**Wi-Fi hoạt động như thế nào trong mạng không dây**

Wi-Fi là công nghệ mạng LAN không dây (Wireless LAN ‒ WLAN) dùng sóng vô tuyến (radio waves) để truyền dữ liệu thay vì dùng dây cáp. Cơ bản gồm:

* Có **Access Point (AP)** hoặc router phát sóng, và các thiết bị khách (laptop, điện thoại, máy tính bảng, IoT…) kết nối không dây với AP.
* Giao tiếp xảy ra qua các tầng mạng: tầng vật lý (PHY) – xác định cách thức truyền sóng, tần số, băng thông, điều chế tín hiệu – và tầng liên kết dữ liệu (MAC ‒ Medium Access Control) – quản lý cách chia sẻ kênh, tránh va chạm, điều khiển ai được gửi tín hiệu khi nào.
* Khi thiết bị muốn gửi dữ liệu, nó phải “nghe” xem kênh có đang được dùng không (CSMA/CA là cơ chế phổ biến – “Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance”): nếu kênh bận thì chờ, nếu kênh rảnh thì gửi.
* AP và thiết bị khách trao đổi các gói tin, bao gồm: beacon (phát để báo có mạng), kết nối, xác thực, mã hóa, gửi/nhận dữ liệu. AP có thể thực hiện nhiều tính năng nâng cao như MIMO, beamforming, phân chia tần số kênh, để tăng hiệu suất.

**Các chuẩn Wi-Fi (IEEE 802.11 a / b / g / n / ac / ax) và sự khác biệt**

Dưới đây là bảng so sánh các chuẩn phổ biến, sau đó là chi tiết:

