해 IETF 라우팅 영역에서 BFD 작업그룹을 설립하여 새로운 BFD 프로토콜을 제시하였다. BFD 프로토콜은 기존 Hello 메커니즘의 구조적 경제적인 부담을 극복하기 위해 단순하고 경량으로 설계되었으며, SONET의 오류감지

시간과 동일한 속도를 갖기 위해 오류감지와 복구시간을 향상시키도록 설계되었다. 현재 BFD 작업그룹에서는 BFD 기본 프로토콜에 대한 수정작업을 진행하고 있으며 또한 BFD를 IS-IS, OSPF, BGP 등 기존의 라우팅 프로토콜뿐만 아니라 이더넷, MPLS 등 다양한 전송 기술에도 적용하기 위한 작업을 진행하고 있다.

본 고에서는 IETF의 작업그룹에서 제시한 BFD 프로토콜의 기술개요와 특징에 대하여 살펴보고, BFD를 다양한 프로토콜에 적용하기 위한 방안에 대하여 살펴본다. 또한 IETF의 표준화 동향 및 국외 기술동향을 소개한다.

## 2. BFD 기술개요

BFD 프로토콜은 인접한 두 시스템의 포워딩 평면간에 양방향 전송경로를 이용하여 오류를 감지하기 위한 프로토콜이다. 포워딩 엔진과 제어 엔진이 분리되어 있는 시스템에서 포워딩 엔진에 BFD 프로토콜은 구현된다. BFD 프로토콜은 기존 프로토콜의 변경없이 두 시스템간의 데이터 전송을 주관하는 프로토콜의 상위에 위치한다. BFD 프로토콜의 특징은 다음과 같다.

- BFD 프로토콜은 사용되는 POS(Packet over SONET)와 동일한 시간의 빠른 오류감지 기능을 제공한다.
- BFD 프로토콜은 전송매체, 데이터 프로토콜 및 라우팅 프로토콜과는 독립적으로 동작한다.
- BFD 프로토콜은 항상 유니캐스트와 점대점 방식으로 BFD 제어 패킷을 전송한다.
- BFD 프로토콜은 기존 프로토콜의 페이로드를 이용해 전송하므로 기존 프로토콜의 변경없이 구현이 가능하다.
- 하나의 시스템에서 다중 계층을 통해 다수개의 BFD 세션을 설정할 수 있다. 즉 두 시스템간에

는 사용하는 프로토콜마다 BFD 세션을 설정할 수 있으며, 이로 인해 두 시스템간의 다수개의 BFD 세션이 설정될 수 있다.

- BFD 프로토콜은 직접 연결된 물리 링크, 가상 연결, 터널, MPLS LSP, 다중홉 경로 등 경로의 종류와는 독립적으로 오류감지 기능을 제공할 수 있다.
- BFD 세션을 설정한 두 시스템은 세션 유지와 관련된 파라미터들에 대해서 상호 협상이 가능하다.
- BFD에서는 전송되는 BFD 패킷의 유효성을 확인하기 위해 제어 패킷의 인증영역을 선택적으로 사용하여 자체적인 인증기능을 제공한다.

인접한 두 시스템은 오류감지를 위해 BFD 제어 패킷을 이용하여 BFD 세션을 설정한다. 포워딩 엔진간에 성공적으로 BFD 세션이 설정되면, 전송주기 등 BFD 제어 패킷 전송과 관련된 파라미터를 협상한다. 협상된 파라미터에 따라 BFD 제어 패킷을 주기적으로 전송하면서 상대방의 BFD 제어 패킷을 계속적으로 감시한다. 링크나 경로의 오류가 발생하여 BFD 제어 패킷이 일정 시간 동안 전송되지 않으면 BFD 세션은 종료되고 새로운 경로 및 BFD 세션을 설정한다.

포워딩 엔진간에 BFD 세션이 설정되면 각각의 포워딩 엔진은 주기적으로 BFD 제어 패킷을 상호 송수신하게 된다. 이때 주기적으로 전송되는 제어 패킷의 수를 줄이거나 복잡도를 줄이기 위해서 포워딩 엔진은 에코 기능을 사용할 수 있다. 포워딩 엔진이 에코 기능을 사용하게 되면, BFD 에코 패킷을 송신하게 되며 에코 패킷을 수신한 포워딩 엔진은 루프 백 형식으로 에코 패킷을 송신자에게 되돌려 준다. 에코 기능은 상호간 전송 지터를 줄이고, 더욱 빠른 감지시간을 제공한다. 에코 기능은 상호간에 독립적으로 설정할 수 있다.

