

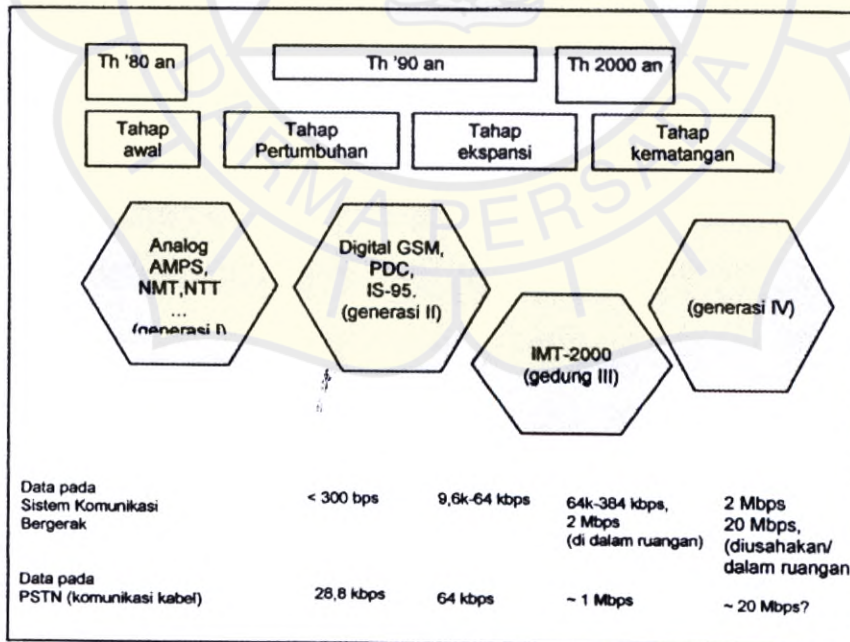
BAB II

KONSEP HIGH SPEED DOWNLINK PACKET ACCES (HSDPA)

PADA JARINGAN KOMUNIKASI BERGERAK

2.1. Umum

Seiring dengan perkembangan zaman, komunikasi bergerak berkembang semakin maju dari satu generasi ke generasi berikutnya. Adapun faktor-faktor yang menjadi pendorongnya meliputi tuntutan untuk kemudahan komunikasi dan kapasitas sistem, teknologi yang lebih murah, ukuran fisik sistem dan peranti yang lebih kecil dengan peningkatan kemampuan komunikasi yang sedapat mungkin mendekati kemampuan komunikasi yang menggunakan transmisi kabel, yang berdimensi multimedia (suara, data, grafik, dan gambar). Gambar 2.1 menunjukkan diagram blok dari evolusi sistem komunikasi bergerak dan perbandingan kemampuan kecepatan komunikasi data antara jaringan komunikasi bergerak dengan jaringan komunikasi tidak bergerak.



Gambar 2.1. Evolusi Sistem Komunikasi Bergerak dan Perbandingan Laju Datanya dengan Komunikasi Tidak Bergerak [1]

2.2. Evolusi Sistem Komunikasi Bergerak

Secara garis besar perkembangan teknologi komunikasi bergerak ini adalah sebagai berikut :

2.2.1. Generasi Pertama (1G)

Sistem seluler generasi pertama, menggunakan teknologi analog. Adapun karakteristiknya antara lain menggunakan modulasi FM (*Frequency Modulation*), *Base Transceiver Station* (BTS) tunggal, kecepatan transmisi antara *Mobile Station* (MS) dengan BTS sangat rendah, walaupun dalam penyaluran dari BTS ke *Mobile Switching Centre* (MSC) dan interkoneksi dengan *Public Switched Telephone Network* (PSTN) menggunakan metoda TDM (*Time Division Multiplexing*).

Hingga awal tahun 1990, para pelanggan di Amerika Serikat yang menjelajah di antara sistem seluler milik *operator* yang berbeda harus mendaftar secara aktif (*manual*). Di awal tahun yang sama, *operator* seluler di Amerika Serikat mulai menerapkan protokol jaringan IS-41 (*Interim Standard-41*) yang memungkinkan sistem selular milik *operator* yang berlainan secara otomatis mengakomodasi para pelanggan yang menjelajah ke dalam wilayah cakupan mereka masing-masing. Penjelajahan ini disebut penjelajahan antar *operator*. Protokol IS-41 ini memungkinkan MSC dari *operator* yang berbeda dapat mengirimkan informasi tentang status seseorang pelanggan pada MSC lain yang dimintanya.

IS-41 bekerja dengan menyesuaikan corak kemampuan AMPS yang disebut registrasi otonom, yaitu proses dimana ponsel memberitahu MSC yang melayaninya, dalam hal kehadiran, dan juga lokasinya. Hal ini dilakukan secara periodik oleh MS (*Mobile Station*). IS-41 juga memungkinkan MSC di sistem tetangganya secara otomatis menangani registrasi dan validasi lokasi para penjelajah, sehingga pengguna tidak perlu lagi untuk mendaftar secara aktif selagi mereka melakukan perjalanan

jauh. Sistem yang dikunjungi memiliki sebuah perekam VLR bagi setiap penjelajah baru, dan memberitahukan kepada sistem tempat pelanggan pertama kali terdaftar (*home system*) melalui IS-41 ini, sehingga MSC-nya dapat memperbaharui data di HLR yang dimilikinya.

2.2.2. Generasi Kedua (2G)

Sistem komunikasi bergerak generasi kedua menerapkan modulasi digital dengan kemampuan pemrosesan panggilan yang telah dikembangkan lagi. Contoh sistem nirkabel generasi kedua ini mencakup GSM, sistem standar digital TDMA dan CDMA Amerika Serikat, atau sesuai dengan nama yang diberikan oleh Asosiasi Industri Amerika Serikat adalah IS-54 dan IS-95, CT2 (*Cordless Telephone 2*) untuk Inggris, PACS (*Personal Access Communication System*), dan DECT (*Digital European Cordless Telephone*) yang merupakan standar Eropa untuk telepon nirkabel.

Pada generasi kedua BSC (*Base Station Controller*) yang merupakan pengendali BTS pada GSM diperkenalkan untuk mengurangi beban komputasi MSC. Dalam PACS atau WACS, BSC ini disebut unit kendali terminal radio (*radio port control unit*). Antarmuka data antara BTS dengan MSC distandarisasi sehingga peralatannya dapat berasal dari pabrik pembuat yang berbeda-beda.

Semua sistem generasi kedua menggunakan penyandian suara digital dan modulasi digital. Sistemnya menggunakan kanal-kanal kendali khusus untuk mempercepat tersambungannya hubungan komunikasi diantara para penggunanya, yakni menggunakan pensinyalan kanal umum (*common channel signalling*) dalam antarmuka udaranya (hubungan radio). Generasi kedua ini juga menyediakan jalur

pensinyalan dan percakapan khusus antara MSC satu dengan MSC lainnya, dan antara setiap MSC dengan PSTN.

Pada generasi kedua ini, struktur pengendalian jaringan sudah lebih terdistribusi karena MS mengambil fungsi kendali yang lebih besar. Pada generasi kedua, proses *handoff* dikendalikan melalui MS yang dikenal dengan MAHO (*Mobile Assisted Handoff*), yaitu teknik dimana MS mengukur daya yang diterima dari BTS disekitarnya dan secara terus-menerus melaporkan hasil pengukuran ini ke BTS yang sedang melayaninya. MS-MS di dalam jaringan ini melakukan beberapa fungsi lain yang tidak dilakukan oleh MS generasi pertama seperti menerima laporan daya yang diterima, pemindaian BTS di sebelahnya, penyandian data, dan enkripsi.

Secara umum, generasi kedua dirancang untuk mengurangi beban kerja komputasi dan beban penyakelaran di BTS maupun di MSC-nya, serta lebih luwes dalam pengalokasian kanal, sehingga sistemnya dapat disebarakan ke masyarakat dengan cepat, dan lebih sedikit menuntut koordinasi antarsistem.

2.2.3. Generasi Kedua-setengah (2.5G)

Generasi kedua-setengah (2.5G) merupakan generasi transisi menuju 3G, dimana para *operator* selular dan PCS nantinya bermigrasi ke IMT-2000. 2.5G memungkinkan para *operator* yang memiliki baik itu spektrum frekuensi selular, PCS, maupun UMTS, dapat menyebarkan layanan sistem komunikasi paket digital sebelum tersedianya landas dasar (*platform*) teknologi 3G. Dari pengertian inilah 2.5G juga disebut 'generasi evolusi'.

Jalur implementasi dan spesifikasi teknik 2.5G ini berbasis pada infrastruktur yang sudah ada. Penggunaan landas dasar 2.5G ini berarti para *operator* dapat menyediakan jembatan antara sistem 2G yang sudah ada, dan yang akan dituju nantinya, yakni 3G. Beberapa landasan untuk 2.5G ini diantaranya adalah GPRS

(*General Packet Radio Service*), EDGE (*Enhanced Data rates for Global Evolution*), dan CDMA 2000 fasa 1 (*Code Division Multiple Access 2000 fasa 1*).

