

نظم الاتصالات الخلوية

Cellular Communications Systems

م. خليل المحمد

كلية العلوم – ماجستير علم البيانات

1. مقدمة إلى نظم الاتصالات الخلوية
2. المفاهيم الأساسية لنظم الاتصالات الخلوية
3. الأجيال المختلفة للاتصالات الخلوية:
 - 3.1 الجيل الأول G1 : الخصائص والتقنيات
 - 3.2 الجيل الثاني G2 : التطور والدعم الرقمي
 - 3.3 الجيل الثالث G3 : بدء عصر الإنترن特 المتنقل
 - 3.4 الجيل الرابع G4 : سرعة الاتصال وعصر البيانات
 - 3.5 الجيل الخامس G5 : الخصائص والتطبيقات الحديثة
4. المكونات الأساسية لنظم الاتصالات الخلوية

المخرجات المتوقعة من المحاضرة

1. فهم المبادئ الأساسية للاتصالات الخلوية: مثل مفهوم الخلية، التغطية، والتدخل.
2. معرفة تطور أجيال الاتصالات: من الجيل الأول G1 إلى الجيل الخامس 5G وتوقعات المستقبل.
3. استيعاب مكونات النظام الخلوي: مثل المحطة القاعدية، أجهزة المستخدم، وشبكة النقل.
4. الإلمام بتقنيات الوصول المتعدد: مثل CDMA، FDMA، TDMA، وـOFDMA.
5. التعرف على التحديات الأمنية: والتهديدات وطرق التشفير وحماية البيانات.
6. تطبيقات الاتصالات الخلوية: في الحياة اليومية، الصناعة، وإنترنت الأشياء IoT.

مقدمة إلى نظم الاتصالات الخلوية

1. تعريف نظم الاتصالات الخلوية

- نظم الاتصالات الخلوية هي بنية شبكات اتصالات لاسلكية تعتمد على تقسيم المناطق الجغرافية إلى وحدات صغيرة تُعرف بـ"الخلايا"(Cells)، حيث تُدار كل خلية بواسطة محطة قاعدة (Base Station). يتم تصميم هذه النظم لتحقيق تغطية واسعة وكفاءة عالية في استخدام الترددات اللاسلكية من خلال إعادة استخدام الترددات في خلايا متعددة جغرافياً.
- تتميز هذه النظم بقدرتها على تقديم خدمات اتصالات متقدمة تشمل الصوت، الرسائل النصية، ونقل البيانات مثل الإنترنت عبر الأجهزة المحمولة. تُستخدم تقنيات متقدمة مثل التعديل الرقمي، التشفير، وإدارة الموارد الديناميكية لتحقيق أداء عالي وجودة اتصال مستقرة.
- تلعب نظم الاتصالات الخلوية دوراً أساسياً في الحياة اليومية، حيث أصبحت جزءاً لا يتجزأ من التواصل الشخصي والمهني، مع دعمها لتطبيقات متنوعة مثل المؤتمرات عبر الفيديو، التجارة الإلكترونية، وتطبيقات الواقع المعزز والافتراضي.

مقدمة إلى نظم الاتصالات الخلوية

2. أهمية الاتصالات الخلوية في العصر الحديث:

- **ربط الأفراد عالمياً:** تسهم نظم الاتصالات الخلوية في تسهيل التواصل الفوري بين الأفراد بغض النظر عن المسافات الجغرافية.
- **دعم الاقتصاد الرقمي:** تعد الاتصالات الخلوية بنية تحتية أساسية للتجارة الإلكترونية والخدمات المصرفية عبر الإنترنت، مما يدعم النمو الاقتصادي ويسهل فرصاً جديدة للشركات والأفراد.
- **تعزيز الكفاءة والإنتاجية:** تتيح تطبيقات الأجهزة المحمولة للشركات إدارة العمليات بفعالية من خلال الاتصالات المستمرة والوصول إلى البيانات والتطبيقات من أي مكان.
- **الاستجابة السريعة للطوارئ:** تسهم الشبكات الخلوية في دعم عمليات الطوارئ والإنقاذ من خلال تقديم اتصالات موثوقة في الأوقات الحرجة.
- **تمكين التقنيات المستقبلية:** تعد نظم الاتصالات الخلوية أساساً لتطبيقات متقدمة مثل إنترنت الأشياء (IoT)، المدن الذكية، والواقع المعزز والافتراضي، مما يفتح آفاقاً جديدة في مختلف المجالات.
- **نشر المعرفة والمعلومات:** تتيح الهواتف المحمولة الوصول الفوري إلى التعليم والتدريب عبر الإنترنت.

تطور نظم الاتصالات الخلوية

1. الجيل الأول: (1G)

- ظهر في أواخر السبعينيات وأوائل الثمانينيات.
- اعتمد على تقنية التنازليّة (Analog) لنقل الصوت.
- قدم خدمة الاتصال الصوتي اللاسلكي لأول مرة.
- افتقر إلى الأمان ووجودة الصوت العالية، ولم يدعم نقل البيانات.

2. الجيل الثاني: (2G)

- بدأ في التسعينيات باستخدام تقنية رقمية (Digital).
- أضاف خدمات الرسائل النصية القصيرة (SMS) والرسائل متعددة الوسائط (MMS).
- حسن جودة الصوت وقدم مستوى أعلى من الأمان مقارنة بالجيل الأول.
- وفر سرعات بيانات محدودة لا تزيد عن 64 كيلوبت/ثانية.

تطور نظم الاتصالات الخلوية

3. الجيل الثالث: (3G)

- انطلق في أوائل العقد الأول من القرن الحادي والعشرين.
- دعم الاتصال بالإنترنت عالي السرعة، مما مكن من تصفح الويب وتشغيل التطبيقات.
- قدم سرعات تصل إلى عدة ميغابت/ثانية.
- مثل نقلة نوعية في تجربة المستخدم من خلال دعم خدمات الفيديو والمكالمات المرئية.

4. الجيل الرابع: (4G)

- ظهر في أواخر العقد الأول من القرن الحادي والعشرين.
- اعتمد على تقنيات مثل (LTE) Long Term Evolution لتحسين السرعة والأداء.
- أتاح سرعات بيانات تصل إلى مئات الميغابت/ثانية.
- مكّن من تشغيل خدمات بث الفيديو عالي الجودة، الألعاب عبر الإنترت، وإنترنت الأشياء.

تطور نظم الاتصالات الخلوية

5. الجيل الخامس:(5G)

- بدأ الانتشار في أواخر العقد الثاني من القرن الحادي والعشرين.
- يوفر سرعات بيانات فائقة تصل إلى عدة غيغابت/ثانية وزمن استجابة منخفض جدًا.
- يدعم كثافة أجهزة أعلى، مما يجعله مثالياً لتطبيقات المدن الذكية، السيارات ذاتية القيادة، وإنترنت الأشياء.(IoT)
- يقدم استقراراً أعلى للاتصال حتى في الأماكن المزدحمة.