| **Chuẩn** | **Tần số sử dụng** | **Tốc độ lý thuyết tối đa** | **Băng thông kênh (Channel width)** | **Công nghệ nổi bật** | **Ưu điểm / Nhược điểm** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **802.11b** | 2.4 GHz | ~11 Mbps [Dell+2tek.com+2](https://www.dell.com/support/contents/en-ke/article/product-support/self-support-knowledgebase/networking-wifi-and-bluetooth/wi-fi-network-standards-overview?utm_source=chatgpt.com) | 20 MHz [Dell+2tek.com+2](https://www.dell.com/support/contents/en-ke/article/product-support/self-support-knowledgebase/networking-wifi-and-bluetooth/wi-fi-network-standards-overview?utm_source=chatgpt.com) | Dùng DSSS, CCK để điều chế tín hiệu [tek.com+1](https://www.tek.com/en/documents/primer/wi-fi-overview-80211-physical-layer-and-transmitter-measurements?utm_source=chatgpt.com) | **Ưu**: chi phí thấp, tầm phủ (range) tốt ở băng 2.4GHz; **Nhược**: tốc độ thấp, dễ bị nhiễu vì nhiều thiết bị dùng 2.4 GHz. |
| **802.11a** | 5 GHz | ~54 Mbps [HowStuffWorks+3Dell+3fs.com+3](https://www.dell.com/support/contents/en-ke/article/product-support/self-support-knowledgebase/networking-wifi-and-bluetooth/wi-fi-network-standards-overview?utm_source=chatgpt.com) | 20 MHz [Dell+1](https://www.dell.com/support/contents/en-ke/article/product-support/self-support-knowledgebase/networking-wifi-and-bluetooth/wi-fi-network-standards-overview?utm_source=chatgpt.com) | OFDM modulation; ít nhiễu hơn ở 5 GHz vì ít thiết bị sử dụng; tầm phủ kém hơn ở băng cao hơn [tek.com+1](https://www.tek.com/en/documents/primer/wi-fi-overview-80211-physical-layer-and-transmitter-measurements?utm_source=chatgpt.com) | Ưu: tốc độ cao hơn so với b, ít nhiễu; Nhược: xuyên tường/chướng ngại vật kém hơn, chi phí cao hơn so với b (thời xưa). |
| **802.11g** | 2.4 GHz | ~54 Mbps [Dell+2Wikipedia+2](https://www.dell.com/support/contents/en-ke/article/product-support/self-support-knowledgebase/networking-wifi-and-bluetooth/wi-fi-network-standards-overview?utm_source=chatgpt.com) | 20 MHz [tek.com+1](https://www.tek.com/en/documents/primer/wi-fi-overview-80211-physical-layer-and-transmitter-measurements?utm_source=chatgpt.com) | Kết hợp lợi thế của a/g: tốc độ cao, tương thích với thiết bị b; dùng OFDM [Wikipedia+1](https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11g-2003?utm_source=chatgpt.com) | Ưu: tương thích ngược với chuẩn b, nhanh hơn b; Nhược: vẫn chịu nhiễu nhiều, hiệu suất thực tế thấp hơn lý thuyết khi có nhiều thiết bị. |
| **802.11n** (“Wi-Fi 4”) | 2.4 GHz & 5 GHz | ~600 Mbps [Dell+2fs.com+2](https://www.dell.com/support/contents/en-ke/article/product-support/self-support-knowledgebase/networking-wifi-and-bluetooth/wi-fi-network-standards-overview?utm_source=chatgpt.com) | 20 / 40 MHz (có thể kết hợp các kênh để tăng băng thông) [tek.com+2Dell+2](https://www.tek.com/en/documents/primer/wi-fi-overview-80211-physical-layer-and-transmitter-measurements?utm_source=chatgpt.com) | Dùng MIMO (nhiều anten) để gửi/nhận đồng thời, hỗ trợ kênh rộng hơn, tốc độ cao hơn; tương thích ngược với a/b/g [CBT Nuggets+1](https://www.cbtnuggets.com/blog/technology/networking/when-to-use-802-11-a-b-g-b-nc-wifi-standards?utm_source=chatgpt.com) | Ưu: hiệu suất tốt, phạm vi phủ tốt; Nhược: tốc độ thực tế phụ thuộc nhiều vào số anten và điều kiện môi trường; ở 2.4GHz vẫn bị nhiễu; việc sử dụng kênh 40MHz ở 2.4 GHz có thể gây nhiễu cho các mạng lân cận. |
| **802.11ac** (“Wi-Fi 5”) | chủ yếu 5 GHz | lý thuyết có thể vượt 1 Gbps (thường ~1.3 Gbps trở lên tùy router / thiết bị) [Dell+1](https://www.dell.com/support/contents/en-ke/article/product-support/self-support-knowledgebase/networking-wifi-and-bluetooth/wi-fi-network-standards-overview?utm_source=chatgpt.com) | 20 / 40 / 80 / 160 MHz [Dell+1](https://www.dell.com/support/contents/en-ke/article/product-support/self-support-knowledgebase/networking-wifi-and-bluetooth/wi-fi-network-standards-overview?utm_source=chatgpt.com) | MU-MIMO, beamforming, tập trung vào throughput cao hơn; kênh rộng hơn giúp tốc độ cao; tần số 5 GHz ít nhiễu hơn so với 2.4 GHz trong nhiều trường hợp. [CBT Nuggets+1](https://www.cbtnuggets.com/blog/technology/networking/when-to-use-802-11-a-b-g-b-nc-wifi-standards?utm_source=chatgpt.com) | Ưu: tốc độ cao, tốt cho streaming, tải nặng, môi trường băng thông lớn; Nhược: tầm phủ thấp hơn ở băng cao, xuyên tường/chướng ngại vật yếu hơn so với 2.4 GHz; thiết bị cần hỗ trợ chuẩn mới để tận dụng. |
| **802.11ax** (“Wi-Fi 6 / 6E”) | 2.4 GHz + 5 GHz (+ 6 GHz cho Wi-Fi 6E) [WIRED+2CBT Nuggets+2](https://www.wired.com/story/what-is-wi-fi-6e?utm_source=chatgpt.com) | lý thuyết lên đến khoảng **9.6 Gbps** [Dell+2CBT Nuggets+2](https://www.dell.com/support/contents/en-ke/article/product-support/self-support-knowledgebase/networking-wifi-and-bluetooth/wi-fi-network-standards-overview?utm_source=chatgpt.com) | 20 / 40 / 80 / 160 MHz; sử dụng OFDMA, MU-MIMO nhiều người dùng đồng thời, cải thiện hiệu suất trong môi trường nhiều thiết bị đồng thời [Lifewire+2CBT Nuggets+2](https://www.lifewire.com/wi-fi-6-802-11-ax-4797345?utm_source=chatgpt.com) | Các tính năng tiết kiệm năng lượng (Target Wake Time – TWT), tối ưu hóa hiệu suất khi nhiều thiết bị nối mạng, hỗ trợ băng tần mới (6 GHz nếu có) [WIRED](https://www.wired.com/story/what-is-wi-fi-6e?utm_source=chatgpt.com) | Ưu: hiệu suất cao, tốt trong môi trường đông thiết bị, độ trễ thấp hơn, hiệu suất tổng thể tốt hơn; Nhược: thiết bị và router phải hỗ trợ chuẩn; chi phí cao hơn; ở tần 6GHz bị suy giảm do vướng vật cản; vùng phủ bị giới hạn hơn. |