Landasan dasar 2.5G yang dipilih untuk pengoperasian sistem pada intinya melibatkan hal-hal seperti:

- landas dasar teknologi yang bersifat pokok yang sudah ada/yang sudah dimiliki *operator*;
- cara pendekatan tumpangan penyebarannya, khusus bagi *operator* yang sudah beroperasi dengan sistem generasi sebelumnya;
- pengenalan layanan data paket;
- peranti-peranti baru yang dibutuhkan oleh para pelanggan atau pengguna;
- modifikasi baru terhadap infrastruktur yang sudah ada.

Pengenalan 2.5G memiliki banyak penambahan layanan yang disebut 'pengayaan' bagi layanan sistem 2G yang sudah ada. Pengayaan ini adalah terutama dalam penggunaan dan pengiriman layanan data paket dengan kecepatan yang melampaui batas kecepatan 14,4 kbps yang dimiliki oleh sistem 2G.

Tabel 2.1. Kemajuan 2.5G terhadap 2G

Teknologi 2G	Teknologi 2.5G	Pengayaan	Migrasi ke teknologi 3G
GSM	GPRS	Layanan data kecepatan tinggi (144,4 kbps) Menggunakan spektrum radio yang sudah ada	WCDMA
IS-136	EDGE	Layanan data kecepatan tinggi (144,4 kbps) Menggunakan spektrum radio yang sudah ada	WCDMA
CDMA	CDMA2000 (fasa 1)	Layanan data kecepatan tinggi (144,4 kbps) Menggunakan spektrum radio yang sudah ada Menggunakan 1xRTT	CDMA 2000-MC <i>multicarrier</i>

Tabel 2.1 menunjukkan kemajuan 2.5G terhadap 2G, tetapi perlu diingat bahwa ia hanyalah sebagai ilustrasi saja. Artinya, acuan yang digunakan untuk beranjak dari 2G ke 2.5G bukan merupakan prasyarat. Sebagai contoh, penyebaran GPRS dapat dimungkinkan dengan sistem di dalam sel yang menggunakan IS-136 atau bahkan CDMA.

2.2.4. Generasi Ketiga (3G)

Sistem komunikasi nirkabel generasi ketiga dikembangkan dari sistem-sistem yang ada di generasi kedua, yang mana teknologinya telah matang. Jaringan komunikasi generasi ketiga diciptakan untuk menyediakan seperangkat standar tunggal yang dapat memenuhi aplikasi-aplikasi nirkabel yang luas variasinya dan menyediakan akses yang bersifat universal di seluruh dunia. Pada sistem komunikasi generasi ketiga ini, komunikator personal yang bersifat universal atau perangkat genggam pesonal akan mampu melakukan akses ke berbagai layanan komunikasi yang mencakup suara, data dan gambar.

2.2.4.1. Ciri-ciri Karakter 3G

Ciri-ciri karakter yang dituju oleh 3G ini, adalah:

- a. memiliki standar yang bersifat global atau mendunia;
- b. memiliki kesesuaian atau kompatibilitas layanan dengan jaringan-jaringan kabel;
- c. memiliki kualitas tinggi baik suara, data, atau gambarnya;
- d. memiliki pita frekuensi yang berlaku umum di seluruh dunia;
- e. memiliki kemampuan penjelajahan ke seluruh dunia;

- f. memiliki bentuk komunikasi yang bersifat multimedia, baik layanannya maupun peranti penggunanya;
- g. memiliki spektrum yang benar-benar efisien;
- h. memiliki kemampuan yang mudah untuk berevolusi ke sistem nirkabel generasi berikutnya;
- i. memiliki laju data paket 2 Mbps untuk terminal atau perangkat yang diam di tempat, 384 kbps untuk kecepatan orang berjalan dan 144 kbps untuk kecepatan orang berkendara.

Untuk mengakses jaringan-jaringan informasi, generasi ketiga menggunakan *Broadband-Integrated Service Digital Network (B-ISDN)* seperti internet dan basis data publik maupun data pribadi (*private*) lainnya, dan dioperasikan di berbagai wilayah, baik yang penduduknya padat maupun yang jarang, juga melayani baik pengguna yang hanya diam di tempat, maupun yang bergerak dalam kendaraan berkecepatan tinggi seperti yang telah dispesifikasikan di atas.

Istilah-istilah yang muncul seperti *Personal Communication System (PCS)* dan *Personal Communication Network (PCN)* secara tidak langsung dipergunakan untuk menyatakan munculnya sistem generasi ketiga bagi perangkat-perangkat MS-nya. Nama lain dari PCS ini termasuk *Future Public Land Mobile Telecommunication Systems (FPLMTS)* untuk penggunaan di seluruh dunia, yang juga dikenal dengan nama *International Mobile Telecommunication 2000 (IMT 2000)*, dan *Universal Mobile Telecommunication System (UMTS)*. IMT 2000 merupakan generasi ketiga yang ditetapkan oleh ITU, guna menangani cakupan komunikasi yang bersifat universal dengan penjelajahan dalam berbagai jaringan komunikasi bergerak tanpa jeda atau ganjalan apapun. Untuk menangani komunikasi suara digunakan sistem CS (*Circuit Switch*), sedangkan untuk komunikasi data digunakan PS (*Packet Switch*).

2.2.4.2. IMT 2000

Sejak tahun 1992 generasi ketiga mulai disiapkan ketika ITU mulai bekerja dalam standar yang diberi nama 'IMT 2000'. Angka 2000 pada awalnya memiliki tiga arti, yaitu tahun ketika layanan mulai tersedia di lapangan, rentang frekuensi dalam MHz yang akan digunakan, dan laju data dalam satuan kbps. Dengan angka yang telah melekat tersebut, tampaknya semua kriterianya kemudian ditinggalkan. Masalahnya antara lain adalah, masuk ke tahun 2002, Amerika Utara telah menggunakan frekuensi yang direkomendasikan bagi IMT 2000 untuk layanan lain, dan kecepatan tinggi hanya dapat disediakan melalui sel-sel piko yang berada dalam ruangan maupun di dalam bangunan. Walaupun ITU telah mendeskripsikan IMT 2000 sebagai sebuah standar tunggal yang bersifat global atau mendunia, tetapi penentu kebijakan bidang telekomunikasi di beberapa negara, pabrik-pabrik pembuat peralatan dan para *operator* tidak dapat membuat kesepakatan secara bulat. Akibatnya jalur menuju generasi ketiga berjalan lambat, dan setiap orang ingin agar berkesesuaian dengan sistem yang sudah ada dapat dijamin oleh sistem yang baru sehingga dapat tetap bekerja. Di bulan Oktober 1999, para utusan dari berbagai negara akhirnya setuju untuk menetapkan 5 (lima) standar operasi dalam IMT 2000 yaitu WCDMA FDD, WCDMA TDD, cdma2000 *Multicarrier*, UWC 136 TDMA dan DECT, dengan tidak ada jaminan bahwa telepon dari satu mode akan dapat dioperasikan pada mode-mode lainnya.

Salah satu varian dari IMT 2000 adalah WCDMA (*Wideband CDMA*). Eropa menyebutnya dengan nama UMTS, yang membutuhkan spektrum baru dari ITU, yang justru tidak dapat disediakan atau digunakan di Amerika Serikat. Secara teknis ia sama dengan CDMA 2000 MX, namun menggunakan lebar pita yang sedikit lebih besar ini dimaksudkan agar sistem tersebut dapat bekerja bersama-sama dengan GSM.

Walaupun WCDMA bukan peningkatan langsung terhadap GSM, ia dirancang untuk dapat digunakan di dalam wilayah yang telah dicakup dengan baik oleh jaringan GSM. Teorinya adalah membangun jaringan WCDMA di titik-titik padat di sebagian besar perkotaan, dan sisanya, pada tahap awal masih dapat digantungkan pada sistem GSM. Semua telepon genggam WCDMA yang dijual di Eropa akan dapat dioperasikan dalam sistem GSM; mereka bahkan dapat melakukan *handoff* sehingga para penggunanya dapat bergerak atau dapat berpindah antar BTS yang berbasis pada sistem yang berbeda, tanpa adanya penyelaan dalam komunikasinya (interupsi). Bahkan di negara-negara yang sistem GSM tidak digunakan sekalipun, WCDMA mungkin dapat menjadi populer karena ia menawarkan cakupan yang bersifat segera yang hampir menjangkau seluruh dunia. Jepang yang tidak memiliki sistem GSM, kini meluncurkan jaringan WCDMA yang pertama kali di dunia, disebabkan sistem *Personal Digital Cellular* (PDC)-nya yang sudah kehabisan kapasitas. *Operator* komunikasi bergerak NTT DoCoMo dan J-Phone mengoperasikan WCDMA akhir tahun 2000an.

