

Protokol

Suthami Ariessaputra, 05946- S2 TE
Jurusan Teknik Elektro FT UGM,
Yogyakarta

5. Protokol

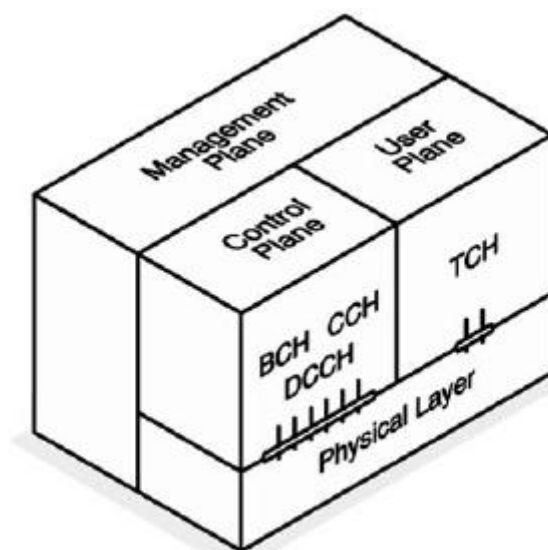
5.1 Bidang Arsitektur Protokol

Berbagai aspek fisik dari transmisi radio di seluruh antarmuka udara GSM dan realisasi saluran fisik dan logis yang dijelaskan dalam Bab 4. Menurut terminologi OSI Reference Model, saluran logis ini berada di Layanan Akses Point dari Layer 1 (layer fisik) yang terdapat pada lapisan atas sebagai saluran transmisi dari lapisan fisik. Lapisan fisik juga termasuk koreksi kesalahan di depan dan enkripsi data pengguna.

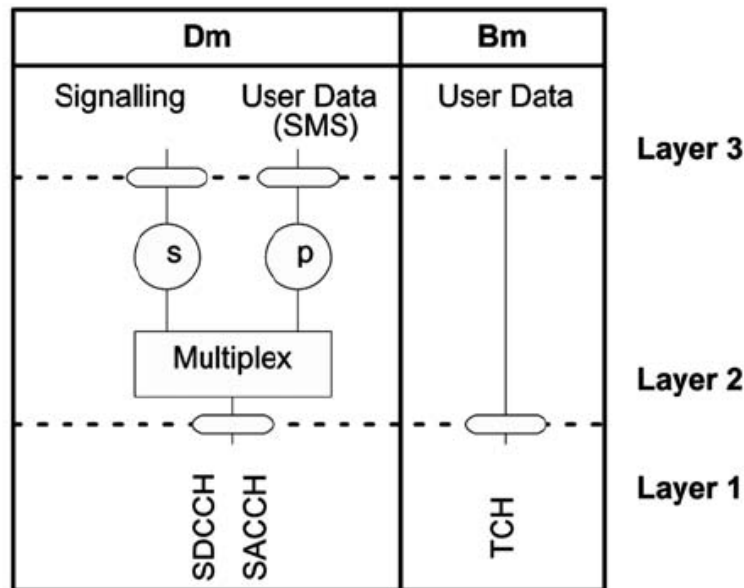
Pemisahan saluran logis ke dalam dua kategori saluran kontrol (saluran pensinyalan) dan saluran lalu lintas (Tabel 4.1) sesuai dengan perbedaan yang dibuat dalam ISDN model *reference* antara pesawat pengguna dan bidang kontrol. Gambar 5.1 menunjukkan model referensi sederhana untuk *User-Network Interface* (UNI) GSM Um, di mana lapisan-melampaui manajemen jangkauan tidak menguraikan lebih lanjut berikut hal ini. Dari sisi pengguna, protokol tujuh lapisan OSI yang ditetapkan untuk pengangkutan data dari pelanggan atau terminal data. Pengguna data yang ditransmisikan dalam jaringan GSM di seluruh antarmuka udara di atas saluran lalu lintas TCH, menggunakan Layer 1 dari pengguna (Gambar 5.1).

Protokol pada bidang pensinyalan yang digunakan untuk menangani akses pelanggan ke jaringan dan untuk kontrol pengguna (pemesanan, aktivasi, routing, switching saluran dan koneksi). Selain itu, protokol pensinyalan antara node jaringan diperlukan (pensinyalan jaringan internal). Saluran Dm dari antarmuka udara di saluran sinyal GSM sehingga diwujudkan dalam bidang pensinyalan (Gambar 5.1).

Karena saluran sinyal secara fisik ada tapi kebanyakan tidak digunakan ketika koneksi pengguna aktif, digunakan juga untuk transmisi data pengguna. Pada ISDN, *packet-switched* data komunikasi tidak diizinkan pada saluran D, misalkan kanal fisik D membawa multiplexing lalu lintas dari pensinyalan data (s-data) dan pengguna (*payload*) data (p-data). Kemungkinan yang sama juga ada pada GSM. Transmisi data tanpa alokasi saluran lalu lintas khusus digunakan untuk SMS dengan menggunakan layanan gratis di saluran sinyal. Untuk tujuan ini, sebuah SDCCH terpisah dialokasikan atau, jika ada koneksi lalu lintas, data unit protokol SMS di *multiplexed* ke pensinyalan data *stream* dari SACCH (Gambar 5.2).