6. الأجيال المستقبلية G6 وما بعدها :

- لا تزال قيد البحث والتطوير، ومن المتوقع أن تقدم إمكانات مثل الذكاء الاصطناعي المدمج والاتصالات الكمومية.
- ستتيح تطبيقات أكثر تعقيداً مثل الهولوغرام الفوري والاتصالات الفائقة الذكاء.

المفاهيم الأساسية لنظم الاتصالات الخلوية

1. الخلية: (Cell)

- تعد الوحدة الأساسية في الشبكات الخلوية.
- تغطي كل خلية منطقة جغرافية محددة يتم خدمتها بواسطة محطة قاعدة.(Base Station).
- يساعد تقسيم المناطق إلى خلايا على تحسين كفاءة استخدام الترددات وضمان استمرارية الاتصال أثناء الحركة.

2. الترددات الراديوية: (Radio Frequencies)

- يتم استخدام الترددات الراديوية لنقل الإشارات بين الأجهزة المحمولة والمحطات القاعدية.
- تُخصص نطاقات تردد مختلفة لكل جيل من الاتصالات لضمان كفاءة النقل ومنع التداخل.

3. القنوات: (Channels)

- تنقسم القنوات إلى قنوات اتصال (Communication Channels) وقنوات تحكم.(Control Channels) وقنوات تحكم.
- قنوات الاتصال تُستخدم لنقل البيانات والصوت، بينما تُخصص قنوات التحكم لتتبادل المعلومات بين الجهاز والشبكة.

المفاهيم الأساسية لنظم الاتصالات الخلوية

4. **الانتقال: (Handoff)** : عملية نقل الاتصال من خلية إلى أخرى أثناء حركة المستخدم.
- . يضمن الانتقال السلس بقاء الاتصال دون انقطاع.
 - . ينقسم إلى نوعين: انتقال ضمن نفس التردد (Intra-frequency) وانتقال بين ترددات مختلفة (Inter-frequency).
5. **التعديدية: (Multiplexing)** : تقنية تستخدم لتقسيم الترددات أو الوقت بين عدة مستخدمين لضمان استخدام الموارد بشكل فعال.
- . أشهر الأنواع تشمل:
 - . تقسيم التردد **FDMA**.
 - . تقسيم الزمن **TDMA**.
 - . تقسيم الشيفرة **CDMA**.
 - . تقسيم التردد بتقسيم البيانات **OFDMA**.

المفاهيم الأساسية لنظم الاتصالات الخلوية

6. محطة القاعدة: (Base Station):

- العنصر центральный لكل خلية، حيث يتولى إرسال واستقبال الإشارات.
- يتصل بمحطة التحكم (Base Station Controller) لتنسيق الاتصال بين الخلايا المختلفة.

7. الشبكة الأساسية: (Core Network):

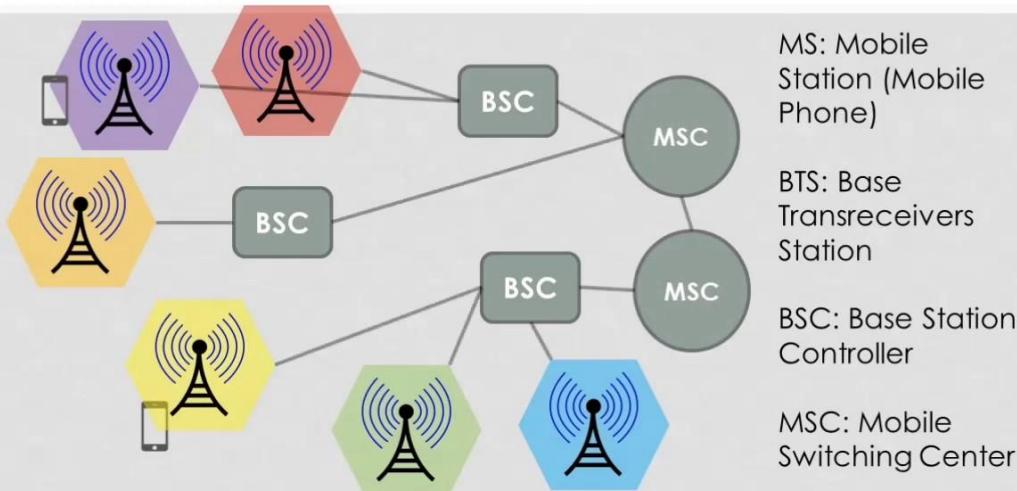
- تمثل الجزء الخلفي من الشبكة الذي يدير الاتصالات، البيانات، والتحكم.
- تتضمن عناصر مثل مراكز التحويل، قواعد بيانات المستخدمين، وشبكات الإنترنت.

8. الهواتف المحمولة: (Mobile Devices):

- الأجهزة التي يستخدمها المستهلكون للاتصال بالشبكة.
- تحتوي على وحدة مشترك الهوية (SIM) التي تحدد هوية المستخدم وتتيح له الوصول إلى الشبكة.

المفاهيم الأساسية لنظم الاتصالات الخلوية

MOBILE PHONE SYSTEM



9. بروتوكولات الاتصال:

- . تحدد الطريقة التي يتم بها تبادل البيانات والإشارات بين الأجهزة المختلفة.

- . تختلف البروتوكولات بين الأجيال المختلفة (مثل GSM ، LTE ، G5، و5G)

10. جودة الخدمة : (Quality of Service - QoS)

- . تشير إلى الأداء العام للشبكة من حيث السرعة، الثبات، وزمن الاستجابة.

- . تُعد جودة الخدمة مهمة لضمان تجربة مستخدم مرضية.

مفهوم الترددات في الاتصالات الخلوية

. التقسيم الطيفي: هو عملية توزيع الطيف الترددية على المشغلين المختلفين بحيث يتاح لكل منهم القدرة على تشغيل خدماته دون تداخل مع الآخرين.

أنواع التقسيم الطيفي:

1. تقسيم الترددات: (**Frequency Division Multiple Access - FDMA**) : في هذا النظام، يتم تقسيم الطيف الترددية إلى قنوات تردية مخصصة لكل مستخدم. لكل مستخدم تردد خاص الذي لا يتدخل مع الترددات الأخرى.

2. تقسيم الزمن: (**Time Division Multiple Access - TDMA**) : بدلًا من تقسيم الطيف إلى قنوات منفصلة، يتم تقسيم الوقت إلى أجزاء صغيرة (إطارات زمنية)، ويتم تخصيص كل إطار زمني لمستخدمي الشبكة المختلفين.

3. تقسيم الشفرة: (**Code Division Multiple Access - CDMA**) : في هذا النظام، يتم تخصيص كل مستخدم رمزاً فريداً لتمييزه عن الآخرين. يتم إرسال الإشارة عبر نفس الترددات في نفس الوقت، ولكن الرمز الفريد يسمح بتمييز كل إشارة.