2.2.4.3. UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*)

UMTS merupakan IMT 2000 versi Eropa. Definisi spektrum layanan UMTS berlandas pada kebutuhan-kebutuhan para pengguna yang bersifat spesifik sesudah tahun 2000, yakni jaringan radio bergerak dapat melayani berbagai macam layanan yang kurang lebih sama sebagaimana halnya pada jaringan-jaringan kabel (*fixed network*), B-ISDN dan PSTN/N-ISDN. Dengan miliaran dolar investasi yang telah ditanam dalam infrastruktur sistem GSM, tentu saja para *operator* di Eropa berharap bahwa migrasi ke generasi ketiga tidak mengorbankan secara besar-besaran infrastruktur yang sudah dibangun. Artinya, migrasinya masih tetap komitmen

terhadap GSM. Untuk itulah, para anggota asosiasi *MoU* GSM bertemu dalam sidang pleno ke 38 (tigapuluh delapan) di Siprus bulan September 1997. Pertemuan diawali dengan konferensi sehari yang bertemakan "Komunikasi Bergerak Masa Depan", yang pada akhirnya Eropa memiliki program UMTS.

Forum UMTS didirikan di bulan Juni 1996 oleh para *operator*, fabrikasi serta yang berwenang membuat peraturan di masing-masing negara peserta (*regulator*) untuk memprediksi kondisi pasar secara akurat, studi tentang spektrum dan regulasi-regulasi yang diperlukan, maupun untuk pengembangan lebih lanjut secara umum bagi visi UMTS. Dengan tetap sejalan terhadap komunitas GSM, forum tersebut juga telah menyetujui bahwa pendekatan teknis dalam hal standarisasi harus tetap dipelihara. Juga setiap perkembangan dibangun berdasar aturan-aturan yang telah ada, dan bahwa aturan yang baru harus ditentukan hanya bilamana ditemukan adanya perbedaan yang esensial antara UMTS dengan GSM.

Ketika ITU meminta solusi guna memenuhi persyaratan yang akan diterapkan pada IMT 2000, sejumlah teknologi telah diajukan oleh berbagai kelompok standar, baik oleh sekelompok standar TDMA maupun CDMA, juga TDD maupun FDD. Kelompok Eropa melalui ETSI mengajukan WCDMA menggunakan FDD, Jepang juga WCDMA baik dengan TDD maupun FDD. Korea memiliki dua mode CDMA, yang satu serupa dengan proposal Jepang dan Eropa, yang kedua serupa dengan CDMA yang diusulkan Amerika Utara, yakni CDMA 2000 yang merupakan evolusi dari IS-95 CDMA. Dari sini keputusan akhirnya adalah penciptaan dua kelompok yang diberi nama 3GPP (*Third Generation Partnership Project*). 3GPP bekerja di UMTS yang berbasis WCDMA, sementara 3GPP2 bekerja di CDMA 2000.

a. Akses Radio dan Alokasi Spektrum

Akses Radio UMTS dikenal dengan nama *Universal Terrestrial Radio Access* (UTRA), berbasis WCDMA, yang mencakup baik dengan teknik FDD maupun TDD. Sedangkan jaringannya disebut *Universal Terrestrial Radio Access Network* (UTRAN). Untuk antarmuka udaranya, WCDMA memiliki lebar pita nominal 5 MHz. Namun karena harus ada *guard* dengan sistem lain, maka yang diimplementasikan hanya 3.84 MHz.

b. Arsitektur Jaringan

UMTS akan menjadi suatu sistem komunikasi yang bersifat multilingkungan dan *multioperator*. Ia akan beroperasi baik dalam lingkungan publik (UMTS publik) maupun *private*. Dalam semua lingkungan itu, UMTS akan menyediakan infrastruktur untuk melokasikan terminal-terminal bergerak serta *route-route* percakapannya.

Jaringan arsitektur UMTS didefinisikan secara umum sedemikian sehingga berbagai informasi yang memproses berbagai teknologi dapat digunakan untuk merealisasikan UMTS. Pendekatan semacam ini membuka jalan untuk berbagai jalur migrasi ke UMTS seperti dari GSM dan jaringan-jaringan tetap, termasuk *Intelligent Network* (IN), serta *Private Telecommunication Network* (PTN). UMTS merupakan suatu spesifikasi arsitektur fungsional yang memberi kebebasan bagi berbagai pabrik pembuat peralatan telekomunikasi bergerak untuk mendesain arsitektur jaringan mereka sendiri guna memenuhi berbagai tujuan implementasinya. Jaringan UMTS dapat dipandang sebagai tiga bagian modul, antara lain jaringan akses (AN; *Access Network*), jaringan tulang punggung atau jaringan inti (BN; *Backbone Network*) dan jaringan layanan (SN; *Service Network*). AN menyediakan terutama fungsi-fungsi hubungan radio-transmisi dasar dan fungsi fungsi penyakelaran lokal yang dibutuhkan

untuk memungkinkan akses dari MS kedalam pusat-pusat jaringan tetap melalui antarmuka radio. BN menyediakan dasar infrastruktur jaringan tetap dan pusat-pusat jaringan yang memiliki kendali panggilan dan kendali hubungan yang dibutuhkan oleh UMTS. SN menyediakan kendali layanan untuk memanipulasi dan menyimpan data. Manajemen jaringan disediakan oleh sekurang-kurangnya suatu jaringan manajemen yang terpisah.

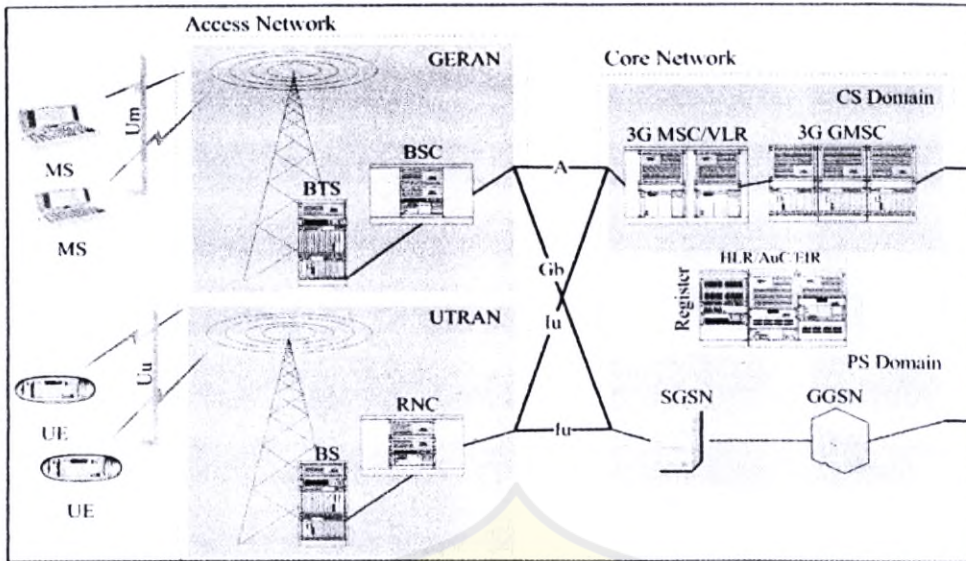
Kerja 3GPP telah menghasilkan beberapa tahapan peluncuran (*release*). *Release* pertama tahun 1999 yang menggunakan jaringan tulang punggung atau jaringan inti yang berarsitektur seperti halnya yang dipakai sistem GSM/GPRS, walaupun ada beberapa pengayaan. Lebih jauh lagi, jaringan ini dibutuhkan untuk mendukung baik akses radio GSM dan UMTS, yakni baik UTRAN maupun BSS pada GSM. Evolusi BSS GSM memang masih belum berhenti, sebagai buktinya adalah munculnya EDGE. Dalam rangka evolusi GSM dan agar GSM bisa memenuhi persyaratan UMTS, kelanjutan evolusi GSM diambil alih oleh 3GPP. Konsekuensinya, yang bertanggung jawab terhadap spesifikasi GSM sebagai bagian dari spesifikasi khusus UMTS kini adalah 3GPP, bukan lagi ETSI.

Selama beberapa tahun, berbagai pengayaan terhadap GSM telah dikembangkan. Nama *Release* dikaitkan dengan tahun, misalnya spesifikasi yang berkaitan dengan tahun *Release* 1996, *Release* tahun 1997 dan *Release* tahun 1998. Pada awalnya 3GPP memutuskan melanjutkan nama peluncurannya yang dikaitkan tahun yang bersangkutan. Oleh sebab itu, spesifikasi peluncuran pertama 3GPP dikenal dengan 3GPP *Release* 1999. *Release* 1999 ini tidak hanya mencakup spesifikasi baru untuk mendukung akses UTRAN, tetapi juga memperkaya versi-versi bagi spesifikasi GSM yang telah ada seperti mendukung EDGE. 3GPP *Release* 1999 tuntas di bulan Maret 2000. Tentu saja ini cenderung memunculkan revisi dan koreksi

sejauh ditemukan kesalahan dan ketidak konsistenan selama uji coba dan penyebarannya.

