

UTS JARINGAN MOBILE

Nama: Adnan Arfansyah

NIM: 20230801201

Dosen: Diana Novita, S.T., M.M.

Mata Kuliah: Jaringan Mobile

1. Perbedaan mendasar antara jaringan tetap (wired) dan jaringan mobile (wireless/mobile network), serta keunggulan dan tantangannya

Jaringan tetap atau wired network adalah sistem komunikasi data yang menggunakan media kabel seperti fiber optik, coaxial, atau tembaga untuk menghubungkan perangkat. Data ditransmisikan melalui jalur fisik sehingga lebih stabil, cepat, dan aman. Sebaliknya, jaringan mobile (wireless) menggunakan gelombang radio sebagai media transmisi, memungkinkan pengguna terhubung tanpa kabel dengan mobilitas tinggi.

Keunggulan jaringan mobile terletak pada fleksibilitas dan mobilitasnya, karena pengguna dapat tetap terhubung di mana pun selama ada sinyal. Penerapannya mudah, terutama di daerah sulit dijangkau kabel. Namun, jaringan mobile memiliki **tantangan** berupa keterbatasan spektrum frekuensi, gangguan interferensi, penurunan kualitas sinyal karena jarak atau hambatan, serta ancaman keamanan karena data ditransmisikan lewat udara.

2. Struktur arsitektur jaringan GSM dan fungsi masing-masing komponennya

Jaringan GSM (Global System for Mobile Communication) memiliki arsitektur hierarkis yang terdiri dari empat komponen utama: Mobile Station (MS), Base Transceiver Station (BTS), Base Station Controller (BSC), dan Mobile Switching Center (MSC).

MS (Mobile Station) adalah perangkat pengguna seperti ponsel dan SIM card. MS bertugas melakukan komunikasi radio, autentikasi, serta pertukaran data dan suara dengan jaringan.

BTS (Base Transceiver Station) berfungsi sebagai pemancar dan penerima sinyal radio yang menghubungkan ponsel dengan jaringan. BTS mengelola kanal frekuensi serta mengatur kekuatan sinyal.

BSC (Base Station Controller) mengatur beberapa BTS dalam satu area. BSC mengelola alokasi kanal, melakukan handover antar BTS, dan mengatur penggunaan daya untuk efisiensi jaringan.

MSC (Mobile Switching Center) adalah pusat pengendali utama yang mengatur hubungan panggilan antar pengguna, baik dalam jaringan GSM maupun dengan jaringan lain (seperti PSTN). MSC juga bekerja sama dengan database seperti HLR dan VLR untuk autentikasi dan pencatatan lokasi pengguna.

3. Perbandingan arsitektur jaringan 3G, 4G, dan 5G dari sisi kecepatan, latensi, dan efisiensi spektrum

Perkembangan dari 3G ke 5G menunjukkan evolusi besar dalam hal kecepatan transmisi, latensi, dan efisiensi penggunaan spektrum.

3G membawa peningkatan dari layanan suara menjadi data, dengan kecepatan hingga beberapa Mbps dan latensi sekitar 100–300 ms. Teknologinya masih berbasis WCDMA.

4G (LTE) memperkenalkan teknologi OFDM dan MIMO yang membuat kecepatan mencapai ratusan Mbps, dengan latensi turun hingga 20–50 ms.

5G (New Radio) menghadirkan lompatan besar: kecepatan bisa mencapai beberapa Gbps, latensi sangat rendah (1–10 ms), serta efisiensi spektrum jauh lebih tinggi berkat penggunaan frekuensi tinggi (mmWave), massive MIMO, dan beamforming.

4. Konsep frequency reuse dalam jaringan seluler dan bagaimana prinsip ini meningkatkan kapasitas jaringan

Frequency reuse adalah konsep penggunaan ulang frekuensi yang sama di beberapa sel yang terpisah cukup jauh agar tidak saling mengganggu. Wilayah layanan dibagi menjadi sel-sel heksagonal, dan setiap sel diberi alokasi frekuensi tertentu. Setelah beberapa sel, frekuensi yang sama dapat digunakan kembali.