4. تقسيم الترددات الفضائية: (**Space Division**) : يعتمد هذا النوع على استخدام التقنيات الحديثة مثل تكنولوجيا الهوائيات المتعددة (MIMO) وتقنيات أخرى للتمكن من تقسيم الشبكة إلى خلايا متعددة وتحقيق نقل البيانات بشكل أكبر وأكثر فاعلية.

مفهوم الترددات في الاتصالات الخلوية

3. التحديات في إدارة الترددات:

التدخل بين القنوات:

أحد التحديات الرئيسية في إدارة الترددات هو تداخل الإشارات بين الخلايا القريبة من بعضها البعض.

محودية الطيف التردد़ي:

الطيف الترددِي المتاح لنقل البيانات محدود، ولذلك يجب تخصيصه بطريقة فعالة. مع تزايد الطلب على الإنترنت السريع والخدمات الأخرى، أصبح استخدام الطيف الترددِي أحد أكبر التحديات في الاتصالات الخلوية.

4. التطورات الحديثة في إدارة الترددات:

G:5 تقنيات مثل

تدعم تكنولوجيا 5G استخدام الترددات العالية جداً (مثل الموجات المليمترية) التي توفر سرعات أعلى ومسافات قصيرة، مما يزيد من سعة الشبكة.

إدارة الطيف الترددِي динاميكي:

(Dynamic Spectrum Management) هذه التقنية تسمح بتخصيص الترددات بشكل ديناميكي بناءً على الطلب والظروف في الوقت الفعلي، مما يزيد من كفاءة الشبكة.

أساسيات التغطية والتدخل في نظم الاتصالات الخلوية

1. التغطية (Coverage):

التغطية هي قدرة الشبكة على توفير الخدمة لجميع المستخدمين في منطقة جغرافية معينة. في نظم الاتصالات الخلوية، تعتبر التغطية أحد العوامل الأساسية لضمان جودة الخدمة واستمرار الاتصال في جميع المواقع داخل منطقة التغطية.

عوامل التغطية:

- **عدد الخلايا:** كل منطقة جغرافية مقسمة إلى خلايا صغيرة، ويتم تخصيص محطة قاعدة (Base Station) لكل خلية. كل خلية تقدم تغطية محددة للمستخدمين المتواجدين ضمن نطاقها.

القوة الإشارية:

تتأثر التغطية مباشرة بقوة الإشارة من محطة القاعدة. فكلما كانت الإشارة أقوى، زادت التغطية.

التضاريس والعوامل البيئية:

- التضاريس مثل الجبال، المباني العالية، والغابات تؤثر بشكل كبير على التغطية. على سبيل المثال، يمكن أن تحجب المباني أو الجبال الإشارة بين محطة القاعدة والمستخدم.

أساسيات التغطية والتدخل في نظم الاتصالات الخلوية

2. **التدخل:** (Interference) : التداخل يحدث عندما تؤثر إشارات من محطات قاعدية مختلفة أو أجهزة مستخدمين مختلفين على بعضها البعض، مما يؤدي إلى تدهور جودة الاتصال.

أنواع التداخل:

التدخل بين الخلايا: (Cell-to-Cell Interference) يحدث عندما تتداول إشارات المحطات القاعدية المجاورة. يمكن أن يحدث التداخل إذا كانت الترددات المستخدمة في الخلايا المجاورة غير مفصولة بشكل جيد أو إذا كانت المحطات القاعدية ذات قوة إشارة كبيرة جدًا.

التدخل بين المستخدمين: (User-to-User Interference) يحدث عندما تتداول إشارات من مستخدمين مختلفين في نفس الخلية أو في خلايا قريبة. يحدث هذا غالباً عندما يتواصل العديد من المستخدمين في نفس الوقت باستخدام ترددات قريبة.

التدخل في النظام متعدد الوصول: (Multiple Access Interference) في الأنظمة التي تعتمد على تقنيات مثل CDMA أو TDMA ، يمكن أن يحدث التداخل عندما تكون الإشارات متداخلة في الوقت أو في الشبكة.

الأجيال المختلفة للاتصالات الخلوية

1. الجيل الأول - (1G) الاتصالات التمازجية: يعتمد على التقنيات التمازجية. تم إطلاقه في السبعينيات من القرن العشرين وركز على تقديم خدمات الصوت فقط عبر الهواتف المحمولة.

مميزات الجيل الأول:

- . تقنيات التمازجية: كانت الشبكات تستخدم إشارات تمازجية لنقل الصوت، مما يعني أن الإشارة كانت غير مشفرة وغير مرنة.
- . خدمة الصوت فقط: كان الهدف الرئيسي من هذا الجيل هو تمكين المستخدمين من إجراء المكالمات الهاتفية فقط.
- . المعيار: كان المعيار الأكثر شهرة لهذا الجيل هو (AMPS (Advanced Mobile Phone System) في أمريكا و NMT (Nordic Mobile Telephone) في الدول الأوروبية.

قيود الجيل الأول:

- . جودة المكالمة المحدودة: نظرًا لاستخدام تقنية التمازجية، كانت المكالمات عرضة للتداخل وضعف الجودة.
- . عدم وجود أمان: لم تكن المكالمات مشفرة، مما يجعلها عرضة للتنصت.
- . قلة الكفاءة: كان هناك إهدار كبير للطيف الترددية، مما جعل الشبكات غير فعالة.

الأجيال المختلفة للاتصالات الخلوية

2. الجيل الثاني - (2G) الاتصالات الرقمية:

كان هذا الجيل يهدف إلى تحسين جودة الصوت وتقديم بعض الخدمات الأخرى مثل الرسائل القصيرة (SMS) وبيانات الإنترنت البسيطة.

مميزات الجيل الثاني:

- التقنيات الرقمية:** اعتمد الجيل الثاني على تقنيات مثل **CDMA (Global System for Mobile Communications)** و **GSM (Code Division Multiple Access)**.

- خدمات إضافية:** تم إدخال خدمة الرسائل القصيرة (SMS) وإمكانية إرسال بيانات محدودة، مثل البريد الإلكتروني والمحفوظ النصي البسيط.
- أمان أفضل:** أصبح هناك تشفير للمكالمات في هذا الجيل، مما يزيد من الأمان مقارنة بالجيل الأول.

قيود الجيل الثاني:

- سرعات البيانات المحدودة:** رغم أنه تم تقديم بعض خدمات البيانات، إلا أن سرعة الإنترنت كانت منخفضة جدًا مقارنة بالأجيال اللاحقة.
- تغطية شبكة محدودة:** كانت تغطية الشبكة تعتمد على توزيع محطات القاعدة بشكل أقل كثافة من الجيلين الثالث والرابع.

الأجيال المختلفة للاتصالات الخلوية

3. الجيل الثالث - (3G) الإنترن特 المحمول: قدم الجيل الثالث تحسينًا كبيرًا في سرعة البيانات، مما سمح بإنترنت عالي السرعة على الأجهزة المحمولة، إضافة إلى مكالمات الفيديو.