Release berikut, awalnya dinamai 3GPP *Release* 2000, yang mencakup perubahan besar dalam jaringan intinya. Perubahannya begitu berarti tetapi tidak dihasilkan dalam satu langkah saja. Oleh sebab itu 3GPP *Release* 2000 ini dibagi menjadi dua peluncuran, yakni *Release* 4 dan 5. Dalam *Release* nya kedepan, konsep *Release* tahunan tidak lagi diterapkan. Spesifikasi 4 *Release* diperbaharui diparuh tahun 2001, yang berarti bahwa tidak ada penambahan baru dalam sistemnya, dan sekali lagi, setiap perubahan waktu bersifat mengoreksi kesalahan dan terkait dengan masalah ketidakkonsistenan. *Release* 5 spesifikasinya diperbaharui Desember 2001.

Untuk sebagian besar 3GPP *Release* 1999, fokusnya terutama pada jaringan akses, termasuk antarmuka udara yang secara keseluruhan baru dan perubahannya diperlukan dalam jaringan aksesnya. *Release* 4 lebih berfokus pada perubahan arsitektur. Gambar 2.2 mengilustrasikan arsitektur jaringan UMTS 3GPP 1999. Peranti pengguna yang disingkat dengan UE (*User Equipment*) memiliki modul identitas pelanggan yang disebut UMTS *Subscriber Identity Module*, disingkat USIM. USIM ini serupa dengan SIM pada GSM. Antarmuka UE dengan jaringannya disebut antarmuka *Uu*, yang merupakan antarmuka udara WCDMA. BTS di UMTS disebut dengan node B. Sebuah pengendali jaringan radio yang disebut dengan RNC (*Radio Network Controller*) mengendalikan pengaturan komunikasi radio beberapa node B, fungsinya serupa dengan BSC di GSM. Ikatan antara keduanya disebut disebut dengan *Radio Network Subsystem* (RNS), yang memiliki antarmuka *Iub*. Tidak seperti ekuivalennya, yakni antarmuka *Abis* dalam GSM, antarmuka *Iub* memiliki standar yang terbuka sehingga dimungkinkan masing-masing node B dan RNC dibuat oleh pabrik yang berbeda.



Gambar 2.2. Arsitektur UMTS 3GPP Release1999 [2]

Jika dalam GSM tidak ada hubungan antar BSC, dalam UMTS yang disebut dengan UTRAN, justru sebaliknya. RNC satu dihubungkan dengan RNC lainnya melalui antarmuka *Iur*, UTRAN dihubungkan ke jaringan inti melalui antarmuka *Iur*. UTRAN dihubungkan ke jaringan inti melalui antarmuka *Iu*. Jaringan inti memiliki dua sistem penyakelaran, *packet* dan *circuit*. Hubungan dari UTRAN ke bagian CS (*Circuit Switch*) melalui antarmuka *Iu-CS*, ini adalah hubungan ke satu MSC/VLR. Hubungan UTRAN ke bagian PS (*Packet Switch*) dengan antarmuka *Iu-PS*, yang merupakan hubungan sebuah RNC ke sebuah SGSN. Dari gambar 2.2 dapat dilihat bahwa semua antarmukanya berdasarkan ATM (*Asynchronous Transfer Mode*). GTP/IP yang ada dalam gambar 2.2 adalah GPRS *Tunneling Protocol/Internet Protocol*. Huruf CS dan PS yang terkait dengan protokol *Iu* masing-masing merupakan singkatan dari *Circuit Switching* dan *Packet Switching*.

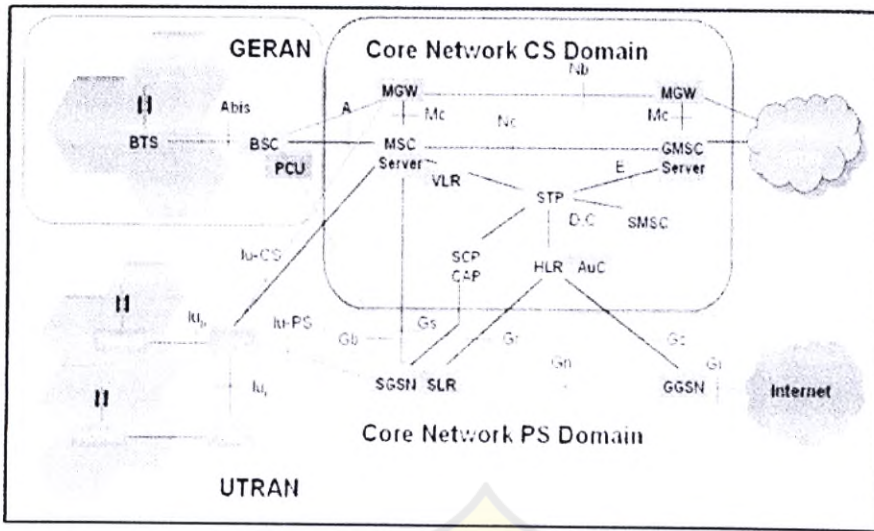
Release 4 dari 3GPP mengarah pada arsitektur jaringan yang terdistribusi, gambar 2.3 mengilustrasikan arsitektur yang dimaksud. Pada prinsipnya, MSC dibagi menjadi sebuah *'Server MSC'* dan sebuah *Media Gateway (MGW)*. *Server MSC* berisi manajemen pergerakan dan logika kendali percakapan yang ada dalam MSC biasa, tetapi tidak memuat matriks penyakelaran. Matriks penyakelarannya ada di

dalam MGW, yang dikendalikan oleh *Server MSC*, dan dapat ditempatkan jauh dari *MSC*-nya. Pensinyalan kendali untuk panggilan-panggilan yang bersifat tersakelar rangkaian adalah antara *RNC* dan *Server MSC*. Jalur media untuk panggilan-panggilan yang bersifat *Circuit Switch* adalah antara *RNC* dan *MGW*.

Pada umumnya sebuah *MGW* akan mengambil percakapan dari *RNC* dan melanjutkan panggilan itu ke tujuannya melalui *backbone* paket. Dalam banyak kasus, *packet backbone* akan menggunakan *RTP (Realtime Transport Protocol)* melalui *IP (Internet Protocol)*. Seperti yang terlihat pada gambar 2.3 lalu lintas data paket dari *RNC* dilewatkan ke *SGSN*, dan dari *SGSN* ke *GGSN* melalui *backbone IP*. Ini memberikan pengertian bahwa baik data maupun percakapan dalam jaringan inti menggunakan transportasi *IP*.

Jika sebuah percakapan perlu disalurkan ke jaringan lain seperti *PSTN*, *MGW* di ujung lain yang dikendalikan oleh gerbang utama *Server MSC (GMSC Server)* yang dalam gambar 2.3 disingkat dengan *GMSCS* akan mengubah percakapan yang berbentuk data paket menjadi standar percakapan digital *PCM* untuk kemudian diberikan ke *PSTN*. Protokol kendali yang digunakan antara *MGW* dengan *Server GMSC* ini adalah *ITU H.248*.

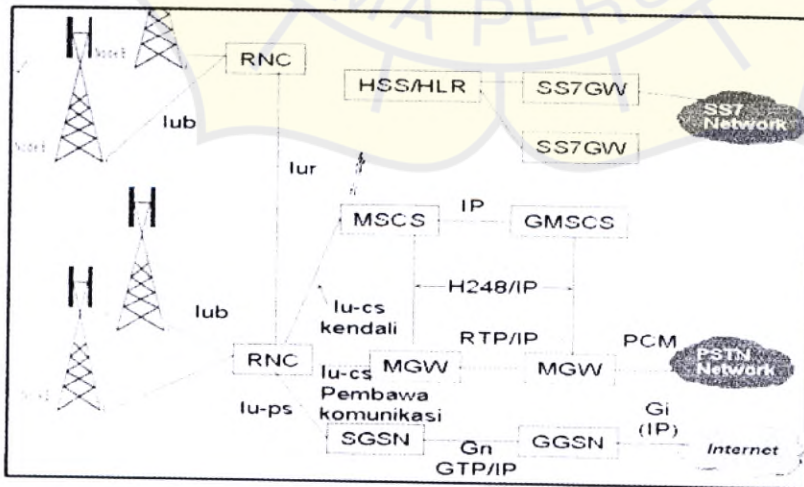
Dalam banyak kasus, *Server MSC* juga menangani fungsi-fungsi sebuah *Server GMSC*. *MGW* dapat juga memiliki kemampuan untuk berantarmuka dengan *RAN* maupun *PSTN*. Dalam kasus seperti ini, panggilan atau percakapan dari *PSTN* akan diproses secara lokal di *MGW*, yang berarti merupakan langkah penghematan.



Gambar 2.3. Release 4 dari 3GPP [11]

Arsitektur jaringan Release 5 dari 3GPP menggunakan multimedia. Langkah evolusinya mewujudkan perubahan menyeluruh pada model percakapannya. Secara spesifik, baik suara maupun data secara luas ditangani dengan cara yang sama pada semua jalan di terminal penggunaan ke tujuannya. Aspek penting dari arsitektur yang keseluruhan IP ini adalah kemampuan peranti para penggunanya yang menjadi sangat diperkaya dengan berbagai jenis layanan.

