

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



NGUYỄN TRỌNG HIẾU

**THIẾT KẾ HỆ THỐNG
PHỦ SÓNG DI ĐỘNG 4G CHO TỔ HỢP HẢI
PHÁT PLAZA**

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

(Theo định hướng ứng dụng)

HÀ NỘI - 2021

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



NGUYỄN TRỌNG HIẾU

**THIẾT KẾ HỆ THỐNG
PHỦ SÓNG DI ĐỘNG 4G CHO TỔ HỢP HẢI
PHÁT PLAZA**

Chuyên ngành : KỸ THUẬT VIỄN THÔNG
Mã số : 8.52.02.08

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT
(Theo định hướng ứng dụng)

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC: PGS.TS. LÊ NHẬT THẮNG

HÀ NỘI - 2021

LỜI CAM ĐOAN

Tôi cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi.

Các số liệu, kết quả nêu trong luận văn là trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Người viết luận văn

Nguyễn Trọng Hiếu

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	i
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT.....	iv
MỞ ĐẦU	1
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ MẠNG THÔNG TIN DI ĐỘNG 4G LTE	4
1.1 Mạng thông tin di động 4G LTE	4
1.1.1 Nhu cầu sử dụng công nghệ truyền thông không dây thứ tư (4G)	4
1.1.2 Sự ra đời 4G	5
1.1.6 Đặc điểm phát triển 4G LTE trên thế giới.....	8
1.2 Các mô hình truyền sóng trong IBC	8
1.2.1 Nguyên lý truyền sóng điện tử.....	8
1.2.3 Các mô hình truyền sóng.....	14
1.2.4 Các mô hình truyền sóng thực nghiệm truyền sóng bên ngoài vào bên trong tòa nhà	22
1.3 Kết luận chương	24
CHƯƠNG 2: GIẢI PHÁP PHỦ SÓNG DI ĐỘNG TRONG TOÀ NHÀ	25
2.1 Cấu trúc chung của hệ thống phủ sóng di động trong nhà (IBC).....	25
2.1.1 Hệ thống phủ sóng di động trong nhà thụ động.....	26
2.1.2 Hệ thống phủ sóng di động trong nhà chủ động	27
2.1.3 Hệ thống phủ sóng di động trong nhà lai ghép	29
2.1.4 Hệ thống phủ sóng di động cáp dò	30
2.2 Thiết bị đo truyền lan RF dùng trong khảo sát thiết kế hệ thống phủ sóng di động trong nhà.....	32
2.3 Các tham số, thông số chỉ tiêu cần thiết để thiết kế cho hệ thống phủ sóng di động 4G LTE trong nhà	32
2.3.1 Chỉ tiêu vùng phủ hệ thống phủ sóng trong nhà 4G LTE	33
2.3.2 Chỉ tiêu thiết kế băng tần cho hệ thống phủ sóng trong nhà 4G LTE.....	33
2.3.3 Chỉ tiêu nhiễu uplink RTWP.....	34
2.4 Kết luận.....	34

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG PHỦ SÓNG DI ĐỘNG 4G LTE CHO TỔ HỢP HẢI PHÁT PLAZA	35
3.1. Giới thiệu dự án Hải Phát Plaza và yêu cầu chất lượng phủ sóng 4G LTE	35
3.2. Thiết kế hệ thống phủ sóng 4G LTE cho dự án Hải phát Plaza	35
3.2.1. Khảo sát cơ bản.....	35
3.2.2. Thiết kế hệ thống phủ sóng 4G LTE	47
3.3. Kiểm tra chất lượng hệ thống phủ sóng di động qua chạy giả lập trên phần mềm iBware	58
3.3.1. Thông số giả lập.....	59
3.3.2. Kết quả giả lập	59
3.4. Kết luận.....	61
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	62
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	63

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT

Viết tắt	Tiếng Anh	Tiếng Việt
3G	Third Generation Technology	Công nghệ truyền thông không dây (đời) thứ ba
3GPP	3rd Generation Partnership Project (3GPP)	Dự án hợp tác nhằm phát triển kỹ thuật có thể chấp nhận trên toàn cầu cho thế hệ thứ ba (3G) hệ thống di động
4G	Fourth Generation Technology	Công nghệ truyền thông không dây (đời) thứ tư
4G LTE	Color-Shift Keying	Chuẩn tiệm cận công nghệ mạng thứ tư
BTS	Base Transceiver Station	Trạm thu phát di động
DAS	Distributed Antenna System	Hệ thống phân bố anten
EPC	Evolved Packet Core	Gói chuyển mạch cải tiến
E-UTRAN	Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network	Mạng truy cập vô tuyến cải tiến
IBC	Inbuilding Recoverage System	Hệ thống phủ sóng di động bên trong toà nhà
IOT	Internet Of Think	Mạng lưới vạn vật kết nối Internet
IP	Internet Protocol	Giao thức Internet
LTE	Long Term Evolution	Tiến hoá dài hạn
MIMO	Multi Input – Multi Output	Phương pháp MIMO
QoS	Quality of Service	Chất lượng dịch vụ
RSRP	Reference Signal Received Power	Công suất thu tín hiệu tham khảo
RTWP	Received Total Wideband Power	Nhiều uplink
SISO	Single Input – Single Output	Một vào – Một ra
UMTS	Universal Mobile Telecommunications Systems	Hệ thống thông tin di động đa năng
UTRAN	Universal Terrestrial Radio Access Network	<i>Mạng truy cập vô tuyến</i>

DANH MỤC CÁC BẢNG

Bảng 1-1 Bảng tham số Hata	17
Bảng 1-2 Các giá trị ngầm định các tham số trong mô hình.....	19
Bảng 2.1 Dải tần cho thiết bị phủ sóng di động trong nhà 4G LTE (Nguồn Viettel Network).....	34
Bảng 3.1 Số liệu khảo sát kích thước và nguyên vật liệu xây dựng của dự án Hải Phát Plaza	37
Bảng 3.2 Số liệu khảo sát đặc tính của các tầng điển hình toà nhà	37
Bảng 3.3 Chỉ số bảng màu RSRP	41
Bảng 3.4 Chỉ số bảng màu tốc độ dữ liệu 4G LTE DL va UL	45
Bảng 3.5 Chỉ số công suất thu của dữ liệu chạy giả lập	60

DANH MỤC CÁC HÌNH

Hình 1.1 Biểu đồ thể hiện nhu cầu sử dụng mạng trên điện thoại thông minh (nguồn Internet)	4
Hình 1.2 Ứng dụng và thiết bị thúc đẩy sự phát triển băng thông rộng.....	5
(nguồn Internet).....	5
Hình 1.2 Kiến trúc mạng 4G LTE.....	6
Hình 1.3 Các cơ chế truyền lan sóng điện từ	9
Hình 1.4 Hiệu ứng lan truyền nhiều tia.....	11
Hình 1.5 Một mẫu truyền lan sóng vô tuyến trong nhà	12
Hình 1.6 Miền Fresnel thứ nhất	13
Hình 1.8 Đường cong dự đoán suy hao	15
Hình 1.9 Các tham số trong mô hình Walfish-Ikegami	20
Hình 2.1 Sơ đồ nguyên lý Hệ thống phủ sóng di động trong nhà thụ động.....	26
Hình 2.2 Sơ đồ nguyên lý Hệ thống phủ sóng di động trong nhà chủ động	28
Hình 2.3 Sơ đồ nguyên lý Hệ thống phủ sóng di động trong nhà lai ghép.....	29
Hình 2.4 Sơ đồ nguyên lý Hệ thống phủ sóng di động cáp dò	31
Hình 2.5 Mô hình ứng Hệ thống phủ sóng di động cáp dò trong một đoạn đường hầm (Nguồn: Slide trình diễn của chuyên gia hãng Fiberhome)	32
Hình 3.1 Quy mô dự án Hải Phát Plaza (Nguồn: haiphat.org)	35
Hình 3.2 Bản vẽ mặt hình điển hình của dự án Hải Phát Plaza	36
Hình 3.3 Công suất tín hiệu thu RSRP tầng hầm B1	40
Hình 3.4 Công suất tín hiệu thu RSRP tầng 1	41
Hình 3.5 Công suất tín hiệu thu RSRP tầng 18.....	41
Hình 3.6 Công suất tín hiệu thu RSRQ tầng hầm B1	42
Hình 3.7 Công suất tín hiệu thu RSRQ tầng 1	43
Hình 3.8 Công suất tín hiệu thu RSRQ tầng 18	43
Hình 3.9 Tốc độ dữ liệu 4G LTE tầng hầm	44
Hình 3.10 Tốc độ dữ liệu 4G LTE tầng 1	45

Hình 3.11 Tốc độ dữ liệu 4G LTE tầng 18	45
Hình 3.10 Hệ thống bố trí ăng ten tầng hầm.....	50
Hình 3.11 Hệ thống bố trí ăng ten tầng 1	51
Hình 3.12 Hệ thống bố trí ăng ten tầng 2.....	52
Hình 3.12 Hệ thống bố trí ăng ten tầng 5.....	52
Hình 3.13 Hệ thống bố trí ăng ten tầng 5 đến tầng 20	53
Hình 3.14 Sơ đồ hình cây cho tầng hầm và tầng đế.....	55
Hình 3.15 Sơ đồ hình cây cho tầng hầm và tầng đế.....	56
Hình 3.16 Hình giả lập 2D và 3D vùng phủ	60

MỞ ĐẦU

Trong 20 năm gần đây với sự phát triển của nền kinh tế Việt Nam, cơ sở hạ tầng đô thị tại các thành phố phát triển. Các thành phố lớn liên tục được mở rộng. Đồng thời dân số tại đây cũng liên tục tăng do di dân của lực lượng trẻ từ các vùng miền đổ dồn về. Các tòa nhà cao tầng, các khu đô thị gồm tổ hợp các tháp nhà liên tục được hoàn thành nhằm mục đích đáp ứng nhu cầu của các hộ gia đình mới trong thời điểm giá đất nền liên tục tăng cao. Với các dự án cao tầng này, giải quyết được tỷ lệ người sinh sống, làm việc tập trung với mật độ rất cao. Dẫn đến rất nhiều khó khăn cho một số dịch vụ trong đó có các dịch vụ trên nền tảng sóng di động. Mặt khác, các dự án cao tầng tại các thành phố lớn luôn có chiều cao lớn hơn nhiều lần chiều cao hạn chế của cột phát sóng trạm BTS ngoài trời. Với các công nghệ xây dựng ứng dụng như tường, dầm bê tông trên mặt sàn diện tích rất rộng đã ngăn cản hoàn toàn các bước sóng của mạng di động, chúng không thể đâm xuyên cũng như các búp sóng tốt gần như không phủ tới thiết bị di động đang được sử dụng phía bên trong tòa nhà. Tỷ lệ con người (cũng như tỷ lệ thuê bao di động) tập trung trên diện tích mặt đất cao và vậy tín hiệu và dịch vụ của dịch vụ viễn thông di động không đạt được tiêu chuẩn để kết nối thuê bao là một vấn đề cần giải quyết của các nhà cung cấp dịch vụ di động cũng như chủ đầu tư của các dự án. Tổ hợp Hải Phát Plaza cũng nằm trong trường hợp trên với quy mô khá lớn với các dịch vụ: Văn phòng, Trung tâm thương mại, nhà ở và bãi giữ xe luôn cần các dịch kết nối di động với chất lượng cao nhất. Phát sinh ra các nhu cầu lớn trong đó có nhu cầu dịch vụ sử dụng các thiết bị di động kết nối với các nhà cung cấp dịch vụ viễn thông

Với mục đích giải quyết các vướng mắc trên, trong đề tài luận văn sẽ đề xuất Thiết kế hệ thống phủ sóng di động (IBS: In-building Solution) 4G cho tổ hợp Hải Phát Plaza là bước đầu rất quan trọng, trước khi tiến hành lắp đặt Hệ thống, nhằm đảm bảo 100% vùng phủ tại tất cả diện tích mặt sàn, đảm bảo dung lượng cho dự án. Hệ thống thiết kế cũng phải đáp ứng các yêu cầu và tiêu chuẩn của các nhà mạng đang cung cấp dịch vụ tại Việt Nam và sẵn sàng mở rộng cho các nhà mạng mới cũng như các dịch vụ mới.

Công nghệ IBS ra đời không những giải quyết triệt để những tồn tại này mà còn nâng cao chất lượng cuộc gọi thực hiện mọi lúc mọi nơi bên trong tòa nhà. Mở đầu cho kỷ nguyên công nghệ Inbuilding là những quốc gia tiên tiến hàng đầu trên thế giới trong lĩnh vực Viễn thông (như Mỹ, Pháp, Đức, Thụy Điển...) đã đưa công nghệ này vào ứng dụng và khai thác. Sự phát triển không ngừng của ngành Viễn thông đã đưa công nghệ Inbuilding lên một tầm cao mới, hoàn thiện hơn, tối ưu hơn. Công nghệ Inbuilding nhanh chóng đã được ứng dụng rộng rãi trên toàn thế giới. Ở Châu Á, Trung Quốc là quốc gia tiên phong trong lĩnh vực sử dụng công nghệ Inbuilding để phủ sóng cho tất cả các tòa nhà cao tầng. Năm 2000 là mốc xuất phát cho các quốc gia như Nhật Bản, Hàn Quốc, Singapore, Indonexia... Năm 2002 công nghệ Inbuilding đã được triển khai ở Việt Nam, mở đầu là các khách sạn sang trọng tại các thành phố lớn (khách sạn NEW WORLD, khách sạn CALAVEN - Thành phố Hồ Chí Minh, Tháp Hà Nội tại thủ đô Hà Nội) Theo công bố của nhà cung cấp dịch vụ Viễn thông Vinaphone^[2], Viettel^[3], Mobifone^[6] năm 2019 ở Việt Nam tỷ lệ phủ sóng di động 4G đạt tỷ lệ xấp xỉ 95% trên toàn quốc. Điều này có nghĩa là các tòa nhà cao tầng trên toàn quốc được phủ sóng di động bên trong tòa nhà.

Với giải pháp thông qua lắp đặt các thiết bị, tối ưu vùng phủ IBS thành công trong việc đã giải quyết được vấn đề chính như: Nâng cấp dung lượng mạng, chất lượng cuộc gọi và mở rộng vùng phủ sóng. Với bài toán đặt ra như vậy, IBS thực sự là giải pháp hoàn hảo. Là một hệ thống hoạt động độc lập, hoàn toàn không bị ảnh hưởng bởi hệ thống phủ sóng bên ngoài tòa nhà, với mạng anten phân phối tại các tầng, đưa sóng di động đến từng góc ngách, giúp cho cuộc gọi với chất lượng cao nhất luôn luôn có thể được thực hiện ở mọi lúc, mọi nơi. Đồng thời, do tính chất độc lập nên IBS cũng khắc phục được luôn tình trạng nghẽn mạng ngoài ý muốn. Trong tiến trình hội nhập, hiện đại hóa trên cả nước như hiện nay, cùng với yêu cầu về chất lượng cuộc sống ngày càng cần được nâng cao, việc trang bị hạ tầng cơ sở hiện đại với chất lượng cao, đồng bộ cho các công trình xây dựng thực sự là một việc cấp bách và vô cùng cần thiết.

Với dịch vụ di động không phải đơn thuần là dịch vụ thoại, tin nhắn mà dịch vụ data đang là dịch vụ chủ yếu. Tỷ lệ sử dụng data qua thiết bị di động bên trong tòa nhà nói riêng và di động nói chung đang dần thay thế các dịch vụ có dây. Với ứng công nghệ 2G, 3G hiện nay trong thiết kế hệ thống phủ sóng di động truyền dữ liệu sẽ chậm khi cùng một lúc có nhiều thiết bị kết nối, chưa phát huy được hết các ưu điểm và ứng dụng IOT cho các tòa nhà cao tầng. Qua đề tài nghiên cứu này, khi ứng dụng 4G LTE hệ thống phủ sóng mạng thông tin di động cho Tổ hợp Hải Phát Plaza sẽ giúp cho việc kết nối di động dễ dàng và tốc độ trao đổi dữ liệu nhanh lên rất nhiều lần. Với tốc độ truyền trên 4G LTE sẽ cải thiện tất cả hạn chế của mạng thông tin. Các thuê bao di động sẽ sử dụng được tất cả các ứng dụng trên nền tảng 4G với chất lượng tốt nhất. Cũng với nghiên cứu này, ngoài các dịch vụ của nhà mạng di động, hệ thống sẽ được sử dụng làm cơ sở hạ tầng không dây cho các hệ thống khác như Camera an ninh, hệ thống báo cháy, báo khói, thông tin liên lạc khác.....

Bố cục của luận văn gồm 3 chương:

Chương I: “Tổng quan về mạng di động 4G”.

Chương II: “Giải pháp phủ sóng di động trong nhà”.

Chương III: “Thiết kế hệ thống phủ sóng di động 4G LTE cho tổ hợp Hải Phát Plaza”.

Do còn hạn chế về hiểu biết về công nghệ và giải pháp nên luận văn chắc chắn không tránh khỏi nhiều thiếu sót. Em rất mong nhận được sự góp ý của các thầy giáo, cô giáo và các giảng viên của Học viện để luận văn được hoàn thiện hơn.

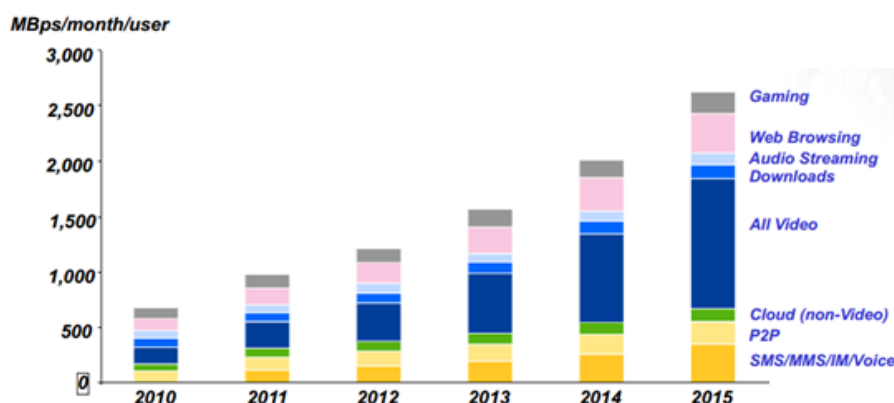
Em xin chân thành cảm ơn các thầy giáo, cô giáo cùng toàn thể các giảng viên Khoa Điện tử-Viễn thông, Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông đã giúp đỡ em trong suốt quá trình học tập. Em xin cảm ơn PGS. TS. Lê Nhật Thăng đã hướng dẫn em trong quá trình thực hiện và hoàn thành luận văn.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ MẠNG THÔNG TIN DI ĐỘNG 4G LTE

1.1 Mạng thông tin di động 4G LTE

1.1.1 Nhu cầu sử dụng công nghệ truyền thông không dây thứ tư (4G)

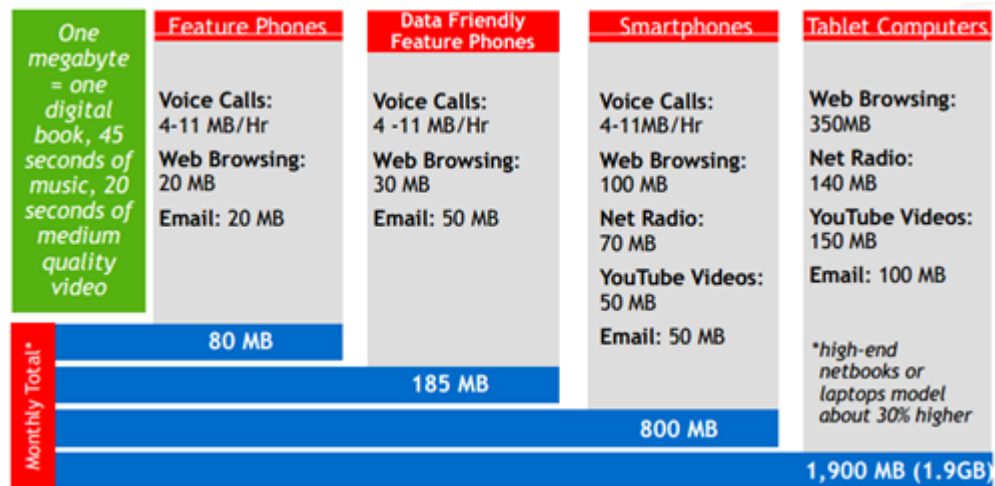
Hiện nay, sự phát triển mạnh mẽ của nền kinh tế cũng như khoa học và kỹ thuật đã mang lại những lợi ích to lớn cho con người. Một trong những lợi ích đó là sự phát triển của các công nghệ và dịch vụ viễn thông giúp cho nhu cầu trao đổi thông tin và nhu cầu giải trí của chúng ta ngày một nâng cao. Điều này cùng với IOT dẫn đến SỰ BÙNG NỔ SỐ LIỆU, tạo nên sức ép lên mạng di động truyền thông sử dụng công nghệ không dây thứ ba (3G) di động hiện nay phải tiến lên mạng di động truyền thông sử dụng công nghệ không dây có tốc độ và băng thông lớn hơn.



Hình 1.1 Biểu đồ thể hiện nhu cầu sử dụng mạng trên điện thoại thông minh (nguồn Internet)

Truyền thông băng thông rộng đang trở thành yếu tố cơ bản của toàn bộ nền kinh tế, hỗ trợ toàn bộ ngành công nghiệp, không chỉ thay đổi cái cách mà con người làm việc mà còn thay đổi cuộc sống của con người. Khi công nghệ vô tuyến ngày càng trở nên cơ bản của cấu trúc hạ tầng thông tin thế giới, chúng ta phải hiểu xu hướng của băng rộng trong tương lai... Các xu hướng cho thấy sự tăng trưởng mạnh mẽ của Internet nói chung và cho các mạng băng rộng di động nói riêng. Theo Cisco lưu lượng truy cập băng rộng di động toàn cầu sẽ tăng gấp tám lần từ năm 2011 đến năm

2016. Vào cuối năm 2017, thị trường băng rộng di động toàn cầu dự kiến sẽ bao gồm hơn 5,6 tỷ thuê bao, trong đó 5 tỷ thuê bao sẽ sử dụng công nghệ 3GPP, chiếm 90% thị phần.