مميزات الجيل الثالث:

. الإنترنط عالي السرعة: قدم الجيل الثالث خدمة البيانات بسرعة تصل إلى 2 ميغابت في الثانية، مما أتاح إمكانية التصفح واستخدام الإنترنط على الأجهزة المحمولة بشكل فعال.

. مكالمات الفيديو: يمكن للمستخدمين إجراء مكالمات فيديو بجودة جيدة.

. خدمات الوسائط المتعددة: أصبح من الممكن نقل بيانات الوسائط مثل الصوت والفيديو والصور بسهولة.

قيود الجيل الثالث:

. التغطية المحدودة: لم يكن الانتشار عالمياً بشكل كامل في البداية، خاصة في المناطق الريفية والنائية.

. ارتفاع التكلفة: كان هذا الجيل يتطلب بنية تحتية جديدة ومكلفة.

الأجيال المختلفة للاتصالات الخلوية

٤. الجيل الرابع - (4G) سرعة البيانات العالية: ركز على تقديم سرعات عالية جدًا للبيانات، مما أتاح استخدام الإنترنت بسرعة فائقة ويدعم تقنيات جديدة مثل الفيديو عالي الدقة (HD) والألعاب عبر الإنترنت.

مميزات الجيل الرابع:

- . سرعة بيانات عالية: سرعات تصل إلى 100 ميغابت في الثانية للأجهزة المحمولة، مما يجعل الإنترنت عبر الهاتف المحمول أسرع بكثير من الأجيال السابقة.
- . التوافق مع خدمات الإنترنت المتقدمة: دعم الجيل الرابع تطبيقات الإنترنت المكتفة مثل البث المباشر للأفلام والفيديو عالي الدقة، وكذلك الألعاب عبر الإنترنت.
- . تقنيات جديدة: استخدام MIMO (Multiple Input Multiple Output) لتحسين سرعة الشبكة وكفاءتها.

قيود الجيل الرابع:

- . التغطية والانتشار: يحتاج الجيل الرابع إلى بنية تحتية متقدمة وانتشار محطات القاعدة بشكل أكبر لضمان التغطية الشاملة.
- . استهلاك الطاقة: استهلاك الطاقة للأجهزة المحمولة كان مرتفعاً مقارنة بالأجيال السابقة، مما يؤثر على عمر البطارية.

الأجيال المختلفة للاتصالات الخلوية

5. الجيل الخامس - (5G) شبكات الجيل القادم: يتميز بسرعات فائقة في نقل البيانات، وزمن استجابة منخفض للغاية، إضافة إلى دعم تقنيات متقدمة مثل إنترنت الأشياء (IoT) والذكاء الاصطناعي.

مميزات الجيل الخامس:

- سرعات فائقة: توفر سرعات تصل إلى 10 جيجابت في الثانية، مما يتيح تحميل البيانات الكبيرة والبث المباشر للفيديو بجودة 8 K.
- زمن استجابة منخفض: (Low Latency) زمن استجابة يقل عن 1 مللي ثانية، مما يساعد في تطبيقات مثل السيارات الذاتية القيادة والواقع المعزز (AR) والواقع الافتراضي (VR).
- دعم إنترنت الأشياء: (IoT) تم تصميم الجيل الخامس ليعمل بكفاءة عالية مع أجهزة إنترنت الأشياء.
- التغطية الأوسع: يتم تحسين التغطية والقدرة على دعم عدد أكبر من الأجهزة في نفس الوقت.

قيود الجيل الخامس:

- التكلفة: يتطلب نشر الجيل الخامس بنية تحتية جديدة باهظة التكلفة.
- التداخل مع الترددات العالية: استخدام ترددات عالية قد يؤدي إلى مشاكل في التغطية في المناطق المزدحمة أو ذات المبني العالية.

1. ما هو تعريف نظم الاتصالات الخلوية؟
2. ما أهمية الاتصالات الخلوية في العصر الحديث؟
3. كيف تطورت نظم الاتصالات الخلوية عبر الأجيال؟
4. ما هو مبدأ الخلية في نظم الاتصالات؟
5. ما الفرق الرئيسي بين الجيل الرابع (G4) والجيل الخامس (G5)؟

1. هي أنظمة اتصال تعتمد على تقسيم المناطق الجغرافية إلى خلايا صغيرة، حيث تستخدم كل خلية ترددات مكررة للتواصل اللاسلكي.
2. تتيح الاتصالات الخلوية الاتصال الفوري، دعم الإنترن트 المتنقل، وتشغيل التطبيقات الحديثة مثل إنترنت الأشياء IoT .
3. بدأت بأنظمة تماضية G1 ، ثم تطورت إلى الأنظمة الرقمية G2 ، ثم إلى الإنترن트 المتنقل G3 ، فالسرعات العالية G4 ، وأخيراً إلى زمن استجابة منخفض وذكاء أعلى G5
4. يعتمد على تقسيم المناطق الجغرافية إلى خلايا صغيرة، مما يسمح بإعادة استخدام الترددات لتحسين الكفاءة وزيادة عدد المستخدمين.
5. الجيل الخامس يوفر سرعات أعلى، دعماً أفضل للأجهزة المتصلة، وزمن استجابة منخفض مقارنة بالجيل الرابع.

المكونات الأساسية لنظم الاتصالات الخلوية

1. الأبراج الخلوية (Cell Towers)

- تعد الأبراج الخلوية جزءاً أساسياً من البنية التحتية لشبكات الاتصال الخلوية. كل برج خلية يوفر تغطية لمنطقة محددة تسمى "الخلية".
- تتوزع هذه الأبراج بشكل استراتيجي لتغطية منطقة جغرافية كبيرة وتوفير الاتصال المستمر.

2. محطات قاعدة الشبكة (Base Station)

- ت تكون الشبكة الخلوية من محطات قاعدة تُعرف أيضاً بـ "محطات الإرسال" أو "محطات الراديو". كل محطة قاعدة تتصل بالأبراج الخلوية وتعمل على توزيع الإشارة بين الهواتف المحمولة داخل الخلية.
- تشمل المحطة قاعدة معدات مثل الهوائيات، وأجهزة الإرسال والاستقبال، والمعدات الازمة للتواصل مع الشبكة الرئيسية.

3. الوحدات المتحكمة في الشبكة (Mobile Switching Center, MSC)

- MSC هو جهاز مهم يتحكم في حركة المكالمات والبيانات بين المحطات القاعدية وأجهزة المستخدمين.
- أيضاً، يعمل MSC على معالجة طلبات الاتصال بين الشبكات الخلوية المختلفة وإدارتها.