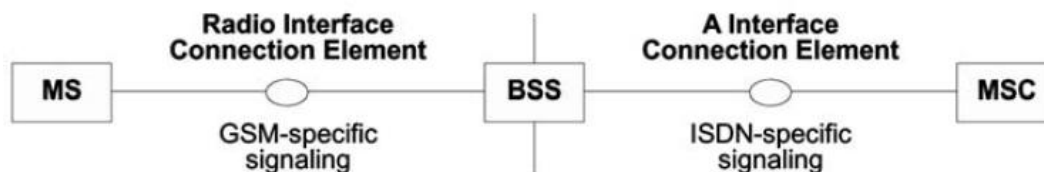


Gambar 5.1 saluran logis pada antarmuka udara dalam model referensi ISDN.



Gambar 5.2 data pengguna dan kontrol pada antarmuka udara.

Kontrol (pensinyalan) dan bidang pengguna dapat didefinisikan dan diimplementasikan secara terpisah, dengan mengabaikan sementara yang mengendalikannya dan data pengguna harus ditransmisikan di media fisik yang sama pada antarmuka udara dan bahwa prosedur sinyal memulai dan mengontrol kegiatan di bidang pengguna. Oleh karena itu, untuk setiap bidang, terdapat pemisah protokol arsitektur yang sama sesuai dengan sistem GSM: data pengguna protokol arsitektur (bagian 5.2) dan arsitektur protokol pensinyalan (bagian 5.3), dengan tambahan arsitektur protokol yang terpisah untuk transmisi p-data pada kontrol (sinyal) bidang (bagian 5.3.2). Arsitektur protokol tidak hanya terdiri dari entitas protokol pada antarmuka radio Um tetapi semua entitas protokol komponen jaringan GSM.



Gambar 5.3 elemen Koneksi.

5.2 Protokol arsitektur pesawat pengguna

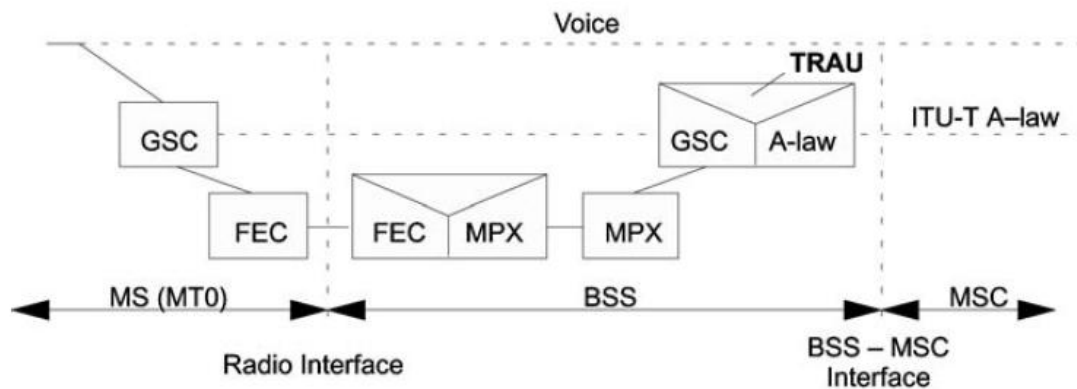
Sebuah PLMN GSM dapat didefinisikan sebagai satu set akses antarmuka (Lampiran A.1) dan menetapkan jenis koneksi yang digunakan untuk mewujudkan berbagai layanan komunikasi. Sambungan di GSM didefinisikan antara titik acuan. Koneksi yang dibangun dari elemen koneksi (Gambar 5.3), dan sistem sinyal dan transmisi dapat berubah dari unsur untuk elemen. Dua unsur itu ada dalam sambungan GSM: elemen sambungan antarmuka radio dan elemen koneksi antarmuka A. Antarmuka radio dan elemen koneksi bersangkutan didefinisikan antara MS dan BSS, sedangkan A elemen antarmuka koneksi ada antara BSS dan MSC di seluruh antarmuka A. Sebuah Sistem pensinyalan GSM yang specific digunakan pada antarmuka radio, sedangkan sinyal ISDN yang kompatibel dan muatan transportasi yang digunakan di seluruh antarmuka A. BSS dibagi menjadi BTS dan BSC. Antara mereka, mereka menggunakan antarmuka Abis, yang tidak memiliki elemen koneksi; ini karena biasanya jelas untuk data pengguna.

Sebuah jenis sambungan GSM menyediakan cara untuk mendeskripsikan koneksi GSM. jenis Koneksi merupakan kemampuan lapisan bawah PLMN GSM. Pada bagian berikut, model protokol disajikan sebagai dasar untuk beberapa jenis sambungan yang didefinisikan dalam standar GSM. Ini adalah koneksi suara dan transparan serta sambungan data yang tidak transparan. Sebuah diskusi rinci tentang jenis sambungan individu dapat ditemukan di Lampiran A dengan deskripsi tentang bagaimana layanan data klasik telah diwujudkan dalam GSM.