Seperti diilustrasikan di gambar 2.4, data dan suara tidak lagi menggunakan antarmuka yang terpisah tetapi hanya satu, yakni antarmuka *Iu* yang dapat membawa semua mediana.



Gambar 2.4. Arsitektur Release 5 dari 3GPP yang bercorak Multimedia [1]

Di dalam jaringan intinya, antarmuka ini berakhir di SGSN, jadi tidak ada lagi media gerbang utama yang sifatnya sendiri-sendiri antara suara dan data seperti pada peluncuran sebelumnya. Fungsi kendali status percakapan atau CSCF (*Call State Control Function*) mengatur penciptaan, pemeliharaan dan peluncuran sesi multimedia dari dan ke peranti penggunanya. Fungsi ini termasuk translasi dan pengarahannya. Fungsi-fungsi sumber multimediana atau *Multimedia Resource Function* (MRF) merupakan fungsi yang menjembatani aplikasi konferensi (*multi-party*) dan layanan *video converence*.

2.2.4.4. CDMA2000

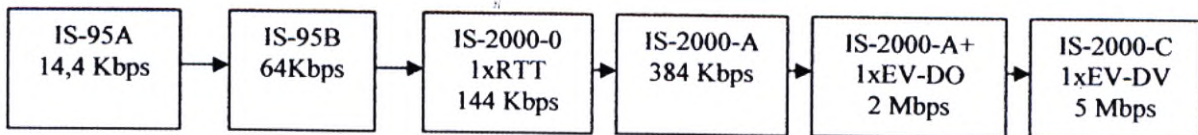
CDMA2000 merupakan ekstensi dari landas dasar nirkabel *CdmaOne*, sedangkan *CdmaOne* menggunakan landas dasar IS95A/B dan J-STD-008. CDMA2000 menjadi landas dasar bagi IMT-2000. CDMA2000 itu sendiri terdiri dari CDMA2000 fasa 1 dan CDMA2000 fasa 2. CDMA2000 fasa 1 merupakan langkah sementara antara IS-95B dan realisasi penuh spesifikasi IMT-2000 MC. CDMA 2000 ini dapat disebarkan dalam kanal atau sistem IS-95.

Seperti telah disebutkan di atas, yang dimaksud dengan CDMA2000 adalah IMT 2000-MC (*multi carrier* atau sinyal pembawa jamak). Namun pengenalan awal sistem CDMA difokuskan pada penggunaan pembawa tunggal, walaupun CDMA2000 dapat menangani operasi pembawa jamak. Beberapa istilah digunakan untuk mendeskripsikan landas dasar sinyal radio pembawa yang berbeda-beda. Beberapa darinya sudah ada di pasaran, sementara yang lainnya sedang dalam fasa pengembangan. Urutan landas dasar CDMA 2000 yang berbeda-beda atau jalur migrasinya adalah :

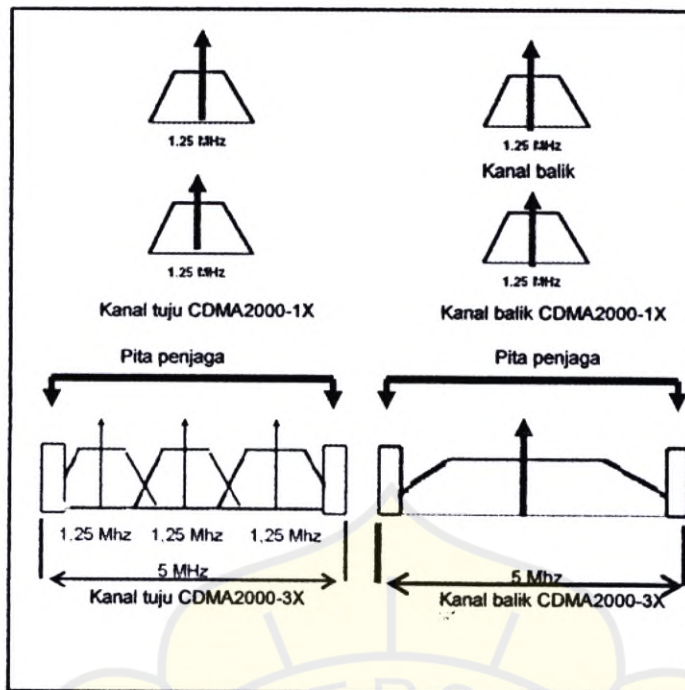
- a. CDMA2000 1x (1xRTT)
- b. CDMA2000 1x EVDO
- c. CDMA2000 1x EV-DV
- d. CDMA2000-3x (3xRTT)

CDMA2000-1xRTT menggunakan sinyal pembawa tunggal yang membutuhkan spektrum radio 1,25 MHz, yang sama dengan CdmaOne. Namun, landas dasar 1xRTT dapat menggunakan *voice coder-decoder (vocoder)* dan sandi *Walsh* yang lebih banyak, 256/126 dibanding 64 pada CdmaOne, yang memungkinkan laju datanya menjadi lebih tinggi dan lebih banyak konversi-konversi percakapan yang dapat ditangani daripada CdmaOne.

Di bawah CDMA2000 1x yang disebut 1xRTT, tiga metode pokoknya adalah 1x, 1xEV-DO, dan 1xEV-DV yang satu sama lain tidak begitu eksklusif. Istilah 1x menggambarkan versi pertama. CDMA 1xEV-DO berarti satu sinyal pembawa yang hanya data saja (*Data Only*), sementara 1xEV-DV berarti satu sinyal pembawa yang dapat melayani layanan data dan percakapan (*Data and Voice*). Proses evolusi CDMA2000-1x dapat dilihat melalui gambar 2.5, yang dapat diketahui bahwa kecepatannya semakin meningkat, yakni mencapai 5 Mbps pada IS2000 1xEV-DV. Ilustrasi spektrum CDMA dinyatakan dalam gambar 2.6, yang terlihat bahwa CDMA2000-3x menggunakan spektrum 3 x 1,25 MHz.



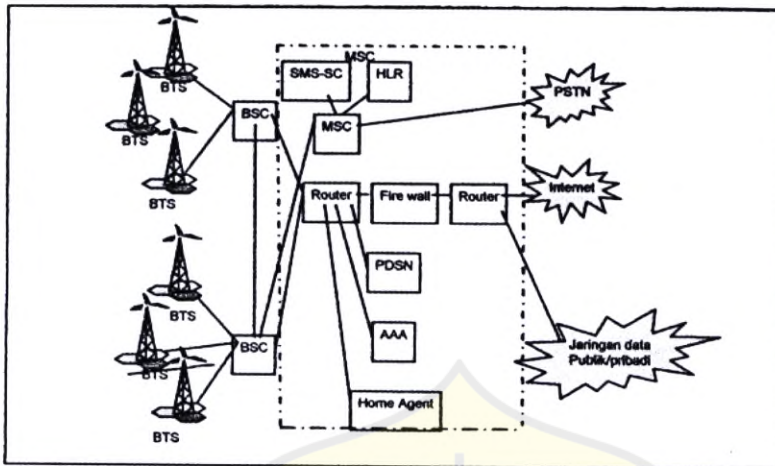
Gambar 2.5. Proses Evolusi CDMA2000-1x (notasi di belakang angka 2000 menyatakan kode peluncuran) [1]



Gambar 2.6. Spektrum sinyal pembawa pada CDMA2000 1x dan 3x [1]

Di Indonesia, teknologi CDMA dioperasikan melalui layanan komersial *TelkomFlexi*, *C-Phone*, *Esia* dan *Fren*. *Flexi* dan *C-Phone* merupakan milik PT Telkom, *Esia* milik PT Bakrie Telecom yang merupakan nama baru dari PT Ratelindo (Radio Teleponi Indonesia), sedangkan *Fren* milik *Mobile-8*. Jika *Flexi*, *Esia* dan *Fren* sudah menggunakan teknologi CDMA2000-1x, maka *C-Phone* masih menggunakan CDMA IS-95. *TelkomFlexi* di Surabaya dan daerah lain menggunakan frekuensi 800 MHz, sedangkan Jakarta, Jawa Barat dan Banten menggunakan frekuensi 1900 MHz, karena frekuensi 800 MHz dipakai oleh PT Ratelindo dan PT Komselindo, yang secara otomatis frekuensi ini dipakai oleh *Esia* dari PT Bakrie. Sementara itu, *C-Phone* yang menggunakan frekuensi 1900 MHz habis masa hidupnya (dihentikan PT. Telkom) bulan Maret 2004 dan pelanggannya dialihkan ke *TelkomFlexi*.

Arsitektur jaringan CDMA2000 adalah seperti gambar 2.7.