Hình 1.2 Ứng dụng và thiết bị thúc đẩy sự phát triển băng thông rộng
(nguồn Internet)

1.1.2 Sự ra đời 4G

Với sự tăng trưởng rất lớn trong việc sử dụng, các nhà khai thác di động đang sử dụng hoặc xem xét nhiều cách tiếp cận để quản lý băng thông:

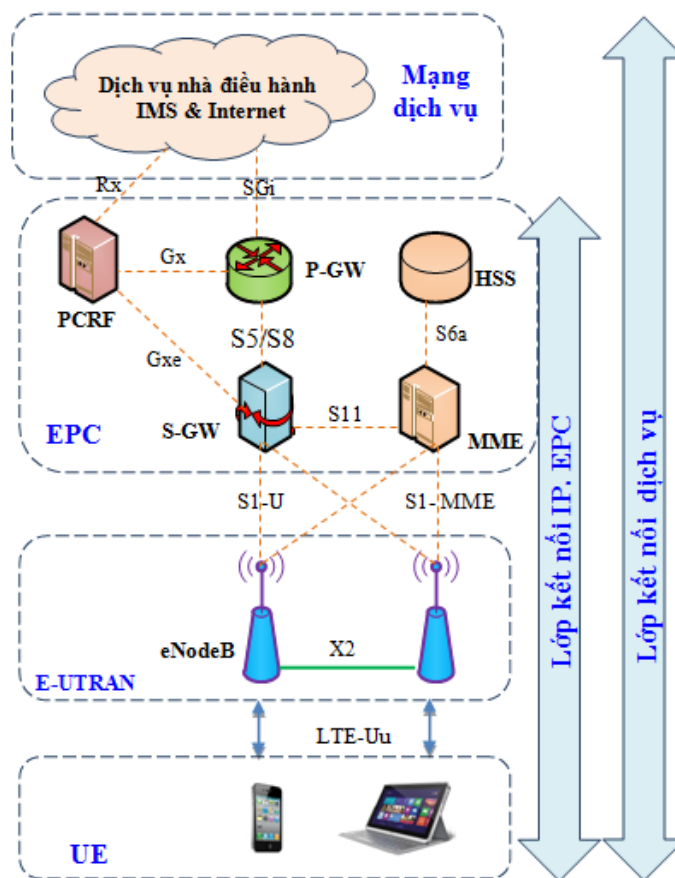
- Thêm băng thông rộng tương xứng. Ở Hoa Kỳ, FCC National kế hoạch băng thông rộng cố gắng tạo ra thêm 500 MHz khả dụng vào năm 2020;
- Tăng hiệu quả sử dụng phổ;
- Kết hợp lợi ích đường lên với kết nối nhà cung cấp dịch vụ đường xuống;
- Các smallcell và các mạng không đồng nhất (hetnet)
- Kết hợp Wi-Fi (wifi offload)
- Giờ cao điểm
- Chất lượng dịch vụ (QoS).
- Khám phá các phương pháp mới cho tương lai

Trong đưa ra các phương pháp giải quyết vấn đề nhu cầu sử dụng dữ liệu của người sử dụng, các nhà khai thác dịch vụ di động đã tăng dung lượng mạng không dây, sử dụng nhiều phổ (3GHz và 150MHz) mã hoá âm thanh và hình ảnh tốt hơn. Dùng các phương pháp điều chế và giao thức mạng tốt hơn từ những tế bào nhỏ hơn

tổng số một triệu tế bào. Chúng ta luôn luôn có thể tiếp tục tăng tái sử dụng tần số không gian bằng cách giảm kích thước tế bào. Đây chính là nền tảng cho sự xuất hiện 4G LTE để giải quyết trước hết và trực tiếp nhu cầu khổng lồ của thông tin di động và IOT. 4G LTE được xác định đáp ứng một phần yêu cầu của IMT-Advanced (Bộ tiêu chuẩn IMT-Advanced được ITU phê chuẩn tại cuộc họp từ ngày 16/01-20/01/2012 tại thành phố Geneva, Thụy Sĩ)^[14] và có khả năng, thông lượng lý thuyết vượt quá 1 gigabit mỗi giây (Gbps).

1.1.3 Kiến trúc mạng 4G LTE

Kiến trúc mạng 4G LTE là các thành phần mạng trong cấu hình kiến trúc nơi chỉ có 1 E-UTRAN tham gia. Kiến trúc mạng 4G LTE cho thấy sự phân chia kiến trúc mạng 4G LTE thành bốn thành phần chính: thiết bị người dùng (UE), UTRAN phát triển (E-UTRAN), mạng lõi gói phát triển (EPC) và các vùng dịch vụ.



Hình 1.2 Kiến trúc mạng 4G LTE

E-UTRAN và EPC đại diện cho các giao thức internet (IP) ở lớp kết nối. Đây là một phần của hệ thống được gọi là hệ thống gói phát triển (EPS). Chức năng chính của lớp này là cung cấp kết nối dựa trên IP và nó được tối ưu hóa cao cho mục tiêu duy nhất. Tất cả các dịch vụ được cung cấp dựa trên IP, tất cả các nút chuyển mạch và các giao diện được nhìn thấy trong kiến trúc 3GPP trước đó không có mặt ở E-UTRAN và EPC. Công nghệ IP chiếm ưu thế trong truyền tải, nơi mà mọi thứ được thiết kế để hoạt động và truyền tải trên IP.

Các hệ thống con đa phương tiện IP (IMS) là một ví dụ tốt về máy móc thiết bị phục vụ có thể được sử dụng trong lớp kết nối dịch vụ để cung cấp các dịch vụ dựa trên kết nối IP được cung cấp bởi các lớp thấp hơn. Ví dụ, để hỗ trợ dịch vụ thoại thì IMS có thể cung cấp thoại qua IP (VoIP) và sự kết nối tới các mạng chuyển mạch cũ PSTN và ISDN thông qua các cổng đa phương tiện của nó điều khiển.

Sự phát triển của E-UTRAN tập chung vào một nút, nút B phát triển (eNode B). Tất cả các chức năng vô tuyến kết thúc ở đó, tức là eNB là điểm kết thúc cho tất cả các giao thức vô tuyến có liên quan. E-UTRAN chỉ đơn giản là một mạng lưới của các eNodeB được kết nối tới các eNodeB lân cận với giao diện X2.

Một trong những thay đổi kiến trúc lớn là trong khu vực mạng lõi là EPC không có chứa một vùng chuyển mạch-mạch, và không có kết nối trực tiếp tới các mạng chuyển mạch mạch truyền thống như ISDN và PSTN là cần thiết trong lớp này. Các chức năng của EPC là tương đương với vùng chuyển mạch gói của mạng 3GPP hiện tại. Tuy nhiên những thay đổi đáng kể trong việc bố trí các nút chức năng và kiến trúc phần này nên được coi như là hoàn toàn mới.

1.1.4 Các ứng dụng hệ thống thông tin di động 4G LTE

Hệ thống di động 4G bao gồm rất nhiều dịch vụ nâng cao của hệ thống di động 3G. Tuy nhiên hệ thống 4G còn có thể đưa ra tốc độ truyền dữ liệu cao hơn nhiều so

với hệ thống 3G, do đó có thể cung cấp nhiều ứng dụng yêu cầu tốc độ cao và nâng cao trải nghiệm người dùng trong khi chỉ cần kết nối qua một đơn sóng mang [3]. Các ứng dụng của hệ thống 4G có thể kể đến như: duyệt email tốc độ cao, các dịch vụ tương tác người dùng thời gian thực, cuộc họp truyền hình với nhiều người, các dịch vụ dựa vào vị trí người dùng, chăm sóc trực tuyến, xem tivi chuẩn chất lượng cao, các trò chơi truyền hình tương tác, ...vv^[13]

1.1.5 Hiệu năng hệ thống

Chuẩn kỹ thuật truyền thông di động quốc tế nâng cao (IMT-Advanced) yêu cầu hệ thống 4G đạt các chuẩn kỹ thuật sau: mạng chuyển mạch gói giao thức IP, tốc độ truyền dữ liệu lên tới 100Mbps trong điều kiện di chuyển cao và lên tới 1Gbps trong điều kiện di chuyển thấp hoặc cố định, tối ưu và chia sẻ nguồn tài của hệ thống, các dịch vụ chất lượng cao, phổ tần số tối ưu, ...vv^[13]

1.1.6 Đặc điểm phát triển 4G LTE trên thế giới

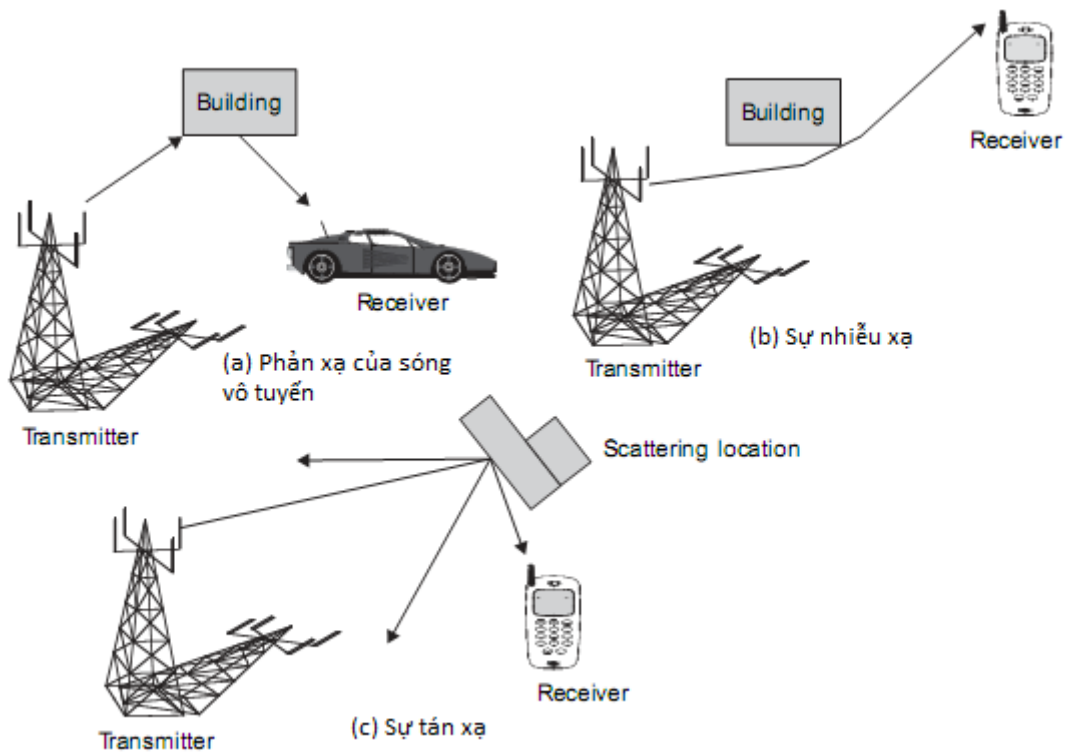
LTE là giải pháp công nghệ truyền thông không dây tốc độ cao dành cho các thiết bị di động và thiết bị đầu cuối dữ liệu. LTE đã đáp ứng được các yêu cầu chính đáng cho mạng các truy cập với những ưu điểm nổi bật mà với mạng thế hệ trước đây chưa đáp ứng được. Với những truy cập là hiệu quả phổ tần, tốc độ dữ liệu cao, thời gian trễ ngắn cũng như sự linh hoạt trong tần số và băng thông. LTE được đưa vào sử dụng chính thức cho các nhà cung cấp dịch vụ viễn thông được gọi là 4G LTE. Trên thực tế thì để đạt được mạng 4G thì LTE – Advanced mới là tốc độ chuẩn hoá theo yêu cầu IMT-Advanced. Cho đến năm 2017, theo số liệu thống kê 4G LTE đã được triển khai và lắp đặt trên 186 quốc gia để đáp ứng nhu cầu càng ngày càng tăng của người sử dụng nhất là với điện thoại thông minh.

1.2 Các mô hình truyền sóng trong IBC

1.2.1 Nguyên lý truyền sóng điện từ

1.2.1.1 Cơ chế lan truyền sóng điện từ

Việc truyền sóng vô tuyến trong IBC cũng như trong viễn thông, bao gồm 3 thuộc tính: Phản xạ, nhiễu xạ và tán xạ



Hình 1.3 Các cơ chế truyền lan sóng điện từ

Phản xạ là cơ chế xảy ra khi sóng điện từ va đập vào vật thể có kích thước lớn hơn rất nhiều so với bước sóng. Phản xạ sinh ra các sóng thứ cấp có thể gây nhiễu với các sóng khác. Tuy nhiên, tại phía thu các tia sóng phản xạ có thể gây tương tác tích cực hoặc tiêu cực với nhau phụ thuộc vào pha của chúng. Một phần năng lượng sóng vô tuyến bị hấp thụ hoặc truyền qua môi trường khúc xạ, kết quả là sóng bị phản xạ sẽ nhiễu. Trong môi trường di động, cơ chế này có thể xem như hiệu ứng nhiễu tia.

Nhiễu xạ là cơ chế xảy ra khi đường truyền sóng bị che khuất một phần bởi một vật thể. Trong trường hợp này sóng điện từ được xem như là truyền qua vòng cạnh của vật thể đến vùng không gian không thuộc miền truyền thẳng từ phía phát. Trong thông tin vô tuyến, đây là thuộc tính quan trọng. Nó làm tăng hiệu ứng che khuất và khiến việc thiết kế một hệ thống mạng di động với vị trí tương đối của trạm gốc và máy di động luôn thay đổi.

Tán xạ xảy ra khi một tín hiệu vô tuyến đập vào bề mặt thô hoặc một vật có kích thước nhỏ hơn hoặc theo thứ tự bước sóng tín hiệu. Điều này làm cho năng lượng tín hiệu sẽ bức xạ ra theo tất cả các hướng. Tán xạ có thể được nhận biết ở bên nhận như là một nguồn sóng vô tuyến khác. Các vật thể nhiễu xạ điển hình có thể là: đồ nội thất, cột đèn, cây cối...

1.2.1.2 Các hiệu ứng truyền sóng

Lan truyền sóng điện từ trong môi trường thực là một quá trình phức tạp, đó là sự kết hợp của nhiều cơ chế lan truyền khác nhau. Tuy nhiên, nó được mô hình hóa thành 3 loại hiệu ứng cơ bản sau: Hiệu ứng nhiễu xạ, hiệu ứng che khuất và lan truyền qua tòa nhà và khu vực giao thông

a. Hiệu ứng nhiễu xạ

Hiệu ứng nhiễu xạ là hiệu ứng lan truyền sóng rất phổ biến trong môi trường di động. Nó là sự tổng quát của cơ chế phản xạ hai tia. Trong thực tế, lan truyền nhiễu xạ sẽ có hành trình cho tới hàng trăm tín hiệu thành phần với biên độ và pha ngẫu nhiên sẽ đến máy thu.

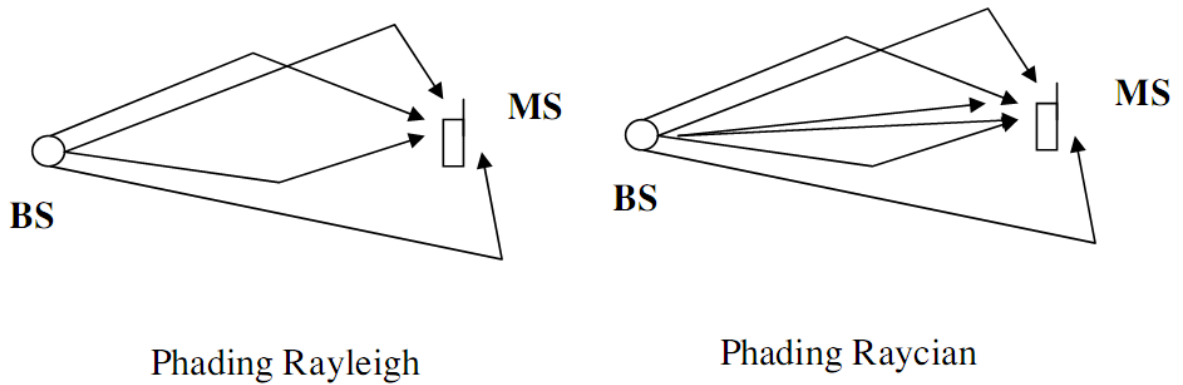
Đây là cơ chế phading nhanh, nó xuất hiện khi tín hiệu thu được từ rất nhiều đường truyền có pha biến đổi. Kết quả là pha sẽ loại trừ nhau một cách ngẫu nhiên, gây ra phading nhanh, đôi khi rất sâu hoặc đôi khi biên độ tăng lên nhiều lần, xuất hiện với khoảng cách là hệ số nguyên lần bước sóng.

Phading nhanh được chia làm 2 loại, đó là phading Rayleigh và Rician. Khi một máy di động di chuyển qua một vùng phủ sóng, mỗi một cơ chế lan truyền sẽ có ảnh hưởng tức thời đến tín hiệu thu được.

Nếu máy di động có một đường truyền thẳng tới trạm gốc, thì các cơ chế lan truyền khác sẽ không gây ảnh hưởng đến tín hiệu thu được. Đây là phân bố của phading Rician.

Ngược lại, nếu từ máy di động đến trạm gốc không có đường truyền thẳng, thì các cơ chế lan truyền khác như phản xạ, khúc xạ là đường truyền tín hiệu chính đến máy thu. Đây là phân bố của phading Rayleigh.

Nói chung, chúng ta nên xem phading Rayleigh là trường hợp tổng quát. Phading Raycian chỉ là trường hợp đặc biệt.



Hình 1.4 Hiệu ứng lan truyền nhiều tia

b. Hiệu ứng che khuất

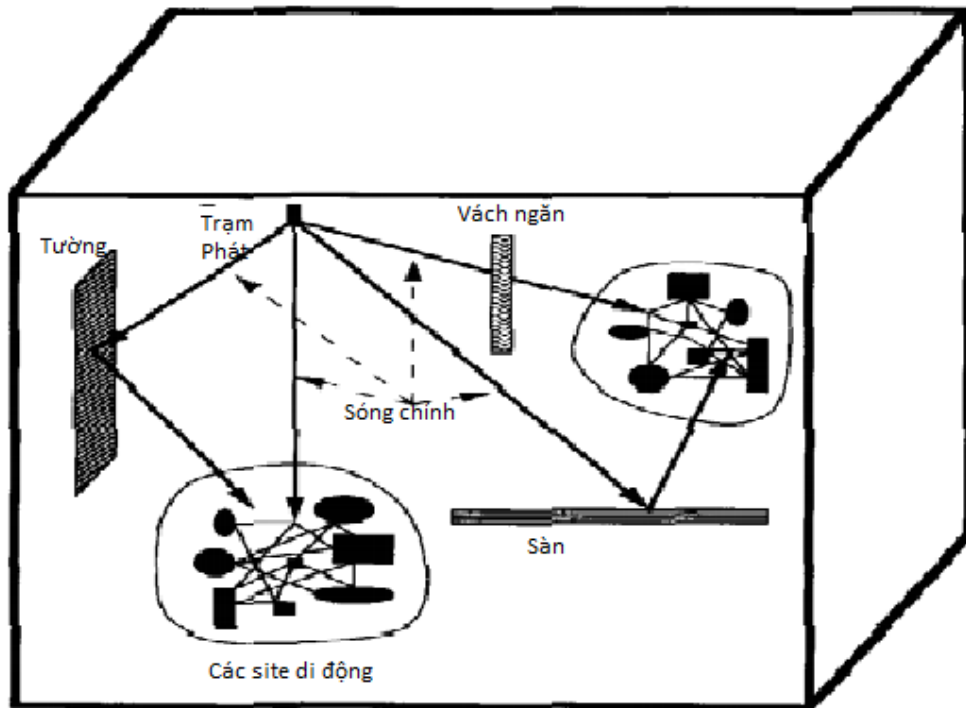
Sự thay đổi chậm trong suy hao đường truyền gây ra bởi sự che chắn hoặc che chắn một phần do kích thước lớn của vật thể hoặc đặc tính của địa hình. Sự che khuất thay đổi chậm được miêu tả bởi một phân bố khác được gọi là phân bố loga. Đó là kết quả của cơ chế tán xạ trên một số các vật thể, dẫn tới sự thay đổi ngẫu nhiên của tín hiệu.

c. Lan truyền qua tòa nhà và các khu vực giao thông

Máy di động có thể di chuyển khắp mọi nơi, trong tòa nhà cũng như trên các phương tiện giao thông, trên mọi nẻo đường. Để đảm bảo rằng cường độ tín hiệu đủ mạnh tới các máy di động, chúng ta cần phải tính toán suy hao đường truyền khi tín hiệu xuyên qua các vật thể. Vì có sự khác nhau của vật liệu, hướng truyền, vị trí của vật thể nên rất khó có thể dự đoán chính xác suy hao cho từng trường hợp cụ thể. Vì vậy, chúng ta phải sử dụng các mô hình thống kê.

Cụ thể là chúng ta muốn biết suy hao năng lượng trung bình của tín hiệu khi đi qua vật thể. Dự đoán mức tín hiệu trong tòa nhà là rất phức tạp. Một tòa nhà là sự

tổ hợp của nhiều vật cản. Cơ chế lan truyền cơ bản được ứng dụng cho tín hiệu lan truyền vào và bên trong tòa nhà là khúc xạ.



Hình 1.5 Một mẫu truyền lan sóng vô tuyến trong nhà

Mức tín hiệu bên trong tòa nhà chịu ảnh hưởng của nhiều tham số khác nhau. Một số các tham số có thể kể ra như là:

- Góc tới của tín hiệu từ trạm gốc tới tòa nhà
- Hình dạng của cửa sổ
- Đặc tính hấp thụ và phản xạ của bề mặt và tường của tòa nhà
- Sự sắp xếp, bố trí và đặc tính của đồ vật bên trong tòa nhà
- Sự thay đổi giữa các tầng so với vị trí của trạm gốc
- Lan truyền trong các hộp kỹ thuật, giếng của thang máy

Mặc dù đã có một số nghiên cứu về truyền sóng trong tòa nhà, nhưng kết quả lại có sự khác nhau. Cho nên hầu hết việc thiết kế phải sử dụng các phương pháp thống kê dựa trên các phép đo thực tế, thay vì xác định một phương thức tiếp cận tổng quát.

