

TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT
BỘ MÔN TỰ ĐỘNG HOÁ

BÁO CÁO HỌC THUẬT

Học kỳ II, năm học 2024-2025

Mạng 5g trong công nghiệp

Người thực hiện: Ths. Thái Hải Âu

Hà Nội, 6/2025

I. TỔNG QUAN MẠNG 5G

1. Sự phát triển mạng 1G đến 5G

- **Thế hệ đầu tiên (1G):** Điện thoại di động 1G được ra mắt vào giữa những năm 1970 và 80, dựa trên công nghệ analog, hoạt động giống như điện thoại cố định. Nó bị ảnh hưởng theo nhiều cách, chẳng hạn như thời lượng pin kém, chất lượng giọng nói và cuộc gọi bị rớt. Ở 1G, tốc độ tối đa có thể đạt được là 2,4 Kbps.
- **Thế hệ thứ hai (2G):** Trong 2G, hệ thống kỹ thuật số đầu tiên được cung cấp vào năm 1991, cung cấp liên lạc thoại di động được cải thiện trên 1G. Ngoài ra, các khái niệm Truy cập đa phân chia theo mã (CDMA) và Hệ thống toàn cầu cho di động (GSM) cũng được thảo luận. Trong 2G, tốc độ tối đa có thể đạt được là 1 Mbps.
- **Thế hệ thứ ba (3G):** Khi công nghệ chuyển từ khuôn khổ 2G GSM sang khuôn khổ hệ thống viễn thông di động toàn cầu 3G (UMTS), người dùng gặp phải tốc độ hệ thống cao hơn và tốc độ tải xuống nhanh hơn khi thực hiện các cuộc gọi video liên tục. 3G là hệ thống băng thông rộng di động đầu tiên được hình thành để cung cấp giọng nói với một số phương tiện đa phương tiện. Công nghệ đằng sau 3G là truy cập gói tốc độ cao (HSPA/HSPA+). 3G sử dụng MIMO để nhân sức mạnh của mạng không dây và cũng sử dụng chuyển mạch gói để truyền dữ liệu nhanh.
- **Thế hệ thứ tư (4G):** Đây là tiêu chuẩn băng thông rộng di động thuần túy. Trong truyền thông di động kỹ thuật số, tốc độ thông tin được quan sát thấy đã nâng cấp từ 20 lên 60 Mbps trong 4G. Nó hoạt động trên các công nghệ LTE và WiMAX, cũng như cung cấp băng thông rộng hơn lên đến 100 Mhz. Nó được ra mắt vào năm 2010.
- **Thế hệ thứ tư LTE-A (4.5G):** Đây là phiên bản nâng cao của chuẩn 4G LTE. LTE-A sử dụng công nghệ MIMO để kết hợp nhiều ăng-ten cho cả máy phát và máy thu. Sử dụng MIMO, nhiều tín hiệu và nhiều ăng-ten có thể hoạt động

đồng thời, giúp LTE-A nhanh hơn gấp ba lần so với chuẩn 4G. LTE-A cung cấp giới hạn hệ thống được cải thiện, giảm độ trễ trong máy chủ ứng dụng, truy cập lưu lượng ba (Dữ liệu, Thoại và Video) không dây mọi lúc mọi nơi trên thế giới. LTE-A cung cấp tốc độ trên 42 Mbps và lên đến 90 Mbps.

- **Thế hệ thứ năm (5G):** 5G là trụ cột của chuyển đổi số; đây là sự cải tiến thực sự so với tất cả các mạng thế hệ di động trước đó.. 5G nhanh hơn 4G và cung cấp hoạt động điều khiển từ xa qua mạng đáng tin cậy với độ trễ bằng không. Nó cung cấp thông lượng tối đa đường xuống lên tới 20 Gbps. Ngoài ra, 5G cũng hỗ trợ 4G WWW (Mạng lưới không dây toàn cầu thế hệ thứ 4) và dựa trên giao thức Internet phiên bản 6 (IPv6). 5G cung cấp kết nối internet không giới hạn theo sự thuận tiện của bạn, mọi lúc, mọi nơi với tốc độ cực cao, thông lượng cao, độ trễ thấp, độ tin cậy và khả năng mở rộng cao hơn và công nghệ truyền thông di động tiết kiệm năng lượng. 5G chủ yếu được chia thành hai phần 6 GHz 5G và sóng milimet (mmWave) 5G.

Bảng 1. Tóm tắt về công nghệ di động.

Các thế hệ	Kỹ thuật truy cập	Kỹ thuật truyền dẫn	Cơ chế sửa lỗi	Tốc độ dữ liệu	Dải tần số	Băng thông	Ứng dụng	Sự miêu tả
1G	FDMA, AMPS	Chuyển mạch mạch	Không có	2,4kbps	800MHz	Tương tự	Tiếng nói	Chúng ta hãy nói chuyện với nhau
2G	GSM, TDMA, CDMA	Chuyển mạch mạch	Không có	10kbps	800MHz, 900MHz, 1800MHz, 1900MHz	25MHz	Giọng nói và dữ liệu	Hãy để chúng tôi gửi tin nhắn và du lịch với dịch vụ dữ liệu được cải thiện
3G	WCDMA, UMTS, CDMA2000, HSUPA/HSDPA	Chuyển mạch và chuyển mạch gói	Mã Turbo	384 kbps đến 5 Mbps	800 MHz, 850 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 1900 MHz, 2100 MHz	25MHz	Gọi thoại, dữ liệu và video	Hãy cùng trải nghiệm lướt web và sử dụng các ứng dụng di động
4G	LTEA, OFDMA, SCFDMA, WIMAX	Chuyển mạch gói tin	Mã Turbo	100 Mbps đến 200 Mbps	2,3 GHz, 2,5 GHz và 3,5 GHz ban đầu	100MHz	Giọng nói, Dữ liệu, Cuộc gọi video, Truyền hình HD và Chơi game trực tuyến.	Hãy chia sẻ giọng nói và dữ liệu qua internet băng thông rộng tốc độ cao dựa trên kiến trúc mạng thống nhất và giao thức IP
5G	BDMA, NOMA, FBMC	Chuyển mạch gói tin	LDPC	10 Gbps đến 50 Gbps	1,8 GHz, 2,6 GHz và 30–300 GHz	30–300 GHz	Giọng nói, Dữ liệu, Gọi video, Video Ultra HD, Ứng dụng thực tế ảo	Mở rộng dịch vụ không dây băng thông rộng ngoài internet di động với IOT và V2X.

Bảng 1.1 Bảng tóm tắt công nghệ di động

2. Sự khác biệt giữa mạng 4G và 5G

- **Tốc độ truyền tải dữ liệu:** 5G có khả năng cung cấp tốc độ truyền tải dữ liệu nhanh hơn đáng kể so với 4G, với tốc độ lên đến 20 Gbps. Tốc độ tải xuống trung bình của 5G đã được ghi nhận là 186,3 Mbps tại Hoa Kỳ bởi T-Mobile, trong khi Hàn Quốc, tính đến năm 2022, dẫn đầu toàn cầu với tốc độ trung bình 432 Mbps.
- **Công nghệ Độ trễ (latency):** Mạng 5G có độ trễ thấp hơn đáng kể so với 4G, gần như bằng 0. Trong điều kiện lý tưởng, độ trễ của 5G có thể giảm xuống chỉ 1ms, thấp hơn nhiều lần so với mức 75ms của 4G. Điều này đặc biệt quan trọng đối với các ứng dụng yêu cầu phản hồi tức thì, như xe tự hành và phẫu thuật từ xa.
- **Khả năng kết nối thiết bị:** 5G có khả năng hỗ trợ số lượng thiết bị kết nối lớn hơn nhiều so với 4G, đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng của Internet vạn vật (IoT) và các ứng dụng công nghiệp.
- **Hiệu suất phổ tần:** 5G sử dụng hiệu quả hơn phổ tần số, cho phép truyền tải dữ liệu nhanh hơn và ổn định hơn, ngay cả trong các khu vực đông đúc.
- **Phát triển kinh tế:** Việc triển khai 5G thúc đẩy sự phát triển của các ngành công nghiệp mới, tạo ra việc làm và thúc đẩy tăng trưởng kinh tế.

3. Thành phần thông số kỹ thuật của công nghệ 5G

- **Tốc độ truyền tải dữ liệu:** 5G có khả năng cung cấp tốc độ truyền tải dữ liệu nhanh hơn đáng kể so với 4G, với tốc độ lên đến 20 Gbps. Tốc độ tải xuống trung bình của 5G đã được ghi nhận là 186,3 Mbps tại Hoa Kỳ bởi T-Mobile, trong khi Hàn Quốc, tính đến năm 2022, dẫn đầu toàn cầu với tốc độ trung bình 432 Mbps.
- **Công nghệ Độ trễ (latency):** Mạng 5G có độ trễ thấp hơn đáng kể so với 4G, gần như bằng 0. Trong điều kiện lý tưởng, độ trễ của 5G có thể giảm xuống chỉ 1ms, thấp hơn nhiều lần so với mức 75ms của 4G. Điều này đặc biệt quan

trọng đối với các ứng dụng yêu cầu phản hồi tức thì, như xe tự hành và phẫu thuật từ xa.