Gambar 2.7. Arsitektur Jaringan Sistem CDMA2000 [1]

PDSN (*Packet Data Serving Node*) merupakan elemen yang esensial dalam penanganan komunikasi data paket yang ditawarkan. Fungsi-fungsi utama layanannya adalah menciptakan, memelihara dan mengakhiri sesi protokol titik ke titik dengan pelanggannya, melayani layanan paket sederhana maupun paket IP bergerak, menciptakan, memelihara dan mengakhiri hubungan logika ke jaringan radio melalui antarmuka radio paket. Ia yang mengawali proses otentikasi, otorisasi peranti bergerak milik pelanggan yang selanjutnya dilakukan oleh server AAA. Selain itu, ia juga menerima parameter layanan dari server AAA ke peranti bergerak, menyalurkan paket-paket dari dan ke jaringan data paket luar.

Server dari luar yang merupakan singkatan dari *Authentication, Authorization, and Accounting*. Ia melakukan fungsi sesuai dengan singkatan namanya setelah diprakarsai terlebih dulu oleh PSDN. Dalam kaitannya dengan proses otentikasi, otorisasi, dan pelaporan peranti pelanggan, ia menggunakan protokol RADIUS (*Remote Access Dial-In User Service*). Server AAA ini berkomunikasi dengan PSDN melalui IP. Perannya adalah memeriksa keabsahan (otentikasi) yang terkait dengan

protokol titik ke titik atau *Point to Point Protocol* (PPP) dan koneksi IP bergerak, otorisasi profil layanan, distribusi kunci keamanan serta manajemennya.

HA (*Home Agent*) merupakan komponen ketiga dalam jaringan layanan data paket CDMA 2000. Tugas HA diantaranya adalah mencari jejak lokasi IP bergerak milik pelanggan ketika bergerak dari satu wilayah paket yang satu ke wilayah paket lainnya. Pengarah atau *router* berfungsi merutekan paket-paket dari dan ke berbagai elemen jaringan di dalam sistem CDMA2000. Ia juga bertanggung jawab terhadap pengiriman paket antara jaringan dan landas dasar jaringan lainnya.

Firewall diperlukan untuk mempertahankan sistem keamanan internal ketika sistem CDMA2000 dikoneksi ke aplikasi data lainnya. Istilah *firewall* digunakan untuk peranti yang bertugas mengamankan jaringan dalam suatu sistem (*Intranet*) terhadap akses dari jaringan luar (*Internet*) bagi data atau informasi yang harus dirahasiakan atau mencegah tindakan perusakan dari luar terhadap informasi penting yang dimiliki oleh sistem.

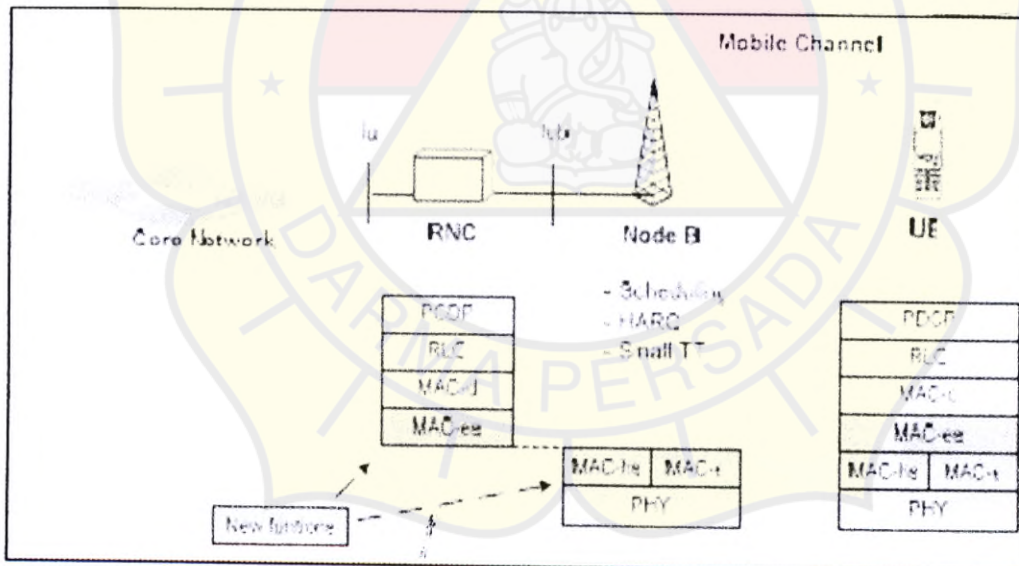
2.3. HSPA (*High Speed Packet Access*)

Seiring dengan perkembangan sistem komunikasi bergerak, HSDPA dan E-DCH diperkenalkan pada *release* 5 UMTS. UMTS merupakan teknologi yang jaringannya *universal* serta kompetitif di pasaran telekomunikasi dunia. Terdapat pergeseran penting dari penggunaan layanan *Circuit-Switching* ke layanan *Packet Switching*. UMTS *Release* 99 berdasarkan pada *dedicated resource allocation* bagi setiap pelanggan dirasa tidak sesuai lagi bagi trafik data paket IP. Ini merupakan salah satu alasan diperkenalkannya HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*) sebagai fitur baru UMTS untuk *downlink* pada UMTS *Release* 5 dan E-DCH (*Enhanced Dedicated Channel*) untuk *uplink* pada *Release* 6. Teknologi ini disebut HSPA (*High*

Speed Packet Access), yang mana membawa peningkatan penting bagi layanan berbasis IP serta peningkatan teknologi dan akses untuk pencapaian teknologi potensial bagi aplikasi di masa depan. Sebagai tambahan, terhadap paradigma perubahan penggunaan *dedicated resource* ke penggunaan *shared radio resource*, perubahan teknologi yang utama terjadi antara lain:

- Penambahan *Fast Node B* dengan *Adaptive Coding and Modulation* (hanya arah *downlink*).
- Node B berdasarkan *Hybrid ARQ* untuk mengurangi retransmisi *round trip times*.
- Mengurangi *Transmission Time Interval (TTI)* untuk pengurangan *latency* dan untuk mendukung keputusan *fast scheduler* serta retransmisi cepat HARQ.

Kemampuan tambahan ini telah ditetapkan dalam beberapa *sub-layer MAC* baru dan modifikasi lapisan fisik seperti terlihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8. Arsitektur Protokol Jaringan Radio UMTS Baru [3]

Pada umumnya, retransmisi dilakukan langsung antara node B dan *User Equipment (UE)*. Ini mengurangi *latency* dan menyimpan *resource* pada *interface Iub*. *Dedicated scheduling* yang dilakukan oleh RNC dan node B memerlukan suatu tambahan *scheduling* pada node B seperti penambahan *flow control* pada *interface*

Iub. Node B perlu memperhatikan parameter QoS tertentu untuk memastikan bahwa transmisi data memenuhi kebutuhan trafik. Meskipun demikian HSDPA dan E-DCH dapat diterapkan pada standard 5 MHz *carrier* pada jaringan UMTS dan dapat *co-exist* dengan keberadaan jaringan 3GPP Release 99.

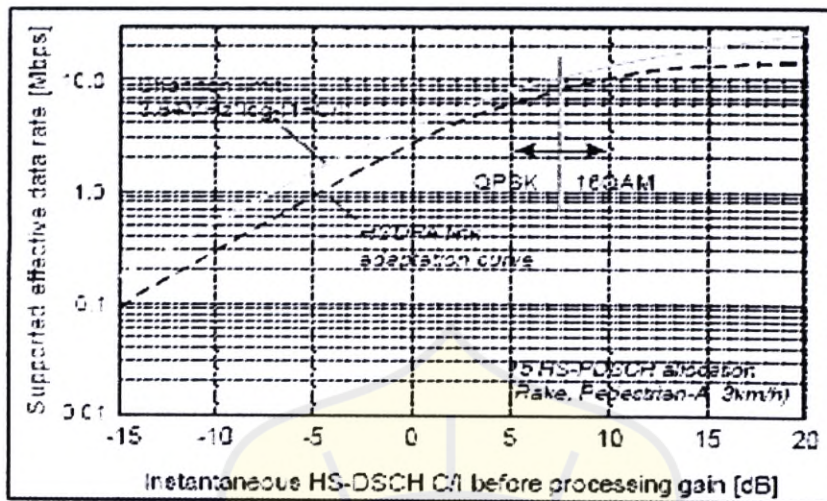
2.3.1. HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*)

2.3.1.1. Konsep HSDPA

Untuk meningkatkan *bit rate data transfer*, UMTS menambah fitur baru pada 3GPP Release 5, fitur ini meningkatkan *bit rate data transfer*. Fitur ini membantu untuk pencapaian UMTS sebagai teknologi yang kompetitif dalam komunikasi bergerak. Fitur ini disebut HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*). Teknologi HSDPA sebagaimana tujuannya untuk meningkatkan kapasitas *data rate*, maka dilakukan penambahan kanal baru pada layer fisik, implementasi *Adaptive Modulation and Coding* (AMC), *Hybrid Automatic Repeat Request* (HARQ), *Fast Scheduling*, dan *Fast Cell Selection* (FCS).