5.2.1 Transmisi suara

Sumber kode Sinyal suara dari MS ditransmisikan di antarmuka udara dan dilindungi dari kesalahan dalam bentuk terenkripsi. Sinyal tersebut kemudian diuraikan di BTS, dan perlindungan kesalahan akan dihapus sebelum sinyal diteruskan. Ini khusus melindungi suara transmisi yang terjadi secara transparan antara MS dan *Transcoding* dan *Rate Adaptation Unit* (TRAU) yang berfungsi untuk mengubah kode sinyal suara GSM ke dalam format standar ISDN (aturan ITU-T). Jalur transportasi yang mungkin untuk sinyal suara ditampilkan di Gambar 5.4, di mana bit transportasi bidang (enkripsi dan TDMA / FDMA) telah dihilangkan.

Terminal suara GSM yang sederhana (MT0, lihat juga Gambar A.1) berisi GSM *Speech Codec* (GSC) untuk pengkodean suara. Sinyal suara ini ditransmisikan ke BTS setelah pengkodean kanal (FEC) dan enkripsi, di mana mereka kembali diuraikan, didekodekan dan, koreksi kesalahan jika perlu. Lebih dari satu sinyal suara GSM dapat di-multiplexing ke saluran ISDN, sampai dengan empat sinyal suara GSM (di 13 kb/s masing-masing) per saluran B ISDN (64 kbit/s). Sebelum mereka dilewatkan ke MSC, sinyal suara yang *transcoded* dalam BSS dari format GSM menjadi format ISDN (aturan ITU-T).



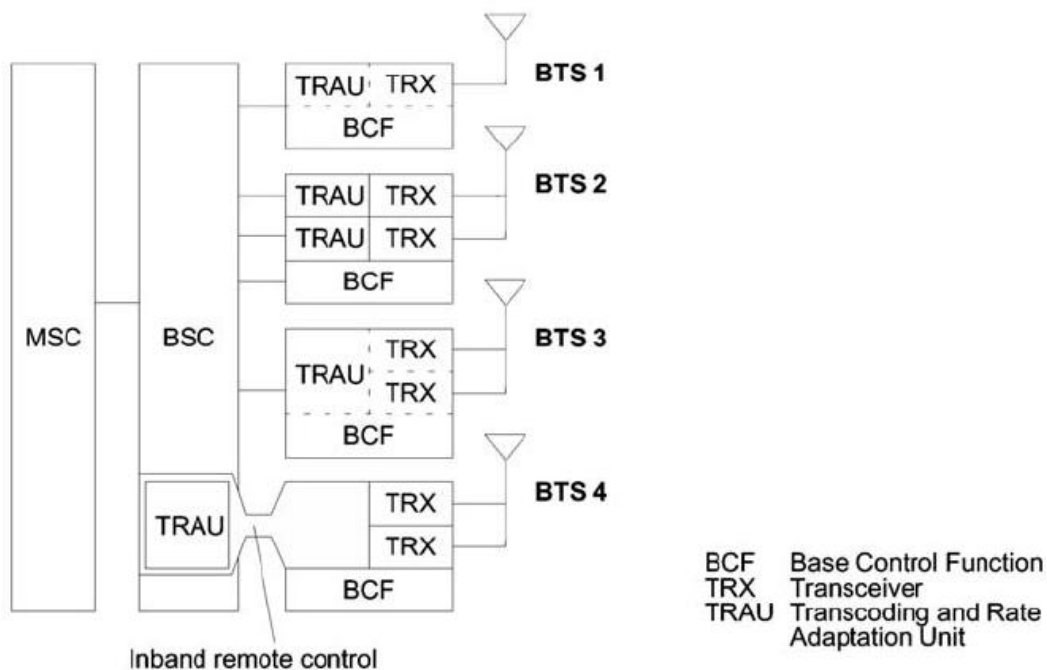
Gambar 5.4 Transmisi suara di GSM.

Beberapa BTS terhubung ke BSC melalui jaringan digital yang tetap, biasanya menyewa atau menggunakan jalur *microwave*, dengan tingkat transmisi 2048 kbit/s (di Eropa), 1544 kbit/s (di AS) atau 64 kbit/s (ITU-T G.703, G.705, G.732). Untuk transmisi suara, BSS menerapkan saluran dari 64 atau 16 kbit/s. Penempatan fisik dari sebagian besar TRAU menentukan jenis kanal suara yang digunakan dalam jaringan tetap. TRAU yang melakukan konversi data pembicaraan antara format GSM (13 kbit / s) dan format aturan ISDN (64 kbit / s). Selain itu, bertanggung jawab atas adaptasi kecepatan data, jika perlu, untuk layanan data. Terdapat dua alternatif untuk posisi dari TRAU, yaitu TRAU dapat ditempatkan pada BTS atau di luar BTS di BSC. Keuntungan dari menempatkan TRAU diluar BTS adalah empat sinyal suara di *submultiplexed* (MPX pada Gambar 5.4) ke saluran ISDN B, sehingga bandwidth yang diperlukan berkurang untuk BTS-ke-BSC. Selain itu, menempatkan TRAU di luar BTS memungkinkan penggabungan fungsi TRAU di semua BTS dari BSS dalam satu unit perangkat keras yang terpisah, mungkin dihasilkan oleh produsen tersendiri. TRAU selalu dianggap sebagai bagian dari BSS dan tidak sebagai unsur jaringan yang independen.

