دراسة الفرق بين الجيل الرابع والجيل الخامس من حيث الانتشار ومكونات الهوائيات

تقديم : عزت مطاع كيلاني – محمد علي البارودي اشراف أ.د.م: ثائر داوود

الجيل الرابع (4G)

الشبكة الخلوية من الجيل الرابع (4G) أو معروفة أيضًا بـ LTE (طويل المدى ونقل عرض النطاق الترددي) هي تقنية اتصال لاسلكية تسمح بنقل البيانات بسرعة عالية. ظهرت تلك التقنية لأول مرة في عام 2009 ومنذ ذلك الحين أصبحت أحد أهم وسائل الاتصال الحديثة في العالم. [1]

ماهي أهم ميزات شبكات الجيل الرابعLTE

تتميز شبكة الـ4G بميزات عديدة. أهم تلك الميزات هي السرعة العالية لنقل البيانات. فعند استخدام تلك التقنية، يمكن تحقيق سرعة تصل إلى 100 ميجابت في الثانية، وهذا يعني أنه يمكن للمستخدمين تنزيل الملفات بشكل أسرع ومشاهدة الفيديوهات بدون تأخير. بالإضافة إلى ذلك، توفر شبكة الـ4G أيضًا استقلالية أكبر للمستخدمين، حيث يمكن للجميع الاتصال بالشبكة بشكل مستقل دون الحاجة إلى وجود قاعدة بيانات أو مكان محدد. [1]

ماهي عيوب شبكات الجيل الرابع LTE

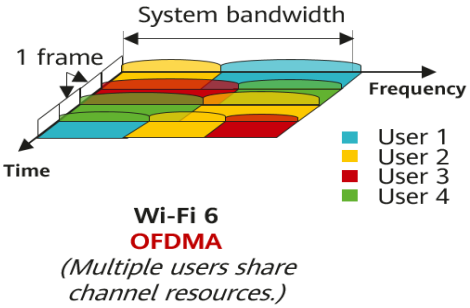
بالرغم من المزايا العديدة، توجد أيضًا عيوب لشبكة الـ 4G من أبرز تلك العيوب هي مشكلة انعدام التغطية المناسبة في بعض المناطق النائية أو الجغرافيا الصعبة. قد يعاني بعض المستخدمين من صعوبة الاتصال بالشبكة أو تلقي إشارة ضعيفة في تلك المناطق. بالإضافة إلى ذلك، يعاني بعض المستخدمين من استهلاك البطارية السريع عند استخدام شبكة الـ 4G، حيث تتطلب الشبكة استهلاك طاقة أعلى لنقل تلك السرعات العالية. [1]

ماهي أهم تقنيات شبكاتLTE

تضم شبكة الـ 4G تقنيات متنوعة تسمح بتحقيق سرعات نقل البيانات العالية نذكر أهمها:

1- تقنية OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access)

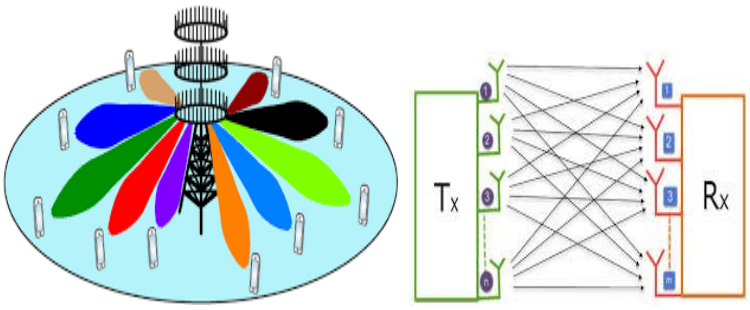
هي تقنية أساسية في شبكة الـ 4G تسمح OFDMA بتقسيم النطاق الترددي إلى قنوات صغيرة تسمى النطاقات الجانبية المتعددة الأوجه(subcarriers) ، وتستخدم هذه النطاقات لنقل البيانات بشكل متزامن. يتم تقسيم النطاق الترددي بحيث يمكن لعدة مستخدمين أو أجهزة الاتصال الأخرى أن ترسل وتستقبل البيانات في نفس الوقت على نفس النطاق الترددي. هذا يزيد من كفاءة استخدام النطاق الترددي ويسمح بنقل البيانات بسرعة عالية .[1].



الشكل (1) آلية عمل تقنية OFDMA

2- تقنية MIMO (Multiple Input Multiple Output)

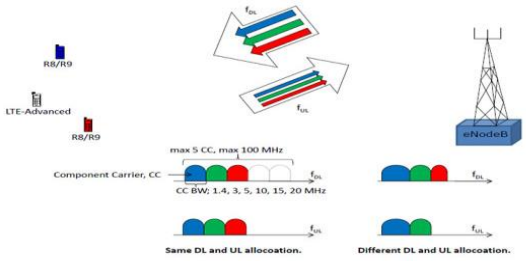
هي أيضًا جزء مهم من شبكة الـ 4G تستخدم MIMO عدة هوائيات لإرسال واستقبال البيانات في نفس الوقت. يتم توزيع البيانات عبر الهوائيات المتعددة، مما يسمح بزيادة سرعة نقل البيانات وتحسين جودة الاتصال. بفضل تقنية MIMO تساعدك في تحقيق اتصالات أكثر استقرارًا وموثوقية وتغطية أفضل في شبكة الـ 4G .[1].