HSDPA secara teoritis bisa mencapai *bit rate* sampai 14.4 Mbps. Akan tetapi, kaitannya dengan pembatasan teknologi yang digunakan, *bit rate* rata-rata maksimumnya mendekati 10 Mbps. Gambar 2.9 menjelaskan kinerja *link level* HS-DSCH dengan 15 kode sebagai fungsi rasio *Carrier to Interference* (C/I) pita lebar HS-DSCH. Pita lebar C/I merupakan daya yang diterima HS-DSCH dibagi oleh *noise* dan interferensi. *Data rate* HS-DSCH dibandingkan dengan kapasitas teori *Shannon Limit* untuk *bandwidth* 3.84 MHz. Rumus *Shannon* memberikan *error-free data rate* yang dapat dikirimkan dengan *bandwidth* yang telah ditetapkan dengan adanya *noise* dan interferensi. Kira-kira hanya 2 dB perbedaan antara *Shannon limit* dan kinerja HS-DSCH, terutama yang berkaitan dengan pembatasan dan ketidaktepatan penilaian

penerima. Hasil simulasi menunjukkan bahwa kinerja link HSDPA mendekati batasan teoritis.



Gambar 2.9. Data rate HSDPA Dibandingkan Dengan Shannon Limit Sebagai Fungsi Rata-rata C/I HS-DSCH [2]

Dari gambar 2.9 diperoleh rumus *Shannon Limit* untuk menghitung *bit rate data transfer* rata-rata HSDPA.

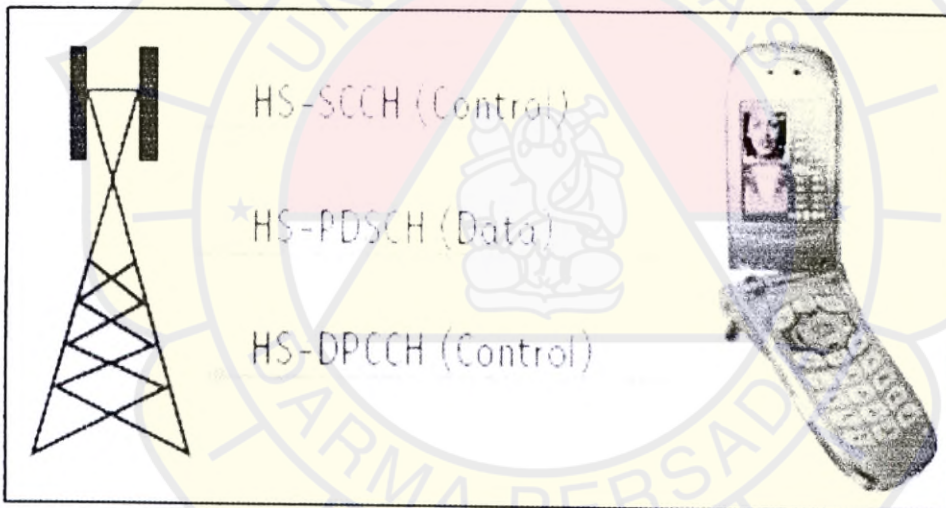
$$\text{Bit Rate} = 3.84 \text{ MHz} \times \log_2(1 + C/I) \dots\dots\dots \text{Persamaan 2.1}$$

Keterangan : C/I = Carrier to Interference (dB)

HSDSCH membagi semua *user* yang menggunakan HSDPA dalam *interactive radio access bearer*. *Shared transport channel* ini dapat dipetakan ke dalam satu atau beberapa kanal fisik (diketahui juga sebagai kode) semuanya menggunakan *spreading factor* 16. Setiap kode (kanal fisik) disebut HSDSCH/HSPDSCH dan memiliki salah satu dari dua format. Dengan *bit rate* setiap kanal 960 kbps (untuk 16QAM) dan 15 kode digunakan, *bit rate* kanal fisik maksimum yang dicapai adalah $15 \times 960 \text{ kbps} = 14400 \text{ kbps} = 14,4 \text{ Mbps}$. Namun dalam prakteknya tidak sesuai karena beberapa *bit* nya termasuk *overhead*, seperti kanal *coding*.

2.3.1.2. Kanal Fisik HSDPA

Tiga kanal fisik baru diperkenalkan dengan HSDPA untuk memungkinkan transmisi HS-DSCH. Dua digunakan untuk kontrol dan satu membawa pada arah *downlink* data *user* seperti ditunjukkan pada gambar 2.10 HS-SCCH (*High-Speed Shared Control Channel*) adalah suatu kanal kontrol *downlink* yang menginformasikan *mobile* manakala data HSDPA dijadwalkan bagi mereka dan bagaimana mereka dapat menerima dan menerjemahkan kode itu. HS-DPCCH (*High-Speed Dedicated Physical Control Channel*) adalah suatu kanal kontrol *uplink* yang digunakan oleh yang *mobile* untuk melaporkan kualitas kanal *downlink* dan meminta retransmisi.



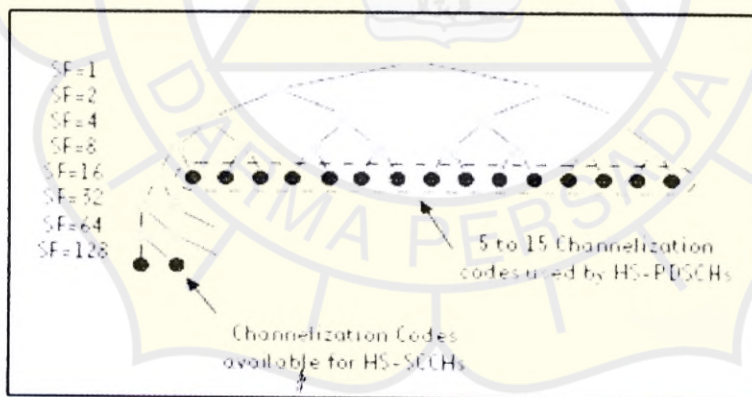
Gambar 2.10. Tiga Kanal Fisik Baru yang Digunakan HSDPA [4]

HS-PDSCH (*High-Speed Physical Downlink Shared Channel*) adalah suatu kanal fisik *downlink* yang membawa HS-DSCH data *user*. Beberapa HS-PDSCH ditugaskan *mobile* untuk masing-masing transmisi. Jumlah maksimum HS-PDSCH yang dapat dialokasikan jangkauannya dari 5 sampai 15 tergantung pada kategori dari peralatan *mobile*. Daftar kategori *mobile* dan karakteristik mereka ditunjukkan pada table 2.

Tabel 2.2. Dua belas (12) kategori *bit rate* untuk HSDPA

Mobile Device Category	Peak Data Rate	HS-PDSCHs Received	Modulation Scheme	Total Number of Soft Channel Bits
11	0.9 Mbits/s	5	QPSK	14400
12	1.8 Mbits/s	5	QPSK	28800
1	1.2 Mbits/s	5	QPSK or 16QAM	19200
2	1.2 Mbits/s	5	QPSK or 16QAM	28800
3	1.8 Mbits/s	5	QPSK or 16QAM	28800
4	1.8 Mbits/s	5	QPSK or 16QAM	38400
5	3.6 Mbits/s	5	QPSK or 16QAM	57600
6	3.6 Mbits/s	5	QPSK or 16QAM	67200
7	7.2 Mbits/s	10	QPSK or 16QAM	115200
8	7.2 Mbits/s	10	QPSK or 16QAM	134400
9	10.1 Mbits/s	15	QPSK or 16QAM	172800
10	14.0 Mbits/s	15	QPSK or 16QAM	172800

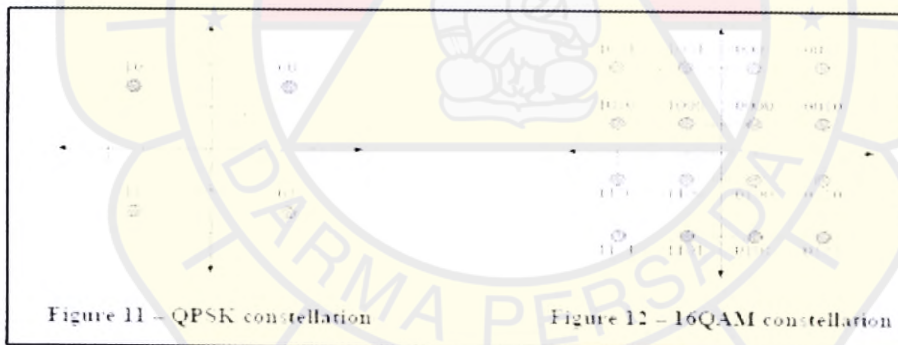
Dalam HSDPA, masing-masing HS-PDSCH mempunyai suatu penyaluran kode OVSF (*Orthogonal Variable Spreading Factor*) berbeda. Dalam UMTS, alokasi spektrum yang dialokasikan pada *bandwidth* 5 MHz. Kanal yang diciptakan di dalam spektrum ini menggunakan CDMA. Masing-masing saluran mempunyai penyaluran kode OVSF. Banyaknya kode yang tersedia dan jumlah data masing-masing yang dapat dibawa tergantung atas SF (*Spreading Factor*) tentang saluran itu.