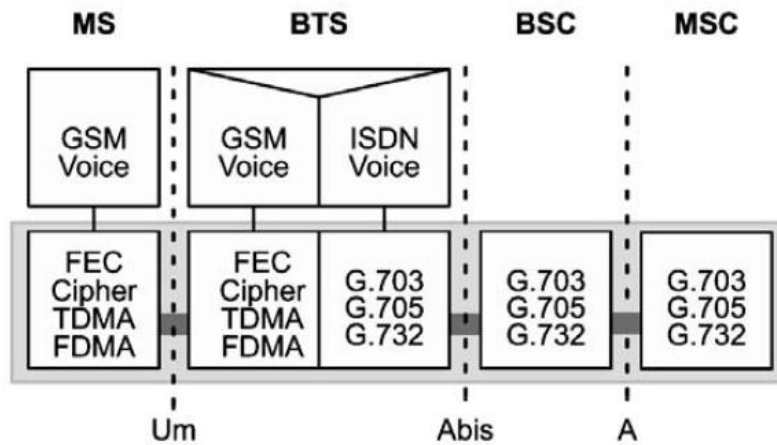
Gambar 5.5 menunjukkan beberapa varian dari penempatan TRAU. Sebuah BTS terdiri dari *Control Base Function* (BCF) untuk fungsi kontrol umum seperti frekuensi *hopping*, dan beberapa (minimal satu) *Transceiver Function* (TRX) modul yang mewujudkan delapan kanal fisik TDMA pada masing-masing frekuensi pembawa. Modul TRX juga bertanggung jawab untuk kanal pengkodean dan *decoding* serta enkripsi sinyal suara dan data. Jika TRAU yang diintegrasikan ke dalam BTS, *transcoding* suara antara format GSM dan ISDN juga dilakukan dalam BTS.

Dalam kasus pertama, TRAU dalam BTS (BTS 1,2,3 pada Gambar 5.5), berdasarkan aturan *transcoding* sinyal suara di BTS menjadi 64 kbit/s, dan sinyal suara tunggal per B channel (64 kbit/s) diteruskan ke BSC/MSC. Untuk sinyal data, bit rate yang disesuaikan dengan 64 kbit/s, atau beberapa saluran data *submultiplexed* lebih dari satu saluran ISDN. hasil arsitektur protokol pengguna untuk transportasi suara ditunjukkan pada Gambar 5.6.

kode suara GSM (13 kbit/s) ditransmisikan melalui antarmuka radio (Um) dalam format yang dikodekan untuk perlindungan kesalahan dan enkripsi. Di lokasi BTS, sinyal *transcoding* GSM menjadi sebuah sinyal suara ISDN dan ditransmisikan melalui jaringan akses ISDN dari MSC tersebut.

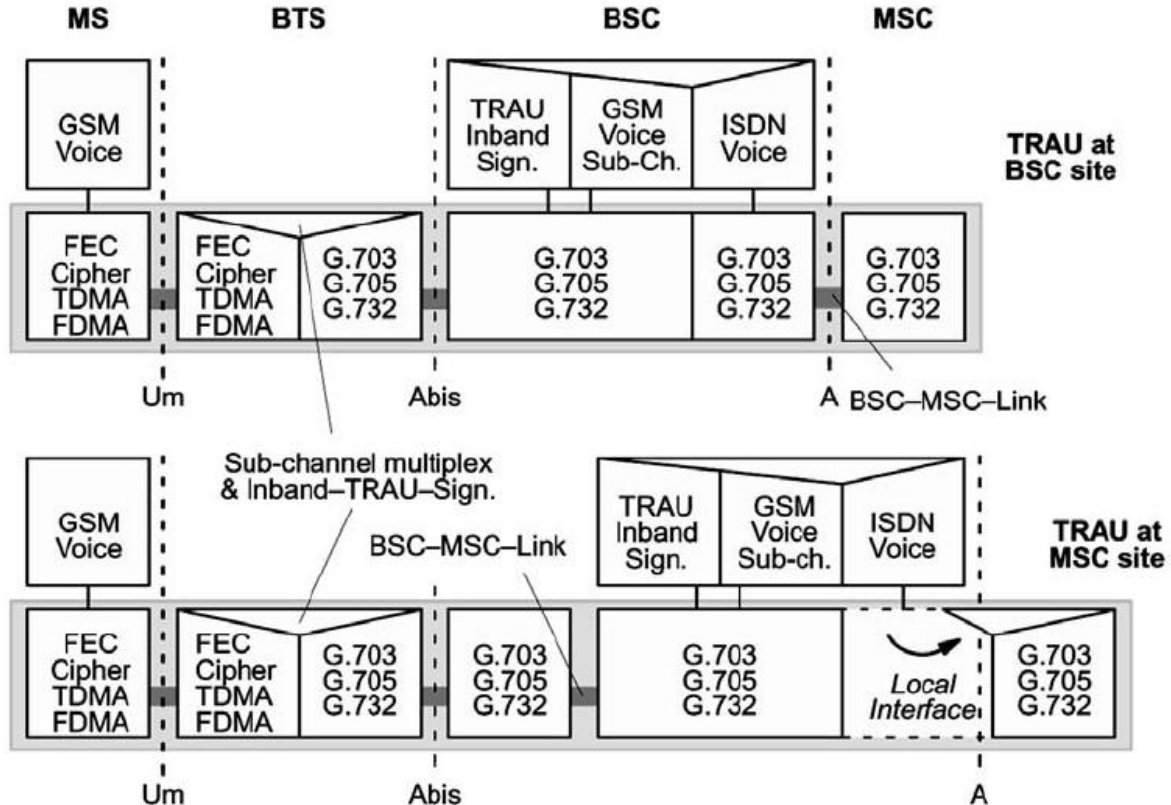


Gambar 5.5 variasi arsitektur BTS dan penempatan TRAU.