BFD 프로토콜은 제어 패킷 전송방법에 따라 비동기 모드(Asynchronous Mode)와 요구 모드(Demand Mode)로 운영된다. 비동기 모드는 BFD의 기본 모드로서 하나의 시스템은 주기적으로 BFD 제어 패킷을 상대

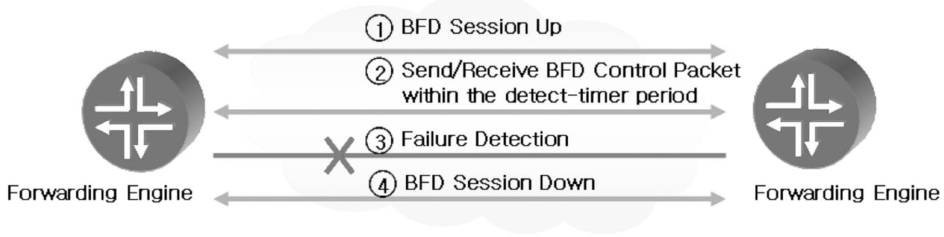


그림 1. BFD 프로토콜 동작

시스템에게 송신하며, 상대 시스템에서 수신된 제어 패킷의 수가 작을 경우 BFD 세션은 종료된다. 요구 모드는 상대 시스템과의 연결성 검증은 각각의 시스템이 독립적으로 수행하는 운영모드이다. BFD 세션이 설정되면 주기적인 BFD 제어 패킷의 전송을 중단하고, BFD 제어 패킷의 P(Poll) 비트와 F(Final) 비트를 이용하여 BFD 제어 패킷에 대한 요구/응답 방식으로 제어 패킷을 전송한다. 비동기 모드는 일반적인 BFD 세션이나 라운드 트립 시간이 요구 감지시간보다 큰 경우에 적합하다. 요구 모드는 에코 기능이 두 시스템에 의해 동시에 설정되어 있는 경우나 트래픽의 증가로 주기적인

BFD 제어 패킷의 전송이 망의 부하를 증가시키게 될 경우에 적합하다. 라운드 트립 시간이 요구 감지시간보다 작은 경우에는 요구 모드를 사용할 수 없다. 두 포워딩 엔진은 BFD 세션이 설정된 후에 각 엔진의 필요에 따라 BFD 세션을 중지하고 요구 모드로 전환할 수 있다.

설정된 BFD 세션은 제어 패킷의 전송상황에 따라 종료된다. 첫째, 비동기 모드인 경우 설정된 감지시간 안에 BFD 제어 패킷이 수신되지 않으면 오류가 발생한 것으로 감지하여 BFD 세션을 종료한다. 둘째, 일정량의 에코 패킷이 손실되었을 경우 BFD 세션을 종료한

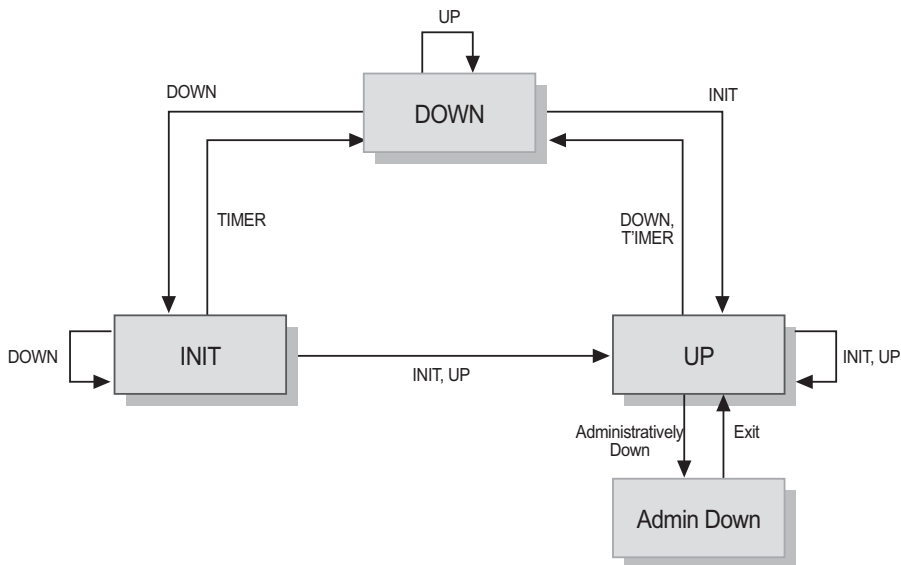


그림 2. BFD 상태 천이도

다. 셋째, 요구 모드에서 Poll 제어 패킷에 대하여 응답 패킷을 수신하지 못했을 경우 BFD 세션은 종료된다.

