

IEEE 802.11n

김학용 차장 (070-7589-5319)
LG데이콤 솔루션지원담당 컨설팅팀

1. 머리말

2009년 9월 16일 IEEE 802.11n 표준이 7년 만에 최종적으로 승인되면서 광대역 무선랜 기술인 IEEE 802.11n에 대한 관심이 집중되고 있다. 본 문서에서는 IEEE 802.11n 표준의 주요 특성과 지금까지 수년간 사용해온 IEEE 802.11a/b/g 표준과의 차이를 중심으로 설명하고자 한다.

2. 표준화 이력

2004년 IEEE 802.11 Task Group n (TGn)을 형성하면서 공식적인 표준화 작업이 시작되었다. 당시 TGnSync와 WWiSE로 나뉘어져 있었으나, 2005년 통합되어 표준화를 진행하게 되었다. 두 그룹은 모두 MIMO를 사용하고 있었다. 2007년 3월에 Draft 2.0이 통과됨으로써 IEEE 802.11n 표준의 물리적 규격이 확정되었다. 2008년 802.11n Draft 4.0이 88%의 찬성으로 통과되었다. 2009년 9월 16일 IEEE Standard Board가 최종적으로 승인하였다.

3. 주요 특징

802.11n 표준이 100Mbps의 데이터 속도를 제공하자는 데에서 시작한 만큼 기존 무선랜 기술에 대한 802.11n 표준의 가장 큰 특징은 전송속도일 것이다. 802.11n 기술을 표준화 하는 과정에서 몇몇 업체들이 MIMO 기술을 이용하지 않고도 100Mbps 이상의 속도를 제공하는 방법을 제시하면서, 802.11n 표준은 최대 600Mbps의 속도를 제공하는 것으로 목표를 바꾸게 된다. 이처럼 802.11n의 가장 큰 특징은 높은 전송속도이며, 이 장에서는 이를 가능하게 하는 기술들에 대해 살펴보기로 한다.

3.1 Modulation

802.11a와 802.11g는 OFDM(Orthogonal Frequency Division Modulation)이라는 기술을 이용하여 데이터를 전송한다. 이는 가용한 대역폭을 48개의 서브캐리어(sub-carrier)로 나누어 동시에 전송하는 것이라 생각하면 된다. 각 서브캐리어는 데이터 스트림의 일부분을 전송하고, 수신단에서 원래의 데이터 스트림으로 되돌리게 된다. 이를 통해 최대 데이터 속도는 54Mbps를 얻을 수 있다.

802.11n은 서브캐리어의 개수를 48개에서 52개로 늘림으로써 하나의 전송 라디오에 대해 데이터 속도를 65Mbps로 올리게 된다. 802.11n은 최대 4개의 송신기를 정의하고 있으므로, 2개의 송신기에 대해서는 130Mbps, 3개의 송신기에 대해서는 195Mbps, 그리고 4개의 송신기에 대해서는 260Mbps의 데이터 속도를 이용할 수 있게 된다. 기존의 기술들이 20MHz의 단일 무선 채널을 이용하는데 비해, 802.11n은 위에서 설명할 채널 본딩을 이용해 40MHz 채널을 이용할 수 있으므로 앞의 데이터 속도들은 135, 270, 405, 540Mbps까지 높일 수 있게 된다.

3.2 MIMO

MIMO(Multiple Input Multiple Output)는 전송되는 신호가 벽이나 문 혹은 다른 물체에 부딪힌 후 서로 다른 경로를 통해 약간씩 다른 시간에 수신 안테나에 도착하는 다중경로(multipath)라 불리는 현상을 이

용한다. 사실상 제어가 불가능한 다중경로 현상은 원래의 신호를 왜곡시켜 수신된 신호를 해석하는 것을 어렵게 만들며 무선랜의 성능을 떨어뜨리게 된다.

MIMO는 공간분할다중화(space-division multiplexing)라 불리는 기술을 이용하여 다중경로 현상을 이용한다. 실제로 송신용 무선랜 장치는 하나의 데이터 스트림을 스페이셜 스트림(spatial stream)이라 불리는 여러 개의 데이터 스트림으로 나누고 각각의 스페이셜 스트림을 각각의 안테나를 통해 전송한다. 802.11n 표준은 최대 4개의 스페이셜 스트림을 제공한다.