Gambar 5.6 Arsitektur protokol GSM untuk suara (TRAU pada sisi BTS) Um.

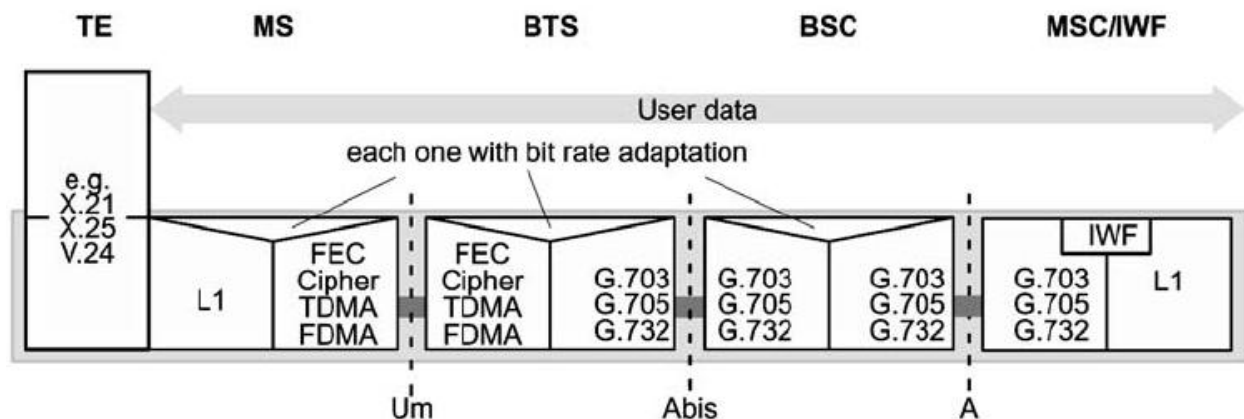
Dalam kasus kedua, TRAU yang berada di luar BTS (BTS 4 pada Gambar 5.5) dan dianggap sebagai bagian dari BSC. Namun, secara fisik juga bisa ditemukan di lokasi MSC, yaitu pada sisi MSC dari link BSC-ke-MSC (Gambar 5.7). *Channel coding / decoding* dan enkripsi masih dilakukan di modul TRX dari BTS, sedangkan transcoding suara berlangsung di BSC. Untuk tujuan kontrol, TRAU perlu menerima sinkronisasi dan *decoding* informasi dari BTS, misalnya BFI untuk penyembunyian kesalahan (bagian 4.7). Jika TRAU tidak berada di BTS, berarti harus dikendalikan dari jauh dari BTS oleh sinyal inband. Untuk tujuan ini, sebuah subkanal dari 16 kbit/s dicadangkan untuk sinyal suara GSM pada link BTS ke BSC, sehingga tambahan 3 kbit / s dibuat tersedia untuk inband sinyal. Alternatifnya, sinyal suara GSM yang ditambahkan dengan sinyal *inband* juga bisa transmisikan dalam saluran ISDN B secara penuh.



Gambar 5.7 arsitektur protokol GSM untuk suara.

5.2.2 Transmisi data yang Transparan

Saluran radio *mobile* digital dikenakan variasi kualitas yang berat dan menghasilkan kesalahan *burst*, yang satu mencoba untuk mengoreksi melalui *interleaving* dan kode konvolusi (bagian 4.8). Namun, jika kualitas sinyal terlalu rendah karena *fading* atau gangguan, yang dihasilkan sehingga kesalahan tidak dapat dikoreksi. Untuk transmisi data di udara antarmuka Um, sedikit sisa kesalahan rasio bervariasi antara 10^{-2} dan 10^{-5} sesuai dengan kondisi saluran dapat diamati (Vogel et al, 1995.). Jenis variabel kualitas transmisi data pada antarmuka udara menentukan kualitas pelayanan transmisi data yang transparan. Transmisi data yang transparan mendefinisikan tipe koneksi GSM yang digunakan untuk realisasi beberapa layanan pembawa dasar. Arsitektur protokolnya diilustrasikan pada Gambar 5.8. Aspek utama dari tipe koneksi yang transparan adalah bahwa data pengguna dilindungi dari kesalahan transmisi yang diakibatkan oleh kesalahan koreksi di depan hanya pada antarmuka udara. Selanjutnya transmisi dalam jaringan GSM untuk MSC berikutnya dengan IWF ke ISDN atau Public Switched Telephone Network (PSTN) terjadi tanpa pelindung pada segmen garis digital, yang sudah memiliki rasio kesalahan bit yang sangat rendah dibandingkan dengan saluran radio. GSM yang transparan menawarkan layanan data dengan throughput *rate* yang konstan dan transmisi delay yang konstan, namun, sisa rasio kesalahan bervariasi sesuai dengan kualitas saluran karena keterbatasan kemampuan koreksi kesalahan di depan.