الشكل (2-3)آلية عمل تقنية MIMO

3- تقنية Carrier Aggregation

هي تقنية أخرى تستخدم في شبكة الـ 4Gتسمح Carrier Aggregation بتجميع عدة حزم ترددية (carriers) لزيادة سعة النطاق الترددي وتحسين سرعة نقل البيانات. يمكن تجميع حزم التردد المختلفة من مصادر متعددة، مما يسمح بنقل البيانات بسرعة أعلى وتحقيق أداء أفضل في شبكة الـ4G . [1]



الشكل (4) آلية عمل تقنية Carrier Aggregation

4- الشبكات المعتمدة على بروتوكول الإنترنت(All-IP Networks)

تعتمد على بروتوكول الإنترنت لنقل الصوت والفيديو والبيانات , تقلل من تعقيد الشبكات وتحسن جودة الخدمة. [1]

5- LTE-Advanced و LTE

تقنيات أساسية في الجيل الرابع توفر سرعات تصل إلى 100 ميغابت في الثانية للمستخدمين المتحركين, LTE-A .يُحسّن السعة والأداء عبر التجميع الحامل و.MIMO .[1]

6-الاستمرارية عبر الشبكات(Handoff Seamlessness)

تتيح للمستخدمين التنقل بين الشبكات المختلفة دون انقطاع في الاتصال . تعمل هذه التقنيات معًا لتحسين أداء الشبكة بشكل عام. يجدر الإشارة إلى أنه تم تطوير هذه التقنيات بشكل مستمر، وقد تم تحسينها في الإصدارات اللاحقة من شبكة الجيل الخامس 5G . [1]

ماهي استخدامات شبكات الجيل الرابع :

يمكن استخدام شبكة الـ 4G في العديد من التطبيقات المختلفة .يعتبر التصفح وتنزيل الملفات عبر الإنترنت من أهم الاستخدامات للشبكة، حيث يمكن للمستخدمين تنفيذ تلك العمليات بسرعة فائقة. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أيضًا استخدام الشبكة لتشغيل تطبيقات الفيديو والموسيقى عبر الإنترنت بدون تقطع أو تأخير. كما يمكن أيضًا استخدام الشبكة في تطبيقات الألعاب عبر الإنترنت والمكالمات الصوتية عبر الإنترنت. [1]

الجيل الخامس (5G)

تقنية الجيل الخامس هي أحدث تقنيات الاتصالات المتنقلة ابتدأت من العام 2019م، وتعرف باسم (5G New Radio) أو .(5G NR) وبخلاف تقنيات الاتصالات المتنقلة السابقة، فإنه من المتوقع أن تحدث تقنية الجيل الخامس ثورة تتعدى عالم الاتصالات وتقنية المعلومات لتمس كافة جوانب الحياة من خلال العديد من التطبيقات الصناعية، الصحية، التعليمية،بالإضافة إلى تطبيقات المواصلات والتعدين من خلال توفير: [2]

-1سرعات اتصال عالية جداً.

-2زمن استجابة قصير جداً.

-3موثوقية اتصال عالية جداً.

-4القدرة على ربط عدد كبير من الأجهزة.

سيكون لخدمات الجيل الخامس الأثر البارز في تحسين الأداء في قطاع الاتصالات وتقنية المعلومات، الذي يتمثل في استخدام التقنيات الحديثة ، مثل تقنيات إنترنت الأشياء، وذلك لما تقدمه هذه التقنية من تسهيل كبير في خدمات المدن الذكية والمنازل الرقمية والمركبات المتصلة، وتسهيل استخدام برامج الذكاء الاصطناعي وغيرها من التطبيقات. كما تقدم تقنيات الجيل الخامس خدمات متنوعة، من أبرزها خدمات النطاق العريض المتنقلة المطورة. قد يتبادر إلى الذهن أن هناك تشابه بين تقنية الجيل الخامس والجيل السادس، لكن لا توجد علاقة بين تقنية WiFi) (6، الجيل السادس من تقنيات الاتصالات اللاسلكية (WiFi) والذي يعرف كذلك باسم(IEEE 802.11 ax) ، وتقنيات الاتصالات المتنقلة مثل .(5G NR/4G LTE/3G UMTS/2G GSM) حيث يتم استخدام تقنيات (WiFi) مثل (IEEE 802.11a/b/g/n/ac/ad/ax/ay)لربط الأجهزة لا سلكيًا من خلال نقطة اتصال لاسلكية (Router) ذات مدى قصير، بينما تغطي شبكات الاتصالات المتنقلة مساحات واسعة باستخدام شبكات اتصال متكاملة وتقنيات مختلفة عن تقنيات.(WiFi) .[2]

الخصائص الرئيسية للجيل الخامس:

أ .السرعة العالية:

يوفر 5G سرعات تحميل وتنزيل تصل إلى 10جيجابت/ثانية، وهي أسرع بعشرات المرات من 4Gهذه السرعة تتيح تنزيل مقاطع فيديو كبيرة أو ألعاب في ثوانٍ.

ب .زمن تأخير منخفض:

يتميز 5G بزمن تأخير (latency) منخفض للغاية يصل إلى 1ميلي ثانية، مما يجعله مثالياً للتطبيقات التي تتطلب استجابة فورية، مثل السيارات ذاتية القيادة والجراحة عن بُعد.