المكونات الأساسية لنظم الاتصالات الخلوية

4. الشبكة الأساسية (Core Network)

- تعتبر الشبكة الأساسية هي المركز العصبي الذي يربط بين محطات القاعدة والشبكات الأخرى.
- تشمل هذه الشبكة أنظمة مثل حزمة البيانات (Packet Switch) التي تدير البيانات بشكل فعال، و الدائرة المبدلة (Circuit Switch) التي تدير المكالمات الصوتية.

5. شبكة الاتصال بين المستخدمين (Backhaul Network)

- وهي الشبكة التي تربط محطات القاعدة بالشبكة الأساسية. هذه الشبكة تُستخدم لنقل البيانات والمكالمات بين المحطات القاعدية والمكونات الأخرى للشبكة، مثل MSC والشبكة الأساسية.
- يمكن أن تستخدم الشبكة المرتبطة بين المحطات القاعدية أساليب مختلفة مثل الألياف البصرية أو الروابط اللاسلكية أو الكابلات.

6. الأجهزة المحمولة (Mobile Devices)

- تمثل الأجهزة المحمولة، مثل الهاتف الذكي والأجهزة اللوحية، جزءاً من المكونات الأساسية لنظم الاتصالات الخلوية.
- الأجهزة المحمولة تحتوي على أجهزة إرسال واستقبال بالإضافة إلى المعالج الذي يدير التطبيقات المختلفة على الجهاز.

المكونات الأساسية لنظم الاتصالات الخلوية

7. نظام تحديد المواقع (Location Area and Location Registers)

- تساعد نظم تحديد الموضع على تحديد مكان كل جهاز متصل بالشبكة. من خلال سجلات الموضع (Location Registers) ، يمكن تتبع مواقع الأجهزة المحمولة داخل الشبكة الخلوية وتوجيه المكالمات والبيانات بناءً على الموقع الحالي للجهاز.
- تعتبر سجلات الموضع جزءاً مهماً من الشبكة الخلوية التي تضمن استمرارية الاتصال في حالة التنقل.

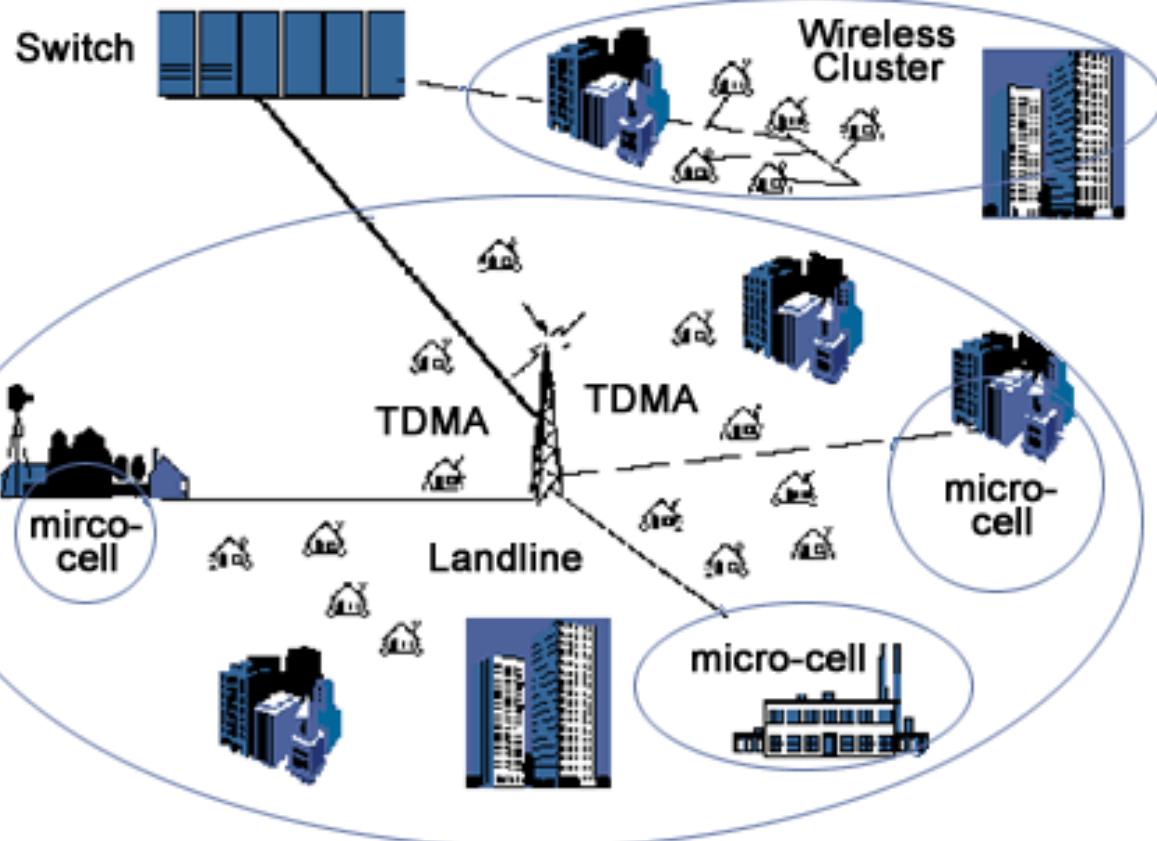
8. نظام التحكم في الوصول (Access Control System)

- هذا النظام يحدد الأجهزة المسموح لها بالاتصال بالشبكة وينهي الوصول غير المصرح به. يعمل نظام التحكم في الوصول على التأكد من أن الأجهزة المتصلة بالشبكة معتمدة ومصرحة لها باستخدام خدمات الشبكة.

9. الشبكة السحابية (Cloud Network)

- مع تقدم تقنيات الاتصالات الخلوية، بدأت العديد من الشبكات الخلوية تعتمد على تقنيات السحابة لتوسيع القدرة على تخزين البيانات وتحليلها بشكل فعال. الشبكة السحابية تتيح إدارة أكبر لعدد الأجهزة المتصلة وتوزيع البيانات بشكل مرن.

المكونات الأساسية لنظم الاتصالات الخلوية



10. الأمن والحماية (Security and Encryption)

يُعد الأمان جزءاً حيوياً في نظم الاتصالات الخلوية. يتم استخدام تقنيات التشفير لضمان حماية المكالمات والبيانات أثناء انتقالها عبر الشبكة. كما تتضمن الأنظمة آليات للتحقق من هوية المستخدمين لمنع الوصول غير المصرح به.

11. التنقل (Handover)

عند تنقل المستخدم داخل منطقة جغرافية تغطيها خلايا متعددة، تُستخدم آلية التنقل (Handover) لضمان انتقال المكالمات أو البيانات من خلية إلى أخرى دون انقطاع. هذه التقنية تعد جزءاً أساسياً في توفير اتصال مستمر للمستخدمين أثناء تحركهم.