1.2.2 Đặc điểm truyền sóng trong không gian tự do

Lan truyền trong không gian tự do khi tín hiệu chỉ truyền trên một đường (line of sight), không có sự phản xạ cũng như che chắn đường truyền bởi vật thể. Về mặt kỹ thuật, điều kiện để có lan truyền tự do là miền Fresnel thứ nhất không bị che chắn bởi các vật thể.

Nếu gọi d là bán kính miền Fresnel thứ nhất, λ là bước sóng của tín hiệu, D là khoảng cách từ trạm phát tới máy di động, ta có công thức tính toán bán kính miền Fresnel thứ nhất như sau:

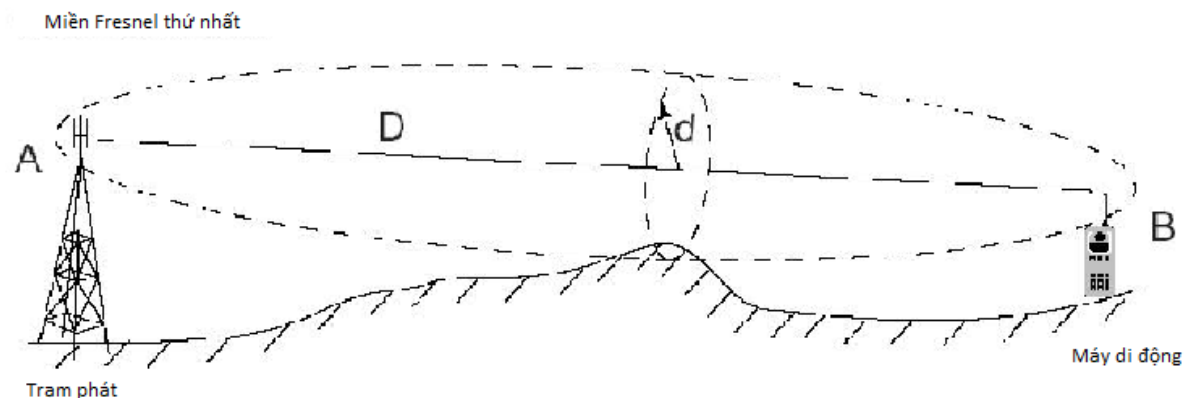
$$d = \frac{1}{2} \sqrt{\lambda D} \quad (1-1)$$

Trong quá trình tính toán suy hao đường truyền, lan truyền trong không gian được xem như là một mô hình chuẩn. Các mô hình khác được xây dựng trên mô hình chuẩn này và cố gắng tìm ra một cách tiếp cận tới một giá trị suy hao dự đoán chính xác hơn. Đầu tiên, bắt đầu với công thức tính suy hao cơ bản trong không gian tự do:

$$L_{fs} = \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 \quad (1-1)$$

Trong công thức này:

- + d : là khoảng cách giữa máy phát và máy thu
- + λ : là bước sóng



Hình 1.6 Miền Fresnel thứ nhất

Vì d (km) và λ đều là tham số, nên kết quả của phép tính trên sẽ là một giá trị phi khoảng cách. Ta viết lại công thức trên theo các tham số thường được sử dụng là tần số sóng mang f đơn vị là MHz và khoảng cách với $\lambda = c / f$ với $c = 3 \cdot 10^8$ (m/s) là vận tốc ánh sáng. Ta có công thức sau:

$$L_{fs} = \left(\frac{4\pi df}{c} \right)^2 \quad (1-2)$$

Chuyển đổi công thức này sang logarit, ta có:

$$L(dB) = 20 \lg \left(\frac{40\pi}{3} \right) + 20 \lg f (Hz) + 20 \lg d (m) \quad (1-3)$$

Hoặc

$$L(dB) = 32.44 + 20 \lg f (MHz) + 20 \lg d (km) \quad (1-4)$$

1.2.3 Các mô hình truyền sóng

1.2.3.1 Mô hình truyền sóng Okumura

Trong các bản báo cáo của Okumura có chứa một tập các đường cong được xây dựng từ rất nhiều các phép đo được thực hiện từ năm 1962 đến 1965. Mục đích của nó là sự miêu tả suy hao và sự thay đổi cường độ trường điện từ theo sự thay đổi của địa hình.

Okumura muốn tính toán một cách hệ thống đối với các loại địa hình khác nhau và môi trường khác nhau. Do vậy, ông đã phân loại địa hình và môi trường như sau:

Địa hình:

- Địa hình bằng phẳng: là địa hình có các vật thể trên đó có chiều cao trung bình không vượt quá 20m.
- Địa hình bất thường: là các địa hình không thuộc địa hình bằng phẳng, ví dụ như địa hình có đồi núi.

Môi trường:

- Khu vực mở: là vùng không gian trong đó không có cây cao, tòa nhà chắn ngang đường truyền sóng. Địa hình thoáng đãng, không có vật cản nằm cản đường truyền đến máy di động trong phạm vi từ 300-400m. Ví dụ như khu vực cánh đồng, nông trại
- Khu vực ngoại ô: là khu làng xã, đường cao tốc với cây và nhà thưa thớt. Trong khu vực này có một số vật thể chắn nhưng không che chắn hoàn toàn.
- Khu vực thành phố: là khu vực có nhiều nhà cao tầng san sát nhau, dân cư đông đúc, cây cối trồng thành hàng sát nhau

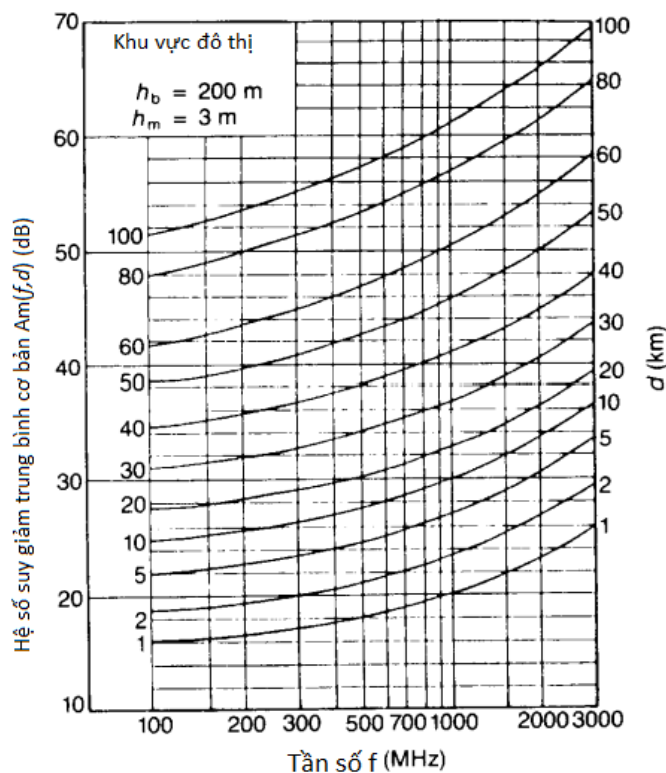
Từ đó Okumura đưa ra công thức tính toán suy hao như sau:

$$L_{okumura} = L_{fs} + A_m \quad (1-5)$$

Trong đó:

+ A_m là hệ số suy hao dự đoán Okumura. A_m được tra qua đồ thị đường cong

+ L_{fs} là suy hao lan truyền trong không gian tự do



Hình 1.8 Đường cong dự đoán suy hao

1.2.3.2 Mô hình Hata

Okumura đã phân tích các đặc tính tổn hao truyền sóng dựa trên số lượng lớn dữ liệu thực nghiệm thu được ở quanh Tokyo, Nhật bản. Ông đã chọn các điều kiện truyền sóng và thu được các đường cong tổn hao trung bình ở khu vực đô thị. Sau đó ông áp dụng vài nhân tố đúng cho các điều kiện truyền sóng khác, như là:

- Độ cao anten và tần số sóng mang.
- Các khu vực ngoại ô, không gian bán mở, không gian mở hoặc địa hình đồi núi.
- Tổn hao nhiễu xạ do đồi núi.
- Các khu vực biển hồ.
- Đường dốc.

Hata đã xuất phát từ các công thức thực nghiệm về sự tổn hao trung bình để khớp với các đường cong của Okumura. Như vậy mô hình Hata xây dựng dựa trên kinh nghiệm, đúc rút từ mô hình Okumura. Mô hình Hata chuyển đổi các thông tin về suy hao đường truyền có tính hình học của Okumura sang công thức toán học.

Mô hình này được xây dựng dựa trên suy hao đường truyền giữa các anten Isotropic, nhưng nó cũng xét đến các thông số khác như chiều cao của cột anten trạm BTS, chiều cao của anten MS. Địa hình trong mô hình được giả thiết là khá bằng phẳng và không có bất thường.

Các điều kiện ràng buộc của mô hình Hata:

- Dải tần làm việc: 150-1500MHz.
- Chiều cao của anten BTS: 30-200m.
- Chiều cao của anten MS: 1 đến 10m.
- Khoảng cách giữa BTS đến MS: 1-20km.

Công thức Hata tính suy hao đường truyền:

$$L_{Hata} = 69,55 + 26,16 \log f_c + (44,9 - 6,55 \log h_b) \log R - 13,82 \log h_m - a(h_m) \quad (1-6)$$

Trong đó:

- Đối với khu vực thành phố vừa và nhỏ:
- Đối với khu vực thành phố lớn:

$$a(h_m) = 8.29(\log 1.54h_m)^2 - 1.1 \quad f_c < 200\text{MHz} \quad (1-7)$$

$$a(h_m) = 3.2(\log 11.75h_m)^2 - 4.97 \quad f_c > 400\text{MHz} \quad (1-8)$$

- Đối với khu vực ngoại ô:

$$L_{Hata,sururban} = L_{Hata} - 2(\log(f_c / 28))^2 - 5.4 \quad (1-9)$$

- Đối với khu vực trống

$$L_{Hata,sururban} = L_{Hata} - 4.78(\log f_c)^2 + 18.33 \log f_c - 40.94 \quad (1-10)$$

Bảng 1-1 Bảng tham số Hata

Tham số	Giải thích	Phạm vi
f_c	Tần số (MHz)	150-1500
h_b	Chiều cao cột anten BTS (m)	30-200
h_m	Chiều cao anten MS (m)	1-10
R	Khoảng cách BTS tới MS (km)	1-20
$a(h_m)$	Hệ số hiệu chỉnh	

1.2.3.3 Mô hình COST231-Walfish-Ikegami

Mô hình COST 213 là kết quả của quá trình phát triển và mở rộng các mô hình lan truyền sóng. Lấy ví dụ, mô hình Hata được mở rộng để có thể ứng dụng vào phạm vi truyền sóng lên tới 100km, trên dải tần số từ 1.5 tới 2GHz. Đây chính là mô hình COST231-Hata. Một mô hình khác được phát triển mở rộng dựa trên đó là mô hình COST231-Walfish-Ikegami.

Các mô hình truyền sóng mà chúng ta đã đề cập ở phần trước chỉ được áp dụng cho các đường truyền sóng trực tiếp từ BTS tới MS. Những mô hình cổ điển này được ứng dụng vào các cell lớn (macro cell) với chiều cao lớn của cột anten BTS. Kết quả là, các mô hình này không thể áp dụng vào các hệ thống đang được triển khai hiện nay, với đường truyền ngắn hơn 1km và rất hiếm đường truyền thẳng trực tiếp LOS.

Mô hình COST231-Walfish-Ikegami ước lượng suy hao đường truyền trong môi trường đô thị, với dải tần làm việc từ 800-2000 MHz. Mô hình này được áp dụng cho cả đường truyền thẳng LOS và đường truyền gián tiếp NLOS. Đối với đường truyền LOS, mô hình sẽ được chuyển đổi về lan truyền trong không gian tự do. Đối với đường truyền NLOS, mô hình sẽ được bổ sung thêm 2 điều kiện về suy hao. Điều kiện thứ nhất là suy hao về mặt, nguyên nhân gây ra bởi tín hiệu lan truyền từ BTS qua các mái nhà. Điều kiện thứ hai gây ra bởi suy hao khúc xạ và tán xạ tại các mái nhà, góc phố nơi máy di động đang ở đó.

Có 3 thành phần cần quan tâm đến trong mô hình là:

- Suy hao lan truyền trong không gian tự do L_{fs}
- Suy hao nhiều bề mặt L_{ms}
- Suy hao khúc xạ và tán xạ từ mái nhà đến đường phố L_{rts}

Điều kiện ứng dụng của mô hình là cho đường truyền sóng vô tuyến trong khu vực đô thị

- Tần số làm việc f_c : 800 đến 2000MHz.
- Chiều cao cột anten BTS h_b : 4 đến 50m.
- Chiều cao anten MS h_m : 1 đến 3m.
- Khoảng cách từ BTS đến MS: 20 đến 5km.

Công thức COST231-Walfish-Ikegami:

$$L_{COST} = \begin{cases} L_{fs} + L_{ms} + L_{rts} \\ L_{fs} \text{ nếu } L_{ms} + L_{rts} < 0 \end{cases} \quad (1-11)$$

Trước khi kiểm tra lại công thức, chúng ta phải định nghĩa một số tham số phụ được sử dụng trong công thức.

- Độ rộng của đường phố W (m).
- Khoảng cách giữa các tòa nhà dọc theo đường truyền b (m).
- Chiều cao của tòa nhà h_{roof} (m).

- $\Delta h_m = h_{\text{roof}} - h_m$; $\Delta h_b = h_b - h_{\text{roof}}$
- Góc tới tạo với chiều của đường phố φ (độ).

Các công thức tính suy hao chính:

❖ Suy hao trong không gian tự do:

$$L_{fs} = L(dB) = 32.44 + 20 \log f \text{ (MHz)} + 20 \log d \text{ (km)} \quad (1-12)$$

❖ Suy hao khúc xạ và tán xạ:

$$L_{rts} = -16,9 - 10 \log w + 10 \log f_c + 20 \log \Delta h_m + L_\varphi. \quad (1-13)$$

❖ Suy hao đa bề mặt:

$$L_{ms} = L_{bsh} + k_a + k_d \log d + k_p \log f_c - 9 \log b \quad (1-14)$$

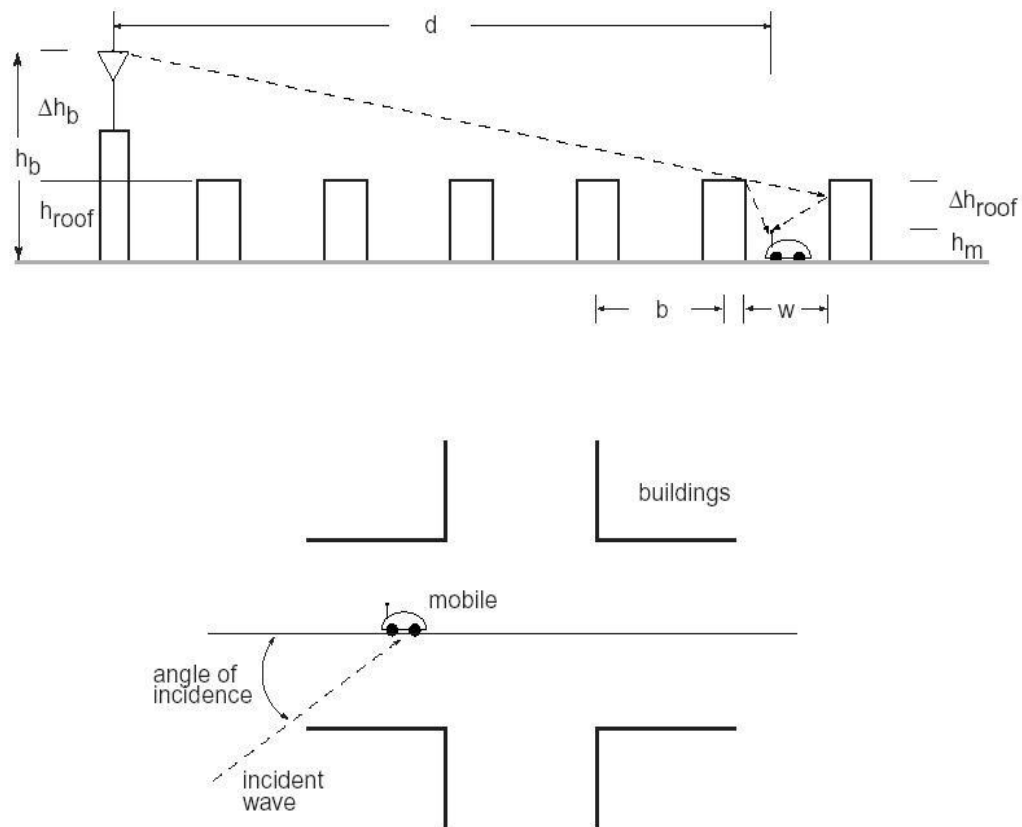
Các tham số phụ trong mô hình.

Suy hao hướng phố:

$$L_{ori} = \begin{cases} -10 + 0,345 \varphi & \text{khi } 0^\circ < \varphi < 35^\circ \\ 2,5 + 0,075 (\varphi - 35) & \text{khi } 35^\circ < \varphi < 55^\circ \\ 4,0 - 0,114 (\varphi - 55) & \text{khi } 55^\circ < \varphi < 90^\circ \end{cases} \quad (0-15)$$

Bảng 1-2 Các giá trị ngầm định các tham số trong mô hình

Tham số	Ý nghĩa	Giá trị
b	Khoảng cách giữa các tòa nhà	20-50m
w	Độ rộng đường phố	$b / 2$
h_{roof}	Chiều cao tòa nhà	3m* số tầng
φ	Góc tới	90°



Hình 1.9 Các tham số trong mô hình Walfish-Ikegami

1.2.3.4 Mô hình Motley&Keenan

Các mô hình trước có thể áp dụng vào hệ thống phủ sóng trong nhà nhưng do đặc trưng của môi trường truyền sóng trong nhà phức tạp, cấu trúc và vật liệu xây dựng đa dạng nên sẽ chọn thêm mô hình truyền sóng Montley Keenan vì mô hình này xây dựng trên cơ sở thực tế đo đạc tại hiện trường của tòa nhà cao tầng và được áp dụng rộng rãi khi tính toán thiết kế hệ thống IBC ở Việt Nam và các nước khác trên thế giới.

Montley & Keenan cho rằng tổn hao trung bình $\rho l(d)$ là một hàm của khoảng cách d có thể được tính từ tổn hao không gian tự do $\rho l_{fs}(d)$ và từ số các bức tường I giữa Tx và Rx.

$$\rho l_{\text{keenan\&montley}}(d) = \rho l_{fs}(d) + \sum_i^I L_{wi} \quad (1-16)$$

Trong đó: L_{wi} là tổn hao của bức tường thứ i.

Một cách cụ thể:

$$L_d(dB) = 32.5 + 20 \log f + 20 \log d + kF(k) + pW(k) + D(d - d_b) \quad (1-17)$$

Trong đó:

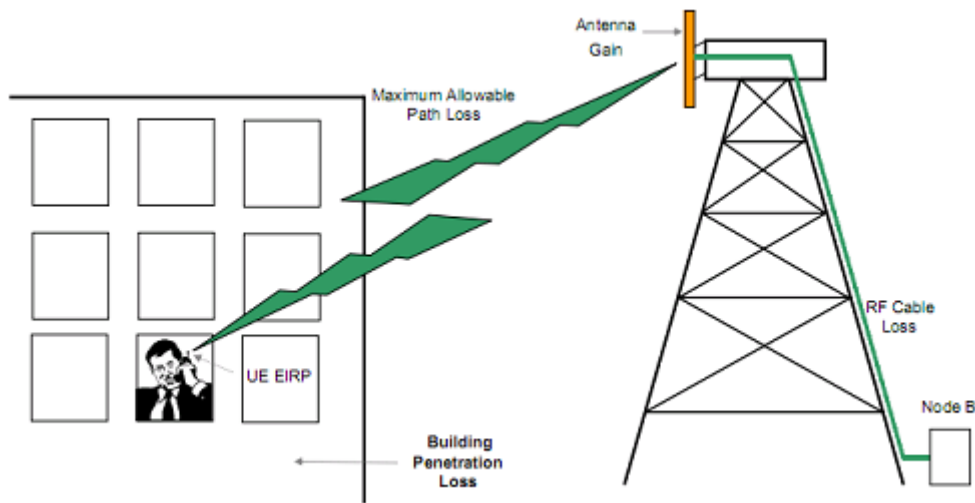
- + L : là tổn hao đường truyền (dB)
 - + f : là tần số (MHz)
 - + k : số tầng mà sóng trực tiếp đi qua
 - + F : hệ số tổn hao của tầng
 - + d : là khoảng cách từ MS tới anten(km)
 - + p : là số bức tường mà sóng trực tiếp truyền qua
 - + $W(k)$: là suy hao tường thông thường từ 7dB cho tường gạch thông thường và 10dB tới 20dB cho tường bê tông.
 - + D : hệ số tổn hao tuyến tính (dB/m)*
 - + d_b : điểm ngắt trong nhà (indoor break point)(m)*
- * : đối với khoảng cách ở trên điểm ngắt, trung bình cộng thêm vào 0.2 dB/m.

Trên thực tế mô hình truyền sóng Keenan& Montley hay được sử dụng để dự đoán sơ bộ suy hao truyền sóng trong nhà bởi lẽ không quá phức tạp, mô hình này có ưu điểm là tính toán đơn giản, không có nhiều thông số phải giả định hoặc thực nghiệm. Ngoài ra cũng từ mô hình truyền sóng này, có thể nhận thấy suy hao truyền sóng trong nhà phụ thuộc chủ yếu vào số tầng và số bức tường mà sóng trực tiếp truyền qua. Kết quả đo đạc thực tế của các mô hình truyền sóng khác cũng đã chỉ ra sự phức tạp của truyền sóng trong môi trường Indoor và khó mô phỏng một cách chính xác vì kết cấu của các tòa nhà là khác nhau, vật liệu sử dụng cũng khác nhau.

1.2.4 Các mô hình truyền sóng thực nghiệm truyền sóng bên ngoài vào bên trong tòa nhà

Khoảng thời gian gần đây, công nghệ thông tin đánh dấu sự phát triển bùng nổ của các thiết bị di động cá nhân cả về số lượng lẫn chủng loại. Việc lập kế hoạch mạng viễn thông là vấn đề cần thiết để theo kịp với sự phát triển này. Trong thông tin di động, các nhà chuyên môn lấy yếu tố suy hao đường truyền tín hiệu trong tòa nhà để đánh giá chất lượng cho từng mạng di động. Các vấn đề của mô hình truyền lan tín hiệu trong nhà rất phức tạp và khác nhau.