- **Khả năng kết nối thiết bị:** 5G có khả năng hỗ trợ số lượng thiết bị kết nối lớn hơn nhiều so với 4G, đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng của Internet vạn vật (IoT) và các ứng dụng công nghiệp.
- **Hiệu suất phổ tần:** 5G sử dụng hiệu quả hơn phổ tần số, cho phép truyền tải dữ liệu nhanh hơn và ổn định hơn, ngay cả trong các khu vực đông đúc.
- **Phát triển kinh tế:** Việc triển khai 5G thúc đẩy sự phát triển của các ngành công nghiệp mới, tạo ra việc làm và thúc đẩy tăng trưởng kinh tế.

4. Các nhà cung cấp công nghệ 5G tiêu biểu

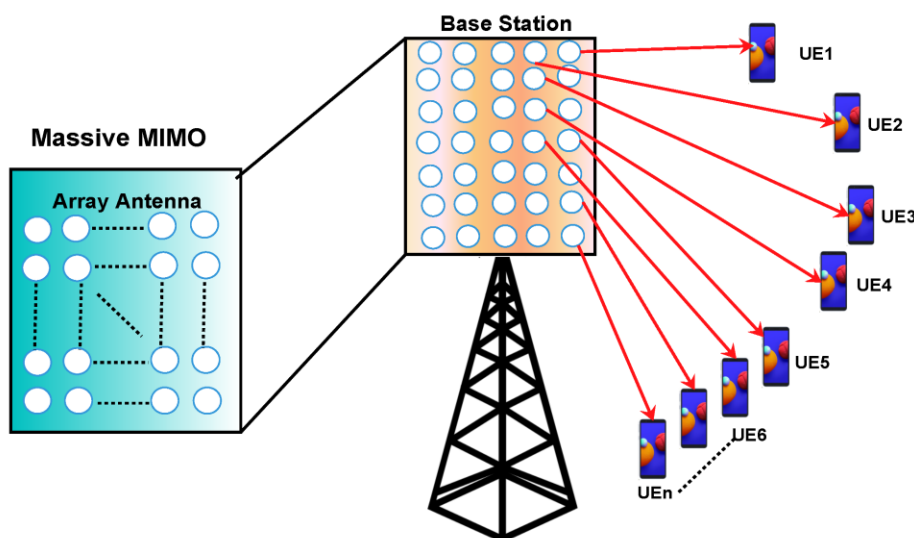
- **Ericsson:** Ericsson là một công ty viễn thông và mạng lưới đa quốc gia của Thụy Điển, đầu tư khoảng 40 tỷ đô la Mỹ vào mạng 5G, trở thành công ty viễn thông lớn nhất. Công ty tuyên bố rằng mình là công ty duy nhất hoạt động trên tất cả các châu lục để biến mạng 5G thành tiêu chuẩn toàn cầu cho truyền thông không dây thế hệ tiếp theo. Hiện tại, công ty cung cấp dịch vụ 5G tại hơn 27 quốc gia với các nhà cung cấp nội dung như China Mobile, GCI, LGU+, AT&T, Rogers và nhiều nhà cung cấp khác.
- **Nokia:** Nokia là một công ty viễn thông đa quốc gia của Phần Lan được thành lập vào năm 1865. Nokia là một trong những công ty đã áp dụng công nghệ 5G từ rất sớm. Công ty đang phát triển, nghiên cứu và xây dựng quan hệ đối tác với nhiều nhà cung cấp dịch vụ 5G khác nhau để cung cấp dịch vụ truyền thông 5G sớm nhất có thể. Nokia là công ty duy nhất cung cấp công nghệ 5G cho tất cả các nhà khai thác của các quốc gia khác nhau như AT&T, Sprint, T-Mobile US và Verizon tại Hoa Kỳ, Korea Telecom, LG U+ và SK Telecom tại Hàn Quốc và NTT DOCOMO, KDDI và SoftBank tại Nhật Bản và Viettel tại Việt Nam. Hiện tại, Nokia có khoảng hơn 150 thỏa thuận và 29 mạng lưới trực tiếp trên toàn thế giới. Nokia đang liên tục nỗ lực phát triển công nghệ 5G để mở rộng mạng lưới 5G trên toàn cầu.

- **Samsung:** Samsung bắt đầu nghiên cứu công nghệ 5G vào năm 2011. Năm 2013, Samsung đã phát triển thành công công nghệ thu phát mảng thích ứng đầu tiên trên thế giới hoạt động trong băng tần Ka sóng milimet cho truyền thông di động. Samsung cung cấp tốc độ truyền dữ liệu nhanh hơn hàng trăm lần so với 4G tiêu chuẩn cho các hệ thống truyền thông di động cốt lõi 5G.

II. CÔNG NGHỆ 5G

1. Công nghệ Massive MIMO

- **Tốc độ dữ liệu: Massive MIMO (multiple input multiple output)** là công nghệ chủ lực cung cấp tốc độ truyền không dây cao, đạt mức gigabit mỗi giây.
- **Số lượng người dùng:** Trong các công nghệ từ 1G đến 4G, một ô (cell) thường chứa 10 ăng-ten. Trong khi đó, công nghệ 5G sử dụng hơn 100 ăng-ten cho một ô, cho phép phục vụ nhiều người dùng đồng thời.
- **Mối quan hệ giữa tần số sóng và kích thước ăng-ten:** Hai yếu tố này tỷ lệ nghịch, nghĩa là tần số thấp cần ăng-ten lớn hơn và ngược lại.



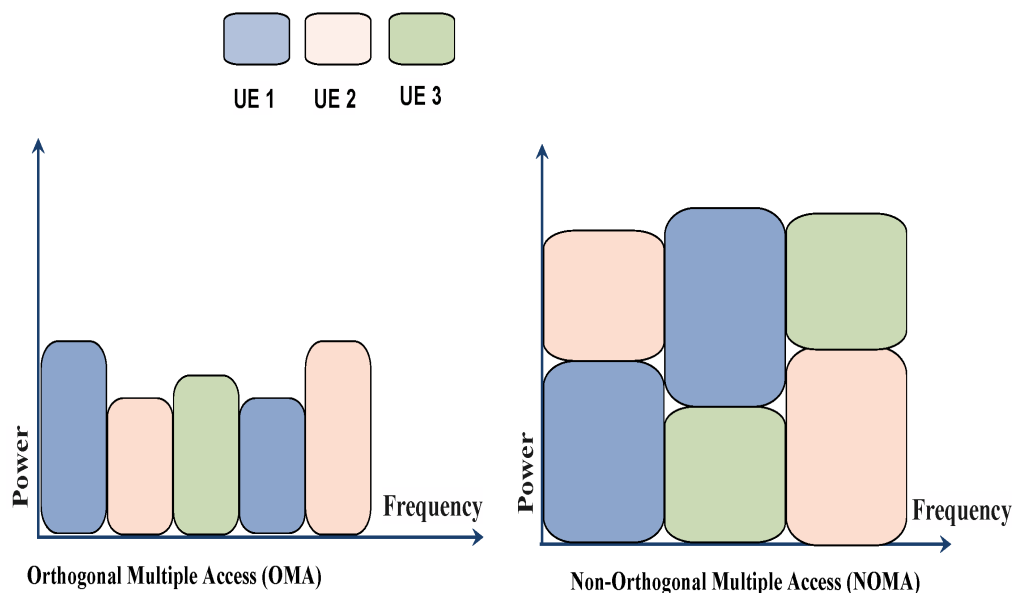
Hình 2.1 : Công nghệ Massive MIMO

- **Công nghệ MIMO (Multiple-Input-Multiple-Output)** đóng vai trò quan trọng trong các hệ thống thông tin không dây, cho phép gửi và nhận nhiều tín hiệu đồng thời trên cùng một kênh vô tuyến. MIMO đã trở thành công nghệ then chốt trong các mạng Wifi, 3G, 4G và 4G LTE-A nhờ khả năng cải thiện hiệu suất phổ và hiệu quả năng lượng. Tuy nhiên, MIMO truyền thống thường gặp hạn chế về thông lượng và độ tin cậy kết nối.
- Đa người dùng đa ăng-ten quy mô lớn (**Massive MIMO**) là một bước tiến mới của công nghệ MIMO, được triển khai trong mạng 5G với hàng trăm, thậm chí hàng nghìn ăng-ten tại các trạm gốc nhằm tăng cường thông lượng và hiệu suất phổ. Massive MIMO sử dụng nhiều ăng-ten truyền và nhận để gia tăng tốc độ truyền dữ liệu và hiệu suất phổ, đặc biệt hiệu quả khi nhiều người dùng (**User Equipment - UE**) đồng thời tạo lưu lượng tải xuống. Công nghệ này tận dụng ăng-ten bổ sung để tập trung năng lượng vào các khu vực không gian nhỏ, qua đó cải thiện hiệu quả phổ và thông lượng.
- Hơn nữa, **Massive MIMO** với các kỹ thuật **beamforming** và ghép kênh quy mô lớn cho phép thu thập dữ liệu từ các cảm biến thông minh với độ trễ thấp, tốc độ dữ liệu cao và độ tin cậy cao. Công nghệ này có tiềm năng hỗ trợ các ứng dụng cảm biến thông minh như xe tự lái, chăm sóc y tế, lưới điện thông minh, thành phố thông minh, đường cao tốc thông minh, nhà thông minh và doanh nghiệp thông minh, bằng cách truyền dữ liệu thời gian thực tới các trung tâm giám sát.