Gambar 5.8 arsitektur protokol GSM untuk data yang transparan

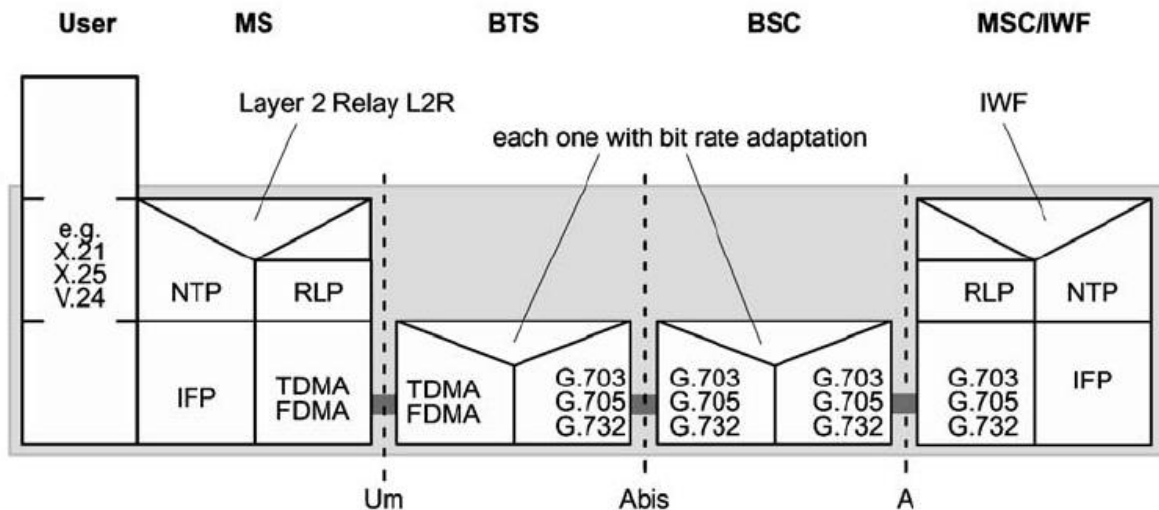
Sebagai contoh, dalam pengambilan data, terminal berkomunikasi menggunakan antarmuka serial tipe V.24. Sebuah layanan pembawa yang transparan menyediakan akses langsung ke jaringan GSM di AMS atau melalui terminal adaptor (referensi titik R pada Gambar A.1). Kecepatan data hingga 9,6 kbit / s dapat yang ditawarkan berdasarkan kapasitas transmisi dari antarmuka udara dan menggunakan bit rate adaptasi yang sesuai. Adaptasi bit *rate* juga membutuhkan konversi asinkron menjadi sinkron sesuai dengan yang diperlukan. Hal ini untuk melengkapi kedatangan *token* yang tidak sinkron dari antarmuka serial dengan mengisi data, karena saluran pengkode memerlukan kecepatan blok yang tetap. Melalui cara ini ada sirkuit koneksi digital switched-sinkron antara terminal layanan akses dan IWF pada MSC, yang membentang di seluruh antarmuka udara dan saluran digital ISDN B dalam jaringan GSM, koneksi ini benar-benar sinkron untuk data pengguna yang tidak sinkron dari *Terminal Equipment* (TE).

5.2.3 Non transparan transmisi data

Dibandingkan dengan rasio kesalahan bit dari jaringan tetap, yaitu dari urutan 10^{-6} sampai 10^{-9} , kualitas layanan data transparan sering tidak cukup untuk banyak aplikasi, khususnya dalam kondisi yang sulit. Untuk memberikan perlindungan yang lebih terhadap kesalahan transmisi, redundansi lebih harus ditambahkan ke data *stream*. Karena redundansi ini tidak selalu dibutuhkan, tapi hanya jika ada sisa kesalahan dalam data *stream*, koreksi kesalahan depan adalah tidak tepat. Sebaliknya, skema kesalahan

deteksi dengan pengiriman ulang secara otomatis blok yang salah digunakan, *Automatic Repeat Request* (ARQ). Seperti ARQ skema yang khusus disesuaikan dengan saluran GSM, adalah RLP. Asumsi untuk RLP adalah bahwa koreksi kesalahan maju yang mendasari kode konvolusi menyadari saluran dengan rata-rata blok rasio kesalahan kurang dari 10%, dengan blok yang sesuai untuk sebuah frame protokol RLP dengan panjang 240 bit. Sekarang saluran non-transparan mengalami penurunan rasio kesalahan dibandingkan saluran transparan, kualitas independen dari transmisi saluran radio bervariasi, namun karena prosedur RLP-ARQ baik throughput dan penundaan transmisi bervariasi dengan kualitas saluran radio.

Transmisi data antara MS dan fungsi interworking dari MSC berikutnya dilindungi dengan lapisan data link protokol RLP, yaitu endpoint dari RLP berakhir pada MS dan IWF entitas, masing-masing (Gambar 5.9). Pada antarmuka terminal data TE, sebuah *Nontransparent Protocol* (NTP) dan *Protokol Interface* (IFP) didefinisikan, tergantung pada sifat antarmuka terminal data. Biasanya, antarmuka V.24 yang digunakan untuk membawa data pengguna yang berorientasi karakter. Karakter dari NTP adalah buffer dan digabungkan menjadi blok di protokol Layer 2 Relay (L2R), yang mengirimkan mereka sebagai frame RLP. Pengangkutan data dan dari terminal data adalah *flow-controlled*. Oleh karena itu, transmisi dalam PLMN adalah tidak lagi transparan untuk terminal data. Pada antarmuka udara, frame RLP baru ditransmisikan setiap 20 ms; sehingga L2R mungkin harus menyisipkan mengisi *token*, jika frame tidak dapat sepenuhnya diisi pada waktu transmisi.