Một cách cụ thể, thứ nhất, đó là môi trường truyền dẫn 3 chiều. Bởi vì với một khoảng cách xác định từ BTS tới MS, chúng ta phải quan tâm tới yếu tố chiều cao, nó phụ thuộc vào số tầng của tòa nhà. Trong khu vực thành thị, sẽ dễ dàng nhận ra rằng tín hiệu sẽ có đường truyền thẳng LOS từ BTS tới MS khi MS đang ở các tầng cao của tòa nhà, trong khi nếu MS ở các tầng thấp hay trên phố, đường truyền LOS rất khó đạt được



Hình 1.10 Truyền sóng vào trong tòa nhà (nguồn Internet)

Thứ hai, môi trường truyền dẫn bên trong tòa nhà có chứa nhiều vật cản. Những vật cản này được làm từ nhiều loại vật liệu khác nhau, có vị trí rất gần với MS. Với môi trường như vậy, đặc tính truyền lan của tín hiệu sẽ thay đổi đáng kể so với môi trường ngoài trời.

Hơn nữa chúng ta có rất nhiều công trình nghiên cứu về lan truyền tín hiệu từ ngoài vào bên trong tòa nhà, đặc biệt với các dải tần số sử dụng cho mạng di động. Các công trình nghiên cứu này được chia làm 2 loại như sau:

- Loại thứ nhất nghiên cứu trong môi trường có chiều cao trạm BTS từ 3m tới 9m và máy di động di chuyển chủ yếu trong tòa nhà cao 1 hoặc 2 tầng nằm ở vùng ngoại ô.

- Loại thứ hai nghiên cứu trong môi trường có chiều cao trạm BTS tương đương với trong mạng di động tế bào và máy di động chủ yếu di chuyển trong các tòa nhà cao tầng.

Các nghiên cứu loại thứ nhất xuất phát từ hệ thống điện thoại vô tuyến cầm tay vì hệ thống này phục vụ cho một số lượng lớn các thiết bị cầm tay công suất thấp, có bán kính cell nhỏ ($<1\text{km}$). Trong hệ thống này, việc phủ sóng cho một tòa nhà cao tầng được thực hiện thông qua rất nhiều cell nhỏ nằm trong tòa nhà. Đó là lý do tại sao các nghiên cứu lại sử dụng chiều cao của anten thấp, khoảng cách từ BTS tới MS nhỏ hơn 1km, và các phép đo được tiến hành trong nhà.

Trong mạng thông tin di động cellular, anten của các trạm thu phát macrocell thường được đặt trên mái nhà của tòa nhà cao tầng nên thường có chiều cao từ 60 đến 100m so với mặt đất và bán kính cell lớn nhất có thể tới 30km. Do vậy chúng ta không thể áp dụng các kết quả nghiên cứu của loại thứ nhất vào hệ thống này. Tuy nhiên, các nghiên cứu này cũng chỉ ra rằng tín hiệu trong các khu vực nhỏ như trong tòa nhà có phading Rayleigh phân bố xấp xỉ với phading hàm log. Nói cách khác, hàm thống kê tín hiệu trong tòa nhà có thể được mô hình như là sự xếp chồng của quá trình small-scale (Rayleigh) và large-scale (lognormal)- là các mô hình truyền sóng ngoài trời cho khu vực thành thị. Mức tín hiệu luôn thay đổi theo chiều cao của anten và chịu ảnh hưởng của sự phản xạ từ mặt đất.

Các kết quả nghiên cứu đã đưa ra công thức suy hao tín hiệu :

$$L = S + 10n \log d \quad (1-19)$$

Trong đó:

- S là hằng số, $S = 32.0$ với tần số 900MHz và $S = 38.0$ với tần số 1800 MHz....
- d là khoảng cách giữa máy thu và máy phát
- n là hệ số lan truyền sóng

1.3 Kết luận chương

Chương 1 đã trình bày nhu cầu và khái quát về công nghệ truyền thông không dây thứ 4 trong đó ứng dụng trên truyền dẫn SISO và MIMO. Đồng thời chương đầu cũng đã phân tích và giải thích các mô hình truyền sóng IBS để phục mục đích nghiên cứu thiết kế hoàn chỉnh hệ thống phủ sóng bên trong toà nhà

Chương 2: GIẢI PHÁP PHỦ SÓNG DI ĐỘNG TRONG TOÀ NHÀ

2.1 Cấu trúc chung của hệ thống phủ sóng di động trong nhà (IBC)

Cho đến hiện nay, 80% lưu lượng thông tin hiện nay là được truyền trong các toà nhà, vì thế chúng ta đã đến giai đoạn thiếu phổ tần số mang tín hiệu. Theo định lý Shannon phát biểu như sau: Dung lượng của hệ thống thông tin vô tuyến tỉ lệ thuận với băng thông của tín hiệu Bw và tỉ số Tín/Tạp (SNR).

$$C \leq Bw \log_2(1 + \text{SNR}) \quad (2-1)$$

Nhằm mục đích để tăng dung lượng của hệ thống phủ sóng di động trong toà nhà cần tăng băng thông Bw (phổ) của tín hiệu.

Ví dụ: Cho một kênh truyền có dung lượng là 18 Mbps, băng thông của kênh là 3 MHz. Tín giá trị tỉ số Tín/Tạp cần thiết để đáp ứng được dung lượng này

$$18 [\text{Mbps}] = 3 [\text{MHz}] \times \log_2(1 + \text{SNR})$$

$$2^6 = 1 + \text{SNR} = 64. \text{SNR} = 64 - 1 = 63. \text{SNR} [\text{dB}] = 10 \log 63 \sim 17 \text{ dB}$$

GSM900 và DCS1800 có Bw = 200 kHz. 3G có Bw = 5 MHz. 4G có Bw = 20

MHz. 5G có Bw = 40/100/1000 MHz

Bằng cách nào để khắc phục tình trạng thiếu phổ tần số như thế này?

Giảm tải cho mạng tế bào Femtocell/Wifi: Dùng mạng Wifi có cấp độ băng thông rộng, ví dụ như chuẩn 802.11ac (băng thông lên đến 80 MHz, tần số sóng mang 5.6 GHz).

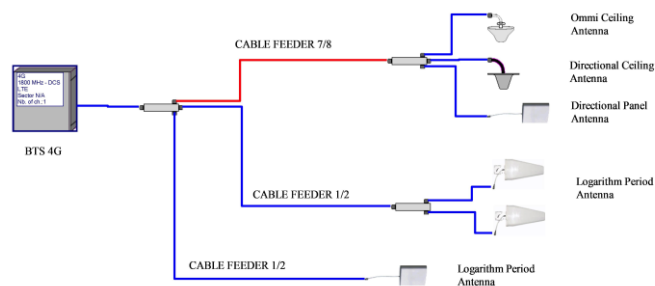
Sử dụng hiệu quả phổ tần số: Chuyển sang thế hệ thông tin di động 4G - LTE (LTE-advanced). LTE - MIMO. 5G new Radio Sub-6 GHz và tiến đến mmWave (27 GHz), băng thông từ 40/80/100 MHz đến 1 GHz. Hiện nay ở VN đã được cấp phép 4G ở dải tần 1800 MHz – 2100MHz và 2.6 GHz. Còn 5G New Radio Sub-6 GHz đang được thử nghiệm

Tăng mật độ các Cell (tế bào thông tin di động): Dùng các cell nhỏ - Small Cell và dùng hệ thống DAS - Distributed Antenna System - hệ thống phân bố anten (trong nhà, ngoài trời; thụ động và chủ động). DAS - yêu cầu đầu tư ban đầu cao. Yêu cầu về mạng lõi - Backhaul (Core) để kết nối các tế bào Cell và DAS. Sử dụng mạng C-RAN (**C-RAN (Cloud-RAN)**), sometimes referred to as **Centralized-RAN**) - Mạng truy nhập vô tuyến tập trung, hay còn gọi là mạng truy nhập vô tuyến đám mây.

2.1.1 Hệ thống phủ sóng di động trong nhà thụ động

2.1.1.1 Đặc tính của hệ thống

Hệ thống dùng một hoặc nhiều ăng ten thu tín hiệu từ các trạm BTS được đặt từ các vị trí có khoảng cách không sử dụng được các phương pháp truyền dẫn bằng cáp đồng hoặc cáp quang. Sau đó khi tín hiệu được thu lại và sau đó phân phối phát truyền qua thiết bị như cáp nối, bộ chia... và được phát qua ăng ten phát, tín hiệu sẽ được gửi và nhận tới các thiết bị di động.



Hình 2.1 Sơ đồ nguyên lý Hệ thống phủ sóng di động trong nhà thụ động

Với đặc tính trên nên hệ thống phủ sóng di động trong nhà thụ có mức đầu tư thấp. Chất lượng mạng đáng tin cậy và phụ thuộc vào chất lượng của trạm BTS gốc. Thông thường các trạm gốc khi được tiếp tín hiệu cho hệ thống này phải xây dựng và tính toán để đủ dung lượng để tránh việc nghẽn mạng khi lưu lượng phát từ các thuê bao tăng đột biến. Ưu điểm hệ thống này là rất tiết kiệm chi phí bảo trì và bảo dưỡng. Hệ thống được sử dụng với nguồn cấp

điện dân dụng và gần không cần phải có phòng máy độc lập dùng làm nơi để các thiết bị trung tâm.

2.1.1.2 Thiết bị chính sử dụng

Hệ thống được ghép nối bởi các thiết bị thụ động, không phụ thuộc nhiều vào các thiết bị chủ động, hệ thống bao gồm các thiết bị:

- Ăng ten thu sóng (Donor Antenna)/ Trạm phát sóng (Indoor BTS)
- Ăng ten phát sóng (Service Antenna)
- Bộ chia (Splitter)
- Bộ chia công suất không đều (Coupler)
- Bộ ghép kênh tần số (Combiner)
- Cáp đồng trục (Feeder Cable)

2.1.1.3 Ứng dụng hệ thống trong thực tế

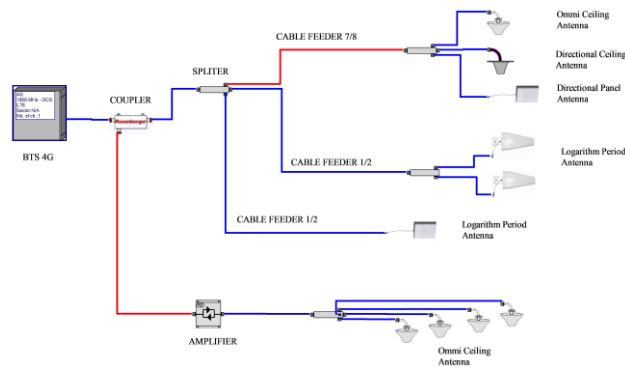
Do hệ thống là hệ thống tiếp sóng thụ động hoàn toàn nên bị giới hạn về công suất và lưu lượng. Hệ thống phủ sóng trong nhà thụ động thường được sử dụng để phủ tại các khu vực có diện tích nhỏ mà sóng từ các trạm phát sóng ngoài trời không phủ tới như: Tòa nhà có diện tích nhỏ, siêu thị, nhà hàng, sân chứng khoán, tầng hầm, khu vực triển lãm...

2.1.2 *Hệ thống phủ sóng di động trong nhà chủ động*

2.1.2.1 Đặc tính của hệ thống

Hệ thống phủ sóng di động trong toà nhà chủ động gần tương tự như hệ thống thụ động, nhưng với quy mô hệ thống lớn hơn. Hệ thống được xây dựng trên cơ sở với hệ thống DAS với số lượng ăng ten phủ sóng nhiều hơn. Hệ thống được lắp đặt một hoặc nhiều trạm BTS của các nhà cung cấp dịch vụ viễn thông để đáp ứng việc phủ khắp sóng di động bên trong toà nhà hoặc các công trình ngầm. Những nơi mà sóng di động được cung cấp bởi trạm BTS ngoài trời không thể phủ tới. Với trạm BTS độc lập cung cấp tín hiệu thì Hệ thống chủ động cung cấp tín hiệu cho người dùng có chất lượng mạng tốt và độ tin

cậu cao. Tùy thuộc vào nhu cầu và tính chất các công trình mà nhà cung cấp dịch vụ viễn thông sẽ chủ động được việc thay đổi cấu hình các trạm BTS để phù hợp với các công trình. Chính vì thế Hệ thống chủ động này chất lượng cao và khắc phục được tình trạng nghẽn mạng do việc tập trung các thuê bao sử dụng mạng viễn thông tại một nơi có diện tích hẹp. Đồng thời cũng có thể thay đổi cấu hình thấp hơn khi nhu cầu sử dụng của các thuê bao viễn thông giảm.



Hình 2.2 Sơ đồ nguyên lý Hệ thống phủ sóng di động trong nhà chủ động

Với Hệ thống này việc bảo dưỡng và ứng cứu như thực hiện một trạm BTS thông thường ngoài ra phải bảo dưỡng định kỳ hệ thống DAS.

2.1.2.2 Thiết bị chính sử dụng

- Trạm phát sóng (Indoor BTS)
- Ăng ten phát sóng (Service Antenna)
- Bộ chia (Splitter)
- Bộ chia công suất không đều (Coupler)
- Cáp đồng trục (Feeder Cable)
- Phòng máy gồm: Bộ ghép kênh (Combiner/POI)
- Bộ công suất (Trunk Amplifier)
- Nguồn (Power)

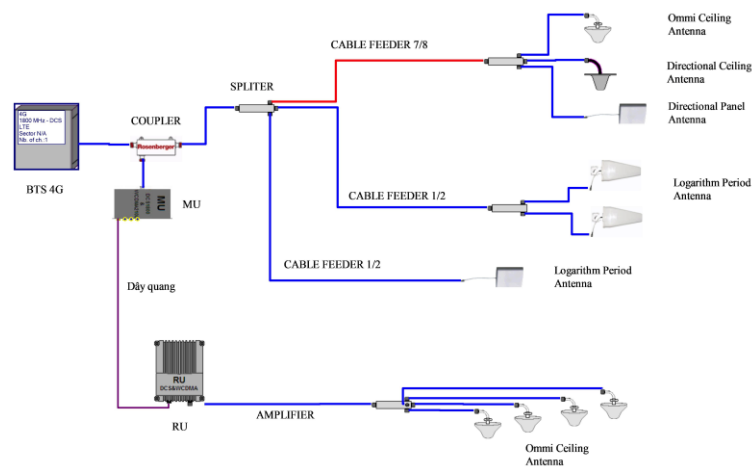
2.1.2.3 Ứng dụng hệ thống trong thực tế

Hệ thống phủ sóng trong nhà chủ động thường được lắp đặt tại các toà nhà cao tầng có diện tích mặt sàn rộng hoặc các toà nhà có tầng cao, các công trình nhiều tầng hầm, các đại siêu thị và khác sạn lớn...

2.1.3 Hệ thống phủ sóng di động trong nhà lai ghép

2.1.3.1 Đặc tính của hệ thống

Với tốc độ phát triển và đặc tính các toà nhà và các tổ hợp các toà nhà, Hệ thống phủ sóng di động bên trong toà nhà phải đảm bảo chất lượng và độ lớn để phủ sóng tốt nhất. Hệ thống lai ghép được phát triển dựa trên cơ sở mở rộng thông qua trực chính là hệ thống cáp quang và các thiết bị quang. Sau các thiết bị quang là một hệ thống DAS gồm đầy đủ các thiết bị của một hệ thống phủ sóng trong nhà như một hệ thống chủ động hoặc hệ thống bị động. Phần hệ thống sẽ tùy thuộc quy mô của diện tích phủ sóng di động nhà cung cấp dịch vụ sẽ phát triển hệ thống theo quy mô tương ứng.



Hình 2.3 Sơ đồ nguyên lý Hệ thống phủ sóng di động trong nhà lai ghép

Với hệ thống phủ sóng di động lai ghép sử dụng hệ thống quang làm phương tiện truyền dẫn nên đã giải quyết vấn đề hạn chế về chiều dài truyền dẫn của cáp đồng trục. Tín hiệu viễn thông được truyền từ trạm BTS kéo dài đến hàng chục kilomet và tín hiệu được đảm bảo chất lượng như ban đầu. Với

hệ thống này, nhà cung cấp dịch vụ viễn thông đã tối ưu hoá được dung lượng mạng.

2.1.3.2 Thiết bị chính sử dụng

- Trạm phát sóng (Indoor BTS)
- Bộ lặp quang (Fiber Optic Repeaters)
- Cáp quang (Fiber Optic Cable)
- Cáp đồng trục (Feeder Cable)
- Ăng ten phát sóng (Service Antenna)
- Bộ chia (Splitter)
- Bộ chia công suất không đều (Coupler)
- Cáp đồng trục (Feeder Cable)
- Phòng máy gồm: Bộ ghép kênh (Combiner/POI)
- Bộ công suất (Trunk Amplifier)
- Nguồn (Power)
- Phòng máy gồm: Bộ ghép kênh (Combiner/POI) nguồn (Power), Master Unit

2.1.3.3 Ứng dụng hệ thống trong thực tế

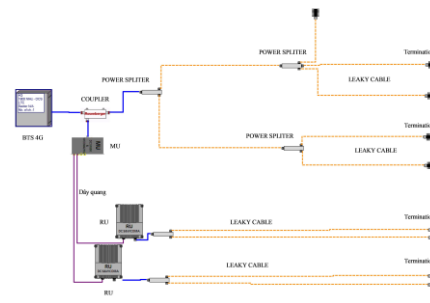
Với điểm mạnh là không quá hạn chế về mở rộng và chủ động được dung lượng mạng, hệ thống lai ghép hiện được ứng dụng rất nhiều dự án phủ sóng di động đặc thù trong đó có dự án phủ sóng toà nhà Hải Phát. Hệ thống được áp dụng cho các toà nhà diện tích lớn, khu đô thị, khu công trình ngầm không gần kề nhau, tuyến hầm đường bộ hoặc vượt sông....

2.1.4 Hệ thống phủ sóng di động cáp dò

2.1.4.1 Đặc tính của hệ thống

Với một số đặc tính công trình có phạm vi phủ sóng chiều rộng hẹp nhưng có chiều dài kéo tới hàng nghìn kilomet, nhưng phải yêu cầu vùng phủ sóng hạn chế giao thoa sóng. Đồng thời, bên trong vùng phủ có các thiết bị và

thuê bao di chuyển với tốc độ cao thì cần phải có phương pháp phủ sóng rất đặc thù. Hệ thống phủ sóng di động bằng cáp dò (Leaky Cable Distribution Cable) gồm các thiết bị phủ sóng như hệ thống phủ sóng lai ghép nhưng ngoài các ăng ten phát sóng, hệ thống sử dụng các sợi cáp dò có công dụng như những ăng ten phát và thu tín hiệu từ các thiết đầu cuối. Các sợi cáp dò sẽ trải dài theo các tuyến phủ sóng trong phạm vi hẹp. Với giải pháp này, nhà cung cấp dịch vụ viễn thông sẽ tiết kiệm được nhiều chi phí đầu tư, lắp đặt và bảo dưỡng để đáp ứng được điều kiện phủ sóng đưa ra.



Hình 2.4 Sơ đồ nguyên lý Hệ thống phủ sóng di động cáp dò

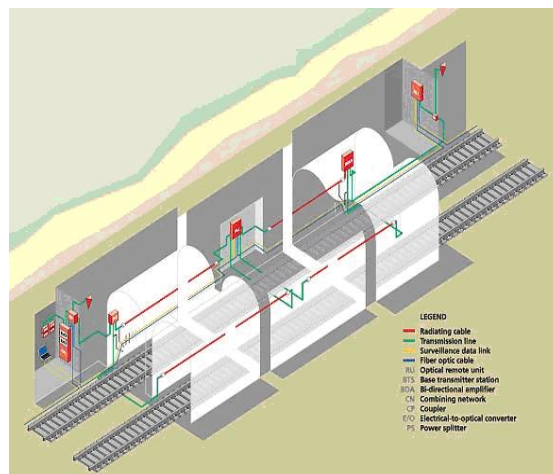
2.1.4.2 Thiết bị chính sử dụng

- Trạm phát sóng (Indoor BTS)
- Bộ lặp quang (Fiber Optic Repeater)
- Cáp quang (Fiber Optic Cable)
- Cáp đồng trục (Feeder Cable)
- Cáp dò (Leaky Cable)
- Ăng ten phát sóng (Service Antenna)
- Bộ chia (Splitter)
- Bộ chia công suất không đều (Coupler)
- Cáp đồng trục (Feeder Cable)
- Phòng máy gồm: Bộ ghép kênh (Combiner/POI)

- Bộ công suất (Trunk Amplifier)
- Nguồn (Power)
- Phòng máy gồm: Bộ ghép kênh (Combiner/POI) nguồn (Power), Master Unit

2.1.4.3 Ứng dụng hệ thống trong thực tế

Với tính năng được xây dựng trên cơ sở nhu cầu sử dụng của các tuyến đường hầm trong lòng đất, nên hệ thống phủ sóng cáp dò được ứng dụng trong các tuyến giao thông như: Tuyến tàu điện ngầm, đường hầm xuyên núi, đường xuyên biển và các tuyến đường các xa các trạm BTS như tuyến cao tốc qua vùng không có dân cư, đường tàu hoả...



Hình 2.5 Mô hình ứng Hệ thống phủ sóng di động cáp dò trong một đoạn đường hầm
(Nguồn: Slide trình diễn của chuyên gia hãng Fiberhome)

2.2 Thiết bị đo truyền lan RF dùng trong khảo sát thiết kế hệ thống phủ sóng di động trong nhà

2.3 Các tham số, thông số chỉ tiêu cần thiết để thiết kế cho hệ thống phủ sóng di động 4G LTE trong nhà

Trong quá trình thiết kế hệ thống phủ sóng di động 4G bên trong toà nhà cần tuân thủ một số điều kiện cơ bản. Hệ thống phải đảm bảo việc phủ sóng cho toàn bộ công trình thiết kế kể cả các nơi mà người sử dụng di chuyển ra

vào. Các thuê bao viễn thông chỉ được phủ vụ bởi sóng của trạm BTS bên trong công trình (Cell Inbuilding). Việc chuyển đổi (hand over) giữa BTS bên trong và BTS bên ngoài (Cell Macro) phải được thực hiện ngay khi người sử dụng di chuyển ra ngoài công trình được phủ sóng. Một vấn đề quan trọng tuy không thể kiểm soát trong vấn đề thiết kế, nhưng trên thực tế, phụ thuộc vào việc bố trí thiết bị cũng như đầu nối dẫn đến việc gây nhiễu. Do vậy, hệ thống phủ sóng di động 4G LTE, sau khi hoàn thiện sẽ làm gây nhiễu giữa các Cell Inbuilding, giữa BTS bên trong toà nhà với BTS bên ngoài. Hơn nữa, trong công trình có nhiều nhà cung cấp mạng dịch vụ viễn thông sẽ không gây nhiễu lẫn nhau và gây nhiễu giữa các thiết bị công suất như Amplifier.