2. Truy cập đa kênh không trực giao (NOMA - Non-Orthogonal Multiple Access)

- Hàng chục thế hệ mạng trước đây đã sử dụng các sơ đồ **OMA**, chẳng hạn như đa truy cập phân chia theo tần số (FDMA) của thế hệ thứ nhất (1G), đa truy cập phân chia theo thời gian (TDMA) của 2G, đa truy cập phân chia theo mã (CDMA) của 3G và phân chia theo tần số trực giao đa truy cập (OFDMA) của 4G.

- **NOMA** là một công nghệ truy cập vô tuyến rất quan trọng được sử dụng trong truyền thông không dây thế hệ tiếp theo. Trong **NOMA**, nhiều người dùng UE làm việc đồng thời trong cùng một băng tần phi trực giao với các mức công suất khác nhau.
- **NOMA** áp dụng quan trọng cho mạng siêu dày đặc (Ultra-dense network - UDN), truyền thông máy với máy (Machine-to-Machine - M2M) và truyền thông kiểu máy khổng lồ (Massive Machine-Type Communications - **mMTC**).



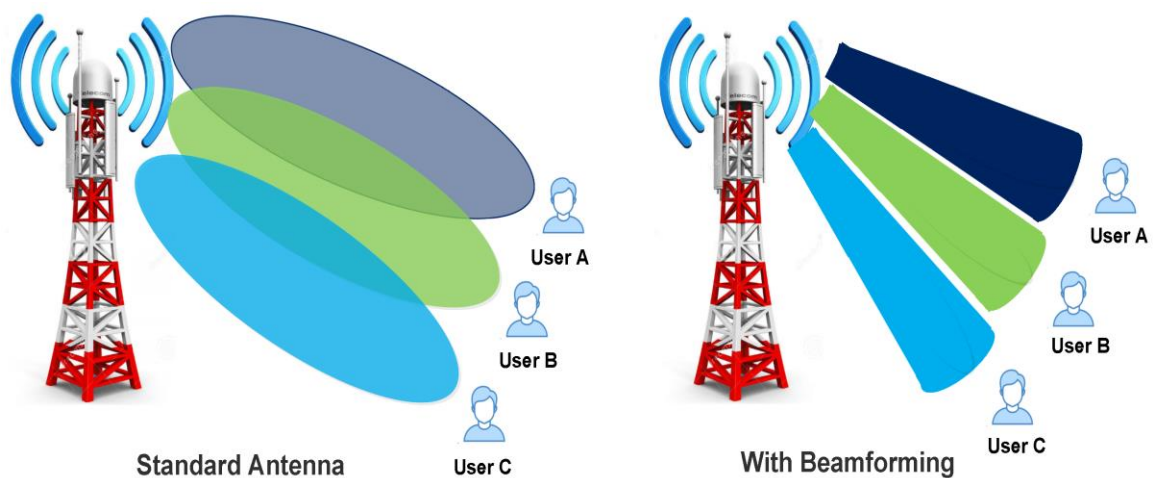
Hình 2.2 : Truy cập đa kênh không trực giao NOMA

3. Định hình chùm tia Beamforming

- **Beamforming** là công nghệ chính của mạng không dây, truyền tín hiệu theo hướng. Beamforming 5G tạo kết nối không dây mạnh về phía đầu thu.
- Chúng di chuyển giống như chùm tia laser từ trạm gốc đến người dùng, do đó, tín hiệu có vẻ như đang truyền trong một sợi cáp vô hình. **Định hình**

chùm tia giúp đạt được tốc độ dữ liệu nhanh hơn; vì tín hiệu có hướng nên nó dẫn đến mức tiêu thụ năng lượng và nhiễu ít hơn

- Beamforming được chia thành ba loại chính: **Digital beamforming, analog beamforming và hybrid beamforming**:
- Trong **digital beamforming**, cùng một tần số hoặc tài nguyên thời gian có thể được sử dụng để truyền dữ liệu đến nhiều người dùng cùng một lúc, giúp cải thiện dung lượng của mạng không dây.
- **Analog beamforming**: Trong dải tần số mmWave, analog beamforming 5G NR là một phương pháp rất quan trọng giúp cải thiện vùng phủ sóng. Trong định hình chùm tia kỹ thuật số, có khả năng mất đường truyền cao trong mmWave vì chỉ có một chùm tia trên mỗi bộ ăng-ten được hình thành.
- **Định hình chùm tia lai**: định hình chùm tia lai là sự kết hợp của cả 2

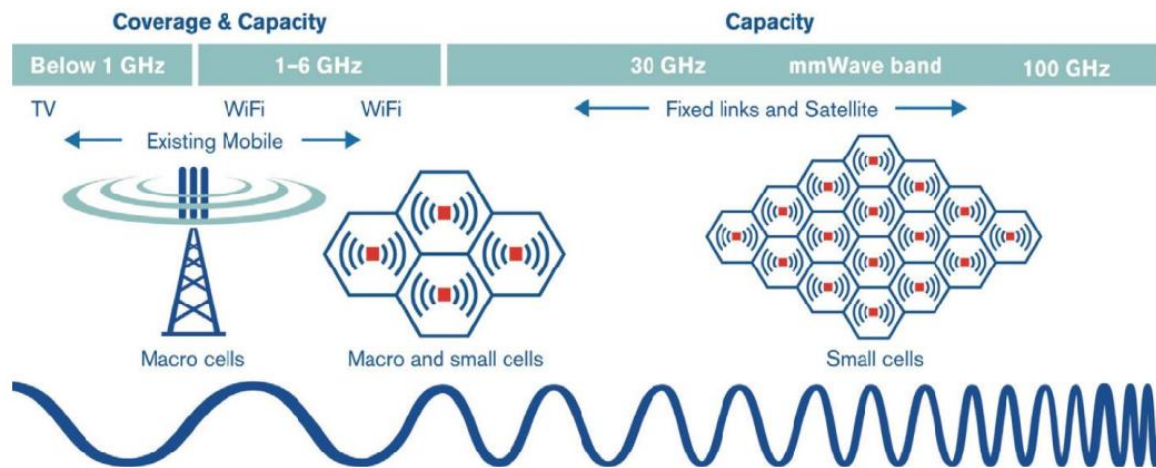


Hình 2.3 : Định hình chùm tia Beamforming

4. Sóng milimet 5G (mmWave)

- Trong thế giới công nghệ, mọi người đều sử dụng **WiMax, GPS, wifi, 4G, 3G, L-Band, S-Band, C-Band Satellite**, v.v. để liên lạc. Phổ tần số vô tuyến của các công nghệ này là tối thiểu, nằm trong khoảng từ 1 GHz đến 6 GHz. Do đó, nó rất đông đúc.

- **Băng tần** từ 28 GHz đến 60 GHz rất hữu ích cho truyền thông không dây 5G vì băng tần 28 GHz cung cấp băng thông phổ lên đến 1 GHz và băng tần 60 GHz cung cấp băng thông phổ 2 GHz. 4G LTE cung cấp tần số sóng mang 2 GHz chỉ cung cấp băng thông phổ 20-100 MHz. Tuy nhiên, việc sử dụng mmWave làm tăng băng thông phổ lên 10 lần, dẫn đến tốc độ truyền tốt hơn.
- Sóng MmWave có thể được kết hợp với ăng-ten MIMO với tiềm năng cung cấp dung lượng lớn hơn so với các hệ thống truyền thông hiện tại.
- **Băng tần** giữa 30 GHz đến 300 GHz được gọi là mmWave vì những sóng này có bước sóng từ 1 đến 10 mm

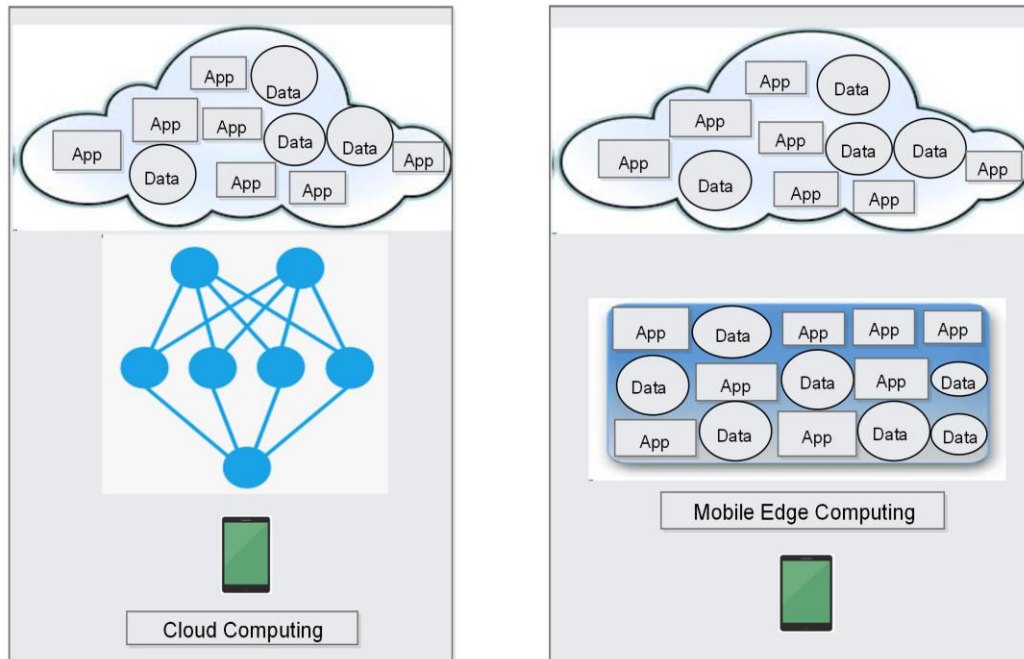


Hình 2.4 : Sóng milimet 5G (mmWave)

5. Điện toán biên di động (MEC)

- **MEC (Mobile Edge Computing)** là phiên bản mở rộng của điện toán đám mây đưa tài nguyên đám mây đến gần hơn với người dùng cuối. **MEC** của 5G tạo ra một ranh giới giữa người dùng cuối và máy chủ đám mây, đưa điện toán đám mây đến gần hơn với người dùng cuối. Bây giờ, tất cả các dịch vụ như hội nghị truyền hình, xử lý dữ liệu, các phần mềm, v.v., đều được cung cấp bởi ranh giới này giúp cải thiện hiệu suất điện toán đám mây.