ج .الاتصال المتزامن:

يدعم 5G اتصالات مكثفة مع الأجهزة، حيث يمكنه التعامل مع مليون جهاز متصل لكل كيلومتر مربع، مما يعزز إنترنت الأشياء.(IoT)

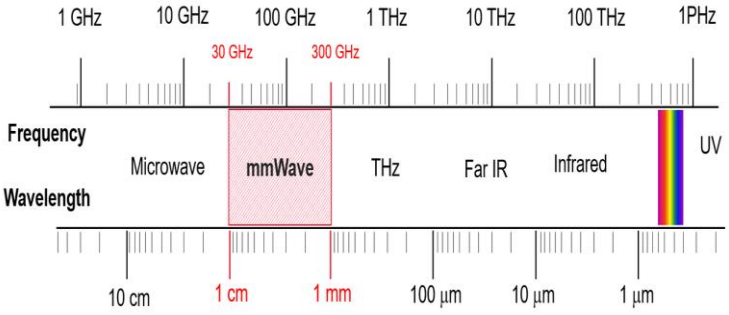
د .كفاءة الطاقة:

صُممت شبكات 5G لتكون أكثر كفاءة في استهلاك الطاقة، مما يُطيل عمر البطاريات للأجهزة المتصلة بالشبكة.

التقنيات المستخدمة في الجيل الخامس:

أ. تقنية الموجات المليمترية:(Millimeter Waves)

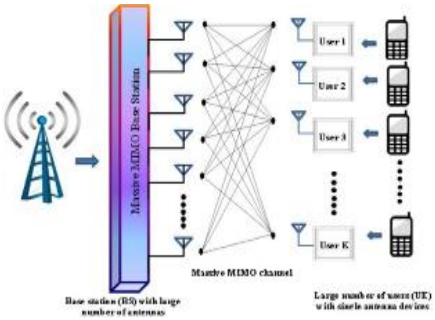
- تستخدم ترددات عالية تصل إلى 100 جيجاهرتز، مما يتيح نقل كميات كبيرة من البيانات بسرعات هائلة.
- هذه الترددات قصيرة المدى، مما يتطلب كثافة أعلى من أبراج الاتصالات.



الشكل (5) يوضح في أي مجال تقع الامواج الميليمترية

ب. MIMOالضخم :(Massive MIMO)

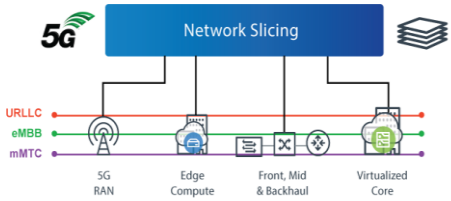
- يعتمد 5Gعلى أنظمة الهوائيات المتعددة (Massive Multiple Input Multiple Output)، والتي تزيد من كفاءة استخدام الطيف ودعم عدد أكبر من المستخدمين.



الشكل (6) يوضح آلية عمل تقنية Massive MIMO

ج .تجزئة الشبكات:(Network Slicing)

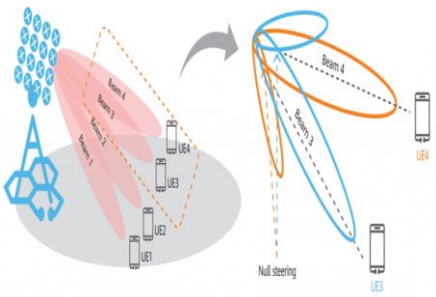
- تتيح هذه التقنية إنشاء شبكات افتراضية متعددة داخل شبكة واحدة لتلبية احتياجات مختلفة مثل البث المباشر أو التحكم الصناعي.



الشكل (7) يوضح آلية عمل تقنية Network Slicing

د .تقنية الحزم الموجهة:(Beamforming)

- تستخدم لتوجيه الإشارات بدقة نحو المستخدمين لتحسين التغطية وتقليل التداخل.



الشكل (8) يوضح آلية عمل تقنية Beamforming

التطبيقات الرئيسية للجيل الخامس:

أ .السيارات ذاتية القيادة:

- تساعد السرعات العالية وزمن التأخير المنخفض على تمكين تواصل فوري بين السيارات والبنية التحتية.

ب .الرعاية الصحية:

- تسهّل تقنيات 5G إجراء الجراحات عن بُعد ومراقبة المرضى باستخدام أجهزة استشعار متصلة.

ج .الواقع الافتراضي والمعزز:

- تحسين تجارب الألعاب والتعليم والترفيه من خلال سرعات واتصال عالي الأداء.

د .المدن الذكية:

- يُمكّن 5G من إدارة الأجهزة والمستشعرات في المدن الذكية لتحسين الخدمات العامة.

التحديات التي تواجه: 5G

أ .التغطية المحدودة:

- تحتاج تقنية 5G إلى كثافة أعلى من الأبراج، مما يجعل التغطية مكلفة ومعقدة في المناطق الريفية.

ب .الترددات العالية:

- تواجه موجات 5G تحديات في اختراق العوائق مثل الجدران والأشجار.

ج .الأمن والخصوصية:

- زيادة الاتصالات المتزامنة تفتح المجال أمام تهديدات أكبر تتعلق بالأمن السيبراني.

د .التكلفة:

- تطوير البنية التحتية لشبكات 5G يتطلب استثمارات كبيرة. [3]

مزايا وعيوب تقنية الجيل الخامس:(5G)

المزايا :

1- أداء عالي وسرعات غير مسبوقة:

- يوفر الجيل الخامس سرعات تصل إلى 10جيجابت/ثانية، مما يُحدث ثورة في التطبيقات التي تعتمد على تدفق البيانات مثل:
  - بث الفيديو بجودة 8K
  - الألعاب عبر الإنترنت.(Cloud Gaming)
  - التطبيقات الصناعية التي تحتاج إلى استجابة آنية.