Prinsip ini meningkatkan kapasitas jaringan karena satu set frekuensi bisa dimanfaatkan oleh banyak sel secara bersamaan. Dengan kata lain, semakin banyak sel (misalnya melalui microcell atau picocell), semakin besar jumlah pengguna yang bisa dilayani tanpa menambah spektrum baru. Pengaturan daya dan jarak antar sel menjadi kunci agar interferensi tetap minimal.

5. Pengertian handover, jenis-jenisnya, dan contoh penerapannya

Handover adalah proses pemindahan koneksi pengguna dari satu sel ke sel lain tanpa memutuskan komunikasi, biasanya terjadi saat pengguna bergerak.

Terdapat dua jenis utama:

Hard handover, di mana sambungan lama diputus sebelum sambungan baru dibuat. Contohnya pada GSM klasik, ketika pengguna berpindah dari satu BTS ke BTS lain, koneksi lama langsung diputus begitu koneksi baru aktif.

Soft handover, di mana perangkat dapat terhubung ke beberapa BTS secara bersamaan selama proses perpindahan, seperti pada jaringan CDMA atau UMTS. Jenis ini lebih mulus dan mengurangi kemungkinan panggilan terputus.

6. Peran Mobile IP dan mekanisme kerja Home Agent serta Foreign Agent

Mobile IP adalah protokol yang memungkinkan perangkat tetap menggunakan alamat IP yang sama meskipun berpindah lokasi jaringan. Hal ini penting agar sesi komunikasi (misalnya video call atau transfer data) tidak terputus saat perangkat berpindah antar jaringan.

Mekanismenya melibatkan dua komponen utama:

Home Agent (HA): server di jaringan asal pengguna yang menyimpan informasi lokasi terkini perangkat.

Foreign Agent (FA): server di jaringan tempat pengguna sedang berada sementara. Saat perangkat berpindah, FA memberikan alamat sementara (Care-of Address), lalu HA meneruskan paket data dari jaringan asal ke alamat tersebut, sehingga komunikasi tetap berjalan tanpa gangguan.

7. Ancaman utama terhadap keamanan jaringan mobile dan mekanisme perlindungannya

Jaringan mobile menghadapi berbagai ancaman seperti penyadapan (eavesdropping), spoofing, serangan DoS, dan akses ilegal ke data pengguna. Karena transmisi terjadi lewat udara, data mudah diintersep jika tidak dienkripsi.

Untuk melindungi pengguna, jaringan mobile menggunakan berbagai mekanisme keamanan:

Autentikasi antara SIM dan jaringan untuk memastikan identitas pengguna sah.

Enkripsi data menggunakan algoritma seperti A5/1, A5/3 (GSM), dan AES (4G/5G).

Integrity protection untuk memastikan data tidak dimodifikasi di tengah jalan.

Temporary Identity (TMSI) digunakan agar identitas pengguna tidak mudah dilacak.

8. Proses autentikasi pada jaringan GSM dan pentingnya untuk privasi

Pada jaringan GSM, autentikasi dilakukan agar hanya pengguna sah yang dapat mengakses layanan. Prosesnya melibatkan SIM card yang menyimpan kunci rahasia (Ki) dan Authentication Center (AUC) di sisi operator.

Saat ponsel meminta akses, AUC mengirimkan bilangan acak (RAND). SIM akan menghitung respons (SRES) berdasarkan RAND dan Ki menggunakan algoritma A3, kemudian mengirimkannya ke jaringan. Jika hasilnya cocok dengan yang dihitung di AUC, pengguna dinyatakan sah.

Proses ini penting karena mencegah pemalsuan identitas dan menjaga privasi pengguna agar tidak mudah disadap.

9. Perbandingan teknologi WiFi, WiMAX, dan LTE

Ketiga teknologi ini sama-sama berbasis nirkabel, namun memiliki perbedaan mencolok dalam jangkauan dan penggunaan.

WiFi digunakan untuk jaringan lokal (LAN) dengan jangkauan sekitar puluhan meter, kecepatan hingga beberapa Gbps, dan cocok untuk rumah, kantor, atau hotspot publik.