- Một tính năng **MEC** trong 5G là ứng dụng được chia thành hai phần, phần đầu tiên có sẵn trên máy chủ đám mây và phần thứ hai ở trên thiết bị của người dùng. Do đó, người dùng không cần tải xuống toàn bộ ứng dụng trên thiết bị của mình, điều này làm tăng hiệu suất của thiết bị của người dùng cuối. Hơn nữa, MEC cung cấp dịch vụ đám mây ở độ trễ rất thấp và tiêu thụ chiếm băng thông ít hơn

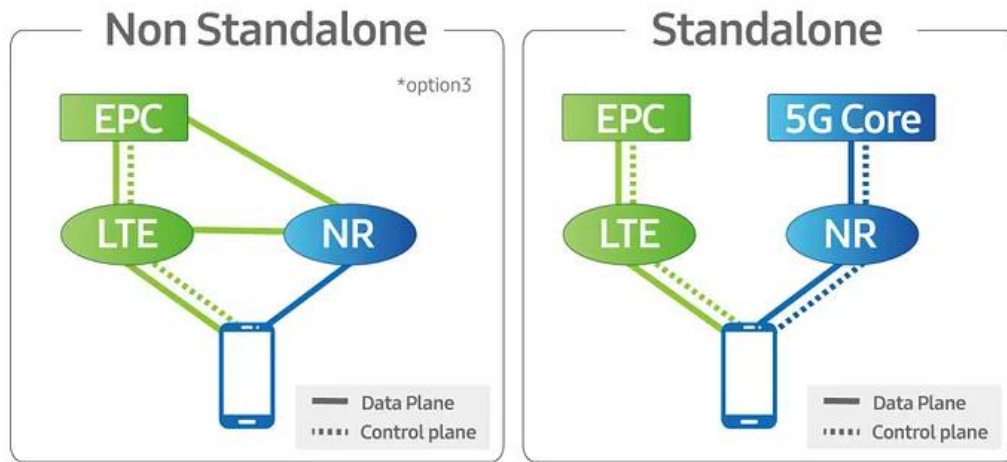


Hình 2.5 : Điện toán biên di động (MEC)

6. Cấu trúc cơ bản mạng 5G

- **Standalone SA 5G-NR (New Radio):** độc lập kiến trúc End-end điểm điểm sử dụng sóng mm-Waves và tần số sub-GHz. 5G SA cũng cho phép khả năng phân chia mạng (network slicing) tiên tiến hơn.
- **Non-Standalone NSA 5G:** kết hợp với cơ sở hạ tầng 4G hiện có, tận dụng phần lõi của 4G **EPC (Evolved Packet Core)** để thực hiện việc kết nối và điều khiển, trong khi 5G chỉ được sử dụng để truyền tải dữ liệu.
- Thiết bị phải duy trì cả hai kết nối 4G và 5G đồng thời để đảm bảo dữ liệu và tín hiệu điều khiển được truyền qua 4G trong khi dữ liệu truy

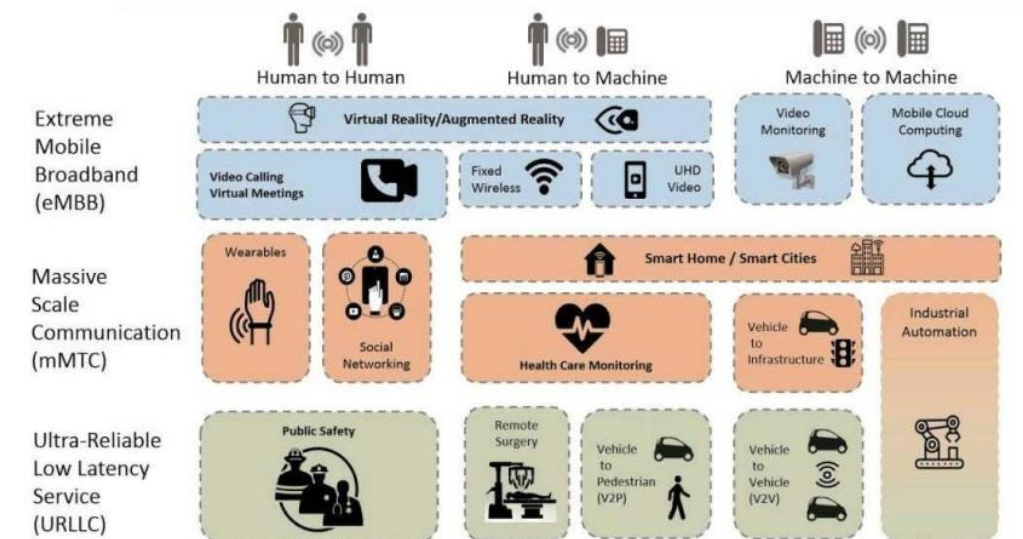
cập Internet đi qua 5G. Việc phải hoạt động trên hai băng tần song song làm tăng mức tiêu thụ năng lượng.



Hình 2.6 : Cấu trúc cơ bản mạng 5G độc lập và không độc lập

7. Dịch vụ cơ bản 5G – 3gpp

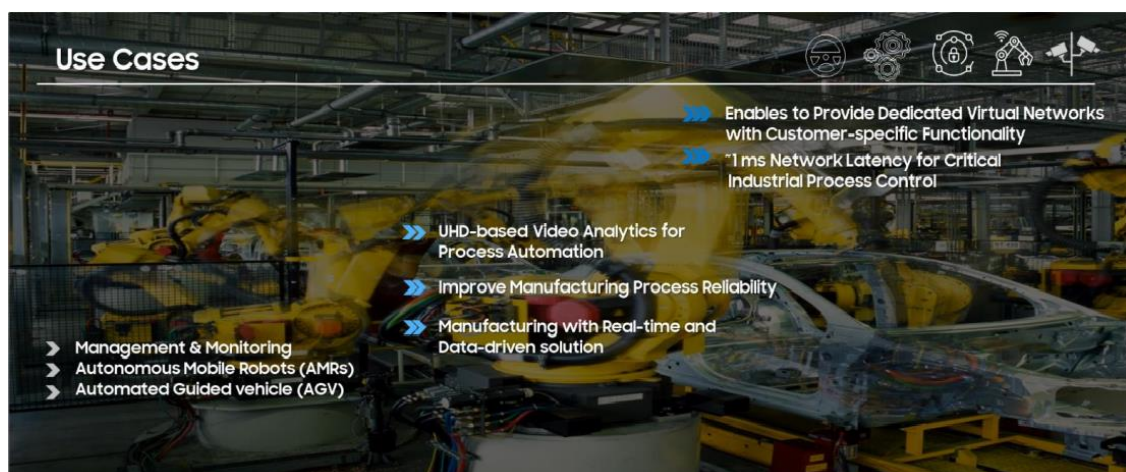
eMBB: enhanced Mobile Broadband): kết nối băng thông rộng di động	mMTC: massive machine-type communications: kết nối máy-máy diện rộng	URLLC: Ultra-reliable, low-latency communications: kết nối có độ trễ thấp và ổn định siêu cao
- Tốc độ truyền dữ liệu : tối đa 10 Gbps upload – 20Gbps download. Truyền tốc độ lưu lượng x10000 lần so với 4G - Vận tốc di động : 500km/h - Mạng tế bào macro nhỏ - Hiệu quả tiêu thụ năng lượng mạng : tiết kiệm x 100 lần so với 4G	- Mật độ kết nối : 2×10^5 – 10^6 thiết bị/km² - Vùng phủ sóng lớn - Tốc độ dữ liệu data rate: 1-100 kbps - tuổi thọ pin : 10 năm - Giá thành thiết bị đầu cuối thấp - Phương thức truy cập không đồng bộ.	- Độ trễ (latency): độ trễ giao diện vô tuyến < 1ms , độ trễ điểm – điểm E2E < 5ms - Độ tin cậy và khả dụng : 99.9999% - Tốc độ dữ liệu: 50 Kbps – 100 Mbps. - Vận tốc di động : cho phép tốc độ cao



Hình 2.7 : Ứng dụng tương ứng các dịch vụ cơ bản 5G – 3gpp

8. Ứng dụng tiêu biểu mạng 5G trong công nghiệp

- **Nhà máy thông minh:** Trong giai đoạn đầu của công nghệ 5G, dịch vụ dựa trên dữ liệu DATA-Driven là quá trình tự động hóa thu thập dữ liệu, xử lý và phân tích dữ liệu với eMBB được áp dụng, tính năng URLLC, rất cần thiết trong kiểm soát thiết bị, sẽ được áp dụng để cải thiện hiệu quả sản xuất KPD.



