**Cách Wi-Fi hoạt động & Các chuẩn Wi-Fi phổ biến**

**1. Wi-Fi hoạt động như thế nào**

* Wi-Fi (Wireless Fidelity) là công nghệ mạng không dây cho phép các thiết bị (laptop, điện thoại, máy tính bảng, IoT, v.v.) kết nối với mạng dữ liệu hoặc Internet thông qua sóng radio, thường sử dụng các băng tần 2.4 GHz, 5 GHz, và mới hơn là 6 GHz.
* Các thành phần cơ bản:
  1. **Access Point** (hoặc router tích hợp Wi-Fi): phát sóng không dây.
  2. **Client** (thiết bị kết nối): có card Wi-Fi nhận sóng.
  3. **Kênh tần số** (chan-nel): mỗi chuẩn sử dụng các kênh trong băng tần nào đó.
  4. **Modulation / coding**: cách mã hóa tín hiệu radio để truyền dữ liệu.
  5. **Multiple-antenna / MIMO / spatial streams**: chuẩn mới hỗ trợ nhiều anten để tăng băng thông và hiệu suất.
* Quy trình hoạt động cơ bản khi thiết bị kết nối Wi-Fi:
  1. Thiết bị tìm các mạng Wi-Fi khả dụng bằng cách quét (scan) các kênh.
  2. Thiết bị chọn một Access Point (AP), nếu mạng có bảo mật thì nhập mật khẩu.
  3. Thiết lập kết nối (giao thức cấp thấp: authentication, association).
  4. Sau khi kết nối, thiết bị & AP trao đổi dữ liệu: AP gửi tín hiệu beacon, thiết bị gửi dữ liệu, AP chuyển tiếp dữ liệu vào mạng LAN hoặc Internet.
  5. Khi xong hoặc thiết bị rời phạm vi, thiết bị sẽ dissociate, ngắt kết nối.

**2. Các chuẩn Wi-Fi và sự khác biệt**

Dưới đây là bảng so sánh các chuẩn Wi-Fi phổ biến: 802.11a, b, g, n, ac, ax (Wi-Fi 4,5,6…) và các đặc điểm nổi bật:

| **Chuẩn Wi-Fi** | **Năm ra đời / phổ biến** | **Băng tần sử dụng** | **Tốc độ tối đa lý thuyết** | **Tính năng nổi bật** | **Ưu điểm** | **Hạn chế** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **802.11a** | Cuối những năm 1990 / đầu 2000 | 5 GHz | ~54 Mbps | OFDM, ít bị nhiễu từ thiết bị 2.4 GHz | Tốc độ cao hơn b, ít bị nhiễu; phù hợp môi trường ít vật cản | Phạm vi ngắn hơn vì 5 GHz ít xuyên vật cản tốt; chi phí thiết bị cao hơn thời đó |
| **802.11b** | 1999 | 2.4 GHz | ~11 Mbps | Spread Spectrum (DSSS) | Phạm vi tốt trong nhà, chi phí thấp | Tốc độ thấp, hay bị nhiễu với các thiết bị dùng 2.4 GHz; kênh ít; không phù hợp dữ liệu lớn |
| **802.11g** | ~2003 | 2.4 GHz | ~54 Mbps | Kết hợp băng tần 2.4 GHz với hiệu suất cao hơn b; sử dụng OFDM nhưng tương thích ngược với b | Tăng tốc độ so với b, vẫn dùng chung băng tần 2.4 GHz nên phạm vi & khả năng xuyên tường tốt hơn chuẩn 5 GHz khi thiết bị gần | Khi có thiết bị b or nhiễu 2.4 GHz vẫn ảnh hưởng; tốc độ thực tế thấp hơn nhiều lúc cao lý thuyết |
| **802.11n** (Wi-Fi 4) | ~2009 | 2.4 & 5 GHz | Lý thuyết ~600 Mbps | MIMO, kênh rộng (channel bonding) – các kênh 40 MHz; tương thích ngược với a/b/g | Tăng mạnh throughput; linh hoạt với 2 băng tần; cho hiệu suất tốt trong nhiều môi trường | Hiệu suất thực tế thường thấp hơn lý thuyết; thiết bị cũ có thể chỉ hỗ trợ 1 hoặc 2 anten; khi nhiều thiết bị chia sẻ, hiệu suất giảm |
| **802.11ac** (Wi-Fi 5) | ~2013 | chủ yếu 5 GHz | Có thể tới ~1-1.7 Gbps (tùy thiết bị) | Kênh rộng hơn (80, 160 MHz), tăng số luồng MIMO, beamforming, modulation cao hơn (256-QAM) | Tốc độ cao cho streaming, video, chơi game; phù hợp thiết bị hiện đại | Phạm vi rút ngắn hơn; khi vật cản hay khoảng cách lớn thì tín hiệu giảm mạnh; yêu cầu thiết bị hỗ trợ chuẩn mới để tận dụng |
| **802.11ax** (Wi-Fi 6 / 6E) | ~2019-2021 | 2.4 GHz + 5 GHz + mở rộng 6 GHz (trong phiên bản 6E) | Lý thuyết có thể lên tới ~9.6 Gbps | OFDMA, MU-MIMO nhiều thiết bị cùng lúc, modulation cao hơn (1024-QAM), tiết kiệm năng lượng hơn, xử lý tốt môi trường đông người | Hiệu suất tổng thể tốt hơn trong môi trường nhiều thiết bị; độ trễ giảm; sử dụng phổ tần mới giúp giảm tắc nghẽn; hỗ trợ thiết bị hiện đại | Thiết bị cũ không hỗ trợ; chi phí thiết bị cao hơn; triển khai 6 GHz phụ thuộc vùng – không phải nơi nào cũng cấp phép; đường truyền thực tế thường thấp hơn lý thuyết |

**3. So sánh các chuẩn theo yếu tố**

* **Phạm vi & độ xuyên vật cản**: Chuẩn dùng băng tần thấp hơn như 2.4 GHz (ví dụ 802.11b/g/n) xuyên tường tốt hơn, phạm vi lớn hơn; băng tần 5 GHz (802.11a/ac/ax) có tốc độ cao hơn nhưng bị giảm tín hiệu hơn vật cản; băng tần 6 GHz (trong Wi-Fi 6E / ax) cũng có hạn chế khi xuyên tường.
* **Tốc độ thực tế vs lý thuyết**: Thường thấp hơn lý thuyết do nhiễu, số lượng thiết bị cùng sử dụng, hạn chế băng kênh, chất lượng anten, khoảng cách.
* **Độ trễ & nhiều thiết bị**: Wi-Fi 6 (ax) cải thiện rất nhiều trong môi trường nhiều thiết bị (multi-user) nhờ OFDMA, MU-MIMO, quản lý truy vấn tốt hơn.
* **Tiêu thụ năng lượng**: Các chuẩn mới hơn có tính năng tiết kiệm pin (ví dụ Wi-Fi 6 có Target Wake Time) để thiết bị di động, IoT ít hao pin khi không hoạt động liên tục.