WiMAX dirancang untuk jaringan area luas (MAN), dengan jangkauan hingga beberapa kilometer dan kecepatan puluhan Mbps, meski kini sudah jarang digunakan.

LTE (4G) merupakan teknologi seluler dengan jangkauan luas (seluruh area kota atau negara), kecepatan hingga ratusan Mbps, dan dukungan mobilitas tinggi.

Secara umum, WiFi unggul dalam kecepatan dan biaya rendah, WiMAX unggul di jangkauan tetap, sementara LTE unggul dalam mobilitas dan cakupan nasional.

10. Dampak perkembangan jaringan 5G dan IoT terhadap interaksi masyarakat dan teknologi

Kehadiran **5G** dan **Internet of Things (IoT)** membawa transformasi besar dalam kehidupan modern. Dengan kecepatan tinggi, latensi sangat rendah, dan kemampuan menghubungkan jutaan perangkat secara simultan, 5G menjadi tulang punggung era digital.

Dalam kehidupan sehari-hari, 5G dan IoT memungkinkan kota pintar (smart city) dengan lampu jalan otomatis, transportasi cerdas, kendaraan otonom, serta sistem kesehatan jarak jauh. Industri juga berubah menuju otomasi penuh dengan robot terhubung dan analitik waktu nyata.

Secara sosial, masyarakat akan semakin terhubung dengan layanan digital yang responsif, cepat, dan berbasis data, mengubah cara manusia bekerja, belajar, dan berinteraksi.

11. Jelaskan bagaimana evolusi dari 1G hingga 5G memengaruhi cara manusia berkomunikasi dan mengakses informasi!

Perkembangan dari 1G hingga 5G mengubah total pola komunikasi manusia. 1G hanya mendukung panggilan suara analog dengan kualitas rendah. 2G membawa digitalisasi dan menghadirkan layanan SMS. 3G membuka akses internet mobile, sementara 4G mempercepat koneksi hingga mendukung streaming dan media sosial. Kini 5G memungkinkan koneksi ultra cepat dan latensi rendah untuk mendukung kendaraan pintar, augmented reality, dan sistem otomatis. Evolusi ini menjadikan komunikasi lebih cepat, cerdas, dan menyatu dengan kehidupan sehari-hari.

12. Apa peran standar internasional (seperti ITU dan 3GPP) dalam pengembangan jaringan seluler global?

Standar internasional seperti ITU dan 3GPP berperan menjaga keseragaman dan kompatibilitas antar jaringan di seluruh dunia. ITU menetapkan pedoman global mengenai alokasi spektrum dan regulasi teknis, sedangkan 3GPP merancang spesifikasi teknis untuk teknologi GSM, UMTS, LTE, dan 5G. Dengan adanya standar ini, perangkat dari berbagai produsen dapat bekerja di berbagai negara tanpa masalah. Selain itu, standar global mempercepat inovasi dan menjaga keamanan serta kualitas layanan secara internasional.

13. Jelaskan hubungan antara Mobile Switching Center (MSC) dan Base Station Controller (BSC) dalam sistem GSM!

BSC bertugas mengontrol beberapa BTS, termasuk manajemen kanal dan handover. Sementara MSC berfungsi sebagai pusat pengalihan panggilan, mengatur koneksi ke jaringan lain, serta menangani autentikasi pengguna. Hubungan antara keduanya bersifat hierarkis, di mana BSC menjadi penghubung antara lapisan radio (BTS) dan lapisan inti (MSC). MSC menggunakan informasi dari BSC untuk memastikan komunikasi pengguna berjalan lancar dan efisien.

14. Apa fungsi Home Location Register (HLR) dan Visitor Location Register (VLR) dalam jaringan seluler? Berikan contoh proses penggunaannya!