BFD 프로토콜은 'Init', 'Up', 'Down', 'AdminDown' 등 4개의 상태를 갖는다. 'Init' 상태는 상대 시스템과 통신을 하고 있으며, BFD 세션을 설정하기를 원하는 상태이다. 이 상태는 BFD 세션을 설정하기 위해 BFD 제어 패킷을 전송하기 전단계이다. 'Up' 상태는 상호간에 BFD 제어 패킷을 송수신함으로써 BFD 세션의 설정이 성공적으로 수행된 상태이다. BFD 세션이 설정되면 각 시스템은 오류감지나 관리상의 필요에 의해 세션 중지가 되기 전까지 'Up' 상태에 있게 된다. 'Down' 상태는 오류감지로 인해 상호간에 세션 종료를 원할 경우의 상태이다. 'AdminDown' 상태는 관리상 BFD 세션을 일시적으로 중지하게 되는 상태이다.

### 3. BFD 응용분야

기존의 오류감지 메커니즘이 수 초 단위로 오류를 감지할 수 있는 반면, BFD 프로토콜은 초단위 이하로 오류를 감지할 수 있다. BFD의 프로시저어중 일부는 제어 평면이 아닌 데이터 평면에서 수행될 수 있으므로 다른 제어 프로토콜에 비해 CPU의 점유가 적다. 더욱이 BFD 프로토콜은 특정 라우팅 프로토콜에 적합하도록 설계되지 않았기 때문에 다양한 프로토콜에 적용할 수 있는 장점이 있다. BFD를 적용할 수 있는 영역은 다음과 같다.

- 라우팅 프로토콜의 생존성 감지
- 터널의 생존성 감지
- 에지 네트워크의 유효성 감지
- 고정 경로의 생존성 감지
- 호스트의 도달성 감지
- 인터넷 망에의 적용

BFD 프로토콜은 IPv4/IPv6 및 라우팅 프로토콜(OSPF, IS-IS 등)에 적용할 수 있다. BFD 프로토콜은 IPv4/IPv6 프로토콜을 통해 직접적으로 연결되어 있는 단일홉의 두 시스템간에 오류감지 기능을 제공할 수 있다. 이때 두 시스템은 능동적인 입장에서 BFD 제어 패킷을 생성하여 전송한다. IPv4/IPv6에서 BFD 패킷은 UDP 프로토콜을 이용하여 전송된다. BFD에 대한 목적지 UDP 포트는 3784이며, 근원지 포트는 49152~65535사이에서 임의로 선정된다. BFD 세션이 단일홉으로 설정되기 때문에 IPv4/IPv6 패킷에서 TTL 값은 255로 설정된다.

기존의 OSPF와 IS-IS는 오류감지를 위해 Hello 프로토콜을 사용한다. 하지만 Hello 프로토콜은 구조적으로 오류감지 시간의 단위가 매우 크다. OSPF는 최소 2초단위이고 IS-IS는 최소 1초 단위이다. BFD 프로토콜은 Hello 프로토콜을 대신하여 OSPF와 IS-IS 프로토콜에서 더 작은 오류감지 시간을 제공한다.

BFD 프로토콜의 두번째 적용 예는 MPLS, IPsec 등과 같은 터널링 메커니즘이다. MPLS LSP 데이터 평면의 오류를 감지하기 위해 BFD 프로토콜을 사용한다. MPLS LSP에서 데이터 평면의 오류감지 및 제어 평면에 대한 데이터 평면의 검증을 위해서 LSP-Ping 메커니즘이 사용된다. BFD 프로토콜은 LSP-Ping 기능 중 데이터 평면의 오류감지를 대신하여 사용된다. 따라서 MPLS에서는 LSP-Ping과 BFD 프로토콜을 접목하여 사용함으로써 기존 LSP-Ping만을 사용하는 것보다 더 빠른 시간에 데이터 평면의 오류를 감지할 수 있으며 LSP-Ping 메커니즘에 의한 프로세싱 부담을 줄일 수 있다.