2.3.1 Chỉ tiêu vùng phủ hệ thống phủ sóng trong nhà 4G LTE

Hệ thống phủ sóng di động 4G LTE đáp ứng được trong một thời điểm tín hiệu thu phát phải được phục vụ bởi một Cell duy nhất nằm bên trong công trình, mặc dù thiết bị thu phát của người sử dụng có nằm trong vùng giao thoa của hai hay nhiều Cell thuộc bên trong hay bên ngoài toà nhà. Việc bố trí ăng ten và công suất phát sóng mang 4G LTE trong thiết kế luôn tuân thủ tín hiệu của trạm BTS bên trong công trình làm sao luôn khoẻ và mạnh hơn tín hiệu của trạm BTS bên ngoài. Mức tối thiểu để đạt được là 5-6dB. Để đáp ứng được nhu cầu và tốc độ cho mạng 4G LTE, yêu cầu cường độ khi thiết kế hệ thống và chất lượng tính hiệu lớn hơn hoặc bằng 95% vùng phủ. Vì vậy đảm bảo tín hiệu cho một số khu vực trong thiết kế hệ thống cần kiểm soát mức thu cho phép như: khu vực tầng nổi có mức thu RSRP $\geq -95\text{dBm}$, cầu thang máy mức thu RSRP $\geq -105\text{dBm}$, mặt sàn rập ngoài công trình mức thu RSRP $\geq -110\text{dBm}$..

2.3.2 Chỉ tiêu thiết kế băng tần cho hệ thống phủ sóng trong nhà 4G LTE

Khi thiết kế hệ thống phủ sóng ngoài các yếu tố liên quan đến địa hình và tính chất của công trình dự án liên quan đến vùng phủ, việc lựa chọn thiết bị

đạt các tiêu chuẩn băng tần đã được cấp phép cho các nhà dịch vụ viễn thông tại Việt Nam là rất quan trọng. Đây là chỉ tiêu cho thiết bị để chuẩn bị cho việc sẵn sàng đấu nối hoặc nâng cấp cho hệ thống phủ sóng 4G LTE cho hiện tại và tương lai. Dựa trên cơ sở băng tiêu chuẩn đã được công bố, đơn vị thiết kế lựa chọn các thiết bị nằm trong dải tần theo bảng như sau:

Bảng 2.1 Dải tần cho thiết bị phủ sóng di động trong nhà 4G LTE (Nguồn Viettel Network)

Band	3GPP band	Frequency (MHz)
700Mhz	28	DL: 758 – 803 UL: 703 – 748
900 MHz	8	DL: 925 – 960 UL: 880 – 915
1800 MHz	3	DL: 1805 – 1880 UL: 1710 – 1785
2100 MHz	1	DL: 2110 – 2170 UL: 1920 – 1980
2300 MHz	40	2300 – 2400
2600 MHz	7	DL: 2620 – 2690 UL: 2500 – 2570

2.3.3 Chỉ tiêu nhiễu uplink RTWP

Đảm bảo cho tín hiệu truyền lên từ thiết bị về tới trạm gốc, trong thiết kế phải tính toán để sao cho tổng công suất nhiễu đường lên trên kênh sóng mang đo trên PRB của toàn hệ thống phải đáp ứng chỉ tiêu RTWP được đưa ra theo yêu cầu của nhà mạng. ($RTWP \leq -115\text{dBm}$)

2.4 Kết luận

Chương 2 đã tìm hiểu tổng quan về hệ thống phủ sóng trong nhà và các tiêu chí tiêu phủ sóng di động bên trong toà nhà.

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG PHỦ SÓNG DI ĐỘNG 4G LTE CHO TỔ HỢP HẢI PHÁT PLAZA

3.1. Giới thiệu dự án Hải Phát Plaza và yêu cầu chất lượng phủ sóng 4G LTE



Hình 3.1 Quy mô dự án Hải Phát Plaza (Nguồn: haiphat.org)

Tổ hợp Hải Phát Plaza được xây dựng trên tổng thể diện tích mặt bằng 3,5 ha với các khu biệt thự, nhà liền kề và khu nhà cao tầng với nhiều tiện nghi đính kèm. Khu nhà cao tầng gồm hai tháp cao 25 tầng nổi và 3 tầng hầm được thiết kế phục vụ cho ba dịch vụ chính gồm:

- Nhà ở, căn hộ cho thuê, không gian đa năng (từ tầng 07 đến tầng 25).
- Bãi để xe (tại 03 tầng hầm).
- Trung tâm thương mại và văn phòng làm việc (từ tầng 01 đến tầng 06)

Với tổng diện tích mặt sàn xấp xỉ 180.000 M2 và dự kiến phục vụ cho dân số từ 2600 người trở lên, chưa tính số lượng người vào làm việc và mua bán trong khu vực trung tâm thương mại

3.2. Thiết kế hệ thống phủ sóng 4G LTE cho dự án Hải phát Plaza

3.2.1. Khảo sát cơ bản

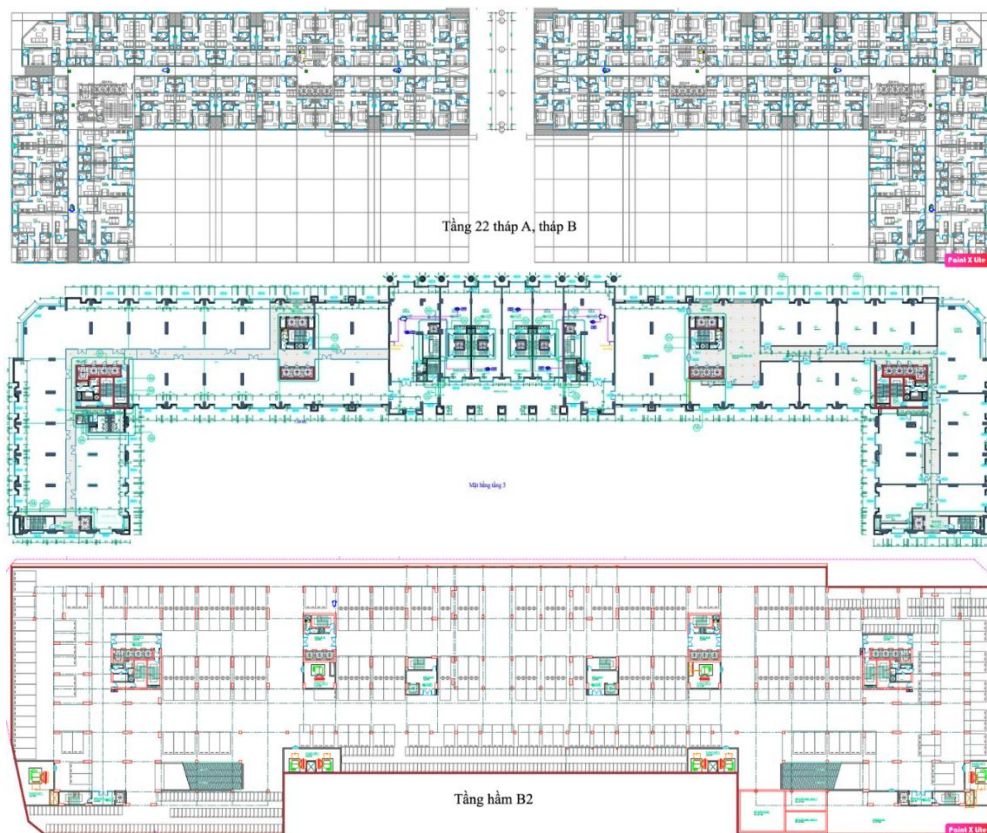
3.2.1.1. Khảo sát mặt bằng phân bố các tầng

Trên cơ sở bản thiết kế mặt bằng điển hình các tầng đã được chủ đầu tư là Công ty Đầu tư Hải Phát phê duyệt, cán bộ khảo sát sẽ dụng các thiết bị để kiểm

tra và so sánh chất liệu xây dựng thực tế và bản vẽ cùng với các biên bản hoàn công. Sau đó sẽ cập nhật chi tiết các thông số như độ dày của tường, kích thước các cột và dầm, nguyên liệu xây dựng, chất liệu cửa.... lên trên bảng thông số để cập nhật vào phần mềm thiết kế. Công cụ khảo sát gồm:

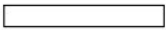





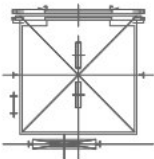
- Thước đo khoảng cách Boss GLM 50 Professional
- Máy ảnh kỹ thuật số Canon Ixus

Việc kiểm tra ngẫu nhiên khoảng cách giữa các bức của công trình cũng được thực hiện. Trên thực tế, cán bộ khảo sát đã thực hiện khảo sát toàn bộ mặt bằng của dự án. Dự án được phân làm ba mặt bằng điển hình với các cách bố trí tường ngăn và tường bao hoàn toàn khác nhau gồm mặt bằng tầng hầm, khu thương mại và khu căn hộ. Với từng đặc thù khác nhau của từng tầng, khi thiết kế theo nguyên lý mô hình truyền sóng (như mô hình *Motley&Keenan*) sẽ tính toán được mức suy hao (phần mềm thiết kế của iBware tự động tính) để quyết định vị trí ăng ten để đảm bảo dải tần sóng mang cho mạng 4G LTE là tối ưu nhất.



Hình 3.2 Bản vẽ mặt hình điển hình của dự án Hải Phát Plaza

Bảng 3.1 Số liệu khảo sát kích thước và nguyên vật liệu xây dựng của dự án Hải Phát Plaza

STT	Ký hiệu	Tên VL	Chất liệu	Kích thước mm
1		Tường bao 1	Gạch xây	Dày: 150
2		Tường bao 2	Gạch xây	Dày: 250
3		Tường chịu lực	Bê tông cốt thép	Dày: 350
4		Cột chịu lực	Bê tông cốt thép	1000x2000
5		Cửa	Gỗ ép	Dày: 70
6		Cửa kính	Nhôm kính	Dày: 8
7		Thang máy	Vật liệu lồng thép	2000x2000

Căn cứ vào khảo sát thiết kế của tổng thể toàn bộ dự án được xây dựng trên một đế gồm 2 tầng hầm và 5 tầng nổi. Từ tầng 6 trở lên tầng 25 là hai tháp độc lập và không thông với nhau

Bảng 3.2 Số liệu khảo sát đặc tính của các tầng điển hình toà nhà

STT	Tầng	Chiều dài	Chiều rộng	Ghi chú
1	Hầm 1,2	Từ 48 mét đến 60 mét	220 mét	Có cột không tường
2	Tầng đế 1-5	24,6 mét	117 mét	Tường ngăn di động
3	Tầng nổi 6-25	24,6 mét	117 mét	Có tường gạch chia phòng

Dự án được thiết kế gồm 26 thang máy được bố trí tại 7 vị trí trong đó có hai vị trí là thang máy bố trí trong hồ thanh bao bọc bởi tường bê tông. Một vị trí thang máy ở ngoài trời

Kết luận của cán bộ khảo sát mặt tư vấn cho phần thiết kế:

- Tầng hầm sử dụng các ăng ten có hướng độ phủ rộng có độ gain lớn như: ăng ten xương cá (ăng ten Log-periodic công suất 11dBm), ăng ten công suất lớn 14dBm (đề xuất sử dụng cáp, ăng ten, bộ chia, đầu nối của hãng Rosenberger)
- Tầng để sử dụng ăng ten vô hướng (ăng ten Omi công suất 3~5dBm) có mật độ vừa phải phân bố đồng đều
- Tầng nổi sử dụng ăng ten vô hướng lắp theo dọc hành lang, tùy thuộc vào diện tích từng căn hộ sẽ lắp từ 1 ăng ten phía trong căn hộ.
- Tại các hồ thang máy và thang bộ lần lượt 5 tầng lắp một ăng ten đưa tín hiệu theo một hướng Log-periodic

3.2.1.2. *Khảo sát tín hiệu mức thu phía bên trong dự án từ BTS bên ngoài*

4G LTE được coi là mạng có tốc độ kết nối mạng viễn thông không dây. Mạng 4G LTE có tốc độ vượt trội và có khoảng cách khác biệt so với các thế hệ trước đây. Công nghệ 4G LTE có thể tải dữ liệu đạt tốc độ 5-12 Megabit/giây và đáp ứng rất nhiều nhu cầu của người sử dụng mạng viễn thông. Để tối ưu hoá dịch vụ 4G LTE cho dự án Hải Phát Plaza người thiết kế cần phải khảo sát và kiểm tra các dịch vụ như: Chất lượng tín hiệu phục vụ 4G LTE, lưu lượng truy nhập vật lý đường xuống cho từng gói tin của trạm BTS bên ngoài. Qua đó người thiết kế mới có thể thiết kế hệ thống phủ sóng di động bên trong toà nhà 4G LTE của dự án đạt được tốc độ kết nối băng thông rộng với tốc độ tối đa, sóng sẽ được phủ khắp các khu vực bên trong dự án.

Hiện nay, các ba cung cấp dịch vụ viễn thông lớn là Viettel, Vinaphone, Mobifone đã triển khai đầy đủ dịch vụ 4G LTE trong đó đã chuyển đổi một

phần dịch vụ voice sang 4G LTE. Nhà cung cấp dịch vụ viễn thông Viettel đang triển khai phủ sóng trong nhà ngoài việc sử dụng băng tần 1800Mhz và đang tiếp tục sử dụng băng tần 2100MHz. Trong tương lai gần, thì ba nhà cung cấp dịch vụ sẽ bỏ hoàn toàn công nghệ 2G và giảm bớt dịch vụ trên nền công nghệ 3G để tập trung toàn bộ cho 4G LTE. Để thực hiện cho việc khảo sát chất lượng truyền tải dữ liệu 4G LTE cho dự án Hải Phát Plaza, chúng ta sẽ lấy tín hiệu 4G LTE của mạng Viettel được thu tín hiệu từ các trạm BTS bên ngoài đã được lắp đặt xung quanh. Để thực hiện công việc này, người thực hiện khảo sát cần chuẩn bị:

- Thiết bị đo: một bộ máy đo gồm 06 máy Tems Pocket version 16.1.4.34
- Yêu cầu tầng đo: Khu vực tầng hầm sẽ đo điển hình tầng hầm B1, khu vực tầng để sẽ đo 2 tầng điển hình là tầng 1 và tầng 5, Khu vực điển hình tầng nổi sẽ đo 3 tầng tại hai tháp là tầng 9, tầng 18 và tầng 24.
- Khu vực đo kiểm tại mỗi tầng: người khảo sát thực hiện di chuyển theo các tuyến làm sao đảm bảo các thiết bị đo tiếp cận các vùng biên sát toà nhà và trong tâm của các tầng.
- Lấy mẫu đo: Với diện tích một mặt sàn của dự án Hải Phát Plaza trung bình khoảng xấp xỉ từ 3000m² đến 10.000m² (chỉ là diện tích mặt sàn tầng hầm mới đạt được diện tích gần 10.000m²), chúng ta sẽ chọn 100 mẫu đo kiểm tại mỗi tầng điển hình để lấy số liệu báo cáo. Chúng ta ưu tiên lấy mẫu tại các vùng biên còn các khu vực bên trong sẽ lấy ngẫu nhiên.

Để quyết định chọn loại ăng ten và đặt vị trí ăng ten bên trong toà nhà cho từng khu vực tại các tầng của dự án Hải phát Plaza. Việc người thực hiện khảo sát căn cứ và yêu cầu của nhà mạng Viettel sẽ lựa chọn đo kiểm chất lượng của các sóng 4G LTE được phát tại các trạm BTS đặt xung quang dự án là bước cần và đủ trong quá trình thiết kế. Đây cũng là chỉ số làm tiêu chí để so sánh trước và sau khi lắp đặt hệ thống và phủ sóng mạng 4G LTE. Chúng ta sẽ lựa

chọn bốn chỉ số cơ bản trong quá trình khảo sát và đo kiểm như sau: Công suất tín hiệu thu RSRP, Chất lượng tín hiệu thu RSRQ, và tốc độ dữ liệu đường lên (UL) và đường xuống (DL)

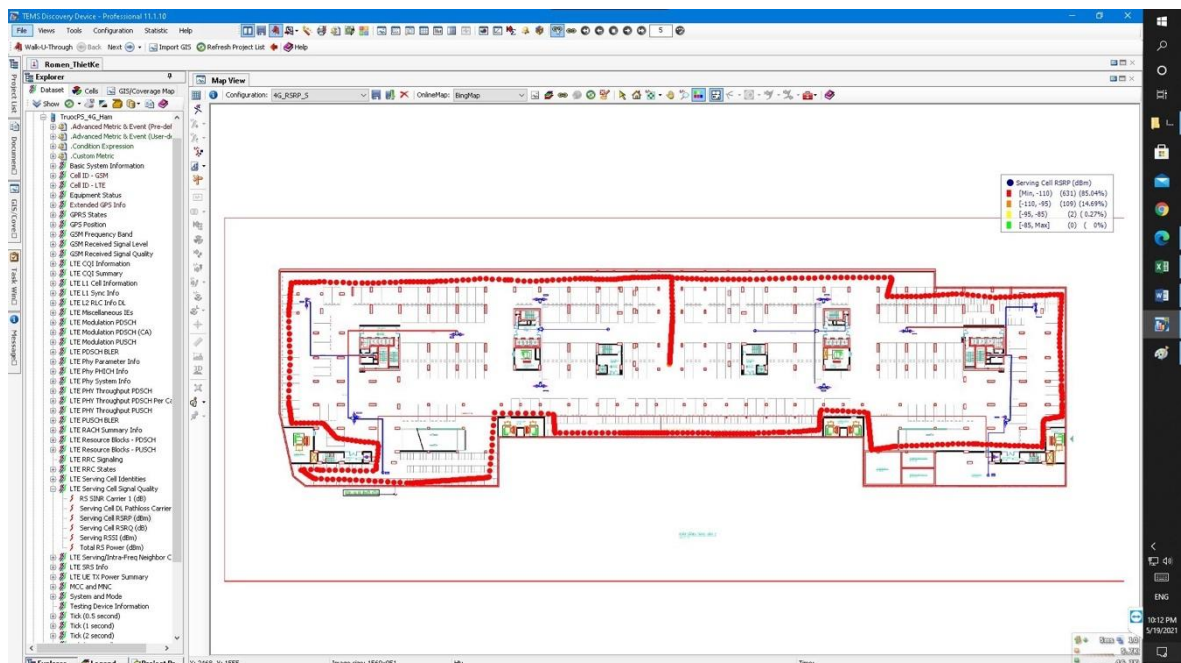
* RSRP (Công suất thu Reference Signals Received Power) đo mức công suất nhận được trong mạng di động 4G LTE. RSRP được tính bằng trung bình của các mức công suất thu được trên tất cả các tín hiệu chuẩn trong toàn bộ băng tần đo kiểm.

$$RSRP(dBm) = RSSI(dBm) - 10 * \lg(12 * N) \quad (3-1)$$

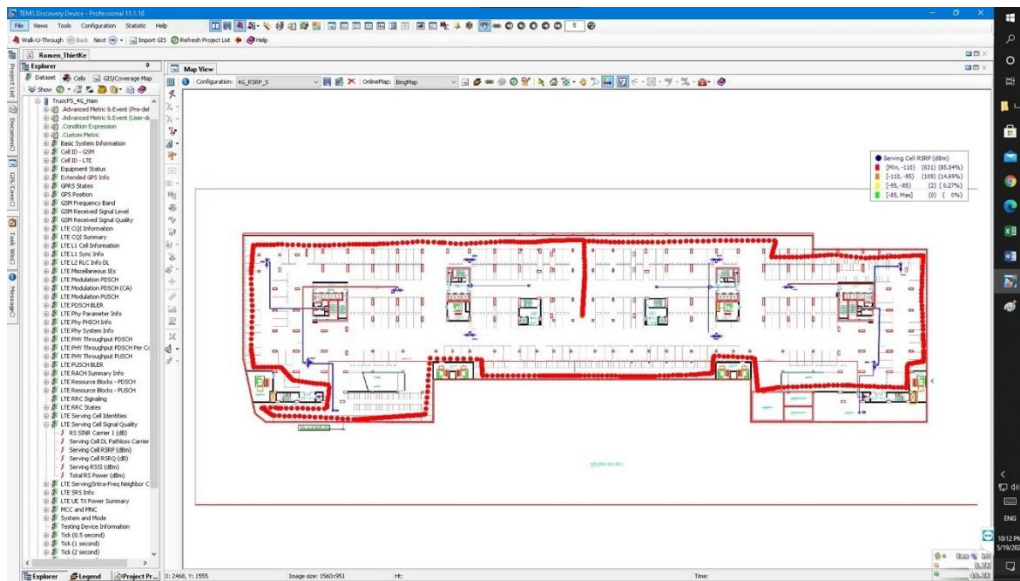
Trong đó:

+ N : số RB (Resource Block) khi RSSI được đo kiểm, và tham số này phụ thuộc vào băng thông.