Hình 2.8 : Nhà Máy thông minh

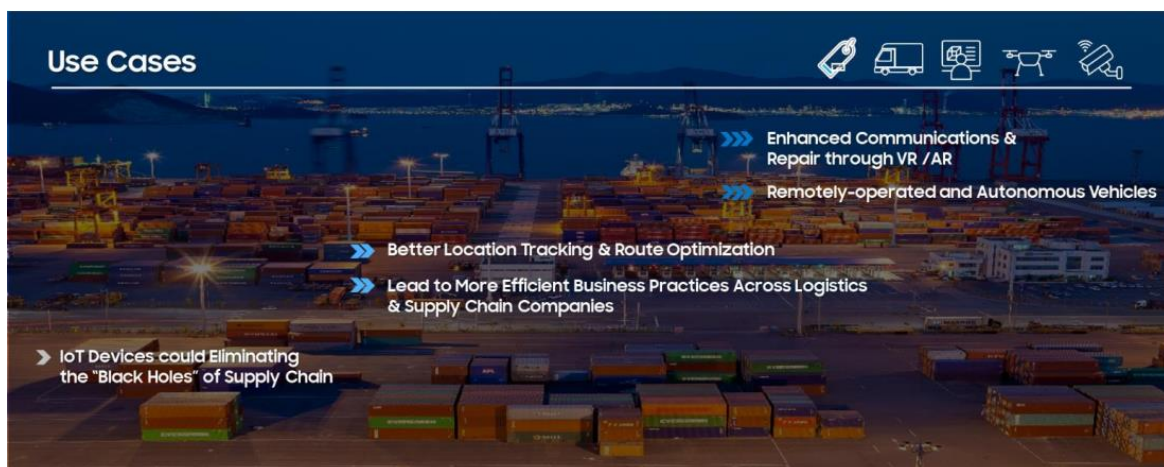
- **Dịch vụ Y tế :** Hoạt động phẫu thuật hoạt động từ xa đòi hỏi băng thông cao cho video độ nét cao và độ trễ cực thấp để điều khiển cánh tay phẫu thuật

nhân tạo hoặc giao tiếp thời gian thực giữa các nhân viên y tế cách xa nhau. Đào tạo phẫu thuật có thể được thực hiện thông qua kính AR/VR để đào tạo y khoa. Ngoài ra, bác sĩ có thể chẩn đoán bệnh nhân ở xa bệnh viện thông qua video độ nét cao thời gian thực trên mạng di động.



Hình 2.9 : Dịch vụ Y tế

- **Vận tải giao thông thông minh** : Cung cấp khả năng theo dõi thời gian thực và khả năng hiển thị nâng cao của tất cả các tài sản, hàng tồn kho và các gói hàng trong mạng. Công nghệ 5G triển khai siêu kết nối bằng cách hỗ trợ **công nghệ IoT** khổng lồ có thể kết nối tới 1 triệu cảm biến trong phạm vi 1km². **URLLC**, cũng là một tính năng quan trọng của công nghệ 5G, có thể được sử dụng để điều khiển xe tự hành (**Auto guided vehicles AGV**)

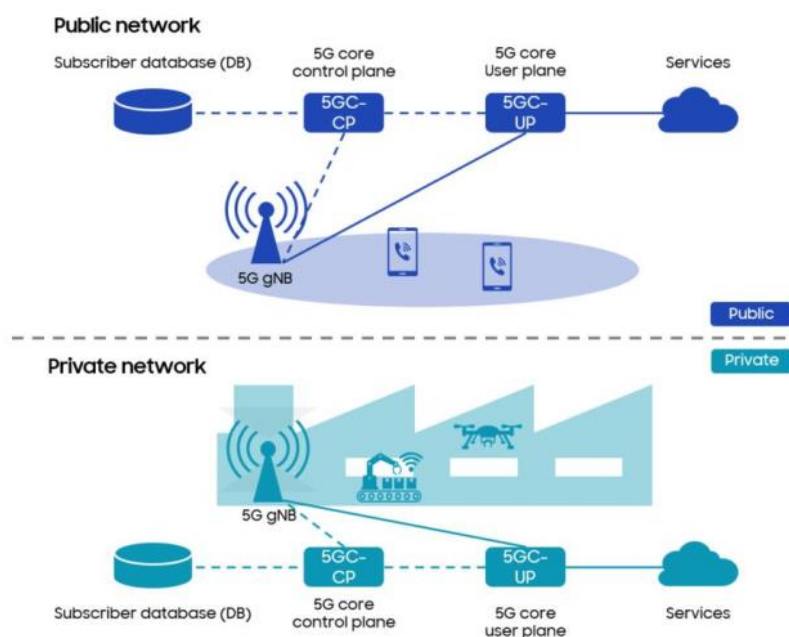


Hình 2.10 : Vận tải giao thông thông minh

III. Cấu trúc mạng riêng 5g áp dụng công nghiệp nhà máy

1. Mạng riêng độc lập SNPN (Standalone Non Public Network)

- **Mạng riêng độc lập SNPN (Standalone Non Public Network)** được triển khai như một mạng độc lập, được cô lập về mặt vật lý và logic với mạng công cộng. Hơn nữa, có thể được cô lập hoàn toàn khỏi mạng công cộng bằng cách sử dụng phổ 5G cục bộ thay vì phổ được cấp phép của **MNO (Mobile Network Operator)**.
- Tất cả các chức năng mạng như trạm gốc thế hệ mới gNB, mặt phẳng điều khiển lõi **Control Plane** 5G và mặt phẳng người dùng **User Plane** đều được triển khai tại cơ sở của doanh nghiệp - nhà máy hoặc tòa nhà.
- Thực hiện tất cả công nghệ ứng dụng 5G thay thế truyền thông Ethernet, Wifi không dây. Tuy nhiên kỹ thuật lắp đặt tự vận hành bảo trì phức tạp cũng như giá thành cao.



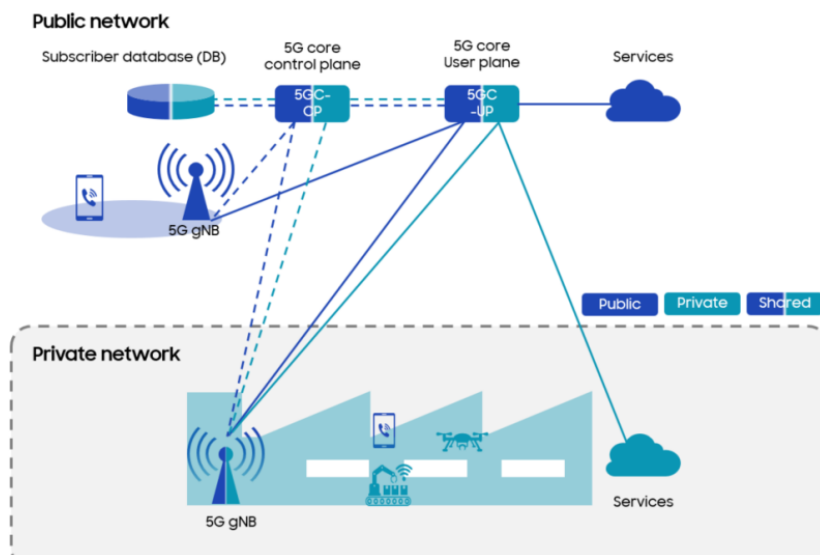
Hình 3.1 : Mạng riêng độc lập SNPN (Standalone Non Public Network)

2. Mạng riêng NPN (Non Public Network)

- **Mạng riêng NPN (Non Public Network)** được triển khai trong mạng công cộng PN (Public Network) , được cô lập về mặt vật lý và

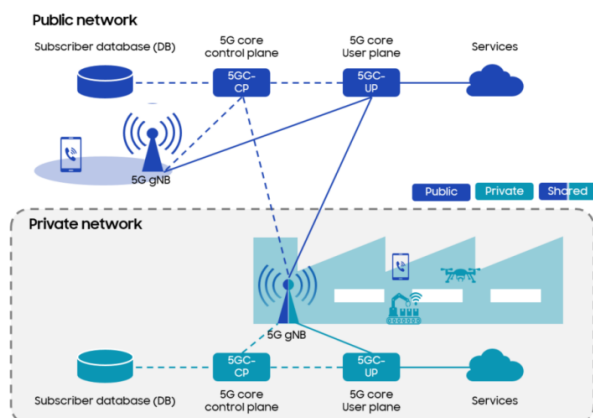
logic với mạng công cộng. Hơn nữa, có thể được cô lập hoàn toàn khỏi mạng công cộng bằng cách sử dụng phổ 5G cục bộ thay vì phổ được cấp phép của **MNO (Mobile Network Operator)**.