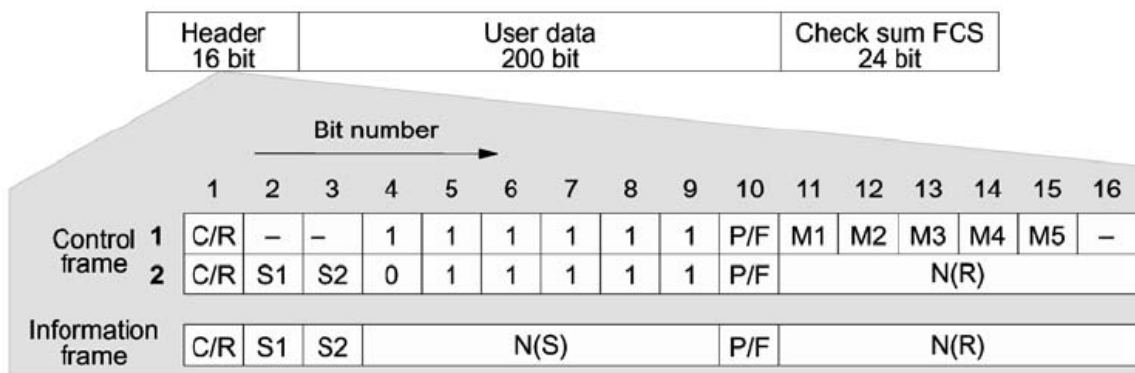
Gambar 5.9 arsitektur protokol GSM untuk data nontransparan.

RLP sangat mirip dengan protokol ISDN *High-level Data Link Control* (HDLC) (ISO/IEC33091991) berkenaan dengan frame struktur dan prosedur protokol, perbedaan utamanya adalah panjang frame tetap 240 bit, berbeda dengan panjang variabel HDLC. Frame terdiri dari protokol *header* 16-bit, bidang informasi 200-bit, dan 24-bit *Frame Check Sequence* (FCS); Gambar 5.10. Karena panjang frame tetap, pada RLP terdapat pola *reserved* bendera, dan prosedur khusus untuk mewujudkan transparansi kode seperti bit isian di HDLC tidak diperlukan. Sangat pendek - dan karena itu kurang rentan terhadap kesalahan - frame persis selaras dengan blok pengkodean kanal. (Probabilitas kesalahan frame meningkat seiring dengan panjang frame.)

RLP memanfaatkan layanan dari lapisan bawah untuk mengangkut Protokol Data Unit (PDU). Saluran menawarkan untuk RLP sehingga memiliki karakteristik utama keterlambatan transmisi 200ms, di samping kesalahan yang mungkin timbul sedikit sisa. Penundaan ini sebagian besar disebabkan oleh interleaving dan channel *coding*, karena transmisi itu sendiri hanya memakan waktu sekitar 25 ms untuk kecepatan data 9,6 kbit / s. Ini artinya akan memerlukan waktu setidaknya 400 ms sampai pengakuan

positif diterima untuk frame RLP, dan parameter protokol seperti timer transmisi jendela dan ulangi perlu disesuaikan.

Header RLP mirip dengan yang digunakan dalam HDLC, perbedaannya bahwa RLP *header* tidak mengandung informasi alamat tetapi informasi kontrol hanya untuk 16 bit yang tersedia. Satu yang membedakan antara frame pengawasan dan frame informasi. Yaitu informasi frame membawa data pengguna, sedangkan frame pengawasan berfungsi untuk mengontrol koneksi (Inisialisasi, pembebasan, reset) serta pengiriman ulang frame informasi selama data transfer. Frame informasi diberi label dengan nomor urut N (S) untuk identifikasi, 6 bit yang tersedia di *header* RLP (Gambar 5.10). Untuk menghemat ruang, bidang ini juga digunakan untuk kode jenis frame. nomor urutan nilai lebih kecil dari 62 mengindikasikan bahwa frame membawa data pengguna di bidang informasi (frame informasi). Dinyatakan bidang informasi akan dibuang, dan hanya kontrol informasi pada *header* adalah kelebihanannya (frame pengawasan). Frame ini ditandai dengan nilai-nilai reserved 62 dan 63 (Gambar 5.10).



Gambar 5.10 Struktur frame RLP.

Karena format *header* ini, frame informasi juga dapat membawa (implisit) informasi kontrol, sebuah proses yang dikenal sebagai membonceng. Informasi *header* dari varian kedua dapat dilakukan sepenuhnya dalam *header* dari sebuah frame informasi. Hal ini menggambarkan lebih lanjut bagaimana RLP telah disesuaikan ke saluran radio, karena itu tidak perlu membuat transmisi tambahan kontrol selama mentransfer informasi, sehingga dapat mengurangi *overhead* protokol dan meningkatkan throughput.