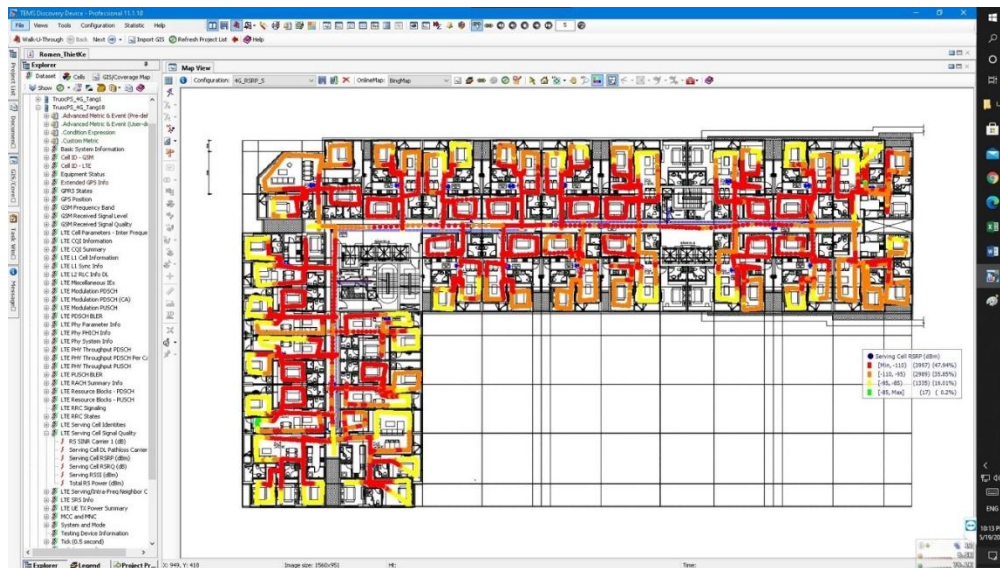
+ $RSSI$ (Received Signal Strength Indicator): là mức tín hiệu thu), là tham số cung cấp thông tin về tổng công suất thu được (trên toàn bộ các tín hiệu) bao gồm cả nhiễu. RSSI được đo kiểm trên toàn bộ băng thông^[4].



Hình 3.3 Công suất tín hiệu thu RSRP tầng hầm B1









Hình 3.4 Công suất tín hiệu thu RSRP tầng 1



Hình 3.5 Công suất tín hiệu thu RSRP tầng 18

Bảng 3.3 Chỉ số bảng màu RSRP

RSRP (dBm)	Chú thích màu	Kết quả
$0 \div -75$		Rất tốt
$-75 \div -85$		Tốt
$-85 \div -95$		Trung bình
$-95 \div -105$		Yếu
$-105 \div -120$		Rất yếu
< -120		Không sử dụng được

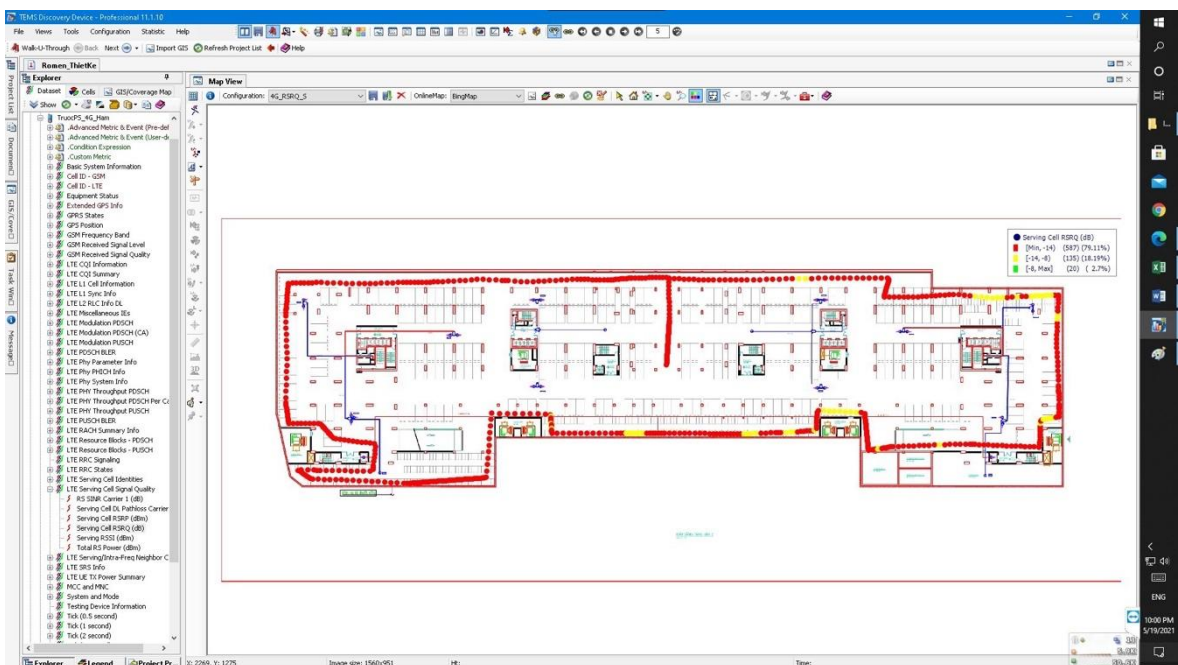
* RSRQ (Reference Signal Received Quality) cung cấp cho UE các thông tin cần thiết về chất lượng tín hiệu của các cell, việc đo kiểm tham số RSRQ trở nên đặc biệt quan trọng ở phía biên của các cell, khi cần quyết định có thực hiện việc chuyển giao tới một cell khác. RSRQ chỉ được sử dụng trong trạng thái CONNECTED của UE.

RSRQ được tính toán theo công thức:

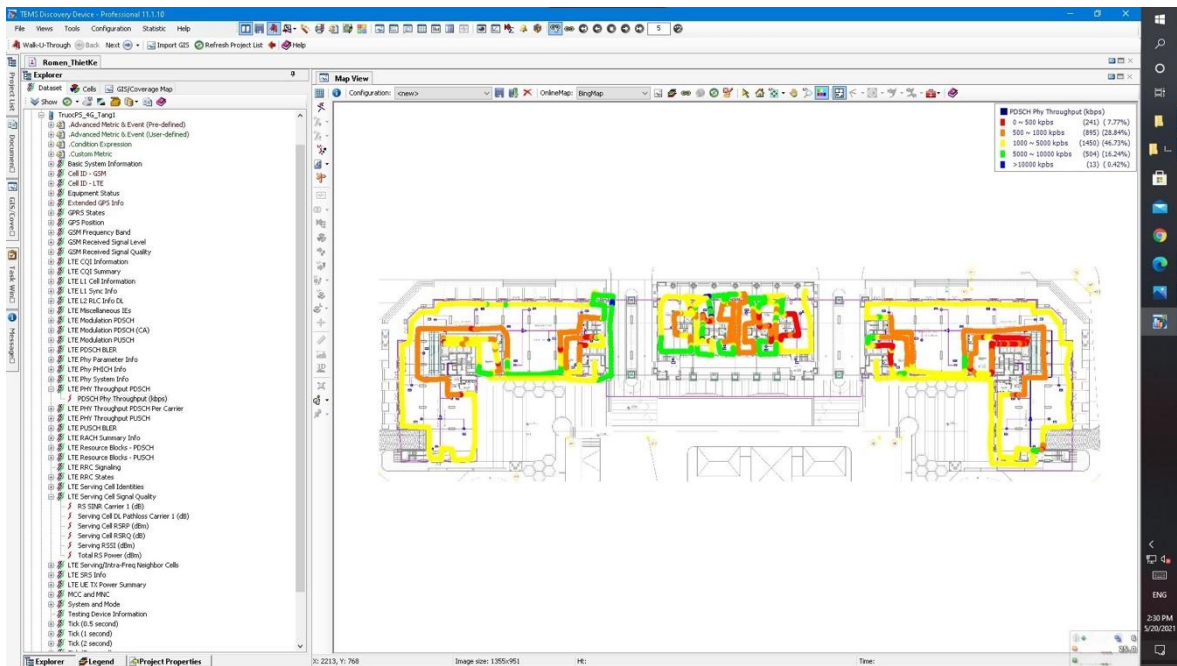
$$RSRQ = \frac{RSRP}{RSSI} \cdot NPRB \quad (3-2)$$

Trong đó, NPRB là số Physical Resource Blocks (PRB) khi RSSI được đo kiểm, thông thường nó bằng với băng thông hệ thống.

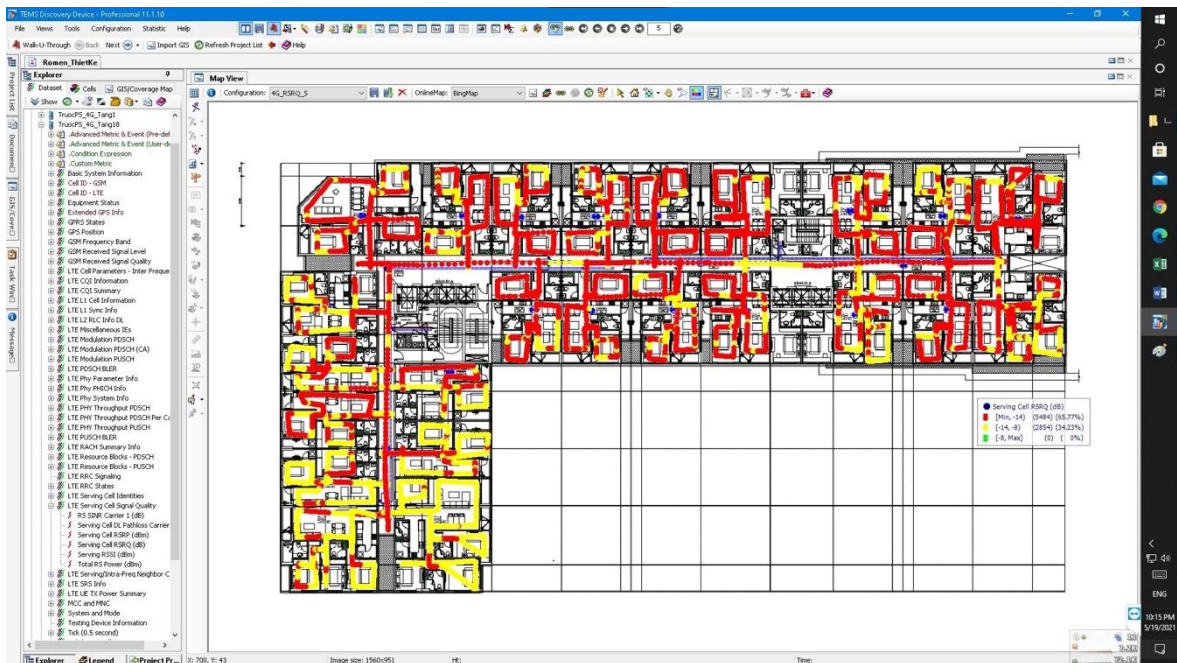
RSRQ trong 4G LTE là một tham số được sử dụng cho việc đo kiểm chất lượng mạng trong mạng 4G LTE. Theo ETSI TS 136.133 khoảng giá trị của RSRQ được định nghĩa trong khoảng từ -34 dB cho tới 2.5 dB^[4]



Hình 3.6 Công suất tín hiệu thu RSRQ tầng hầm B1



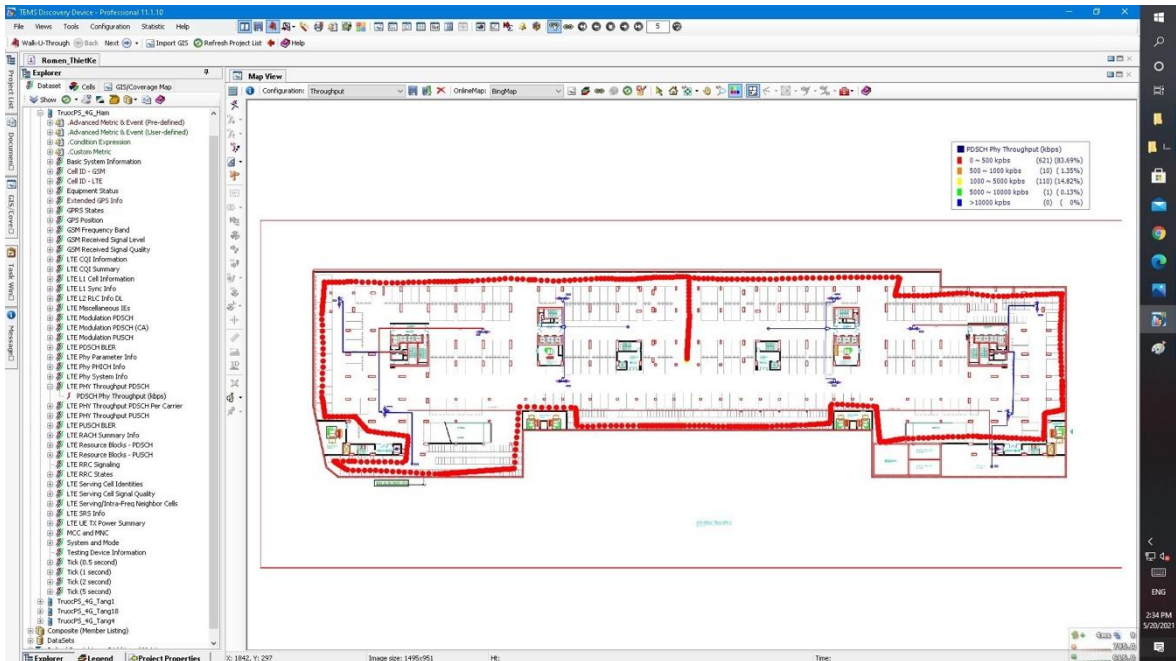
Hình 3.7 Công suất tín hiệu thu RSRQ tầng 1



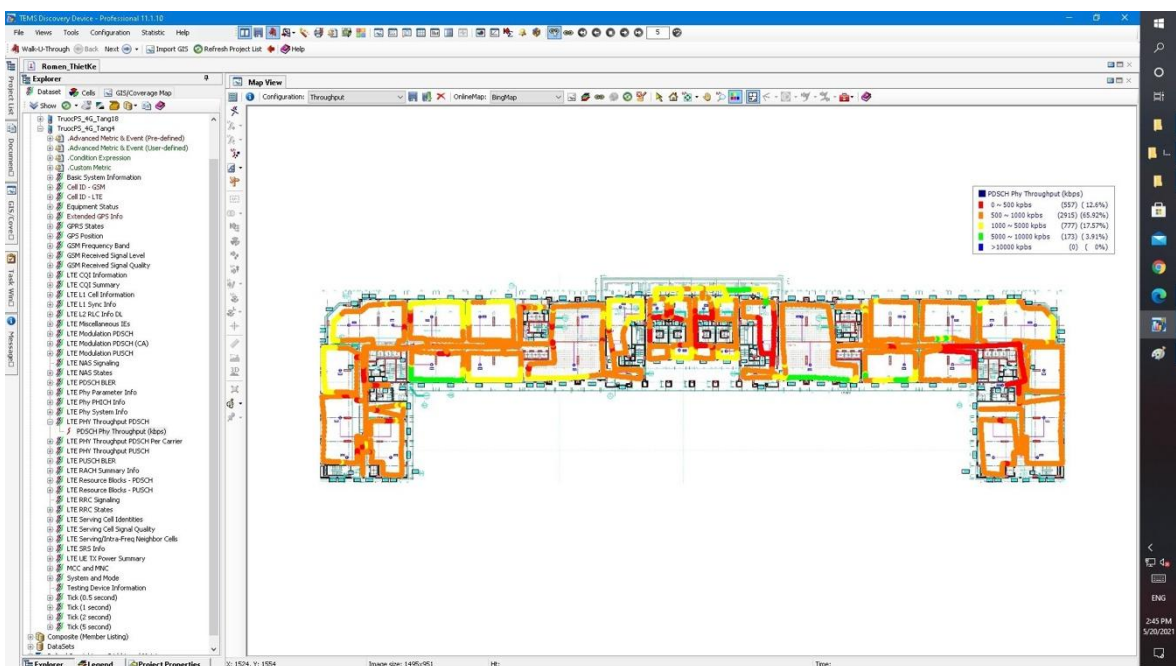
Hình 3.8 Công suất tín hiệu thu RSRQ tầng 18

* Tốc độ dữ liệu 4G LTE: được chia làm hai tốc độ là độ đường lên upload (UL) được tính trung bình kbps trên cơ sở tổng dung lượng theo kilo bite tải lên trên tổng số thời tính theo giây (s) tải lên. Tương tự như tính tốc độ tải

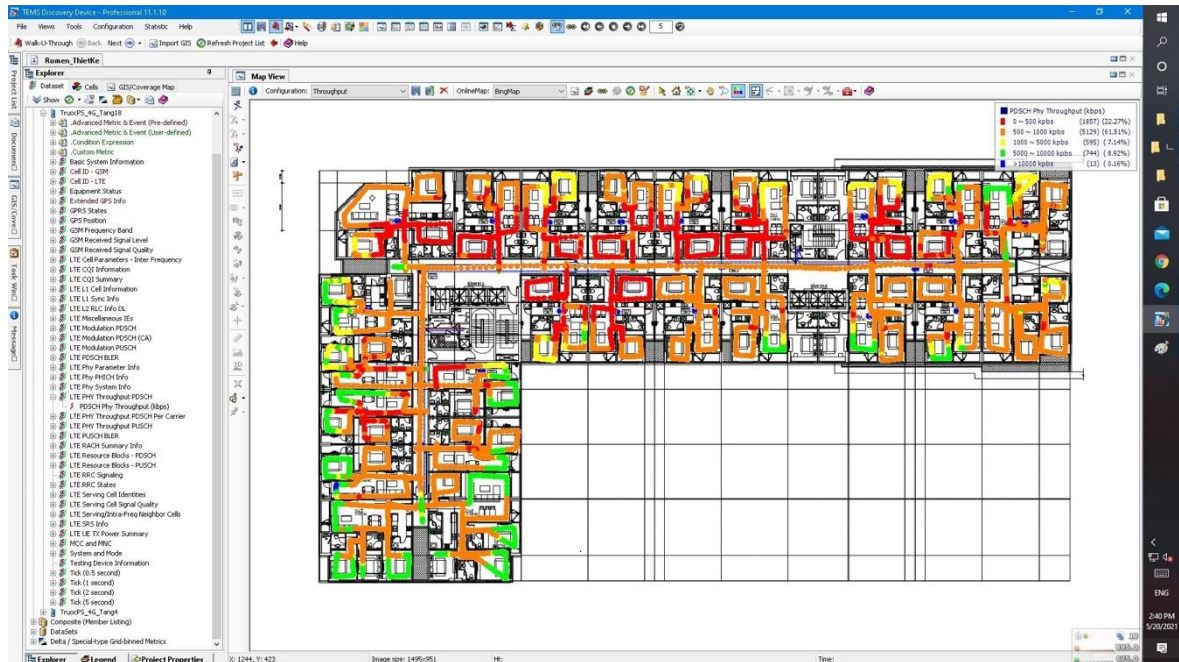
xuống download (DL). Căn cứ vào tốc độ dữ liệu 4G LTE hiện tại so với tiêu chuẩn IMT-Advanced sẽ được thể hiện theo tiêu chuẩn đánh giá ở các mức khác nhau



Hình 3.9 Tốc độ dữ liệu 4G LTE tầng hầm



Hình 3.10 Tốc độ dữ liệu 4G LTE tầng 1



Hình 3.11 Tốc độ dữ liệu 4G LTE tầng 18

Bảng 3.4 Chỉ số bảng màu tốc độ dữ liệu 4G LTE DL và UL

LTE DL & UL Throughput(kbps)	Chú thích màu	Kết quả
> 10000 kbps	Blue	Rất tốt
5000 ÷ 10000 kbps	Green	Tốt
1000 ÷ 5000 kbps	Yellow	Trung bình
500 ÷ 1000 kbps	Orange	Yếu
0 ÷ 500 kbps	Red	Rất yếu
no throughput	Black	Không sử dụng được

Trên cơ sở đo kiểm thực tế 4G LTE của nhà cung cấp dịch vụ viễn thông Viettel về Công suất tín hiệu thu RSRP, Chất lượng tín hiệu thu RSRQ, và tốc độ dữ liệu đường lên (UL) và đường xuống (DL), tại một số tầng của dự án Hải Phát Plaza. Qua thông của bản đồ phổ được tải xuống từ các máy Tems Pocket

thì chất lượng tín hiệu và công suất tín hiệu thu không đảm bảo phục vụ cho các thuê bao di động Viettel tại dự án này. Chỉ có một số vùng biên ở các tầng nổi mới đạt được chất lượng trung bình còn phía bên trong chất lượng rất tồi nhất là các khu vực trong tầng hầm và cầu thang máy. Theo lựa chọn mẫu thì tỷ lệ diện tích có công suất tín hiệu thu RSRP có công suất thu < -105 dBm chiếm đến 80% diện tích mặt sàn của dự án. Tốc độ tải lên và xuống dữ liệu 4G LTE trung bình của dự án rất thấp của dự án rất thấp, chỉ có 15% diện tích sàn (gần như chỉ nằm ở vùng biên) đạt được tốc độ 1000kbps đến 10.000kbps còn lại chỉ nằm ở ngưỡng dưới 1000kbps với tốc độ này rất thấp so với yêu cầu của nhà cung cấp dịch vụ Viettel

- Kết luận: Trong quá trình thiết kế hệ phủ sóng 4G LTE cần chú trọng tới việc tính toán công suất phát từ hệ thống ăng ten trong nhà để phù hợp với hiện trạng chất lượng và công suất tín hiệu của các trạm BTS ở bên ngoài. Tránh trường hợp thiết kế thiếu vùng phủ hoặc bổ sung nhiều thiết bị phủ sóng gây thiệt hại nhiều cho chi phí đầu tư.

3.2.1.3. Đề xuất thiết kế hệ thống phủ sóng di động 4G LTE cho dự án Hải Phát Plaza

Qua khảo sát và phân qua các chỉ số cần thiết mà được nhà cung cấp dịch vụ viễn thông Viettel khuyến cáo. Cùng với nhu cầu sử dụng dịch vụ và chất lượng dịch vụ viễn thông di động. Đề xuất thiết kế hệ thống phủ sóng di động 4G LTE với những điều kiện như sau:

- Với diện tích mặt sàn trải rộng, việc cấp tín hiệu từ trạm phát để các đầu ăng ten kéo dài đến điểm xa nhất phải đến vài trăm mét. Hệ thống thiết kế được dùng giải pháp lai ghép với hệ thống trực chính là sử dụng công nghệ quang sau đó được phân phối qua hệ thống cáp đồng trục bằng đồng (đề xuất sử dụng thiết bị quang gồm MU, RU của hãng Comba).
- Với nhu cầu thực tế của nhà mạng, và điều kiện tài chính đầu tư không cho phép chi phí lỗ, đồng thời tiết kiệm chi phí vận hành cho hệ thống phủ sóng 4G LTE.