- Tất cả các chức năng mạng như trạm gốc thế hệ mới gNB, mặt phẳng điều khiển lõi CP 5G và mặt phẳng người dùng UP đều được triển khai tại cơ sở của doanh nghiệp - nhà máy hoặc tòa nhà.
- Thực hiện tất cả công nghệ ứng dụng 5G thay thế truyền thông Ethernet, Wifi không dây. Tuy nhiên kỹ thuật lắp đặt tự vận hành bảo trì phức tạp cũng như giá thành cao.



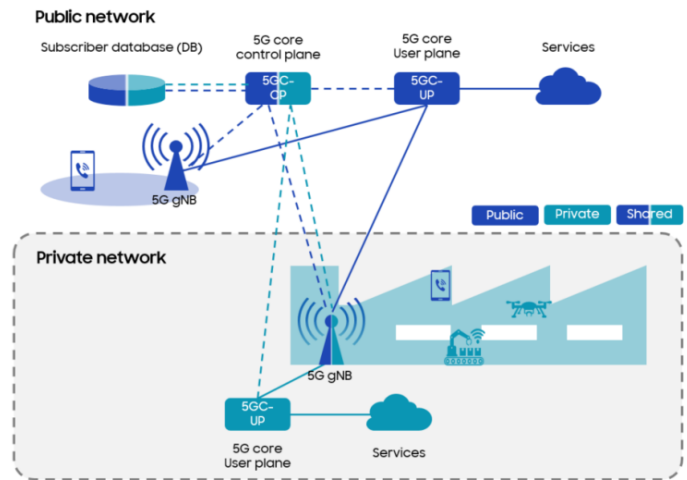
Hình 3.2 : Mạng riêng NPN (Non Public Network)

- **Mạng riêng NPN chia sẻ Mạng truy cập vô tuyến (RAN radio access network)** : mạng riêng chia sẻ một phần RAN – đặc biệt là gNB – với mạng công cộng, trong khi các chức năng mạng khác được triển khai tại cơ sở doanh



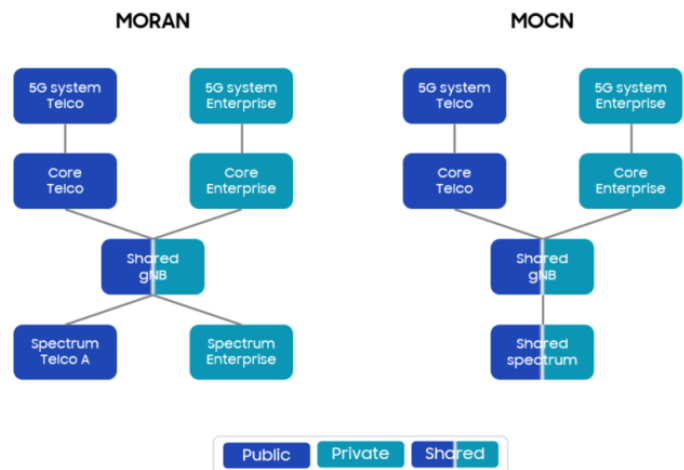
nghiệp và vẫn tách biệt với mạng công cộng

- **Mạng riêng NPN chia sẻ Mạng truy cập vô tuyến (RAN radio access network) và giao diện mặt phẳng điều khiển Control Plane** : được thực hiện trong miền điều khiển của mạng của nhà điều hành di động, cùng với việc kiểm soát các thuê bao của mạng công cộng. Nói cách khác, theo định nghĩa, các thiết bị của mạng riêng là các thuê bao của mạng công cộng của MNO.



Hình 3.3 : Các loại mạng riêng NPN chia sẻ RAN

- Chia sẻ **RAN** cho phép nhiều nhà khai thác tham gia chia sẻ tài nguyên của một mạng chia sẻ duy nhất theo chính sách chia sẻ đã thỏa thuận. 3GPP đã xác định một số phương pháp tiếp cận để chia sẻ RAN như **MORAN Multi Operator RAN** (Mạng truy cập vô tuyến đa nhà khai thác) và **MOCN Multi Operator Core Network** (Mạng lõi đa nhà khai thác).
- Cần lưu ý rằng một mạng lát cắt **Slice Network** được định nghĩa trong **PLMN** (Public Land Mobile Network) mạng viễn thông hoặc **SNPN** mạng

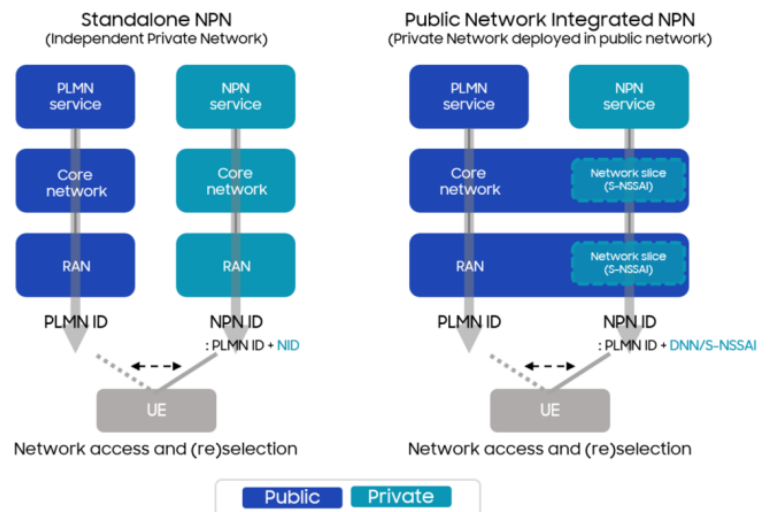


Hình 3.4 Mô hình khai thác chia sẻ RAN

riêng biệt. Tuy nhiên, việc chia sẻ RAN được thực hiện giữa các PLMN và/hoặc SNPN khác nhau. Trong trường hợp chia sẻ RAN, mỗi PLMN hoặc SNPN chia sẻ RAN sẽ định nghĩa và hỗ trợ tập hợp các Mạng lát cắt Slice Network cụ thể của nó được RAN chung hỗ trợ

3. Private Network Id định danh mạng riêng

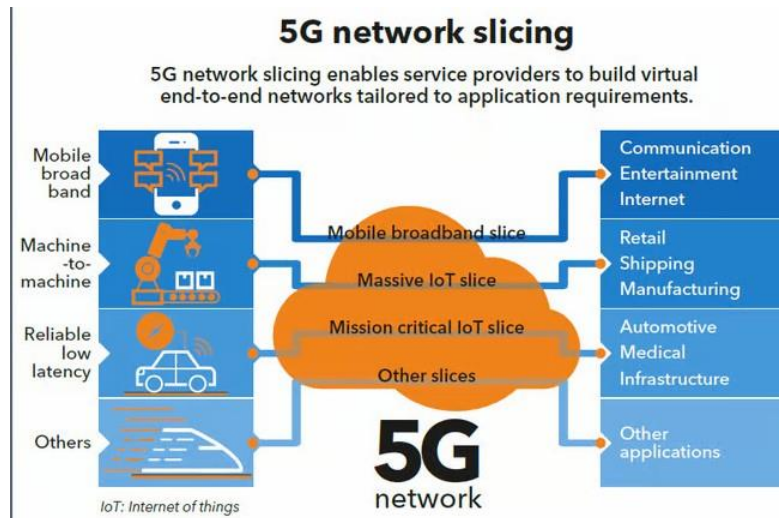
- Để người dùng và thiết bị trong doanh nghiệp có thể khám phá, truy cập và chọn mạng riêng của họ, mạng riêng được xác định bằng mã định danh mạng riêng gọi là **NPN ID**. Một mạng riêng độc lập (SNPN) được mô tả trong thông số kỹ thuật 3GPP, được xác định bằng sự kết hợp của **PLMN ID** và mã định danh mạng (NID).
- Mạng riêng kết hợp với mạng công cộng đã được nghiên cứu như một NPN tích hợp mạng công cộng (PNI-NPN) trong đặc tả 3GPP. PNI-NPN là NPN được cung cấp thông qua PLMN, thông qua tên mạng dữ liệu chuyên dụng (DNN) hoặc thông qua một hoặc nhiều trường hợp lát mạng Slice Network được phân bổ cho NPN với định danh mỗi lát cắt mạng **single network slice selection assistance information (S-NSSAI)**



Hình 3.5 : Private Network Id định danh mạng riêng

4. Mạng 5G slice network

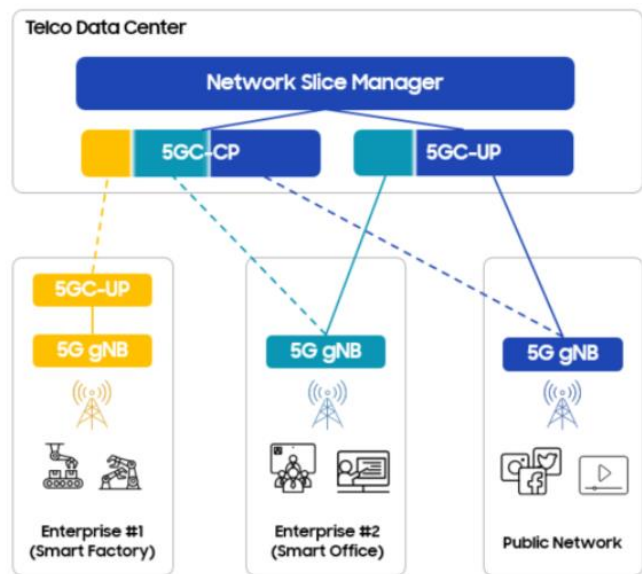
- **Network Slicing** là một công nghệ ảo hóa mạng cho phép chia một mạng vật lý duy nhất thành nhiều mạng logic (ảo) độc lập, được gọi là “lát cắt” (slices).
- **Ảo hóa:** Tạo ra các mạng logic trên cùng một cơ sở hạ tầng vật lý, tối ưu hóa việc sử dụng tài nguyên.
- **Tùy chỉnh:** Mỗi slices có thể được cấu hình riêng biệt để đáp ứng các yêu cầu QoS cụ thể.
- **Cách ly:** Các slices hoạt động độc lập, đảm bảo tính bảo mật và ổn định.
- **Linh hoạt:** Dễ dàng tạo, điều chỉnh và xóa các slices khi cần thiết.