2- زمن استجابة منخفض للغاية:

- زمن الاستجابة في 5G يمكن أن يصل إلى 1ميلي ثانية، مما يجعله مثاليًا لتطبيقات مثل:
  - السيارات ذاتية القيادة التي تحتاج إلى استجابة فورية.
  - في المجال الطبي مثل : الجراحة عن بُعد.
  - الأنظمة الحرجة التي تعتمد على الاتصالات الفورية.

3- اتصال أجهزة متزامن بكفاءة عالية:

- يدعم الجيل الخامس حتى مليون جهاز لكل كيلومتر مربع، مما يجعله مناسبًا لتطبيقات إنترنت الأشياء (IoT) مثل:
  - الأجهزة المنزلية الذكية.
  - المزارع الذكية.
  - مراقبة البنية التحتية.

4- دعم الابتكارات التقنية:

- يتيح 5G تطوير تقنيات جديدة في مجالات مثل:
  - الواقع الافتراضي (VR) والواقع المعزز.(AR)
  - الروبوتات الذكية المستخدمة في المصانع.
  - المدن الذكية ذات الأنظمة المُدارة رقميًا.

5- توفير كفاءة طيفية:

- يعتمد على تقنيات متقدمة مثل MIMOالضخم وتقسيم الشبكات (Network Slicing) لتوفير استخدام أكثر كفاءة للطيف الترددي.

6- دعم الاقتصاد الرقمي:

- يعزز إنتاجية الأعمال والصناعات من خلال تسهيل عمليات التحول الرقمي في القطاعات المختلفة مثل:
  - النقل.
  - الصحة.
  - التعليم.

العيوب :

1- التكلفة المرتفعة للبنية التحتية:

- يتطلب بناء شبكات 5G تركيب عدد كبير من المحطات الصغيرة(Small Cells) ، مما يزيد من:
  - تكاليف التركيب والصيانة.
  - العبء المالي على الشركات والمستخدمين النهائيين.

2- مدى محدود لتغطية الشبكة:

- تعتمد شبكات 5G على الترددات العالية(Millimeter Waves) ، التي تواجه تحديات مثل:
  - ضعف القدرة على اختراق الجدران والعوائق.
  - الحاجة إلى كثافة عالية من أبراج الاتصال.

3- التأثير على الأجهزة القديمة:

- الكثير من الأجهزة القديمة غير متوافقة مع 5G ، مما يجبر المستخدمين على شراء أجهزة جديدة مكلفة.

4- المخاوف الصحية:

- هناك جدل حول تأثير الموجات المليمترية المستخدمة في 5G على صحة الإنسان، ولكن لم تُثبت أي دراسات علمية موثوقة حتى الآن وجود أضرار.

5- الأمن والخصوصية:

- ازدياد عدد الأجهزة المتصلة يؤدي إلى:
  - زيادة نقاط الضعف التي يمكن اختراقها.
  - تعقيد التحديات المتعلقة بحماية البيانات والخصوصية.

6- استهلاك الطاقة:

- مع أن 5G كفء في استخدام الطاقة مقارنة بالأجيال السابقة، إلا أن ، المحطات الصغيرة تحتاج إلى طاقة أكثر لتغطية نفس المساحة مقارنة بتقنيات 4G

7- التحديات التنظيمية:

- تختلف القوانين والسياسات المتعلقة بتخصيص الترددات بين الدول، مما يعيق التبني السريع عالميًا.

تأثير الجيل الخامس على مستقبل التكنولوجيا:

- يُتوقع أن يُحدث 5G ثورة في الحياة اليومية من خلال:
  - تسهيل تحول المدن إلى مدن ذكية.
  - تطوير قطاعات النقل والرعاية الصحية بشكل جذري.
  - تمكين تقنيات جديدة مثل السيارات الطائرة وتقنيات الهولوجرام. [4]

	1G	2G	3G	4G	5G
Technology	AMPS ,TACS ,NMT	GSM	WCDMA	LTE - WiMax	Massive MIMO - mm Waves
Data rate	2kbps	64kbps	2Mbps	100 Mbps	1-10 Gbps
Access System	FDMA	TDMA – FDMA	CDMA	OFDM	GFDM – FBMC - UFMC
Application	Analog Telecommunications	Voice calls & Text messages	Mobile & Wireless internet connection	Cloud IP & truly mobile broadband	IOT & Cloud storage

جدول (1) مقارنة بين تقنيات الاجيال

لماذا تبلغ مساحة تغطية المحطات الأساسية 5G 500 متر فقط؟

من أجل زيادة سرعة الشبكة ، يجب استخدام ترددات أعلى لنقل المزيد من البيانات. لكن التردد العالي سيؤدي إلى تقصير مسافة إرسال الإشارة. كلما زاد نطاق تردد الإشارة الراديوية ، زاد توهين الإشارة وانخفض عرض النطاق الترددي. نظرا لأن 5G يستخدم نطاقا ترددية أعلى ، فإن قدرة حيود الموجات تصبح ضعيفة. عندما تمر الإشارة عبر جدران الغرفة ، كلما زاد التردد في المحطة الأساسية 5G، زادت فرصة انقطاع الدائرة.بالإضافة إلى ذلك ، كلما زادت قوة بدء المحطة الأساسية ، زادت التغطية ؛ كلما ارتفع ارتفاع المحطة الأساسية ، زادت التغطية وقلت الخسارة. نظرا لأن شبكة 5Gتستخدم تقنية الموجات المليمترية ، والتي تتمتع بنفاذية مغناطيسية ضعيفة ، فإنها ستخفف بسرعة من الموجات الكهرومغناطيسية ، وبالتالي فإن قدرتها على مكافحة التداخل ضعيفة أيضا.نظرا للتردد العالي لموجة 5Gالمليمتر ، وفقدان الإرسال الكبير ، يجب بناء المزيد من المحطات الأساسية لتلبية متطلبات الاتصال. كلما اقتربت المسافة من المحطة الأساسية 5G، كانت إشارة الهاتف المحمول أفضل ، وكلما قل الإشعاع الكهرومغناطيسي الذي يصل إلى المستخدم. لذلك ، فإن الزيادة في كثافة المحطة الأساسية لن تؤدي إلى زيادة في مخاطر الإشعاع ، بل على العكس من ذلك ، فإنها ستقلل من مخاطر الإشعاع التي تسببها الهواتف المحمولة.[8]