1. المحطة القاعدية Base Station

1.1 تعريف المحطة القاعدية

المحطة القاعدية (Base Station) هي منشأة مادية تتكون من معدات الاتصال اللاسلكية التي تربط الشبكة الخلوية بالأجهزة المحمولة في منطقة معينة. تعمل المحطة القاعدية ك وسيط بين الهاتف المحمول والشبكة الأساسية (Core Network). هي المسؤولة عن إرسال واستقبال البيانات بين الأجهزة المتنقلة عبر الإشارات الراديوية.

1.2 المكونات الرئيسية للمحطة القاعدية

ت تكون المحطة القاعدية من مجموعة من المكونات التي تساهم في أداء وظائفها بشكل فعال، وتشمل:

- **الهوائيات (Antennas):** تستخدم الهوائيات لإرسال واستقبال الإشارات الراديوية بين المحطة القاعدية والأجهزة المحمولة. قد تحتوي المحطة على هوائيات متعددة لدعم الترددات المختلفة في الشبكة.
- **وحدات الإرسال والاستقبال (Transceivers):** تقوم هذه الوحدات بمعالجة إشارات الإرسال والاستقبال بين الأجهزة المحمولة والمحطة القاعدية.
- **وحدة معالجة الإشارة (Signal Processing Unit):** تقوم هذه الوحدة بمعالجة الإشارات الرقمية المرسلة والمستقبلة من الأجهزة المحمولة وتحويلها إلى بيانات قابلة للإرسال عبر الشبكة.
- **وحدة التوجيه (Routing Unit):** تعمل على توجيه البيانات إلى الوجهات الصحيحة داخل الشبكة، سواء كانت مكالمات صوتية أو بيانات الإنترنت.

1. المحطة القاعدية Base Station

1.3 دور المحطة القاعدية في الشبكة الخلوية

- توفير الاتصال اللاسلكي : المحطة القاعدية توفر الاتصال اللاسلكي بين الهاتف المحمول والشبكة عبر استخدام الترددات الراديوية .
- إدارة المكالمات والبيانات : تتحكم المحطة القاعدية في بدء وإنهاء المكالمات، وتحويل البيانات بين المحطات الأخرى في الشبكة الخلوية .
- التنقل بين الخلايا : عندما يتحرك المستخدم من خلية إلى أخرى، تتولى المحطة القاعدية إدارة عملية التنقل (Handover) لضمان استمرارية الاتصال بدون انقطاع .
- الاتصال بالشبكة الأساسية : المحطة القاعدية تتصل بمراكز التحويل (Switching Centers) لتمرير المكالمات والبيانات عبر الشبكة الأساسية .

1.4 أنواع المحطات القاعدية

- تختلف المحطات القاعدية بناءً على التقنيات المستخدمة والتغطية الجغرافية:
- محطات القاعدة التقليدية (Macro Base Stations): هذه المحطات تغطي مساحات كبيرة وتستخدم في الشبكات الخلوية الكبرى.
 - محطات القاعدة الصغيرة (Small Cells): تستخدم لتغطية المناطق ذات الكثافة العالية مثل المدن الكبيرة أو الأماكن المغلقة. تشمل تقنيات مثل خلايا الماקרו والميكرو.
 - محطات القاعدة المتنقلة (Mobile Base Stations): يمكن تحريكها إلى الموقع التي تعاني من ضعف التغطية أو حالات الطوارئ.

1. المحطة القاعدية Base Station

1.4 أنواع المحطات القاعدية

تختلف المحطات القاعدية بناءً على التقنيات المستخدمة والتغطية الجغرافية:

- **محطات القاعدة التقليدية (Macro Base Stations):** هذه المحطات تغطي مساحات كبيرة وتستخدم في الشبكات الخلوية الكبرى.
- **محطات القاعدة الصغيرة (Small Cells):** تستخدم لتغطية المناطق ذات الكثافة العالية مثل المدن الكبيرة أو الأماكن المغلقة. تشمل تقنيات مثل خلايا الماקרו والميكرو.
- **محطات القاعدة المتنقلة (Mobile Base Stations):** يمكن تحريكها إلى الموقع التي تعاني من ضعف التغطية أو حالات الطوارئ.

1.5 دور المحطة القاعدية في الجيل الخامس (5G)

مع دخول تقنيات الجيل الخامس، تم تحديث دور المحطة القاعدية بشكل كبير. يشمل ذلك:

- **دعم الترددات العالية:** المحطات القاعدية في شبكات 5G تدعم ترددات عالية للغاية (مثل mmWave) لتوفير سرعات عالية للغاية.
- **شبكات الشبكة الافتراضية (Network Slicing):** المحطة القاعدية في 5G تدعم إنشاء شبكات افتراضية مخصصة لتقديم خدمات مخصصة للأغراض المختلفة.
- **الاتصال بكميات كبيرة من الأجهزة:** المحطات القاعدية في 5G تدير الاتصال مع آلاف الأجهزة في نفس الوقت دون التأثير على الأداء.

2. أجهزة المستخدم User Equipment

2.1 تعريف أجهزة المستخدم

أجهزة المستخدم هي الأجهزة المادية التي يستخدمها الأفراد للوصول إلى الشبكة الخلوية. يتمثل دورها الأساسي في إرسال واستقبال الإشارات عبر الشبكة اللاسلكية عن طريق المحطات القاعدية (Base Stations) تختلف أجهزة المستخدم من حيث الحجم، القدرة، والمميزات بناءً على الوظائف التي تؤديها.

2.2 مكونات أجهزة المستخدم

ت تكون أجهزة المستخدم عادةً من المكونات التالية:

- . **وحدة الاتصال اللاسلكي (Wireless Communication Module):** هي المكون الذي يمكن الجهاز من الاتصال بالشبكة الخلوية عبر تقنيات مثل G.5، G3، G4، أو GSM.
- . **وحدة المعالجة المركزية (CPU):** مسؤولة عن معالجة البيانات والعمليات داخل الجهاز.
- . **الذاكرة (Memory):** تشمل الذاكرة الداخلية والذاكرة العشوائية (RAM) التي تخزن البيانات والتطبيقات.
- . **الهوائيات (Antennas):** تستخدم الهوائيات لإرسال واستقبال الإشارات الراديوية بين الجهاز والمحطة القاعدية.
- . **الواجهات (Interfaces):** تشمل الواجهات المادية مثل الشاشات، الأزرار، والشاشات التي تمكن المستخدم من التفاعل مع الجهاز.
- . **البطارية:** توفر الطاقة اللازمة لتشغيل الجهاز، ويختلف حجم البطارية اعتماداً على نوع الجهاز والاستخدام.