HLR menyimpan data permanen pengguna seperti nomor, layanan aktif, dan lokasi asal, sementara VLR menyimpan data sementara pengguna yang sedang berada di luar area asal. Misalnya, saat pengguna dari Jakarta berada di Surabaya, datanya dipindahkan sementara ke VLR Surabaya agar tetap dapat menerima panggilan. Ketika pengguna kembali ke area asal, data akan diperbarui kembali di HLR.

15. Mengapa efisiensi penggunaan spektrum sangat penting dalam jaringan seluler? Jelaskan strategi yang digunakan operator untuk mengoptimalkannya!

Spektrum merupakan sumber daya terbatas sehingga harus digunakan secara efisien untuk melayani banyak pengguna. Operator menggunakan berbagai strategi seperti frequency reuse, multiple access (TDMA, CDMA, OFDMA), MIMO, dan beamforming. Selain itu, penerapan small cell, carrier aggregation, dan dynamic spectrum sharing membantu meningkatkan kapasitas tanpa memerlukan spektrum tambahan.

16. Jelaskan perbedaan antara uplink dan downlink serta faktor-faktor yang memengaruhi kualitas transmisinya!

Uplink adalah transmisi dari perangkat ke stasiun basis, sedangkan downlink adalah transmisi dari stasiun basis ke perangkat. Faktor-faktor yang memengaruhi kualitasnya meliputi kekuatan sinyal, interferensi, jarak pengguna dari BTS, dan kondisi lingkungan seperti gedung atau cuaca. Downlink umumnya memiliki kapasitas lebih besar karena digunakan untuk menerima data dalam jumlah besar seperti video atau file.

17. Uraikan tahapan proses handover dari satu sel ke sel lain pada jaringan LTE, dan bagaimana sistem memastikan koneksi tetap stabil selama perpindahan!

Proses handover dimulai dari pemantauan sinyal oleh perangkat terhadap sel tetangga. Hasil pengukuran dikirim ke eNodeB asal, yang kemudian memutuskan kapan handover dilakukan. Setelah itu, koneksi baru disiapkan di eNodeB tujuan sebelum koneksi lama dilepas. Data yang tertunda dikirim ulang agar tidak hilang. Proses ini memastikan pengguna tetap terhubung tanpa gangguan meskipun sedang berpindah lokasi.

18. Jelaskan konsep cell breathing pada jaringan mobile dan bagaimana hal ini berpengaruh terhadap kapasitas sel!

Cell breathing adalah fenomena perubahan ukuran cakupan sel sesuai dengan beban trafik. Ketika jumlah pengguna meningkat, interferensi juga meningkat sehingga jangkauan sel menyusut. Sebaliknya, saat trafik menurun, cakupan kembali meluas. Fenomena ini memengaruhi kapasitas karena ketika sel menyusut, pengguna di pinggiran area harus dialihkan ke sel tetangga.

19. Bagaimana mekanisme enkripsi digunakan untuk menjaga keamanan data pengguna pada jaringan 4G dan 5G?

Pada jaringan 4G, digunakan algoritma enkripsi seperti AES dan SNOW 3G untuk melindungi data dari penyadapan. Data dienkripsi di lapisan radio sebelum dikirim ke udara. Pada jaringan 5G, keamanan diperkuat dengan enkripsi end-to-end, autentikasi dua arah, serta isolasi data melalui konsep network slicing, sehingga setiap koneksi memiliki perlindungan tersendiri dari ancaman eksternal.

20. Jelaskan peran jaringan mobile dalam mendukung implementasi smart city dan vehicle-to-everything (V2X) di masa depan!

Jaringan mobile menjadi fondasi utama bagi smart city dan sistem V2X. Dalam smart city, jaringan mobile memungkinkan komunikasi antar sensor, kamera, dan perangkat IoT secara real time untuk mengatur lalu lintas, pencahayaan, dan keamanan kota. Dalam V2X, kendaraan dapat saling bertukar data dengan kendaraan lain dan infrastruktur jalan untuk meningkatkan keselamatan dan efisiensi transportasi. Dengan dukungan 5G, seluruh sistem dapat beroperasi dengan latensi rendah dan keandalan tinggi, menjadikan kehidupan masyarakat lebih cerdas, aman, dan terkoneksi penuh.