스페이셜 스트림을 한 개에서 두 개로 늘리면 데이터 속도는 두 배가 된다. 그러나, 전력 소모가 증가하고 비용이 늘어난다는 문제가 발생한다. 따라서, 802.11n 표준은 MIMO 파워세이브 모드를 포함하고 있다. 즉, 추가적인 성능을 얻을 수 있을 때에만 다중경로를 이용함으로써 전력소모를 줄이게 된다.

3.3 Beam Forming

빔포밍은 수신 안테나에서의 SNR을 최적화함으로써 도달 거리(range) 및 성능을 개선시키기 위해 송신 안테나들 사이에서 위상 관계를 조절하는 기술이다. 빔포밍이 어떻게 동작하는지를 이해하기 위해서는 노이즈 캔슬링 헤드셋에 사용되는 원리를 알면 된다. 노이즈 캔슬링 헤드셋은 외부 노이즈를 감지하기 위해 소형 마이크를 사용한다. 감지된 노이즈와 크기는 같지만 반대 위상을 가진 노이즈가 헤드셋 내에서 만들어지게 되고 원래 노이즈의 상당 부분은 상쇄되게 된다.

802.11n은 노이즈 캔슬링 헤드셋에 사용되는 원리와는 다르게 동일한 두 개의 파형을 이용해서 매우 강력한 파형을 만들게 된다. 즉, 두 개의 안테나에서 올바른 위상 관계를 갖는 신호를 전송함으로써 더욱 강력한 신호가 되어 수신기에 도달하도록 한다. 이 경우 수신기는 수신한 신호에 대해 송신기에 피드백을 보내야만 한다.

이 피드백은 오직 수신기의 현재 위치와 송신기에 대한 상대적인 방향과만 관련이 있다. 빔포밍 기술은 오직 하나의 수신기로 신호를 전송할 때만 동작하며, 여러 수신기에 대해 멀티캐스팅이나 브로드캐스팅을 할 때는 동작하지 않는다. 또한, AP로부터의 비콘(beacon) 브로드캐스트는 클라이언트들에 의해 수신되어야 하기 때문에, 빔포밍이 AP의 커버리지를 크게 키우거나 하지는 못한다. 이 기술은 오직 개별적인 클라이언트, 그 중에서도 멈추어 있는 클라이언트의 성능을 향상시킬 수 있을 뿐이다. 마지막으로, 이 기술은 최소한의 장애물과 반사면이 있는 곳에서 가장 효율적이다.

3.4 Spatial Diversity

스페이셜 다이버시티는 다중 안테나를 이용하는 기술이다. 여러 데이터 스트림들이 AP의 각 안테나를 통해 전송되며 AP가 있는 지역의 다양한 표면에 부딪혀 반사되어 전송됨으로써 아주 약간씩의 시차를 두고 수신기 안테나에 도착하게 된다. 수신기는 복잡한 수학 연산을 거쳐서 이러한 신호들을 SNR이 뛰어난 신호로 만들게 된다.

802.11n 표준은 최대 4개의 안테나를 지원하지만, 대부분의 제품들은 3개 이하의 안테나를 가지고 있다. 스페이셜 다이버시티는 AP는 두 개의 안테나를 가지고 있고 클라이언트는 하나의 안테나(빔포밍)를 가지고 있는, 이른바 2X1 구성으로도 동작할 수 있다. 혹은 2X2나 3X2(3개의 AP 안테나와 2개의 클라이언트 안테나)로 구성됨으로써 성능을 높일 수 있다. 실험결과 3X2 구성까지는 성능 이득이 매우 높지만, 그 이상(3X3 혹은 4X4)으로 갈수록 성능 이득의 폭은 줄어든다.

3.5 Channel Bonding

802.11n에서는 무선랜 통신 채널의 폭을 20MHz에서 40MHz로 늘림으로써 효과적으로 데이터 속도를 두 배로 만들 수 있다. 즉, 이웃하는 두 채널을 결합(bonding)함으로써 이러한 목적을 달성할 수 있다. (예를 들면, 1 & 2, 5 & 6, 10 & 11) 이렇게 하면, 전송을 위한 가용 대역폭이 두 배가 되므로 데이터 속도를 두 배 빨리 보낼 수 있게 된다.

또한, 802.11b/g 표준에서는 각 채널의 윗부분과 아래 부분은 co-channel interference를 줄이기 위해 제한된다. 채널 본딩을 하게 되면 두 채널이 하나처럼 동작하기 때문에 이러한 간섭에 대해 걱정할 필요가 없게 된다.