**Gambar 2.11. Pohon Kode OVSF HSDPA [4]**

Standar HSDPA menetapkan penggunaan kanal *spreading factor* 16 (SF16) untuk HS-PDSCH dan kanal *spreading factor* 128 (SF128) untuk HS-SCCH itu. Seperti ditunjukkan pada gambar 2.11, sampai pada kanal 15 dengan SF16 dialokasikan untuk HS-PDSCH.

2.3.1.3. AMC (*Adaptive Modulation and Coding*)

AMC (*Adaptive Modulation and Coding*) merupakan teknologi utama yang menyebabkan HSDPA mencapai data *rate* jauh lebih besar dari sistem sebelumnya. Sistem CDMA biasanya menggunakan skema modulasi konstan (misalnya M-PSK) dan *fast power control* agar segera dapat menyesuaikan dengan kondisi kanal. Sebaliknya, AMC menggunakan *power* konstan sementara skema modulasi dan *coding* yang berubah sesuai kondisi kanal. Hasilnya meningkatkan *throughput* rata-rata karena level MCS (*Modulation and Coding Scheme*) yang diberikan semakin tinggi sesuai kondisi yang diinginkan pengguna. *Spectral efficiency* juga meningkat karena selalu dipilih level MCS tertinggi yang digunakan pada setiap transmisi. Untuk mendapatkan *throughput* maksimal digunakan 16-QAM. Jika kondisi kanal buruk digunakan QPSK serta kombinasi skema modulasi dan *coding* di antara kondisi tersebut. Perhatikan AMC pada gambar 2.12.

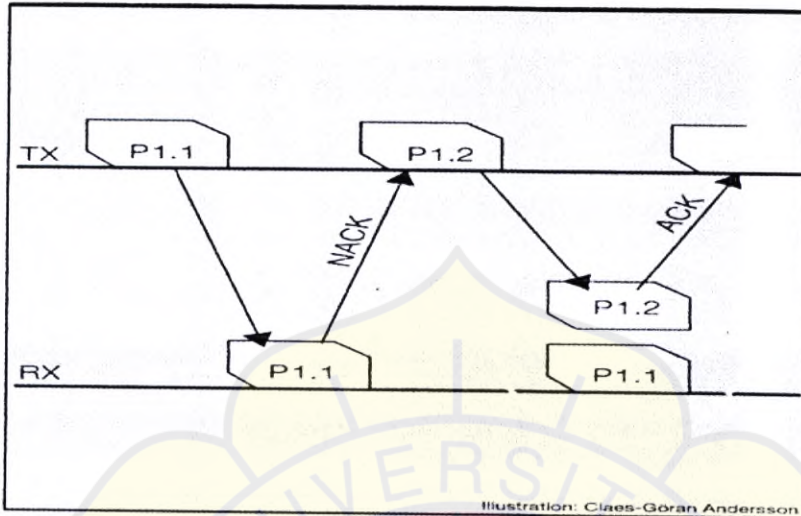


Gambar 2.12. Adaptive Modulation and Coding (AMC) [2]

2.3.1.4. Fast hybrid ARQ

UE (*User Equipment*) dapat dengan cepat meminta retransmisi data yang hilang dan mengkombinasikan informasi dari transmisi yang asli dengan transmisi yang sebelumnya mencoba untuk menerjemahkan kode pesan itu. Pendekatan ini, yang disebut *soft-combining*, peningkatan kapasitas dan menyediakan ketahanan.

jawaban *Negative Acknowledgement* (NACK) dikirim manakala diterima data yang hilang di akhir. Jawaban *Acknowledgement* (ACK) dikirim manakala data diterima benar. Gambar 2.12 menunjukkan *Fast Hybrid ARQ*.



Gambar 2.13. Permintaan transmisi kembali dengan cepat data yang hilang [5]

2.3.1.5. *Fast Scheduling*

Perubahan dasar yang dilakukan adalah penjadwalan pada node B. Dengan cara inilah respon terhadap perubahan kondisi kanal segera dilakukan untuk menjamin layanan untuk UE. Tiga cara penjadwalan dipakai dalam sistem HSDPA yaitu RR (*Round Robin*), *Maximum C/I*, dan PF (*Proportional Fair*).

Penjadwalan RR bekerja berdasarkan posisi antrian, *first in first out*. Meskipun paling sederhana dan *fair*, kondisi kanal yang dipakai UE tidak dijadikan pertimbangan. Sebagai konsekuensinya pengguna tetap dijadwal meskipun kondisi kanal buruk.

Algoritma *Maximum C/I* menjadwal UE ketika memiliki nilai SIR tertinggi di antara UE lain dalam suatu sel. Asumsinya seluruh UE memiliki level MCS tertinggi untuk melakukan transmisi. Hal tersebut kurang *fair* karena menyebabkan hampir setengah pengguna sel tidak memperoleh pelayanan yang memadai.

PF merupakan bentuk kompromi antara RR dan *Maximum C/I*. PF bekerja berdasarkan keseimbangan antara rata-rata SIR yang diperoleh dengan SIR pada waktu tertentu. Hasilnya setiap pengguna dilayani saat kondisi kanal mendukung lebih *fair* karena kondisi kanal waktu tertentu pasti lebih baik daripada rata-ratanya.

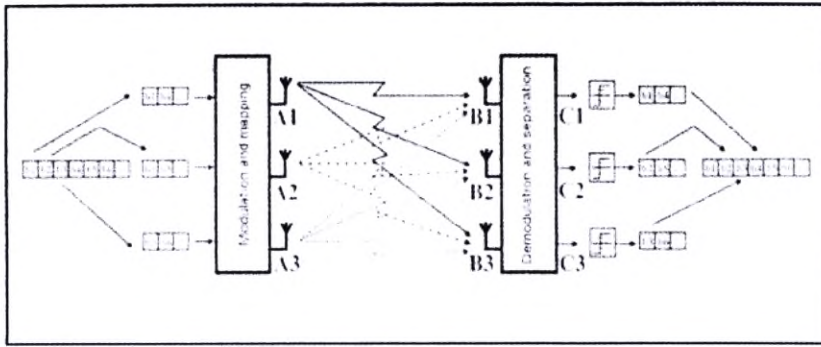
2.3.1.6. FCS (*Fast Cell Selection*)

Perpindahan UE antarsel pada sistem CDMA pada umumnya menggunakan prosedur *soft handoff*. Akan tetapi HSDPA menggunakan cara yang lebih cepat dengan *hard handoff* dengan teknologi yang disebut FCS (*Fast Cell Selection*). FCS bekerja dengan memantau level SIR seluruh Node B dalam jangkauan UE lalu diarahkan pada Node B yang dapat memberikan SIR lebih tinggi (*power CPICH* yang lebih tinggi).

Aktivitas *downlink* hanya dapat dilakukan pada satu Node B. Jika terdapat Node B yang memberikan level SIR yang lebih tinggi pada daerah perpindahan, seharusnya RNC yang bertanggung jawab melakukan proses *handoff*. Dengan FCS, maka dilakukan *internode handoff* ke Node B yang baru. Hal ini bertujuan untuk menurunkan *delay* dalam prosedur *handoff*.

2.3.1.7. MIMO (*Multiple Output Multiple Input*)

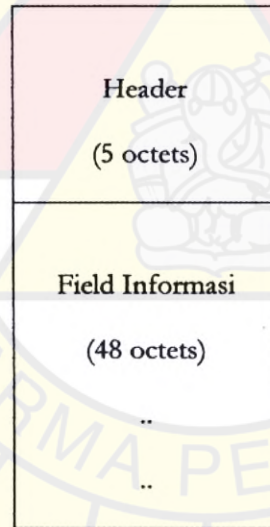
MIMO meningkatkan kapasitas berkaitan dengan *multi-stream transmissions* dan *code reuse* dengan *multiple antenna* pada kedua sisi yaitu *transmitter* dan *receiver*. MIMO telah dipelajari dalam kurun waktu yang lama, akan tetapi berkaitan dengan *processing power* yang sangat tinggi, diperlukan untuk memulihkan sinyal yang dipancarkan, adalah tidak mungkin untuk menerapkan teknologi seperti MIMO ini pada *processor* terdahulu. Gambar 2.13 menunjukkan MIMO.



Gambar 2.14. MIMO (Multiple Input Multiple Output) [6]

2.4. ATM (Asynchronous Transfer Mode)

Pada ATM seluruh informasi yang akan ditransfer akan dibagi menjadi *slot-slot* dengan ukuran tetap yang disebut *cell*. Ukuran *cell* pada ATM adalah 53 *octet* (1 *octet* = 8 *bits*) yang terdiri dari 5 *byte* informasi kontrol yang disebut *header*, dan 48 *byte* data. Lihat Gambar 2.15.



Gambar 2.15. Struktur Sel ATM [10]

2.5. SIGNALING

Signaling adalah mekanisme yang memungkinkan entitas yang berada di dalam jaringan (misalnya perangkat di pelanggan, switch dan sebagainya) untuk membentuk, mempertahankan, dan memutuskan suatu sesi hubungan pada suatu jaringan.