BFD 프로토콜은 VoIP에서 에지의 유효성을 감지하기 위해 적용될 수 있다. VoIP 서비스를 제공하기 위한 MGW와 PE 사이에서 BFD 프로토콜은 MGW와 PE의 오류를 감지하는 기능을 제공한다. 설정된 BFD 세션에 오류가 발생하게 되면 MGW와 PE 간에는 백업 경로를 통해 VoIP 서비스를 제공하게 된다.

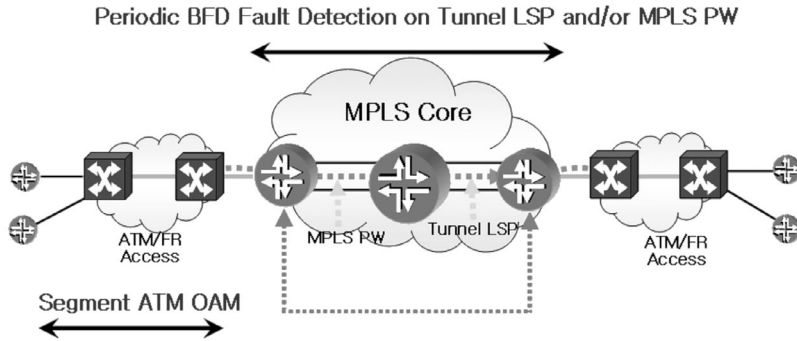


그림 3. MPLS 망에서 BFD 프로토콜 응용[2]

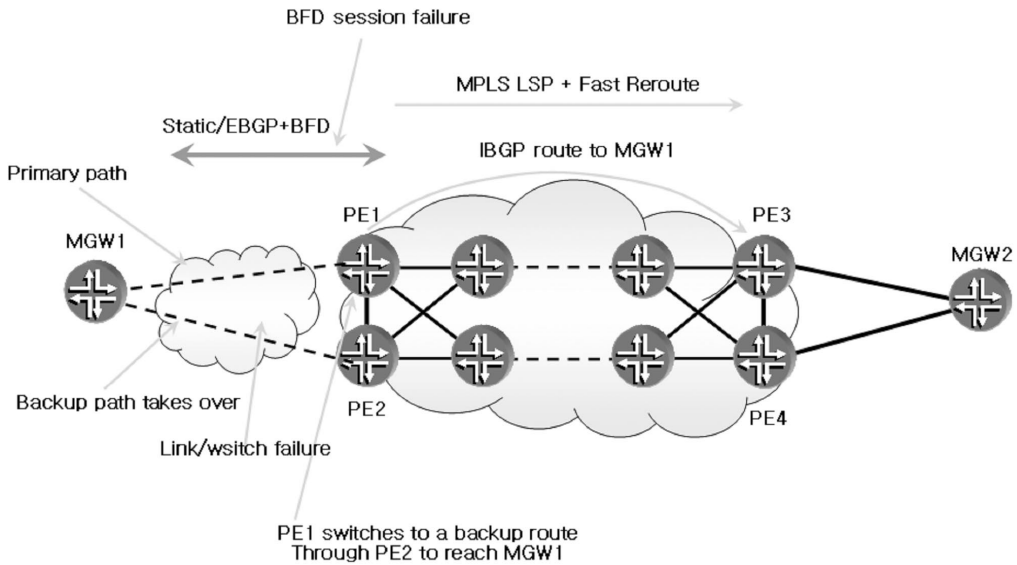


그림 4. VoIP를 위한 BFD 프로토콜 응용[2]

#### 4. 표준화 동향 및 기술동향

BFD 프로토콜의 표준화를 위해 IETF 라우팅 영역 내 BFD 작업그룹이 설립되었다. BFD 작업그룹은 2004년 8월에 BFD 프로토콜에 대한 기본 사양을 제시하였다. 초기에 제시된 BFD 프로토콜에서 BFD 제어 패킷 인증을 위해 SHA1 인증추가, 설정된 BFD 세션의

중단없이 인증기능을 수행하는 방법 추가, 그리고 다중 경로를 제어하기 위한 기능수정을 통해 2005년 2월 BFD 프로토콜 기본 사양 버전2를 제시하였다. 현재 BFD 작업그룹에서는 2005년 3월 BFD 프로토콜 기본 사양 버전3을 제시하였다. 버전3에서는 기존 버전에 존재했던 'Failing' 과 'Down' 상태를 통합하여 'Down' 상태로 정의하였으며, 새로운 'AdminDown' 상태를 정의하였다. 상태의 변화를 반영할 수 있도록 BFD 제

어 패킷의 형식을 재정의하였다. 이로 인해 버전2와 버전3는 상호호환이 되지않게 되었다.