المقارنة من حيث الانتشار

1- الانتشار الجغرافي والتكنولوجي لشبكة : 4G

- البنية التحتية المكانية:
  - شبكة 4G تعتمد على الأبراج الضخمة (Macro Towers) لتغطية واسعة النطاق. هذه الأبراج تتطلب عادةً ارتفاعًا كبيرًا وعددًا أقل مقارنة بشبكات 5G لتغطية مساحات أوسع.
  - تعمل الشبكة على ترددات منخفضة (600 ميجاهرتز - 2.5 جيجاهرتز)، مما يُمكّنها من اختراق المباني والوصول إلى المناطق النائية بفعالية.
- مراحل التوسع:
  - الانتشار بدأ في المناطق الحضرية ذات الكثافة السكانية العالية حيث الطلب مرتفع على خدمات الإنترنت، ثم توسعت الشبكة تدريجيًا إلى المناطق الريفية.
  - في الدول النامية، ساهمت شبكات 4G في تقليل الفجوة الرقمية بفضل تكاليف الانتشار المنخفضة نسبيًا مقارنة بـ 5G
- الترقية من 3 Gإلى 4G :
  - كان الانتقال من 3G إلى 4G تدريجيًا عن طريق تحديث البرمجيات والبنية التحتية الموجودة، مما قلل من التكلفة الكلية للنشر.

2- الانتشار المتقدم لشبكة :5G

- التكنولوجيا المستخدمة:
  - تعتمد شبكة 5G على تقنيات مثل الخلايا الصغيرة(Small Cells) ، والتي يتم تركيبها بكثافة داخل المدن وعلى المباني، أعمدة الإنارة، أو إشارات المرور لتوفير تغطية شاملة.
  - تتطلب 5G إنشاء شبكة ألياف بصرية متطورة لدعم السرعات العالية وزمن الاستجابة المنخفض.
- النطاقات الترددية:
  - تعمل على ترددات متوسطة وعالية (مثل 3.5 جيجاهرتز و26 جيجاهرتز). هذه الترددات تقدم سعات بيانات كبيرة لكنها تواجه تحديات في التغطية والمسافة، مما يستدعي زيادة عدد الهوائيات.
- التحديات:
  - الترددات العالية تجعل من الصعب تغطية المناطق الريفية بسبب ضعف اختراق الترددات العالية للمباني والحواجز الطبيعية.
  - تكلفة النشر مرتفعة نسبيًا، مما يجعل التركيز الرئيسي على المدن والمناطق ذات الكثافة السكانية العالية.
- إدماج تقنيات جديدة:
  - تقسيم الشبكة الافتراضي :(Network Slicing) تتيح هذه التقنية توفير شبكات مخصصة للاستخدامات المختلفة (مثل التطبيقات الصناعية، والسيارات ذاتية القيادة، وإنترنت الأشياء). [5]

3- الفرق في كثافة الهوائيات:

- 4G:
  - تحتاج إلى عدد أقل من الهوائيات لكل منطقة نظرًا للنطاق الأوسع لكل برج.
  - يمكن لبرج واحد في 4G تغطية ما يصل إلى 10 كيلومترات في المناطق المفتوحة.
- 5G:
  - تتطلب كثافة هوائيات أعلى بمعدل 10أضعاف أو أكثر مقارنة بـ 4G
  - يتم تركيب الهوائيات كل 500-200متر في المناطق الحضرية لضمان الأداء المطلوب.

إحصاءات مقارنة بين 4G و5G:

الميزة	4G	5G
سرعة التنزيل	حتى 150 ميجابت/ثانية	حتى 10 جيجابت/ثانية
زمن الاستجابة	30-50 ميلي ثانية	1-5 ميلي ثانية
عدد الأجهزة/كم²	100 ألف جهاز	مليون جهاز
كفاءة الطيف	متوسط	أعلى بـ 30-40%
التغطية	عدة كيلومترات	200-500 متر (الموجات العالية)
الطاقة لكل جهاز	أقل كفاءة	توفير طاقة بنسبة تصل إلى 90%

الجدول (2) مقارنة بين 4G و 5G

مكونات الهوائيات المستخدمة في الجيل الرابع (4G) والخامس (5G)

الهوائيات المستخدمة في شبكات الجيل الرابع (4G) تتكون من عدة مكونات رئيسية تساهم في تحسين استقبال الإشارة وإرسالها بفعالية. فيما يلي شرح مفصل لهذه المكونات ووظائفها:

مكونات هوائي الجيل الرابع

1. العناصر النشطة:(Driven Elements)
   - النقطة الأساسية التي يتم فيها توصيل الكابلات الناقلة للطاقة من المرسل إلى الهوائي.
   - تقوم هذه العناصر بنقل الطاقة وتحويلها إلى إشارات لاسلكية.
2. العناصر الموجهة:(Directors)
   - تعمل على تعزيز الإشارة في اتجاه محدد وزيادة الكسب الإشعاعي.
   - تُستخدم لتوجيه الإشارة بشكل أكثر كفاءة.
3. العواكس:(Reflectors)
   - تعكس الإشارات القادمة من الاتجاهات غير المرغوبة، مما يعزز جودة الإشارة المستقبلة.
4. الإطار الأساسي:(Boom or Mast)
   - يدعم جميع العناصر الأخرى ويعمل كهيكل أساسي للهوائي.
   - يضمن ثبات الهيكل الميكانيكي، خصوصاً في الظروف الجوية المختلفة.
5. أنواع الهوائيات:
   - هوائيات ياغي :(Yagi Antennas) تُستخدم في المناطق التي تحتاج إلى اتجاه معين لتعزيز الإشارة.
   - الهوائيات متعددة الاتجاهات :(Omnidirectional Antennas) تعمل على استقبال الإشارات من جميع الاتجاهات وتُستخدم في المناطق الحضرية حيث تكون الإشارة قوية ولكنها مشتتة.
   - هوائيات ذات نطاق عريض :(Log-Periodic Dipole Arrays) تُستخدم لتغطية نطاق واسع من الترددات مع تحقيق كسب عالي. [6]

المواد والتصميم

تُصنع المكونات غالبًا من الألومنيوم أو الفولاذ المقاوم للصدأ لتوفير القوة والمتانة ، تُضاف طبقات عازلة لتجنب التداخل بين الإشارات وضمان أداء مستقر. [6]

تركيب الهوائيات

التوجيه :يتم ضبط الهوائيات الموجهة مثل ياغي نحو أقرب برج اتصالات لتعزيز الإشارة ، الارتفاع :تُثبت الهوائيات في أماكن مرتفعة مثل الأسطح أو الأعمدة للحصول على خط رؤية واضح مع الأبراج[6] .

مكونات هوائي الجيل الخامس

1- الوحدات الراديوية النشطة(Active Radio Units - ARU) .[6]

- **الوظيفة :**دمج الوحدات اللاسلكية مباشرة مع الهوائي لتقليل خسائر الإشارة وتقليل الكابلات.
- **المكونات:**
  - مرسلات ومستقبلات لاسلكية عالية التردد.
  - دوائر تضخيم الإشارة لتحسين الكفاءة.

2- نظام الهوائيات الضخم(Massive MIMO)

- **الوظيفة :**زيادة السعة وعدد الاتصالات الممكنة عبر تعدد الهوائيات.
- **المكونات:**
  - مصفوفة هوائيات (Array) تحتوي على عشرات أو مئات من العناصر الفردية.
  - كل عنصر يعمل بتردد مختلف لدعم تقنيات الإدخال والإخراج المتعدد.

3 - مصفوفة تشكيل الشعاع(Beamforming Array)

- **الوظيفة :**توجيه الإشارة بشكل مباشر إلى الأجهزة لتحسين الاتصال وتقليل التداخل.
- **المكونات:**
  - هوائيات قابلة للتحكم لتشكيل الشعاع.
  - معالجات إشارات رقمية لتحليل حركة المستخدم وتعديل اتجاه الشعاع.

4 - الغلاف الخارجي المقاوم(Weatherproof Casing)

- **الوظيفة :**حماية الهوائي من العوامل الجوية مثل الأمطار والغبار ودرجات الحرارة المرتفعة.
- **المكونات:**
  - مواد مقاومة للعوامل البيئية (مثل الألمنيوم المطلي أو البلاستيك المتين).
  - فتحات تهوية محمية لضمان تبريد المكونات.

5- دعم الترددات العالية(High-frequency Support)

- **الوظيفة :**التعامل مع نطاقات الموجات المليمترية (mmWave) والنطاق المتوسط.
- **المكونات:**
  - عناصر مضبوطة للعمل على نطاقات التردد 24-100 جيجاهرتز.
  - دوائر تصفية الترددات لمنع التداخل.

6- إدارة الطاقة(Power Management)

- **الوظيفة :**توفير الطاقة بكفاءة وتشغيل الهوائي.
- **المكونات:**
  - وحدات تنظيم الجهد.
  - أنظمة مراقبة وتحسين استهلاك الطاقة.

7 - الألياف البصرية(Fiber Optics)

- **الوظيفة :**توصيل البيانات بسرعة من الهوائي إلى المحطة الأساسية.
- **المكونات:**
  - موصلات ضوئية لتحويل الإشارات الكهربائية إلى ضوئية.
  - أنابيب حماية لحماية الكابلات الضوئية من الضرر.

8 - الهوائيات الصغيرة(Small Cells)

- **الوظيفة :**توسيع التغطية في المناطق ذات الكثافة السكانية العالية.
- **المكونات:**
  - وحدات صغيرة تتضمن كافة المكونات الراديوية والهوائيات.
  - تصميمات مدمجة للتركيب في أعمدة الإنارة أو الجدران.

9 - دوائر التبريد(Cooling Systems)

- **الوظيفة :**تبريد النظام لضمان كفاءة التشغيل.
- **المكونات:**
  - مراوح صغيرة أو تقنيات التبريد السلبي مثل المشعات.

10- أنظمة التحكم الرقمية(Digital Control Units)

- **الوظيفة :**مراقبة أداء الهوائي وإدارة إشارات الاتصال.

- **المكونات:**
  - معالجات دقيقة.(Microprocessors)
  - برمجيات لتحسين الأداء وتوفير الصيانة عن بُعد.