Hệ thống thiết kế sẽ sử dụng công nghệ truyền dẫn SISO để đảm bảo yêu cầu cho tất cả các bên

- Công trình Hải Phát Plaza là công trình trọng điểm, ngoài phục vụ cho hơn 800 hộ gia đình cùng với số lượng khách hàng đến làm việc và kinh doanh thì phần thiết kế phải thiết kế cho trạm BTS 4G LTE indoor riêng cho dự án. Vì nếu sử dụng giải pháp lấy tín hiệu từ các MicroCell sẽ đủ dung lượng cung cấp trước nhu cầu to lớn của người sử dụng dịch vụ mạng di động. Sơ bộ tính toán nhu cầu của lưu lượng thì một nhà mạng không phải dùng trạm tử BTS 4G LTE một cell phải dùng nhiều hơn.
- Thiết kế hệ thống phủ sóng phải sử dụng các thiết bị không chỉ đáp ứng dải tần hiện nay là 1800Mhz và 2100Mhz mà phải sẵn sàng cho dải tần 2,6Ghz. Đây là dải tần đã được một số nhà mạng tại Việt Nam đăng ký cho 4G LTE. Khi lựa chọn thiết bị thiết kế, chúng ta sẽ chọn các thiết bị được sản xuất tại các hãng uy tín. Thiết bị này có độ bền cao, suy hao thấp nhất và công suất cao và ổn định.
- Cấu trúc xây dựng của dự án Hải Phát Plaza được xây dựng bên ngoài theo thiết kế bên ngoài là bán cổ điển. Chỉ vì vậy, phía bên ngoài các toà nhà có nhiều hình khối lồi lõm, đồng thời được trang trí và xây dựng nhiều cột lớn phía bên ngoài. Đây là lý do tại sao sóng 4G LTE từ các trạm BTS bên ngoài không phủ được nhiều cho dự án. Khi thiết kế thì chúng ta phải xác định là dịch vụ di động 4G LTE sẽ được phục vụ bởi hệ thống đang thiết kế. Yêu cầu thiết kế phải tính toán về mật độ ăng ten lẫn công suất thu phát đạt 98% vùng phủ.

3.2.2. Thiết kế hệ thống phủ sóng 4G LTE

3.2.2.1. Thiết kế hệ thống phủ sóng di động 4G LTE trong nhà cho dự án Hải Phát Plaza

a. Công cụ thực hiện

Để chuẩn bị cho công việc tiếp theo là thiết kế hệ thống phủ sóng trong nhà 4G LTE cho dự án Hải Phát Plaza, khi thực hiện phải có chuẩn bị đầy đủ một số thiết bị và số liệu cơ bản:

- Máy tính có hệ điều hành Windows 10 Intel I7-10400 RAM: 16Gb

- Phần mềm AutoCad Version 2018
- Phần mềm iBwave Version 6.5
- Phần mềm TEMs Discovery Professional 11.1.10
- Các số liệu và báo cáo khảo sát được thực hiện trong khảo sát. Thông số các thiết bị sẽ được sử dụng cho công trình để nhập vào phần mềm thiết kế, tăng độ chính xác khi thực hiện lắp đặt.

b. Hệ thống ăng ten trên các tầng

Với mặt bằng của bản thiết kế xây dựng có sẵn và được chuyển sử đổi (nếu có) và bổ sung các thông số kỹ thuật trong quá trình khảo sát. Người thiết kế sẽ tiến hành thiết kế bố trí ăng ten tại các mặt sàn. Việc bố trí ăng ten phải được tính toán trên cơ sở sự suy giảm của đường tín hiệu của sóng vô tuyến khi lan truyền trong không gian. Tùy vào tính chất mặt bằng chúng ta sẽ bố trí tùy loại ăng ten. Trong dự án này chỉ chúng ta sử dụng các ăng ten đặc thù của hệ thống phủ sóng di động là: Ăng ten omni 360 độ có độ lợi ích từ 3dBi đến 4,5dBi (tùy thuộc vào băng tần sử dụng thì sẽ có độ lợi khác nhau), ăng ten có hướng 120 độ, 240 độ và ăng ten xươg có độ lợi 11dBi. Việc xác định khoảng cách từ ăng ten phát đến thiết bị thu dựa trên công thức tính độ nhạy thu:

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} - L_{TX} - L_{FS} - L_M + G_{RX} - L_{RX} \quad (3-3)$$

$$RSRP(dBm) = RSSI(dBm) - 10 * \lg(12 * N)$$

Trong đó,

- P_{RX} = Công suất máy thu (dBm)
- P_{TX} = Công suất ngõ ra máy phát (dBm)
- G_{TX} = Độ lợi anten phát (dBi)
- L_{TX} = Các suy hao do máy phát (cáp, connector...) (dB)
- L_{FS} = Suy hao truyền dẫn không gian tự do (dB) và môi trường đặc biệt của toà nhà như tường gạch, bê tông, gỗ
- L_M = Các suy hao hỗn tạp (fade margin, phân cực lệch...) (dB)

- GRX = Độ lợi anten thu (dBi) (anten của máy di động coi như bằng 0)
- LRX = Các suy hao do máy thu (cáp, connector...) (dB)

Từ việc cố giá trị mức thu nằm trong ngưỡng cho phép của dịch vụ 4G LTE trên băng tần hiện thiết kế là 1,8 MHz và 2,1 MHz của thiết bị chúng ta sẽ tính được Suy hao LFS:

$$L_{FS} = P_{TX} + G_{TX} - L_{TX} - P_{RX} - L_M + G_{RX} - L_{RX} \quad (3-4)$$

Suy hao truyền dẫn không gian tự do có thể được tính toán sử dụng phương trình sau:

$$FSL = \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 \quad (3-5)$$

Trong đó,

- FSL = Free-Space Loss (Suy hao truyền dẫn không gian tự do)
- λ = Bước sóng tín hiệu (m)
- d = Khoảng cách giữa trạm phát và trạm thu (m)

Thông qua một số phép đạo hàm sâu hơn, phương trình thực tế hơn dưới đây có thể chỉ ra suy hao FSL trong ước tính dB (decibels):

$$FSL(dB) = 20 \log_{10}(d) + 20 \log_{10}(f) + 92.45 \quad (3-6)$$

Trong đó:

- FSL (dB) = Free-Space Loss (Suy hao truyền dẫn không gian tự do) (dB)
- d = Khoảng cách giữa trạm phát và trạm thu (km)
- f = Tần số tín hiệu (GHz)

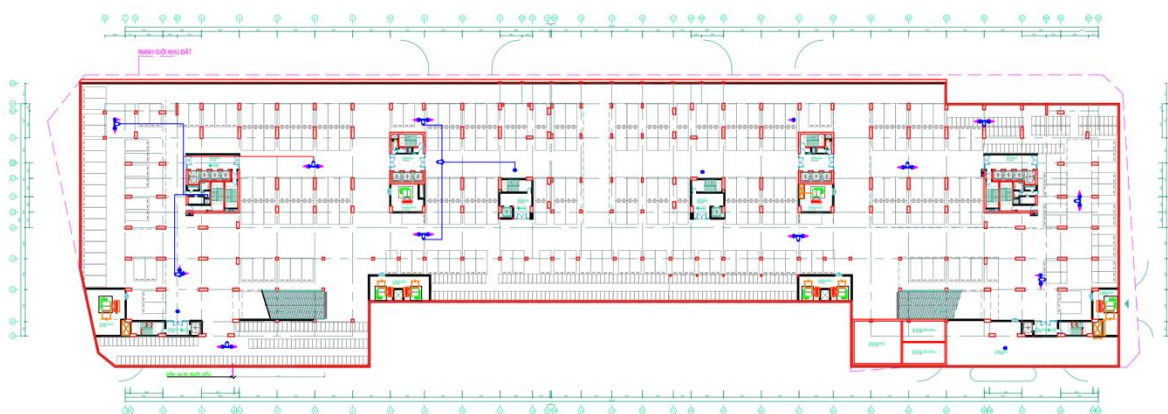
Ta sẽ có:

$$20 \log_{10}(d) = FSL(dB) - 20 \log_{10}(f) - 92.45 \quad (3-7)$$

Mối quan hệ giữa L_{fs} tại công thức (3-4) và $FSL(dB)$ tại công thức (3-6) khi truyền dẫn nằm trong không gian tự do. Nhưng bên trong toà nhà thường có

các vật cản là các bức tường ngăn cách. Do vậy, tùy thuộc vào vị trí ăng ten phát sóng đến thiết bị thu thì mức suy hao của ***FSL(dB)*** tại công thức (3-6) sẽ tăng hơn mức ***L_{fs}*** tại công thức (3-4) mà theo mô hình Motley&Keenan $W(k)$: là suy hao tường thông thường từ 7dB cho tường gạch thông thường và 10dB tới 20dB cho tường bê tông.

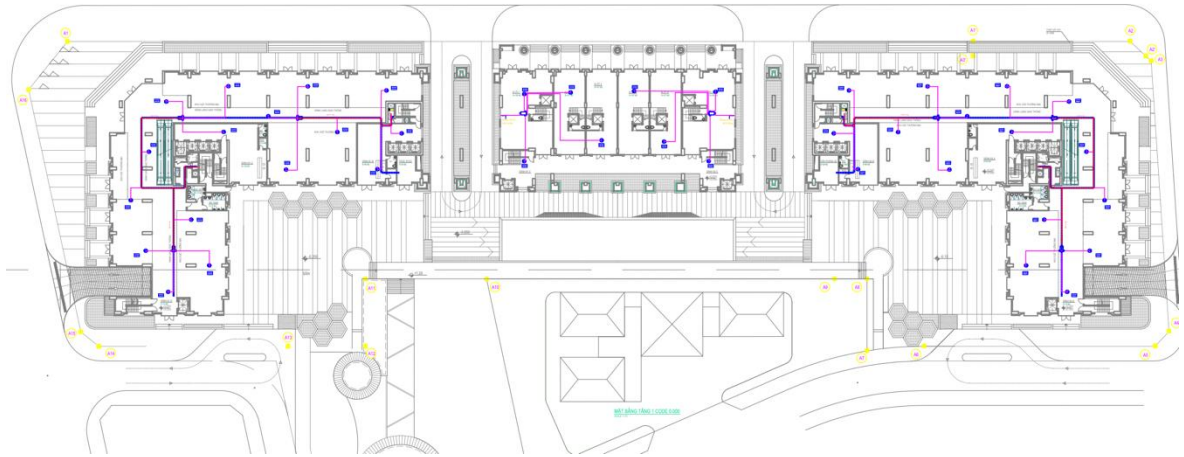
Theo khảo sát trước thì dự án được chia làm ba khu khác biệt và công năng cung khác nhau. Chính vì thế việc bố trí và sử dụng ăng ten tại các khu vực này cũng rất khác nhau. Khác về chủng loại ăng ten lẫn bố trí ăng ten trong thiết kế.



Hình 3.10 Hệ thống bố trí ăng ten tầng hầm

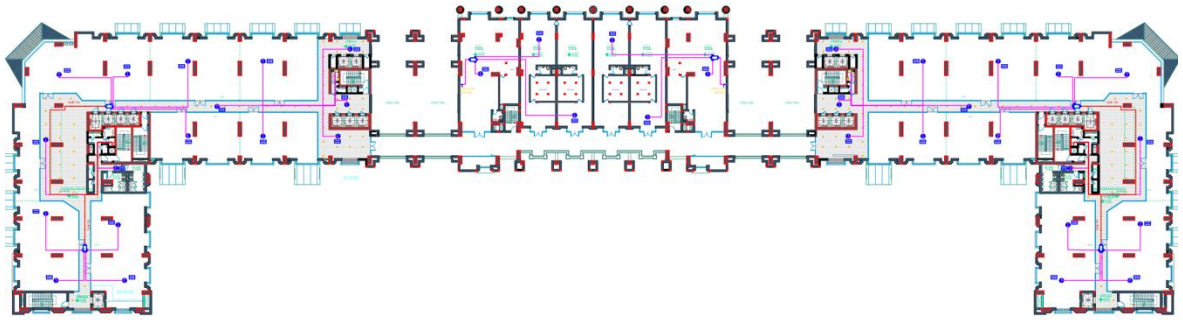
- Tầng hầm B1 và B2: Hai tầng hầm của dự án được thiết kế trần rất cao (5 mét) và thông suốt. Trong hầm gần như không có vật cản ngoài các trụ bê tông của dự án. Với diện tích mỗi tầng xấp xỉ 10.000m² công năng hoàn toàn để làm bãi để xe nên mật độ người sử dụng di động thưa. Thiết kế sẽ được sử dụng toàn bộ là 23 ăng ten Log-periodic (Rosenberger S-Wave 7FW-10/12-LP) tại mỗi hầm và sẽ được lắp trên trần của các tầng hầm. Các ăng ten được thiết kế lắp thành từng cặp và các cặp ăng ten sẽ lắp đặt so le lẫn nha để đảm bảo vùng phủ. Với đặc tính của ăng ten Log periodic có góc búp sóng nhỏ và độ lợi Gaint là 12 dBi cho dải tần từ 1710-2700MHz

sẽ giúp tăng vùng phủ 4G LTE ra xa. Với thiết kế này sẽ tiết kiệm được chi phí vì tiết kiệm được nhiều cho chi phí hệ thống cáp feeder cùng phụ kiện đi kèm.



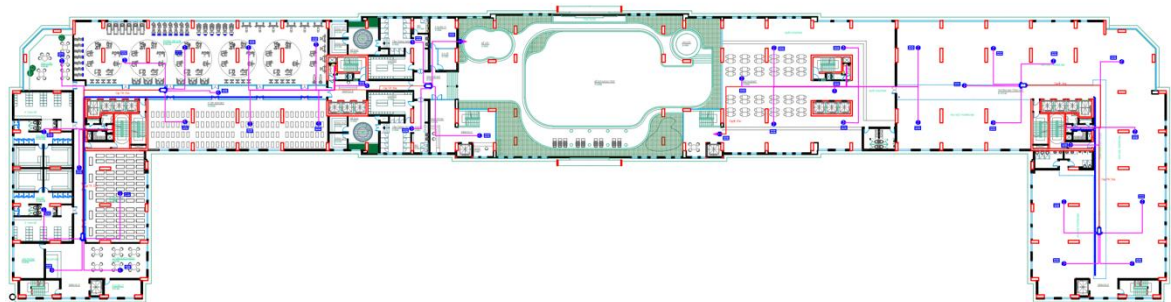
Hình 3.11 Hệ thống bố trí ăng ten tầng 1

- Tầng hầm lửng: diện tích 7.750 m², đây là thiết kế để trống phần không gian ở trung tâm và sử dụng diện tích hai bên. Mục đích dùng làm bãi để xe máy. Thiết kế hệ thống sử dụng 17 ăng ten Log-periodic và 3 ăng ten Omi.
- Tầng 1: thiết kế xây dựng mặt bằng có diện tích gần 5.000m², phần sàn nhà ngoài một diện tích nhỏ được làm sảnh còn lại được chia thành các căn theo nhà shop house. Hệ thống ăng ten sẽ sử dụng hoàn toàn 40 băng ăng ten Omi Ceiling (Rosenberger S-Wave 7FW-O1-L500) tại từng lô, khoảng cách giữa các ăng ten không 20 mét để đảm bảo vùng phủ. Với đặt tính của ăng ten Omi độ lợi Gaint là 4,5 dBi cho dải tần từ 1800MHz và 2100MHz của 4G LTE sẽ được phủ khắp diện tích mặt bằng sàn nhà.



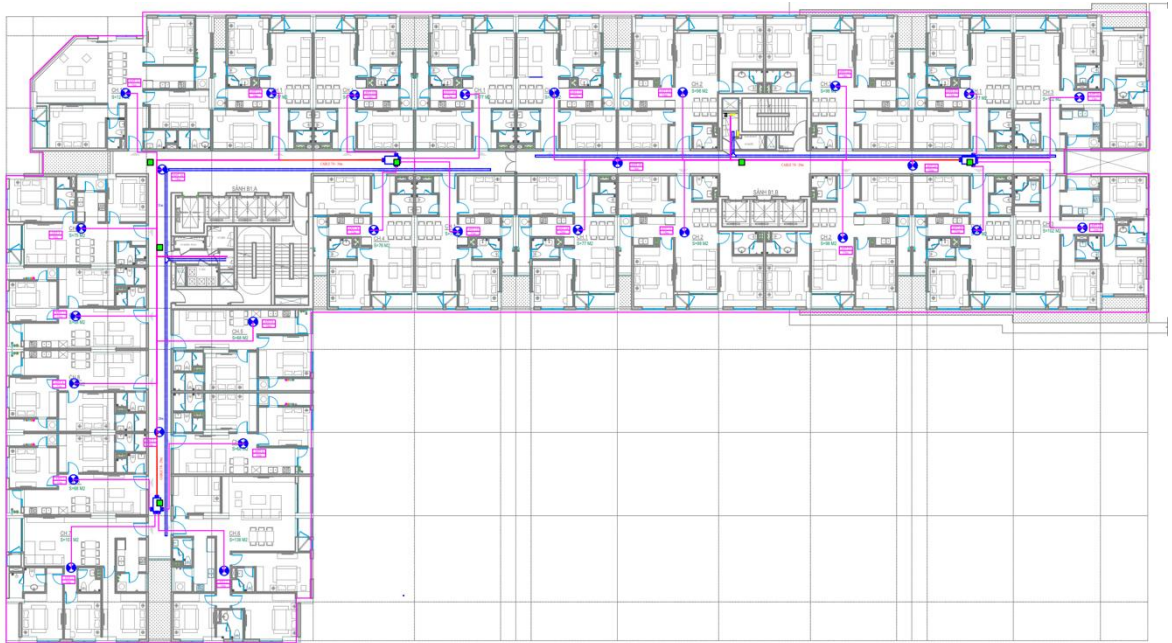
Hình 3.12 Hệ thống bố trí ăng ten tầng 2

- Tầng 2 và tầng 3: thiết kế mặt sàn như tầng 1 và là một mặt phẳng nhưng được xây dựng thêm một phần diện tích tầng lửng, tổng số ăng ten cả khu diện tích sử dụng của hai phần được thiết kế lắp đặt gồm có 42 ăng ten Omi



Hình 3.12 Hệ thống bố trí ăng ten tầng 5

- Tầng 4, tầng 6 và tầng 5: Là các mặt bằng cho trung tâm thương mại và văn phòng làm việc. Với công năng như vậy khu vực ít vật cản nên thiết kế sử dụng hoàn toàn ăng ten omi để phủ sóng. Riêng tầng 5 có dành diện tích để làm bể bơi, chúng ta dùng hai ăng ten Log periodic hướng tới hai đầu bể bơi để phủ toàn bộ diện tích.



Hình 3.13 Hệ thống bố trí ăng ten tầng 5 đến tầng 20

- Từ tầng 7 đến tầng 23 tháp A và tầng 7 đến tầng 23 tháp B: Với diện tích của mỗi tầng tại một tháp chỉ có diện tích gần 1000 m² nhưng thiết kế đưa ra phân bố ăng ten Omi với mật độ dày hơn các tầng dưới. Mỗi sàn được lắp đặt 29 ăng ten Omi gồm 4 chiếc thiết kế phục vụ ở hành lang và 25 chiếc phía bên trong căn hộ. Lý do mật độ ăng ten lắp nhiều hơn là do đây là tầng có công năng là các căn hộ chung cư. Mặt bằng được ngăn cách bởi nhiều bức tường và ăng ten được lắp âm trần và không được lắp dương trần như các tầng hầm và tầng thương mại.
- Từ tầng 24 đến tầng 25 tháp A và tầng 24 đến tầng 25 tháp B: Với diện tích của các tầng được thu hẹp hơn nên số lượng ăng ten cũng giảm. Thiết kế sử dụng mỗi tầng của một bên tháp gồm 16 cái ăng ten Omi phủ đều trên diện tích.

c. Hệ thống quang MU-RU, cáp Feeder, bộ chia

Trong quá trình thiết kế hệ thống 4G LTE cho dự án, khi thiết kế hệ thống trực truyền dẫn tín hiệu từ máy phát từ các BTS 4G LTE đến các ăng ten tại

các điểm của toà nhà. Toà nhà có diện tích rộng và thiết kế công năng phức tạp nên phần thiết kế trực tín hiệu phải tính toán phần công suất phân bổ thông qua truyền dẫn phải chi tiết, tránh trường hợp tín hiệu tới đầu ăng ten bị suy hao hết hoặc yếu không đủ điều kiện để phục theo phần thiết kế của mặt bằng bố trí ăng ten. Do vậy, chúng ta sẽ tính suy hao trên cơ sở dải tần hiện nay đang phát 4G LTE tại Việt Nam là 1800Mhz, 2100 Mhz và 2700Mhz. Công suất phát tại đầu ra của BTS sẽ là 45 dBm. Trong quá trình tính toán, nếu suy hao từ các từ trạm BTS đến ăng ten tại một số khu vực xấp xỉ bằng 0 thì sẽ bổ sung bộ công suất (Ở công trình này chúng ta sẽ sử dụng bộ công suất quang là MU và RU của hãng Comba ... với công suất đầu ra cho dải tần 1800MHz – 2700MHz là 43 dBm) để nâng công suất phát và suy hao sẽ từ các ăng ten đó sẽ được tính từ công suất máy phát là bộ RU được bổ sung. Để đảm bảo cho mạng 4G LTE cho dự án này hoạt động tốt, công suất phát từ trạm BTS đến được đầu ăng ten phải còn công suất còn lại đối với dải tần 1800 MHz là 10dBm và 2100 MHz là 5dBm. Nếu gọi P_{Ant} là công suất dBm cho đầu vào ăng ten thì để đảm bảo cho chất lượng mạng 4G LTE phát ra tại mỗi đầu ăng ten sẽ có như sau:

$$P_{Ant} = T_{XBTS} - \sum L_{cp} - \sum L_{fd} - L_{hp} + P_{Amp} \quad (3-8)$$

Với dải tần 1800Mhz yêu cầu: $10dBm \leq P_{Ant}$

Với dải tần 2100Mhz yêu cầu: $5dBm \leq P_{Ant}$

Trong đó:

T_{XBTS} : Công suất phát 4G LTE của trạm BTS (công suất 45 dBm)