**Một số chuẩn mới hoặc mở rộng khác**

* **Wi-Fi 6E**: là phần mở rộng của Wi-Fi 6 (802.11ax) dùng thêm băng tần **6 GHz**, giúp có thêm kênh truyền mới, ít bị nhiễu hơn, dung lượng lớn hơn. [WIRED+1](https://www.wired.com/story/what-is-wi-fi-6e?utm_source=chatgpt.com)
* **802.11ah (Wi-Fi HaLow)**: dùng băng tần thấp (~900 MHz) nhằm tăng phạm vi phủ, giảm tiêu thụ điện năng—thích hợp cho IoT, thiết bị cần tiết kiệm pin, vùng phủ rộng. [Wikipedia](https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11ah?utm_source=chatgpt.com)
* **802.11ad, 802.11ay (WiGig)**: sử dụng tần số rất cao (~60GHz) để đạt tốc độ cực lớn nhưng chỉ dùng trong khoảng ngắn, không xuyên tường tốt; phù hợp cho kết nối cục bộ, backhaul, truyền dữ liệu nhanh giữa thiết bị gần nhau. [fs.com+1](https://www.fs.com/au/blog/80211-wireless-standards-explained-288.html?utm_source=chatgpt.com)

**Các khác biệt chính**

Tóm tắt các điểm khác nhau lớn giữa các chuẩn:

1. **Tần số hoạt động (frequency bands)**  
     - 2.4 GHz: xuyên tường tốt hơn, phạm vi rộng hơn, nhưng dễ nhiễu vì nhiều thiết bị sử dụng (microwave, Bluetooth, thiết bị IoT, …).  
     - 5 GHz: ít nhiễu hơn, tốc độ cao hơn, nhưng khả năng xuyên tường/chướng ngại vật kém hơn, phạm vi nhỏ hơn.  
     - 6 GHz (Wi-Fi 6E): nhiều băng tần chưa được dùng, ít bị nhiễu, nhưng yêu cầu thiết bị hỗ trợ, và tín hiệu suy yếu nhanh hơn qua chướng ngại vật.
2. **Băng thông kênh (channel width)**  
   Các chuẩn mới hơn hỗ trợ các kênh rộng hơn (40 MHz, 80 MHz, 160 MHz) để truyền nhanh hơn. Tuy nhiên, dùng kênh rộng cũng có nhược điểm: dễ bị nhiễu, lãng phí nếu không có nhiều thiết bị hay môi trường có tần số trống.
3. **Số anten & MIMO / MU-MIMO**  
     - MIMO: cho phép nhiều anten phát & nhận (multiple-input multiple-output), giúp tăng thông lượng/tốc độ.  
     - MU-MIMO (đa người dùng): nhiều thiết bị có thể được phục vụ cùng lúc, giảm độ trễ. Được cải thiện trong 802.11ac, 802.11ax.
4. **Cơ chế truy cập / phân chia tài nguyên**  
   Các chuẩn mới (802.11ax) thêm OFDMA (cho phép chia nhỏ tài nguyên tín hiệu cho nhiều thiết bị cùng lúc) để tối ưu trong môi trường nhiều thiết bị. Cơ chế này giúp giảm “nghẽn bottleneck” khi nhiều thiết bị muốn gửi/nhận cùng lúc.
5. **Hiệu suất lý thuyết vs thực tế**  
   Tốc độ lý thuyết cao hơn nhiều so với tốc độ thực tế do: khoảng cách, vật cản (tường, sàn), nhiễu sóng, thiết bị khách yếu hơn, mất gói, overhead (gói điều khiển, xác thực, mã hóa), chất lượng anten.
6. **Tiêu thụ điện năng / tiết kiệm năng lượng**  
   Chuẩn mới thêm các tính năng như Target Wake Time (TWT) giúp thiết bị rung chuông “ngủ” khi không sử dụng, và chỉ bật khi cần giao tiếp—giúp thiết bị di động tiết kiệm pin hơn. [Lifewire](https://www.lifewire.com/wi-fi-6-802-11-ax-4797345?utm_source=chatgpt.com)
7. **Tương thích ngược**  
   Hầu hết chuẩn mới đều giữ khả năng tương thích với chuẩn cũ (ví dụ 802.11ax có thể làm việc với thiết bị n, g, b nếu AP hỗ trợ) nhưng nếu thiết bị dùng chuẩn cũ thì hiệu suất sẽ bị giới hạn bởi chuẩn cũ.

**Cách Wi-Fi chuẩn hơn hoạt động (chi tiết hơn)**

Khi thiết bị muốn kết nối bằng Wi-Fi, các bước cơ bản:

1. **Khởi tạo tín hiệu phát beacon từ AP / router**: AP gửi tín hiệu beacon định kỳ để thông báo “mạng này có tên là …, băng tần này, các khả năng hỗ trợ (các chuẩn, mã hóa, băng thông…)”
2. **Thiết bị khách tìm SSID** (mạng Wi-Fi) phù hợp, người dùng nhập mật khẩu nếu có.
3. **Xác thực & tương thích**: Thiết bị và AP thỏa thuận chuẩn nào sẽ dùng (capabilities), bao gồm mã hóa (WPA, WPA2, WPA3…), tốc độ hỗ trợ, số anten, băng tần, kênh.
4. **Thiết lập liên kết không dây**: thiết bị gửi yêu cầu kết nối, AP đồng ý, thực hiện bước bảo mật (handshake) nếu có (ví dụ WPA2-PSK, WPA3,…), thiết lập mã hóa.
5. **Truyền dữ liệu qua sóng vô tuyến**: dữ liệu được chia thành gói (packets), gói đóng gói theo MAC/PHY chuẩn, được điều chế, mã hóa, gửi qua không khí; AP nhận lại và chuyển tiếp đến mạng có dây hay Internet nếu cần.
6. **Quản lý truyền tải**: xử lý lỗi, tái truyền gói khi bị mất; điều phối chia sẻ kênh giữa các thiết bị, tránh xung đột; khi dùng MU-MIMO / OFDMA, AP chia tài nguyên tín hiệu cho nhiều thiết bị.
7. **Tối ưu hóa hoạt động**: nếu thiết bị hỗ trợ, sử dụng tính năng tiết kiệm năng lượng, điều chỉnh công suất phát, điều chỉnh kênh / băng tần nếu nhiễu, beamforming nếu có để tập trung tín hiệu đến thiết bị.