الفروق عن الجيل الرابع:

- **التردد :**يدعم الجيل الخامس نطاقات تردد أعلى) مثل.(mmWave)
- **الحجم :**هوائيات الجيل الخامس أصغر وأكثر كثافة بفضل تقنيات.Massive MIMO
- **العدد :**الجيل الخامس يحتاج إلى هوائيات أكثر لتغطية مناطق بنفس كثافة الجيل الرابع. [6]

بعض الصور التوضيحية

ابراج حديدية حاملة للتجهيزات الاتصالاتية

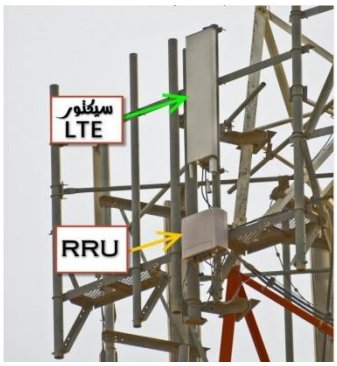
وهي أبراج تتكون من أجزاء (دعامات) حديدية مترابطة، تُثبت على قاعدة أرضية مستقلة عن أي بناء آخر، وقد يصل ارتفاع هذه الأبراج إلى 90 مترًا.بالإضافة إلى أنه يمكن أن نجد على هذه الأبراج لوني الأحمر والأبيض، إذ يمثل كل لون ارتفاع 5 أمتار، أي يمكنك معرفة ارتفاع أي برج من هذا النوع بنظرة واحدة من بعيد. [7]

الشكل (9) برج تغطية خليوي من النوع الحديدي ومن النوع الحديث

الهوائيات(Antenna)

الهوائي بشكل عام، جهاز يحول الإشارات الكهربائية إلى إشارات كهرومغناطيسية، وذلك لبث هذه الإشارة في الهواء الطلق.وفي أبراج الاتصالات الخلوية، نلاحظ 3 أنواع من الهوائيات: [7]

الهوائيات القطاعية(Sector Antenna)



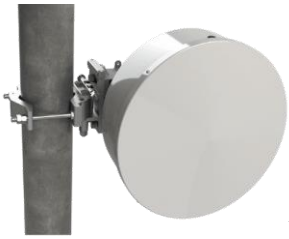
هوائي قطاع (السيكتور)، عبارة عن تجهيزة في أبراج الاتصالات الخلوية لبث الإشعاع الموجيّ تجاه المستخدم (الموبايل).علاوة على ذلك، يُعد هوائي القطاع من الهوائيات الموجّهة (Directional antenna) وذو ربح عالٍ، ويغطي هذا الهوائي قطاعًا بمقدار 120 درجة.كما يمكن التحكم بزاوية الإشعاع (Beam) عن طريق تغير زاوية الإمالة الكهربائية والتي يمكن التحكم بها عن بعد، أو تغير زاوية الإمالة الميكانيكية. [7]

الشكل (10) Sector Antenna

هوائياتOmnidirectional

هي عبارة عن هوائيات غير موجهة، تبث الإشعاع الكهرومغناطيسي بـ 360 درجة، ويكون ربحها (Gain)أقل مقارنة بالهوائيات القطاعية.تستخدم هذه الهوائيات في أبراج الاتصالات الخلوية بالمناطق التي يتجمع فيها الناس، مثل الساحات العامة، أو الحدائق، وذلك لتحقيق متطلبات سعة الشبكة (Network Capacity). [7]

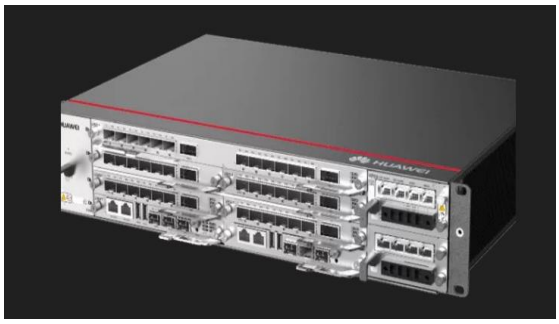
الشكل (11) هوائي Omnidirectional



هوائيات الميكروويف(Microwave Antenna)

يمكن أن تسمى دشات الميكروويف(Microwave Dishes) ، وظيفتها ربط أبراج الاتصالات الخلوية ببعضها أو مع شبكة الـCore ، وتختلف أقطارها بحسب المسافة التي ستقطعها الأمواج الميكروية [7]

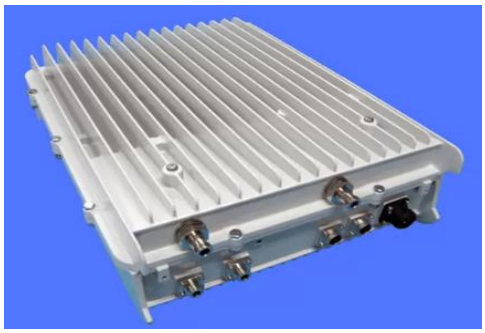
الشكل (12) Microwave Antenna



وحدةBBU

وهي اختصار إلى(Base Band Unit) ، والتي تعالج الإشارة المرسلة والمستقبلة، وتعتبر الجزء المدبّر في برج التغطية (يمكن القول إنها دماغ الموقع). [7]