Hình 3.6 : Mạng 5G slice network

- **Tối ưu hóa hiệu suất mạng:** Cung cấp hiệu suất tối ưu cho từng loại dịch vụ, đáp ứng các yêu cầu QoS khác nhau.
- **Tiết kiệm chi phí:** Tối ưu hóa việc sử dụng tài nguyên mạng, giảm chi phí đầu tư và vận hành.
- **Tăng tính linh hoạt:** Cho phép tạo và điều chỉnh các lát cắt một cách nhanh chóng và dễ dàng, đáp ứng nhu cầu thay đổi của thị trường.
- **Cải thiện trải nghiệm người dùng:** Cung cấp trải nghiệm tốt hơn cho người dùng với chất lượng dịch vụ được đảm bảo.

- **Mở ra cơ hội kinh doanh mới:** Cho phép các nhà mạng cung cấp các dịch vụ chuyên biệt cho từng phân khúc khách hàng.
- **Xu hướng phát triển của Network Slicing sẽ bao gồm:**
 - **Tự động hóa:** Tự động hóa việc tạo, triển khai, quản lý và tối ưu các lát cắt.
 - **AI và Machine Learning:** Sử dụng AI và Machine Learning để dự đoán nhu cầu dịch vụ và tối ưu hiệu suất mạng.
- **Phân chia mạng slice network**
 - Trong các mạng riêng, trong đó một số cơ sở hạ tầng của nó được chia sẻ với **mạng công cộng PN** mạng **PNI-NPN** có thể tách biệt hợp lý khỏi mạng công cộng thông qua phân chia mạng. **Mạng riêng NPN** được triển khai kết hợp với mạng 5G công cộng của **MNO** bằng cách sử dụng phân chia mạng.
 - Trong hình, mạng riêng cho doanh nghiệp #1 được triển khai **gNB** 5G và mặt phẳng người dùng lõi **UP** và được sử dụng mặt phẳng điều khiển lõi **5G CP** của mạng công cộng **PN** bởi trình quản lý phân chia mạng. Mạng riêng cho doanh nghiệp #2 được lưu trữ hoàn toàn trên mạng công cộng, ngoại trừ **gNB**.
 - Các mạng riêng có thể cung cấp các dịch vụ độc lập với mạng công cộng và mạng riêng khác, do có sự cô lập tài nguyên trong các phân chia



• Hình 3.7 Phân chia mạng slice network

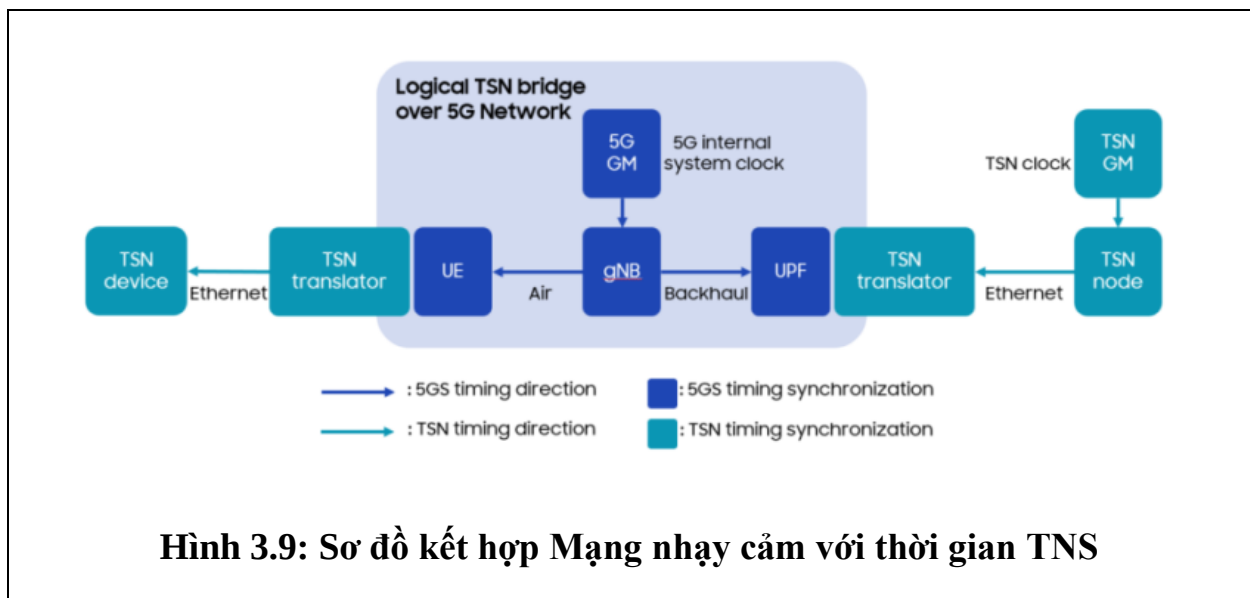
5. Phổ tần vô tuyến không được cấp phép 5G NR-U (New Radio-Unlicensed)

- 3GPP phân loại các băng tần cho NR-U thành các băng tần dưới 7 GHz và **sóng milimet (mmWave)**. Băng tần dưới 7 GHz cho **NR-U** thường bao gồm các băng tần 2,4, 3,5, 5 và 6 GHz. Trong khi đó, ở **mmWave**, băng tần 60 GHz đang được phát triển như băng tần không được cấp phép trong lộ trình **5G NR-U**

NR-U Frequency	Legacy Tech
2.4GHz	Bluetooth, Wi-Fi
3.5GHz	CBRS
5GHz	Wi-Fi
6GHz	Wi-Fi 6E, Broadcast
60GHz	Wireless Backhaul

Hình 3.8 : Phổ tần vô tuyến không được cấp phép

6. Hỗ trợ Mạng nhạy cảm với thời gian TNS

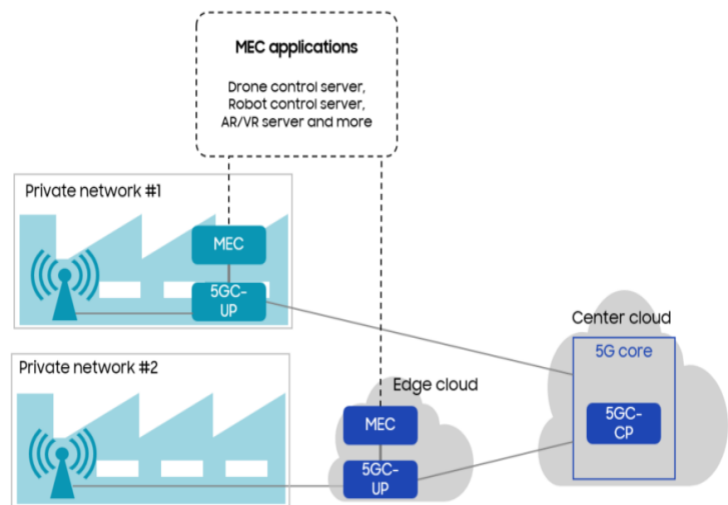


- 3GPP Rel. 16 cho phép các hệ thống 5G tương tác với mạng lưới nhạy cảm với thời gian có dây (**TSN Time Sensitive Network**) hiện có, một bộ tiêu chuẩn **Ethernet** IEEE 802.1 là nền tảng để đáp ứng nhiều nhu cầu của các ứng dụng nhạy cảm với thời gian trong Công nghiệp 4.0.

- Trong các mạng riêng, nơi nhiều ứng dụng công nghiệp yêu cầu đồng bộ hóa thời gian micro-giây, việc kết nối với TSN cho phép các hệ thống 5G sử dụng thời gian hệ thống 5G chung để cung cấp đồng bộ hóa chính xác cho các ứng dụng

7. Điện toán biên di động EMC

- **EMC Mobile Edge Computing:** được triển khai bên trong hoặc gần các mạng riêng để đáp ứng các trường hợp sử dụng công nghiệp của các mạng riêng.
- **Mạng riêng của doanh nghiệp : Số #1** trong Hình là một mạng riêng độc lập, trong đó MEC nằm trong khuôn viên của doanh nghiệp, cho phép độ trễ cực thấp và truyền thông dung lượng cao cho truyền thông công nghiệp của doanh nghiệp.