하지만, 그에 대한 대가는 다른 장치들은 더 적은 채널을 이용해야 한다는 것이다. 802.11b/g의 2.4GHz 대역의 경우, 20MHz의 겹치지 않는 세 개의 채널을 이용해도 충분히 많은 대역을 사용할 수 있다. 그러나, 40MHz 채널은 동일한 공간에서 다른 장치들이 사용할 수 있는 주파수 대역을 충분히 남기지 않는다. 따라서, 채널 본딩은 802.11b/g에 대해서는 권고하지 않는다.

5GHz 대역에서 사용되는 802.11a는 적어도 12개의 비중첩 채널을 가지고 있어서 채널 본딩을 사용할 수 있다.

3.6 Aggregation

애그리게이션은 오버헤드 통신 사이에서 여러 데이터 패킷을 전송할 수 있도록 함으로써 혼합 모드 환경에서 효율을 개선시킨다. 각 프레임에 대한 채널 액세스를 얻기 위해 느린 속도의 802.11b 기술과의 호환을 사용해야만 하는 802.11a/g 클라이언트와 달리, 802.11n 클라이언트는 하나의 access-overhead 프레임 셋에 대해 여러 개의 프레임을 모아서 전송한다. 각각 Preamble, Radio header, MAC header, CRC, ACK 등과 같은 오버헤드와 함께 두 개의 개별적인 데이터 프레임을 전송하는 대신에, 802.11n은 여러 개의 데이터를 하나의 프레임으로 전송할 수 있도록 해줌으로써 오버헤드를 상당히 줄여준다. 이러한 특성을 수용할 수 있도록 하기 위해 최대 프레임 사이즈는 4K에서 64K로 늘어났다.

3.7 Reduced Inter-Frame Spacing (RIFS)

무선랜 장치들은 프레임 전송 사이에 최소한의 시간을 기다려야 한다. 이를 Inter-Frame Spacing 혹은 IFS라 하는데, 802.11n에서는 이 값을 줄였다. 그러나, 오직 Greenfield 환경, 즉 기존 장치들에 대한 호환성을 지원하지 않는 환경에서만 적용된다.

3.8 Reduced Guard Interval

OFDM 심볼 전송 사이의 Guard Interval도 802.11a/g보다 줄일 수 있다. 선택적으로 표준 800nsec 지연을 400nsec로 줄일 수 있는데, 이는 20MHz 채널에 대해 전송기의 개수에 따라 72, 144, 216, 288Mbps의 데이터 속도에 해당하며, 40MHz 채널에 대해서는 150, 300, 450, 600Mbps에 해당한다.

3.9 Greenfield Mode

기존의 802.11a/b/g 장치들에 대한 다운워드 호환성을 제거함으로써 효율성을 개선하였다.

4. 맺음말

지금까지 IEEE 802.11n 표준에 대해 주요 특징을 중심으로 살펴보았다. 각 특징에 대해 구체적으로 알

고자 하는 사람들은 직접 표준 문서를 보며 공부해야 할 것이다. 그러나, 802.11n을 지원하는 제품을 이용하고자 하는 사람들은 이 정도의 특징만이라도 이해하고 있다면 충분할 것이다.

앞에서도 언급한 것처럼, 802.11n 표준은 최대 600Mbps의 속도를 제공할 수 있다. 그러나, 실효 속도는 대략 300Mbps 수준일 것이며, 동시에 여러 사용자가 양방향(full duplex) 방식으로 사용한다면 그 속도는 훨씬 떨어질 것이다. 특히, 대부분의 사용자는 무선랜 AP에서 충분히 떨어진 곳에서 무선랜 장치를 사용할 것이므로 실제적인 데이터 속도는 그 이하일 것이다.

새로운 기술이 나올 때마다 우리는 경이로운 숫자에 놀라곤 한다. 그러나, 막상 그러한 기술들이 현실에서 사용될 때는 실망하게 된다. 우리는 실제적인 숫자를 원하지만, 새로운 기술을 만드는 사람들은 그들이 만드는 것을 더욱 돋보이게 하기 위해 무조건 큰 숫자를 들먹이기 때문이다.

무선랜을 비롯하여 무선 통신 기술에 큰 기대를 품고 있는 사람의 하나로써 802.11n 기술의 완성이 실생활을 어떻게 바꿀지는 잘 모르겠다. 그러나, 무선랜 장치를 사용하는 사람들이 더욱 늘어나고 있고 어플리케이션이 대용량 트래픽 교환을 필요로 하는 상황에서 새로운 기술이 얼마나 오래 동안 효과를 발휘할 수 있을지 궁금하다.