الشكل (13) وحدة BBU



وحدةRRU

وهي اختصار إلى(Remote Radio Unit) ، والتي تحوّل ترددات الإشارة القادمة من الـ (BBU)إلى ترددات عالية.علاوة على ذلك، كل RRU لها نطاق ترددي واحد (One Frequency Band)، ويمكن أن يكون لها نطاقان ترديان، إذ يمكن تشغيل الجيل الثاني 2 G والجيل الرابع 4 Gعلى Band الـ 900 MHz على سبيل المثال، وبالتالي يوجد في هذه الحالة Two Bandsأحدهما يشغّل تقنية مختلفة عن التقنية التي يشغّلها الأخر.إضافة إلى ذلك، في تقنية الجيل الخامس 5Gلا يوجد RRU منفردة، بل يوجد هوائي بداخلهRRU ، وهو هوائي :(AAU Active Antenna Unit)، وبالتالي الفقد والضياع يكون أقل مقارنةً بحالة العناصر الراديوية في الأجيال السابقة. [7]

الشكل (14) وحدة RRU

كيبل الـCPRI

وهو كيبل فايبر يصل بين RRU وBBU، علاوة على ذلك هو عبارة عن.(Fiber Cable) [7]

الشكل (15) Fiber Cable

كيبل الـJumper

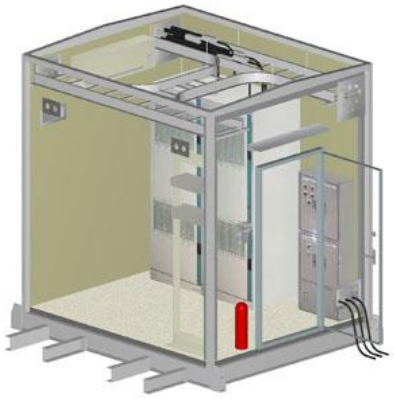
وهو كيبل يصل بين الهوائي (Antenna) و(RRU)، ويتميز بمرونته وقابليته للثني والانحناء. [7]

الشكل (16) كيبل Jumper

غرفة الشيلتر (Shelter) في أبراج الاتصالات الخلوية

هي عبارة عن غرفة أساسية في أبراج الاتصالات الخلوية تحتوي على تجهيزات الطاقة الكهربائية وتجهيزات الاتصالات التي تُربط مع التجهيزات المحمولة على الأبراج، إذا يمكن أن نجد فيها:

1. تجهيزات للـ (Microwave Link) والتي هي وحدة الـ ODU والتي تسمى بـ.(Outdoor unit)
2. جزء الـ BTS والموصل عليه الـ Jumpers من التجهيزات الأخرى.
3. حساس لدرجة الحرارة والذي يصدر إنذار (Alarm) في حال تجاوزت درجة الحرارة 40 درجة مئوية داخل الشلتر.
4. جهازي تكيف، إذ يعمل أحدهما 4 ساعات ليكون الآخر في حالة اللاعمل، وقد يكون هناك نظم تبريد مختلف، مثل مكيف ونظام توزيع للهواء البارد.
5. بطاريات لحالة الطوارئ، إذ هناك بعض الدول والمناطق ينقطع فيها تيار المدينة الكهربائي لعدة ساعات متواصلة.
6. تجهيزات خاصة تنظّم عملية شحن البطاريات من ألواح الطاقة الشمسية.(Solar System)
7. الـ(Rectifier) ، الذي يؤمن التيار الكهربائي المستمر (DC) لجميع تجهيزات الاتصالات، كما إنه ينظم عمليات شحن البطاريات من كهرباء المدينة أو من المولدات الكهربائية الموجودة في الموقع.
8. نظام حماية ضد الحرائق (Fire Panel) موّصل إلى نظام مائيّ سَقْفِي، علاوة على ذلك، يجب أن يتضمن الشيلتر مطفأة حرائق. [7]



الشكل (17) غرفة Shelter

المراجع

My communication Last visit on 23 november /https://my-communication.com/lte
[1] اكاديمية اتصالاتي 2024

[2] هيئة الاتصالات وتقنية المعلومات السعودية Last visit on 24 november 2024
https://www.cst.gov.sa/ar_/Digitalknowledge/Pages/5g.aspx

[3] Main applications of 5G
https://web.archive.org/web/20200821203316/https://rankone.live/%D8%AA%D9%82%D9%86%D9%8A%D8%A9-%D8%A7%D9%84%D8%AC%D9%8A%D9%84-%D8%A7%D9%84%D8%AE%D8%A7%D9%85%D8%B3-%D8%A7%D8%B3%D8%B1%D8%B9-%D9%85%D9%86-%D8%A7%D9%84%D8%B1%D8%A7%D8%A8%D8%B9-%D9%83%D9%84-%D9%85%D8%A7/ Last visit on 24 november 2024

[4] Advantages and disadvantages of fifth generation technology (5G): The impact of the fifth generation on the future of technology: https://my-communication.com/feature-of-the-5g/ Last visit on 25 november 2024

[5] Comparison in terms of prevalence
https://web.archive.org/web/20180625080416/https://www.pcmag.com/news/359649/t-mobiles-laa-creates-screaming-fast-speeds-in-nyc

[6] Antenna components used in fourth generation (4G) and fifth generation Last visit on 25 november
(5G)https://web.archive.org/web/20190703080655/https://smartmobtech.com/news/testing-the-first-ever-5g-network-phone-in-usa/

[6] Antenna components used in fourth generation (4G) and fifth generation Last visit on 26 november
(5G)https://web.archive.org/web/20180612142041/http://au.pcmag.com/feature/51666/it- needs-to-start-thinking-about-5g-and-edge-cloud-computing

[7] اكاديمية اتصالاتي My communication Last visit on 26 november

https://my-communication.com/mobile-tower/

[8] Why is the coverage area of 5G base stations only 500 meters? Last visit on 26 november https://ar.wirelessmartsystems.com/info/comparison-of-5g-base-station-and-4g-base-stat-71267034.html