BFD 작업그룹에서는 BFD 프로토콜의 응용 분야로 단일 홉 IP, MPLS, 다중 홉 IP 등을 선정하여 표준화를 하고 있다. 단일 홉 IP에 대해서는 IPv4와 IPv6를 통한 BFD 패킷 전송에 대한 표준화와 물리 링크, OSPF, IS-IS, 단일 홉 BGP 등의 프로토콜에서 BFD 프로토콜의 응용에 대해서 표준화를 수행하고 있다. 다중 홉 IP에 대해서는 OSPF 가상 링크와 iBGP 세션에 대한 BFD 프로토콜의 응용에 대해 표준화를 수행하고 있다.

현재 Cisco와 Juniper를 중심으로 BFD 프로토콜의 구현 및 개발이 진행되고 있다. Juniper는 JUNOS 버전 7.0까지는 BFD를 제공하지 않았으나 최근 버전인 JUNOS 버전 7.1에서는 고정 경로와 MPLS CE와 PE 경로 상의 오류를 감지하기위해 BFD 프로토콜을 적용하였다. JUNOS 버전 7.1에서는 BFD 프로토콜 버전2를 기반으로 BFD 프로토콜을 구현하였으며, 50ms의 오류감지 시간을 목표로 하였다. 이로 인해 JUNOS 7.1을 기본으로 하고 있는 Juniper Networks의 J, M, T 시리즈 라우터 플랫폼에서는 BFD 프로토콜을 기본적으로 제공하고 있다. Cisco에서는 Cisco IOS 소프트웨어 버전 12.0S와 12.2S에서 BFD 프로토콜을 구현하였으며, 이로 인해 Cisco 7600 시리즈 라우터와 Cisco 12000 시리즈 인터넷 라우터에서 BFD 기능을 제공하고 있다. 또한 Cisco CRS-1에서 동작하는 Cisco IOS-XR에서도 BFD 기능을 제공한다.

## 5. 결론

본 고에서는 IETF BFD 작업 그룹에서 표준화하고 있는 BFD 프로토콜의 기술개요 및 응용 분야와 표준화 및 기술동향에 대해서 기술하였다. 현재 BFD 기본 사양 및 단일 홉 IPv4/IPv6, MPLS, 다중 홉 IPv4/IPv6 분야에서 BFD 프로토콜 적용에 대한 표준안은 완성된

상태이며, Cisco와 Juniper를 중심으로 BFD 프로토콜을 구현하고 있다. Cisco와 Juniper에서는 BFD 프로토콜 구현에 대한 문서를 통해 BFD 프로토콜이 기존의 오류감지 메커니즘에 비해 뛰어난 오류감지 성능을 나타내고 있다는 것을 확인하였다. 따라서 BFD 프로토콜은 Cisco와 Juniper 뿐만 아니라 다른 라우터 및 인터넷 라우터를 통해서도 향후 구현될 전망이다. 특히 IETF BFD 작업그룹에서는 IEEE 802.3에 BFD를 적용하기 위한 작업을 진행하고 있으므로 BFD 프로토콜은 코어망을 포함하는 모든 망에서 구현될 전망이다.

## 참고문헌

- [1] Matt Kolon, "Delivering High Availability Routed Networks," APRICOT2005, 2005.
- [2] Matt Kolon, "Bidirectional Forwarding Detection," APRICOT2005, 2005
- [3] Cisco Whitepaper, " Bidirectional Forwarding Detection For IS-IS," 2005.
- [4] D.Kats, and D. Ward, "Bidirectional Forwarding Detection," draft-ietf-brd-base-02.txt, March, 2005.
- [5] R.Aggarwal, K. Kompella, T.D.Nadeau, and G.Swallow, "BFD For MPLS LSPs," draft-ietf-bfd-mpls-01.txt, Feb. 2005.
- [6] D.Kats, and D.Ward, "BFD for IPv4 and IPv6(Single Hop)," draft-ietf-bfd-v4v6-1hop-02.txt, March 2005.
- [7] D.Kats and D.Ward, "BFD for Multihop Paths," draft-ietf-bfd-multihop-02.txt, March 2005.

[8] JunOS7.1 Protocols, Class of Service, System Basic Command Reference, Juniper.

[9] Jukka Honkola, “OSPF and IS-IS Evolution,” HUT T-110.551 Seminar on Internetworking, April 2004. **TTA**