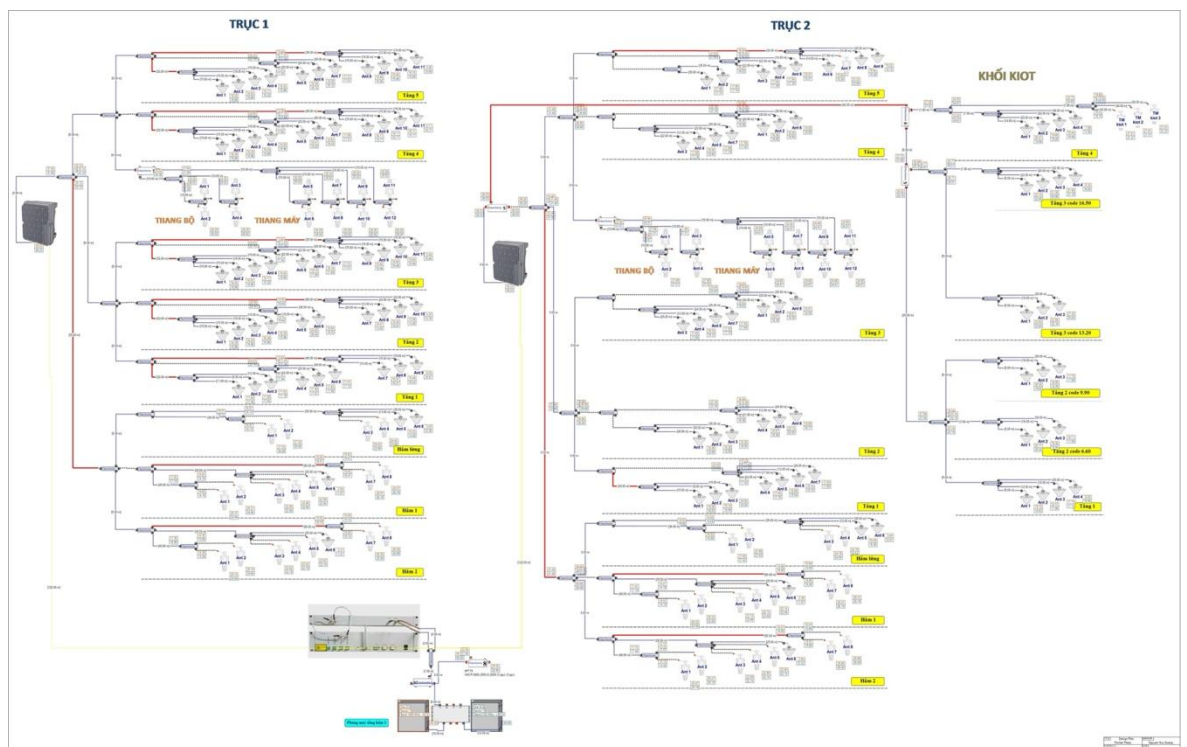
$\sum L_{cp}$: Tổng tổn hao của tất cả các bộ chia và tổng suy hao các coupler

$\sum L_{fd}$: Tổng suy hao của các đoạn cáp Feeder

L_{hp} : Suy hao qua Hibrid hoặc POI

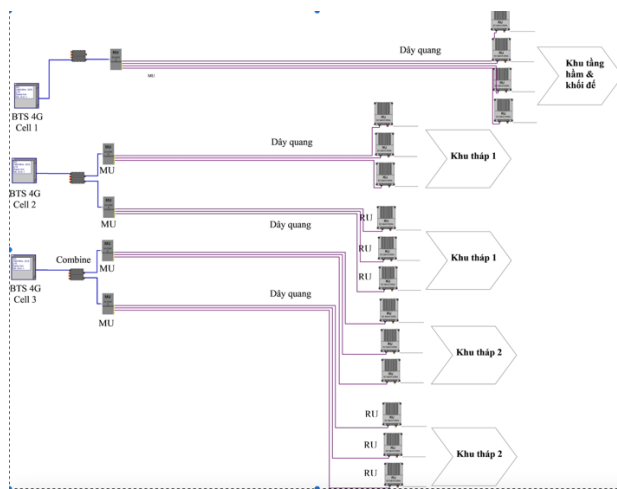
P_{Amp} : Công suất phát của Amplifier và RU(công suất 43 dBm)

Trong quá trình thiết kế, chúng ta sẽ kết nối tất cả các sợi cáp feeder 1/2inc từ các đầu nối ăng ten về trục và các vị trí đặt được bộ chia. Trong dự án Hải Phát Plaza này, tại mỗi tầng đều có phòng kỹ thuật tại mỗi tầng và trên trần mỗi tầng có một số vị trí hồ kỹ thật rất thuận tiện cho việc duy tu và bảo dưỡng. Phần thiết kế sẽ trợn những vị trị này đề đặt các bộ chia và coupler để đảm bảo mỗi sợi cáp feeder không quá dài và đồng đều, tránh suy hao trên sợi cáp. Đối với điểm đặt vị trí bộ chia đối xứng splitter để chia cho 2 đến 4 ăng ten chúng ta sẽ tính toán điểm đặt làm sao cho các đường ra có khoảng cách dây cáp feeder là đồng đều tránh trường hợp bị suy hao đường truyền dẫn tới công suất phát tại các ăng ten đó không đồng đều. Trường hợp bất khả kháng sẽ dùng bộ chia bất đối xứng coupler để thay thế và cân chỉnh.



Hình 3.14 Sơ đồ hình cây cho tầng hầm và tầng đế

Sau hoàn thành phần thiết kế dây dẫn từ ăng ten về trục chúng ta sẽ thiết kế phần trục nối giữa các bộ chia với nhau. Làm giảm phần suy hao thì các bộ chia có khoảng các để sử dụng feeder 7/8 nối với nhau để giảm phần suy hao. Khi đã tính toán tín hiệu từ đầu ăng ten của các nhánh đến điểm mà tổng số suy hao của feeder xấp xỉ bằng 43 dBm mà khoảng cách đó chưa nối với BTS thì chúng ta tính toán để bổ sung các thiết bị công suất như Amplifier hoặc MU-RU.



Hình 3.15 Sơ đồ hình cây cho tầng hầm và tầng đế

Trong dự án này chúng ta sử dụng toàn bộ bằng MU-RU là phân tầng công suất đường truyền. Nhằm đảm bảo công suất đường truyền và cân đối với suy hao, trong thiết kế đã dùng 16 RU và với 5 bộ MU để đủ đảm bảo chất lượng cho mạng 4G LTE và tính toán công suất dự phòng trong tương lai

d. Hệ thống trạm BTS 4G LTE inbuilding

Dự án Hải Phát Plaza có tính chất người sống và làm việc mở, số lượng người ra vào dự án luôn biến động. Đồng nghĩa với việc thuê bao di động 4G LTE cũng biến động. Việc tính toán để đảm bảo lưu lượng cho hệ thống làm sao tránh nghẽn mạng nhưng cũng không được để tài nguyên hoang phí mà không được khai thác. Theo thiết kế của dự án thì sẽ có 2600 người sẽ cư trú thường xuyên tại đây và căn cứ công năng văn phòng, trung tâm

thương mại số người sống và làm việc tăng lên gấp 2,5 lần. Căn cứ vào số liệu cập nhật

- 70% Dân số sử dụng điện thoại di động
- 64% Thuê bao kết nối 3G/4G
- 3 giờ 18 phút sử dụng Internet trên điện thoại di động
- 60,88Mbps tốc truy internet di động(đứng thứ 2 khu vực Đông Nam Á)^[1]

Do vậy số lượng thuê bao sử dụng 4G LTE của dự Hải Phát Plaza sẽ được dự tính khoảng:

$$TB_{4G LTE} = 2.600 * 2,5(\text{lần}) * 70\% * 65\% \approx 3000 \text{ thuê bao 4G LTE}$$

Với khuyến cáo của nhà cung cấp dịch vụ và thực tế đã triển khai phát sóng 4G LTE tại Việt Nam thì mỗi trạm BTS 3Cells sẽ phục vụ cho khoảng 2000-3000 thuê bao.

Với số liệu trên chúng ta sẽ thiết hệ thống 4G LTE chia các mặt sàn thành 03 khu vực, mỗi khu vực sẽ được phục vụ bởi một Cell riêng biệt,

- Cell 1: phân phối tín hiệu cho toàn bộ khối đế và tầng hầm
- Cell 2: phân phối tín hiệu cho tháp A của dự án
- Cell 3: phân phối tín hiệu cho tháp B của dự án

Việc phân bộ cell này không chỉ theo công suất mà còn dựa trên cơ sở của lượng người dùng qua thí lệ phân bố số lượng thuê bao trên km². Trong thiết kế tập trung nâng công suất và lưu lượng vào các tầng thấp vì mật độ người sử dụng tại khu vực này cao hơn nên nhu cầu cũng cao hơn

3.2.2.2. Bản thiết kế

Sau khi hoàn thiện thiết kế mặt bằng bố trí ăng ten, bố trí thiết bị trên trục truyền dẫn và cáp truyền dẫn và tính toán độ suy hao tín hiệu (sơ đồ hình cây)... người thiết kế hệ thống sẽ rà soát và kiểm tra lần cuối để đưa ra bản thiết kế mặt bằng. Công việc này rà soát này phụ thuộc rất nhiều vào kinh nghiệm người thiết kế vì phải căn cứ vào thực địa. Việc bỏ sót một mặt bằng

hoặc sai địa hình và chủng loại vật liệu xây dựng trong toà nhà sẽ dẫn tới sai sót đến công suất để các ăng ten khi phải bổ sung thiết bị. Để đảm bảo thiết kế phủ sóng 4G LTE cho dự án Hải Phát Plaza người thiết kế đã sử dụng thiết bị CW (PCTel Seagull CW Transmitter) đặt ở dải tần 4G LTE tại Việt Nam để phát giả lập. Mục đích kiểm tra vùng sóng và chất lượng trên thực địa. Tại mỗi tầng điển hình, chúng ta sẽ đặt ăng ten thu phát của CW tại các vị trí sẽ lắp đặt ăng ten sau đó dùng máy quét có tính năng cao (điện thoại di động thông thường không thể thử tính năng của CW) để kiểm tra vùng phủ 4G LTE. Sau đó dùng kết quả của CW là một trong những phương thức để thay đổi thiết kế bố trí ăng ten tại mặt bằng các tầng.

Sau các bước thực hiện trên, người thiết kế sẽ hoàn thiện lại toàn bộ bản thiết kế hệ thống phủ sóng bên trong toà nhà 4G LTE cho dự án Hải Phát Plaza bao gồm:

- Bản vẽ mặt bằng bố trí ăng ten trên các tầng điển hình (*phụ lục 1*)
- Bản vẽ sơ đồ hình cây (Do dự án là dự án lớn bản vẽ tại *phụ lục 2* sẽ được chia là ba khu vực khác nhau theo bố trí cell)
- Danh sách các thiết bị hoàn thành hệ thống phủ sóng 4G LTE

3.3. Kiểm tra chất lượng hệ thống phủ sóng di động qua chạy giả lập trên phần mềm iBware

Để đánh giá chỉ tiêu 4G LTE thêm chính xác của hệ thống phủ sóng trong toà nhà khi đầu nối trạm BTS, chúng ta sẽ chạy giả lập trên phần mềm iBwave. Qua không gian giả lập 2D và 3D chúng ta sẽ kiểm tra kết quả các thông số của 4G LTE (RSRP và RSRQ) tại các điểm mẫu của toà nhà. Trên thực tế thông qua bảng màu nhiệt chúng ta có thể đánh giá sơ bộ được chất lượng dịch vụ 4G LTE chúng ta có thể đánh giá qua bản đồ nhiệt sau khi chạy giả lập

3.3.1. Thông số giả lập

Trên cơ sở các thông số của nhà cung cấp dịch vụ viễn thông Viettel, chúng ta sử dụng các thông số:

- Nhà mạng: Viettel
- Band: 1800 MHz
- Công nghệ: 4G LTE
- Downlink Tx Power: 43 dBm
- Uplink Rx Losses:
- Chất liệu tường xây: Tường gạch có độ dày 250 mm, 150mm
- Chất liệu bê tông: Tường bê tông chịu lực 250 mm, cột chịu lực 2000mm x 1000mm
- Chất liệu cửa sổ: kính dày 8 mm
- Chất liệu gỗ: các tủ gỗ lắp đặt tại các vị trí thiết kế các căn hộ, văn phòng theo chủ đầu tư dự án cung cấp. Đối với vị trí đặt bàn và giường được coi như bằng không vì chiều cao vật liệu không cao hơn người sử dụng thiết bị di động khi đứng và ngồi.
- Chất liệu thép: Thang máy được giả định đang dừng ở tất cả các tầng 2000mm x 2000mm và cá trụ thép

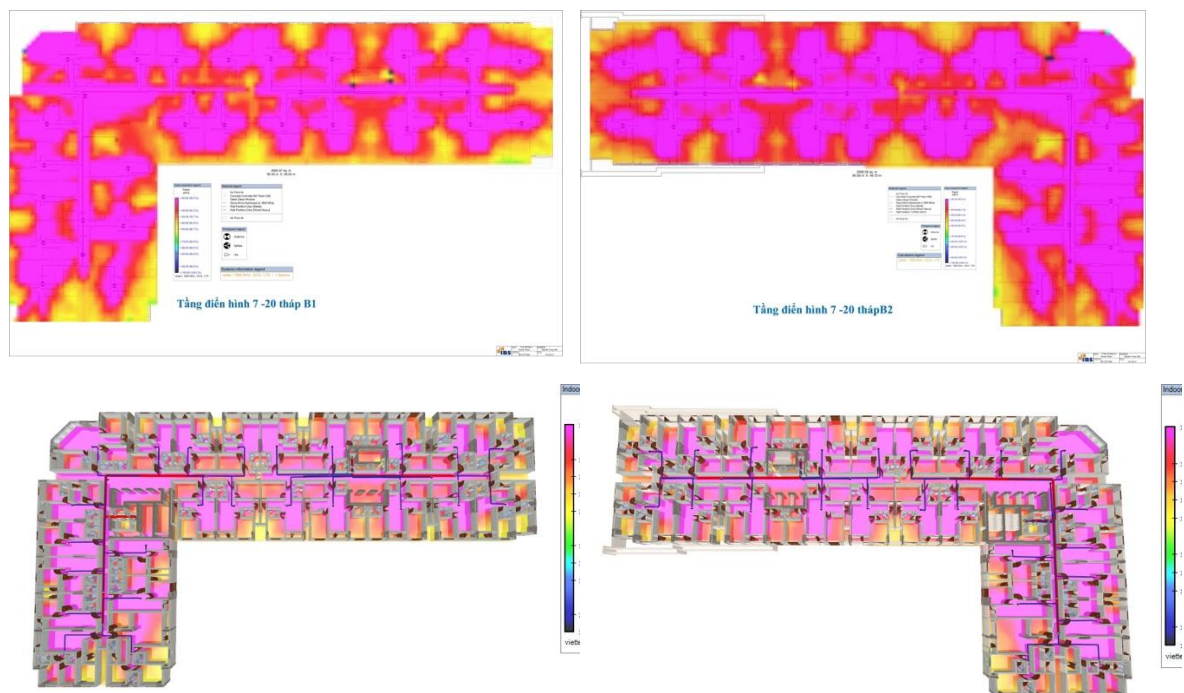
3.3.2. Kết quả giả lập

Sau khi các thông số giả lập đã được nhập đầy đủ, phần mềm iBwave sẽ đưa ra bản đồ chất lượng sóng theo dạng 2D và 3D căn cứ vào bản màu, chúng ta sẽ đánh giá được mức thu các chỉ số RSRQ và RSRP. Trong bảng thiết kế của được hoàn thiện của dự án Hải Phát Plaza sau khi chạy giả lập chúng ta thấy màu thể hiện các hệ số đều nằm trong khoảng cho phép của nhà mạng.

Bảng 3.5 Chỉ số công suất thu của dữ liệu chạy giả lập

RSRQ	Tỷ lệ
>-40 dBm	38,6%
>-50 dBm	69,1%
>-55dBm	96,9%
>-60 dBm	85,4%
>-65 dBm	99,8%
>-75 dBm	99,9%
>-80 dBm	100%
>-85 dBm	100%
>-95 dBm	100%
>-100 dBm	100%

Khu vực có khoảng cách 5 mét tới ăng ten với không gian không có vật cản, 3 mét có tường đều có màu đỏ và chiếm đến 40% mặt sàn. Lại khoảng 15% màu vàng và 10% màu xanh. Chúng ta sẽ đưa ra toàn bộ bản đồ nhiệt 2D của đầy đủ các tầng điển hình (*Phụ lục 3*) và một số bản 3D

**Hình 3.16 Hình giả lập 2D và 3D vùng phủ**

So sánh với yêu cầu của bài đo kỹ thuật (trên cơ sở của nhà mạng Viettel) chúng đã chọn các mẫu đo kiểm để lập báo cáo đưa vào hồ sơ thiết kế phủ sóng di động 4G LTE theo như mẫu tại *phụ lục 4*.

3.4. Kết luận

Chương 3 sau khi đưa ra phương án khảo sát đã hoàn chỉnh bản thiết kế phủ sóng di động 4G LTE cho dự án Hải Phát Plaza. Trong quá trình thiết kế đã sử dụng mô hình giả lập của phần mềm iBwave. Với khảo sát thực tế và môi trường giả lập tốt, chúng ta có một bản thiết kế đưa ra ứng dụng rất gần với thực tế.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

I. Kết luận đề tài.

Việc thiết kế một hệ thống viễn thông là một bước rất quan trọng trong phát triển mạng lưới phủ sóng của các nhà dịch vụ viễn thông. Với cuộc cách mạng 4.0 về chuyển đổi số thì để có dịch vụ phủ sóng 4G LTE cho các công trình nhà cao tầng là rất quan trọng.

Luận văn đã xây dựng ra quy trình thiết kế hệ thống phủ sóng di động cho một toà nhà cụ thể là dự án Hải Phát Plaza với nhiều công năng khác nhau. Tùy mỗi khu vực với công năng khác nhau sẽ được thiết kế nhằm mục đích phân bổ tín hiệu 4G LTE khác nhau. Thiết kế được thực hiện trên cơ sở được khảo sát đo đạc kỹ lưỡng và dựa thiết kế của công trình thì thiết kế hệ thống phủ sóng cũng thay đổi khác nhau. Trong luận văn này hệ thống thiết kế đã được chạy trong mô hình mô phỏng của ứng dụng với các hình ảnh được kết xuất nhằm mục đích đánh giá luôn hệ thống thiết kế. Nếu chất lượng hệ thống có chỗ không ổn định về mạng 4G LTE thì giúp tìm được nguyên nhân để sửa chữa và tối ưu luôn. Như vậy là đã tiết kiệm rất nhiều chi phí nếu sử dụng bản thiết kế trong thực tế.

II. Thách thức

Vì hệ thống thiết kế xây dựng trên phương thức truyền dẫn SISO cho mạng 4G LTE nếu áp dụng cho thực tế sẽ tiết kiệm chi phí đầu tư và dễ dàng bảo dưỡng thay thế so với công nghệ MIMO, nên có nhiều thách thức cần phải giải quyết:

- ❖ Giới hạn về tốc độ, còn có khoảng cách xa với chuẩn IMT-Advance
- ❖ Băng tần giới hạn trong khoảng 1800MHz đến 2700MHz

III. Hướng phát triển của đề tài

Xây dựng một tiêu chuẩn thiết kế hệ thống phủ sóng di động trong toà nhà với các công nghệ kết hợp từ 2G, 3G, 4G, 5G....

Phát triển thiết kế hệ thống 4G LTE không chỉ đảm bảo kết nối riêng cho một mà nhiều nhà mạng cùng với thiết kế phát sóng Wifi qua hệ thống phủ sóng di động đang có sẵn (Wifi Merging), Wifi marketing

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

- [1]. APPOTA Entertainment Ecosystem “Ứng dụng di động 2021”, Báo cáo thị trường, 6. 2021
- [2]. Công báo (2019), *“Hướng tới mục tiêu phủ sóng 4G tới 95% dân số cả nước trong năm 2019”*, Tổng công ty VNPT-Vinaphone
- [3]. Công ty Cổ phần IBS (2018), *“Phương án thiết kế hệ thống phủ sóng di động 4G”*, Tài liệu kỹ thuật.
- [4] . Phạm Văn Đại (2019) “Tối ưu vùng phủ sóng quận Sơn Trà, thành phố Đà Nẵng”, Tạp chí khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng, Vol., 17, No. 1.2, 2019
- [5] . Đinh Thị Minh Nguyệt () “Giải pháp phủ sóng GSM trong môi trường đặc biệt”, Báo cáo
- [6]. Châu Văn Thành (2011), *”Giải pháp phủ sóng di động trong các công trình hạ tầng đô thị”*, Luận văn thạc sĩ Kỹ thuật điện tử, Đại học Đà Nẵng.
- [7]. Theo tin tức Viễn thông (2017), *“Viettel tuyên bố đã phủ sóng 4G đến 99% quận huyện trên cả nước”*, Tạp chí ICT New.
- [8]. Theo tin tức Viễn thông (2019), *“Mobifone sẽ đầu tư 30.000 trạm 4G, nâng cấp chất lượng vượt trội tại thị trường trọng điểm”*, Tạp chí ICT New.
- [9]. Nguyễn Song Tùng (2014) “Phủ sóng di động bên trong tòa nhà”, Luận văn thạc sĩ Kỹ thuật Điện tử viễn thông, Đại học Bách khoa Hà Nội.

Tiếng Anh

[10]. Doaa hashim Osman, Amin babiker and Khalid Hammed Bellal (2018), “*Comparision study of 3G and 4G Mobile Technolygy, Published by European Centre for Research Training and Development UK*”, European Journal of Computer Science and Information Technology Vol.6, No.4, pp.35-40, August 2018

[11]. Enrico M. Vitucci, Luigi Tarlazzi, Franco Fuschini, Pier Faccin, Vittorio Degli-Esposti (2014), “*Interleaved-MIMO DAS for Indoor Radio Coverage: Concept and Performance Assessment*”, IEEE Transactions on Antennas and Popagation, International Journal of Antennas and Propagation, Vol 2014, Article ID 690573, 10 pages

[12]. Mohamed Nezami (2008), “In-building Wireless Communication System Design”, [2008 Mosharaka International Conference on Communications, Computers and Applications](#) , Amman, Jordan, 8-10 Agust 2008

Trang Web:

[13] http://www.4gon.co.uk/solutions/introduction_to_4g.php

[14] <http://www.itu.int/ITU-R/go/rsg5-imt-advanced/>

[15] <http://www.pctel.com>