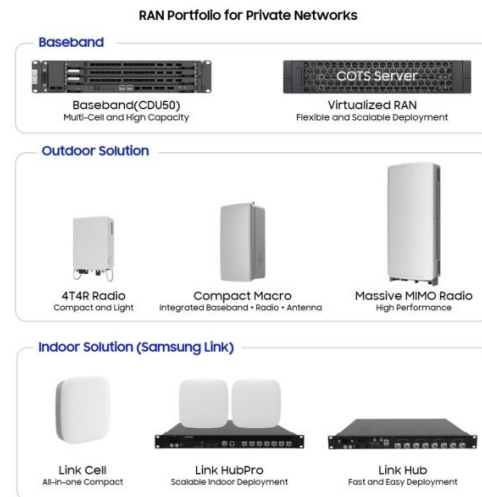
Hình 3.10: Điện toán biên di động EMC

- **Mạng riêng của doanh nghiệp Số #2** được triển khai trong **mạng công cộng PN**, nghĩa là mặt phẳng người dùng lõi 5G và MEC được triển khai trong đám mây biên của mạng công cộng, không phải trong khuôn viên của doanh nghiệp. Trong trường hợp này, yêu cầu về độ trễ cũng có thể được đáp ứng thông qua MEC trong đám mây biên gần hơn nhiều với mạng riêng số 2 so với đám mây trung tâm.

8. Giới thiệu Thiết bị mạng riêng 5g trong công nghiệp

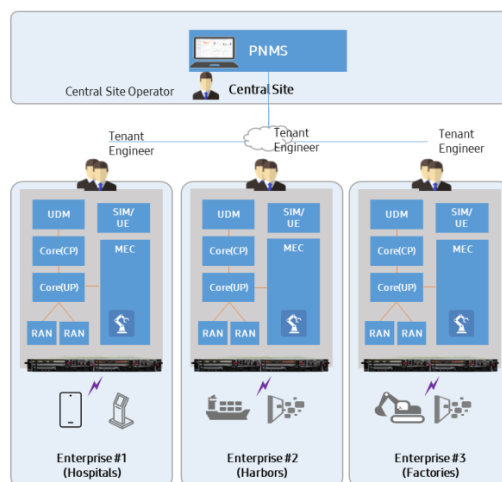
- **Thiết bị mạng truy cập vô tuyến RAN** : giải pháp Indoor, Outdoor, thiết bị xử lý tín hiệu băng tần BASEBAND , virtualizer RAN

Hình 3.11 : Thiết bị mạng truy cập vô tuyến RAN



- **Hệ thống quản lý mạng riêng PNMS**

Hệ thống PNMS (Private Network Management System) cung cấp kiến trúc linh hoạt. Nếu doanh nghiệp yêu cầu cấu hình tối thiểu, **PNMS** có thể được đưa vào Lõi mạng riêng bao gồm một máy chủ duy nhất. Ngoài ra, nếu doanh nghiệp yêu cầu quản lý từ



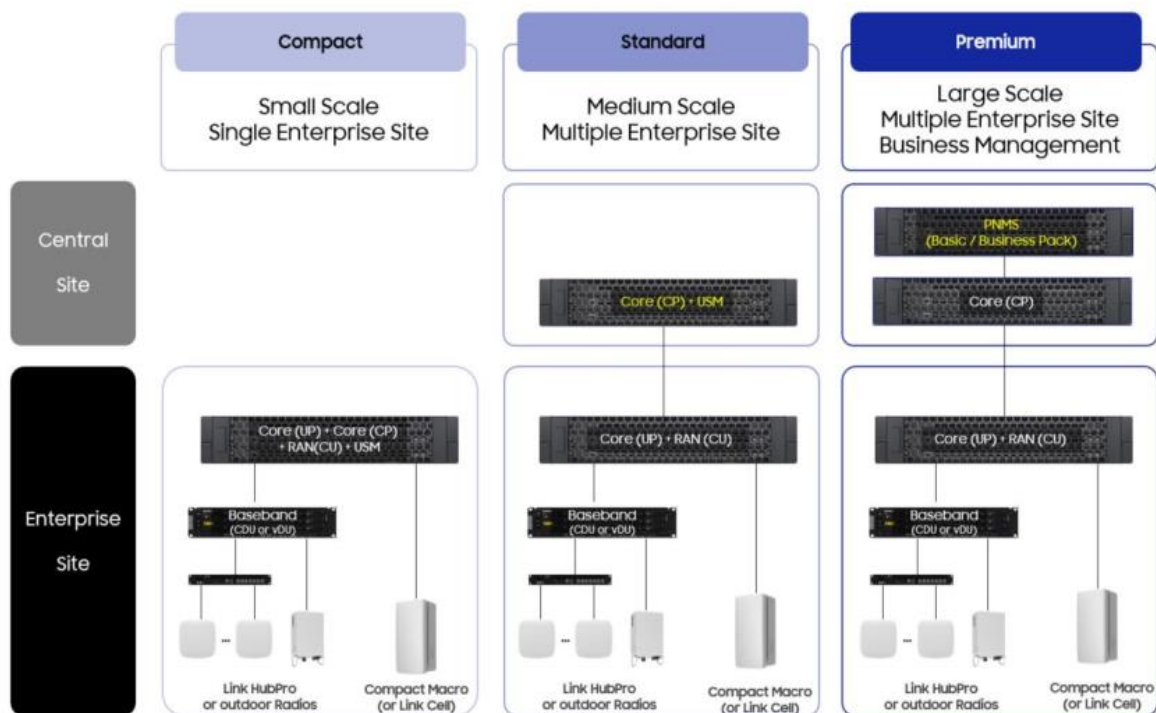
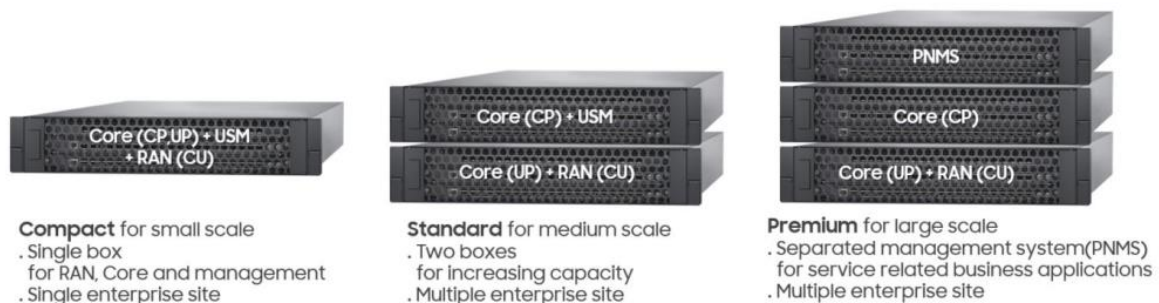
Hình 3.12 : Hệ thống quản lý mạng riêng PNMS

xa để quản lý nhiều trang

Site

- **Mạng lõi core Network**

- Vai trò chính của mạng lõi là xác thực, ủy quyền, quản lý tính di động, thực thi QoS và các chức năng định tuyến trong mạng truyền thông không dây
- Bằng cách tích hợp CU vào Lõi mạng riêng, Chức năng mặt phẳng người dùng (UPF) và CU có thể được đặt trên cùng một máy chủ, cho phép lưu lượng dữ liệu trên mạng 5G riêng không bị lộ ra bên ngoài. Một tùy chọn khác cho Lõi mạng riêng là khả năng mở rộng, cho phép tăng dung lượng khi cần thiết



Hình 3.12 : Mạng lõi core Network

- **Compact'** phù hợp với doanh nghiệp cần mạng nhỏ tiết kiệm chi phí. Với khái niệm giải pháp mạng trong hộp, lõi, đơn vị trung tâm và chức năng quản lý nằm trên một máy chủ duy nhất.
- **'Standard'** bao gồm một mặt phẳng điều khiển và Quản lý dịch vụ thống nhất **Unified System Manager (USM)** chỉ trên một site trung tâm. CU được xây dựng trên một site cục bộ với UPF trên một máy chủ duy nhất và phù hợp với các doanh nghiệp vừa và nhỏ cần quy mô kinh doanh lớn hơn **'Compact'**.
- **'Premium'** cũng hỗ trợ việc tách biệt mặt phẳng điều khiển và mặt phẳng người dùng. Mặt phẳng điều khiển và **PNMS** được đặt tại vị trí trung tâm, và mặt phẳng người dùng với **CU** thường nằm tại vị trí cục bộ nên phù hợp với doanh nghiệp yêu cầu các ứng dụng nhạy cảm với độ trễ như MEC. Hơn nữa, nó có thể mở rộng tùy thuộc vào dung lượng yêu cầu.

• Mạng công nghiệp 5G độc lập riêng:	• Mạng công nghiệp 5G độc lập riêng với phổ tần riêng cho mạng trường học (băng tần 3,7 – 3,8 GHz). • Kết nối nội bộ với Robot tự hành AMR (Autonomous Mobile Robot) và xe tự hành theo hướng dẫn AGV (Automated Guided Vehicle). Private Industrial 5G solution The diagram illustrates the Private Industrial 5G solution architecture. It is divided into three main layers: 5G Core: Management of 5G network incl. UEs and data traffic. Radio Access Network (RAN): - Central Unit (CU): control of the radio network - Distributed Unit (DU): conversion of the radio signal - Radio Units (RUs): transmission of the radio signal User Equipment (UEs): Connection of end devices to 5G network. On the right side, there is a visual representation of the network components: a 5G Core unit at the top, followed by a RAN unit (CU/DU/RU), and then User Equipment (UEs) at the bottom, which are connected to industrial equipment like a robot arm and a vehicle.
---	---