2. أجهزة المستخدم User Equipment

2.3 أنواع أجهزة المستخدم

- **الهواتف المحمولة التقليدية (Feature Phones):** تحتوي على وظائف أساسية مثل المكالمات الهاتفية والرسائل النصية، وتدعم عادة شبكات 2G أو 3G.
- **الهواتف الذكية (Smartphones):** تدعم العديد من التطبيقات المتقدمة مثل الإنترن特، المراسلة الفورية، ووسائل التواصل الاجتماعي.
- **الأجهزة اللوحية (Tablets):** هي أجهزة محمولة تدعم الاتصال عبر الشبكة الخلوية وتتميز بشاشات أكبر مقارنة بالهواتف الذكية.
- **أجهزة الكمبيوتر المحمولة المتصلة بالشبكة الخلوية (Cellular Laptops):** تدعم الاتصال بالشبكة الخلوية ويمكن استخدامها للعمل على الإنترنرت في الأماكن التي لا تتوفر فيها شبكات الواي فاي.

2.4 دور أجهزة المستخدم في الشبكة الخلوية

- **إرسال واستقبال البيانات:** تعد الأجهزة المسؤولة عن إرسال البيانات (مثل الرسائل النصية أو بيانات الإنترنرت) إلى المحطة القاعدية، وكذلك استقبال البيانات من الشبكة.
- **إجراء المكالمات الصوتية والفيديو:** تسهم أجهزة المستخدم في تمكين المكالمات الصوتية والفيديو عبر الشبكة.
- **التفاعل مع الشبكة:** تعمل أجهزة المستخدم على التواصل مع الشبكة للتحقق من حالة الاتصال، جودة الخدمة، واستقبال المكالمات والبيانات.
- **دعم تقنيات الجيل الجديد:** تدعم أجهزة المستخدم تقنيات جديدة مثل 5G والتي تقدم سرعات أعلى وميزات جديدة مثل الاتصال بين الأجهزة (IoT).

2. أجهزة المستخدم User Equipment

2.5 تأثير تقنيات الجيل الخامس (5G) على أجهزة المستخدم

- . سرعات اتصال عالية: تدعم أجهزة 5G السرعات العالية التي تتيح للمستخدمين تحميل البيانات بشكل أسرع.
- . انخفاض في التأخير الزمني: تسهم أجهزة 5G في تقليل زمن التأخير في التواصل بين الأجهزة والشبكة، مما يحسن تجربة التطبيقات الحساسة للوقت مثل الألعاب عبر الإنترنت والفيديو الحي.
- . دعم إنترنت الأشياء (IoT): تتمكن أجهزة المستخدم المدعومة بـ 5G من التفاعل مع أجهزة أخرى عبر الشبكة بشكل أكثر كفاءة، ما يدعم تطوير تطبيقات جديدة في مجالات مثل المدن الذكية.

2.6 تأثير التطورات المستقبلية في أجهزة المستخدم

- . دعم شبكات أكبر: قد تدعم الأجهزة المستقبلية شبكات أكبر تشمل تكنولوجيا الميكروويف (mmWave) أو تكنولوجيا Li-Fi.
- . تحسين أداء البطارية: قد تشهد الأجهزة المستقبلية تحسينات كبيرة في كفاءة البطارية، مما يعزز من عمر البطارية حتى مع الاستخدام المكثف للبيانات.
- . تقنيات الواقع المعزز (AR) والواقع الافتراضي (VR): تسهم أجهزة المستخدم في دعم التطبيقات التي تعتمد على تقنيات AR وVR، مما يعزز تجربة المستخدم في الألعاب والتعليم والخدمات الأخرى.

3. شبكة النقل Backhaul Network

3.1 تعريف شبكة النقل

شبكة النقل هي مجموعة من الأنظمة التي توفر الاتصال بين المحطات القاعدية والشبكة المركزية في نظام الاتصالات الخلوية. هي المسئولة عن نقل البيانات والمكالمات من المحطات القاعدية إلى الشبكة الأم والعكس. هذه الشبكة تستخدم تقنيات متعددة لضمان سرعة وموثوقية نقل البيانات.

3.2 مكونات شبكة النقل

- . **الروابط البينية:** (Backhaul Links) هي الروابط المادية أو اللاسلكية التي تربط المحطات القاعدية بشبكة النقل. قد تكون هذه الروابط عبر الألياف البصرية، الشبكات اللاسلكية، أو الأقمار الصناعية.
- . **الموجهات والمحولات:** (Routers and Switches) يتم استخدام هذه الأجهزة لتوجيه البيانات عبر شبكة النقل وتوزيعها بين المحطات القاعدية والشبكة المركزية.
- . **الخوادم المركزية:** (Core Network Servers) هي الخوادم التي تتعامل مع البيانات الواردة من المحطات القاعدية وتتوفر الوصول إلى الإنترن特 والخدمات الأخرى.
- . **مراكز البيانات:** (Data Centers) هي المراكز التي تحتوي على الخوادم التي تدير البيانات الواردة والصادرة وتدعم التطبيقات المختلفة.

3. شبكة النقل Backhaul Network

3.3 دور شبكة النقل في النظام الخلوي

- نقل المكالمات الصوتية والرسائل: تُستخدم شبكة النقل لنقل المكالمات الصوتية والرسائل النصية بين المحطات القاعدية والشبكة المركزية.
- نقل البيانات: تقوم شبكة النقل بنقل البيانات من الأجهزة المتصلة عبر المحطات القاعدية إلى الشبكة الأم والعكس.
- دعم خدمات الإنترنت: شبكة النقل تتيح الوصول إلى الإنترن特 للمستخدمين عبر المحطات القاعدية.
- تحسين أداء الشبكة: من خلال ضمان نقل البيانات بسرعة وكفاءة، تساعد شبكة النقل في تحسين جودة الخدمة وتجربة المستخدم.

3.4 تقنيات شبكة النقل

- الألياف البصرية (Fiber Optic): توفر الألياف البصرية سرعة عالية جداً وقدرة على نقل البيانات لمسافات طويلة دون فقد كبير في الإشارة.
- التقنيات اللاسلكية: تستخدم بعض شبكات النقل تقنيات لاسلكية مثلـ Microwave أو الروابط الفضائية (Satellite Links) لنقل البيانات.
- الـ 4G/5G backhaul: في شبكات الجيل الرابع والخامس، يتم استخدام تقنيات متقدمة مثل الألياف البصرية أو الاتصال اللاسلكي 5G لنقل البيانات بسرعات أعلى وكفاءة أفضل.
- الشبكات السحابية (Cloud Networks): تستخدم بعض شبكات النقل الشبكات السحابية لتوزيع البيانات وتحسين التكامل بين المحطات القاعدية والشبكة المركزية.

3. شبكة النقل Backhaul Network

3.5 تحديات شبكة النقل

- قدرة النقل: يتزايد حجم البيانات بشكل مستمر مع تطور تقنيات الجيل الرابع والخامس، مما يضع ضغوطاً على قدرة الشبكة لنقل البيانات بكفاءة.
- الالتغطية والموثوقية: لضمان تجربة مستخدم جيدة، يجب أن تكون شبكة النقل قادرة على توفير التغطية والموثوقية العالية في جميع الأماكن.
- التكلفة: بناء وصيانة شبكة النقل قد يكون مكلفاً، خاصة في المناطق الريفية أو المناطق ذات البنية التحتية المحدودة.
- التأخير: (Latency) التأخير في نقل البيانات بين المحطات القاعدية والشبكة المركزية يمكن أن يؤثر على جودة الخدمات مثل المكالمات الصوتية عبر الإنترنت أو الألعاب الإلكترونية.

3.6 أهمية شبكة النقل في شبكات الجيل الخامس (5G)

- في شبكات G5، تلعب شبكة النقل دوراً أساسياً في دعم الأداء المتقدم الذي تقدمه هذه الشبكات. تتطلب شبكات G5 زيادة في القدرة بنظراً للسرعات العالية وكميات البيانات الضخمة التي تدعمها شبكات G5، تحتاج شبكة النقل إلى أن تكون أكثر قدرة على نقل البيانات.
- انخفاض التأخير: شبكات 5G تتطلب أن تكون شبكة النقل قادرة على تقليل التأخير (Latency) بشكل كبير لتلبية احتياجات التطبيقات الحساسة مثل القيادة الذاتية.
- تكامل الشبكات: يجب على شبكة النقل دعم التكامل بين شبكة 5G التقليدية والشبكات القديمة مثل 4G و3G لتقديم اتصال مستمر وموثوق للمستخدمين.

4. مراكز التحكم والإدارة Operation and Control Centers

4.1 تعريف مراكز التحكم والإدارة

مراكز التحكم والإدارة هي المنشآت أو الأنظمة التي يتم من خلالها مراقبة وإدارة أداء الشبكة الخلوية.

3.4.2 المكونات الرئيسية لمراكز التحكم والإدارة

- أنظمة المراقبة والاختبار : هذه الأنظمة تساعد في مراقبة حالة الشبكة في الوقت الفعلي، وتحليل جودة الخدمة، واكتشاف الأعطال أو التداخلات في الشبكة.
- أنظمة إدارة الشبكة : (Network Management Systems - NMS) يتم استخدامها لإدارة الشبكة، بما في ذلك ضبط تكويناتها، وتحليل الأداء، والإشراف على نقل البيانات.
- أنظمة الفواتير : (Billing Systems) تتضمن هذه الأنظمة متابعة استخدام العملاء (المكالمات، البيانات، الرسائل) وتحليلها من أجل الفوترة المناسبة.
- أنظمة إدارة الأخطاء : (Fault Management Systems) تتيح هذه الأنظمة اكتشاف الأعطال في الشبكة ومعالجتها بشكل سريع لتقليل التأثير على المستخدمين.
- أنظمة إدارة الأداء : (Performance Management Systems) تتيح لمشغلي الشبكات تتبع الأداء العام للشبكة وتحديد ما إذا كان هناك أي تدهور في جودة الخدمة.
- أنظمة التحكم في الوصول : (Access Control Systems) تحكم هذه الأنظمة في وصول المستخدمين إلى الشبكة، بما في ذلك المراقبة والتوثيق.

4. مراكز التحكم والإدارة Operation and Control Centers

4.3 دور مراكز التحكم والإدارة في الشبكة الخلوية

- . **مراقبة الشبكة:** تقوم مراكز التحكم بالإشراف المستمر على الشبكة بكمال مكوناتها لضمان عدم حدوث أي انقطاع أو أعطال. يساعد ذلك في توفير استجابة سريعة لأي مشاكل قد تطرأ.
- . **إدارة الأداء:** تقوم المراكز بتتبع أداء الشبكة والتأكد من أنها تلبي متطلبات الخدمة العالية وتقديم تقارير دورية للإدارة.
- . **إدارة الأخطاء:** في حالة حدوث أي خطأ أو فشل في الشبكة، تقوم مراكز التحكم بالإبلاغ عن المشكلة، وعزلها، وحلها لضمان استمرارية الخدمة.
- . **الخطيط والتوسيع:** توفر مراكز التحكم البيانات اللازمة التي تساعده في اتخاذ قرارات حول توسيع الشبكة أو تحسينها. كما تدير المراكز خطط الشبكة وتوزيع الموارد.
- . **دعم العملاء:** مراكز التحكم والإدارة مسؤولة أيضاً عن توفير الدعم الفني للعملاء في حالة وجود أي مشاكل تتعلق بالخدمة. يمكن أن يتم ذلك من خلال أنظمة التذاكر أو الردود الآلية.

4. مراكز التحكم والإدارة Operation and Control Centers

4.4 أنواع مراكز التحكم والإدارة

- مركز التحكم المركزي (**Centralized Control Center**): في هذا النوع من المراكز ، يتم جمع كافة المعلومات المتعلقة بأداء الشبكة من جميع المحطات القاعدية إلى مركز واحد، حيث تتم معالجتها واتخاذ القرارات بناءً عليها.
- مراكز التحكم الموزعة (**Distributed Control Centers**): في هذا النوع، يتم توزيع عمليات المراقبة والإدارة على عدة مراكز تقع في مناطق مختلفة. يساعد ذلك في تحسين الأداء وتقليل التأخير.

4.5 أهمية مراكز التحكم والإدارة

- تحسين أداء الشبكة: يساعد تحليل البيانات في مراكز التحكم في تحديد المشكلات مبكراً وتحسين أداء الشبكة بشكل مستمر.
- ضمان استمرارية الخدمة: من خلال المراقبة المستمرة، تضمن مراكز التحكم أن الشبكة تعمل بشكل مستمر ودون انقطاع.
- استجابة سريعة للأعطال: في حالة حدوث مشاكل، مثل الأعطال أو انقطاع الخدمة، تتمكن المراكز من تقديم استجابة سريعة، مما يقلل من تأثير المشكلة على المستخدمين.
- تخطيط التوسعات المستقبلية: باستخدام البيانات المتاحة من مراكز التحكم، يمكن مشغلو الشبكة من اتخاذ قرارات استراتيجية حول كيفية توسيع الشبكة أو تحسينها.

روابط خارجية

الرابط	عنوان الفيديو
https://www.youtube.com/watch?v=BJzQnzmeuco&list=PLguJU8SARJuhZsIBGWKzoGx869gYagpIC	كورس الاتصالات الخلوية
https://www.youtube.com/watch?v=WxAKhvIrRc&pp=ygUo2YbYuNmFINin2YTYp9iq2LXYp9mE2KfYqiDYp9mE2K7ZhNml2YrYqQ%3D%3D	بنية شبكة الاتصالات الخلوية
https://www.youtube.com/watch?v=h1rFz-HNFaE&pp=ygUo2YbYuNmFINin2YTYp9iq2LXYp9mE2KfYqiDYp9mE2K7ZhNml2YrYqQ%3D%3D	الجيل الرابع والخامس في شبكة الاتصالات الخلوية

- أسس ومبادئ نظم الاتصالات الخلوية
- نظم الاتصالات النقالة
- الاتصالات الخلوية مفهومها ومميزاتها

شكرا لكم