Jadi, pengiriman angka berurutan dihitung oleh modulo 62, yang merupakan jumlah jendela dari frame 61, memungkinkan frame 61 yang beredar tanpa *acknowledgement* sebelum pengirim untuk menerima *acknowledgement* dari frame pertama. *Acknowledgement* positif digunakan, misalkan penerima mengirimkan frame pengawasan eksplisit sebagai tanda terima atau tanda terima implisit dalam suatu informasi frame. Frame *acknowledgement* berisi pengakuan menerima nomor frame N (R) yang menunjukkan penerimaan yang benar dari semua frame, termasuk mengirim urutan nomor N (S) = N (R) - 1.

Setiap kali frame informasi terakhir dikirim, timer T1 dimulai pada pengirim. Jika *acknowledgement* untuk beberapa atau semua frame yang dikirim tidak diterima dalam waktunya, mungkin karena frame RLP *acknowledgement* memiliki kesalahan dan karena itu dibuang, timer berakhir dan menyebabkan pengirim meminta untuk *acknowledgement* eksplisit. Permintaan tersebut dapat pada N2 kali, jika ini masih mengarah pada tidak adanya *acknowledgement*, sambungan dihentikan. Jika pengakuan N (R) adalah diperoleh setelah berakhirnya timer T1, semua frame dikirim mulai dari dan termasuk N (R) ditransmisikan kembali. Dalam kasus permintaan *acknowledgement* secara eksplisit, ini sesuai dengan sebuah modifikasi prosedur Go-back-N. Seperti retransmisi juga diperbolehkan hanya sampai N2 kali. Jika penerimaan tidak dapat diperoleh bahkan setelah percobaan N2, koneksi RLP direset atau dihentikan.

Dua prosedur disediakan dalam RLP untuk menangani frame yang salah yaitu: menolak secara selektif, yang memilih kerangka informasi tunggal tanpa *acknowledgement*, dan menolak, yang

menyebabkan retransmisi dengan *acknowledgement* implisit. Dengan menolak selektif, permintaan transmisi kembali dari entitas penerima RLP frame yang salah sesuai dengan urutan nomor N (R), tapi ini tidak menerima *acknowledgement* dari frame lain. Setiap pelaksanaan RLP sekurang-kurangnya mencakup metode menolak untuk meminta pengiriman ulang frame yang salah. Dengan menolak, penerima akan menanyakan untuk transmisi ulang semua frame yang dimulai dengan frame yang pertama diterima rusak dengan nomor N (R) (Go-back-N). Secara bersamaan, ini secara implisit mengakui penerimaan yang benar dari semua frame sampai dengan dan termasuk N (R) - 1. Realisasi selektif tidak wajib menolak dalam implementasi RLP, tetapi dianjurkan. Hal ini karena Go-back-N menyebabkan pengiriman ulang frame yang mungkin telah dikirimkan dengan benar sehingga throughput menjadi turun.

5.3 Protokol arsitektur untuk bidang pensinyalan

5.3.1 Tinjauan tentang arsitektur pensinyalan

Gambar 5.11 menunjukkan entitas protokol penting dari arsitektur pensinyalan GSM (bidang kontrol atau bidang isyarat). Tiga elemen koneksi dibedakan: elemen sambungan antarmuka radio, elemen sambungan antarmuka BSS dan sambungan elemen antarmuka A. Kontrol bidang arsitektur protokol terdiri dari bagian khusus GSM dengan antarmuka Um dan Abis dan sebagian didasarkan pada SS#7 dengan antarmuka A, B, C, E (Gambar 5.11). Perubahan sistem sinyal sesuai dengan perubahan dari koneksi elemen antarmuka radio untuk elemen koneksi antarmuka A seperti dijelaskan di atas untuk bidang data pengguna (Gambar 5.3).

Antarmuka radio Um berada diantara MS dan BSS, lebih tepatnya antara MS dan BTS. Dalam BSS, BTS dan BSC bekerja sama atas antarmuka Abis, sedangkan antarmuka A terletak di antara BSC dan MSC. MSC juga memiliki sinyal antarmuka untuk VLR (B), HLR (C), untuk MSC lain (E) dan ke EIR (F). Lebih lanjut antarmuka sinyal didefinisikan antara VLRs (G) dan antara VLR dan HLR (D). Gambar 3.3 memberikan gambaran dari antarmuka dalam PLMN GSM.

Lapisan fisik

Dalam bidang kontrol, lapisan terendah dari model protokol pada antarmuka udara, lapisan fisik, menerapkan saluran sinyal logis (TDMA / FDMA, *multiframes*, saluran *coding*, dll; bagian 4.7, 4.8 dan 5.6). Seperti data pengguna, pesan isyarat yang diangkut dalam antarmuka Abis (BTS-BSC) dan antarmuka A (BSC-MSC) pada jaringan digital dengan kecepatan data 2048 kbit / s (1544 kbit / s di USA) atau 64 kbit / s (ITU-T G.703, G.705, G.732).

Layer 2: LAPDm

Pada Layer 2 dari saluran sinyal logis di udara antarmuka protokol data link entitas diimplementasikan, *Link Access Procedure on Dm Channel* (LAPDm). LAPDm adalah turunan dari *Link Access Protocol Channel D* (LAPD) yang secara khusus disesuaikan dengan antarmuka udara. Protokol data link bertanggung jawab untuk melindungi transfer sinyal pesan antara MS dan BTS melalui antarmuka udara, yaitu LAPDm dihentikan pada MS dan *base station*.

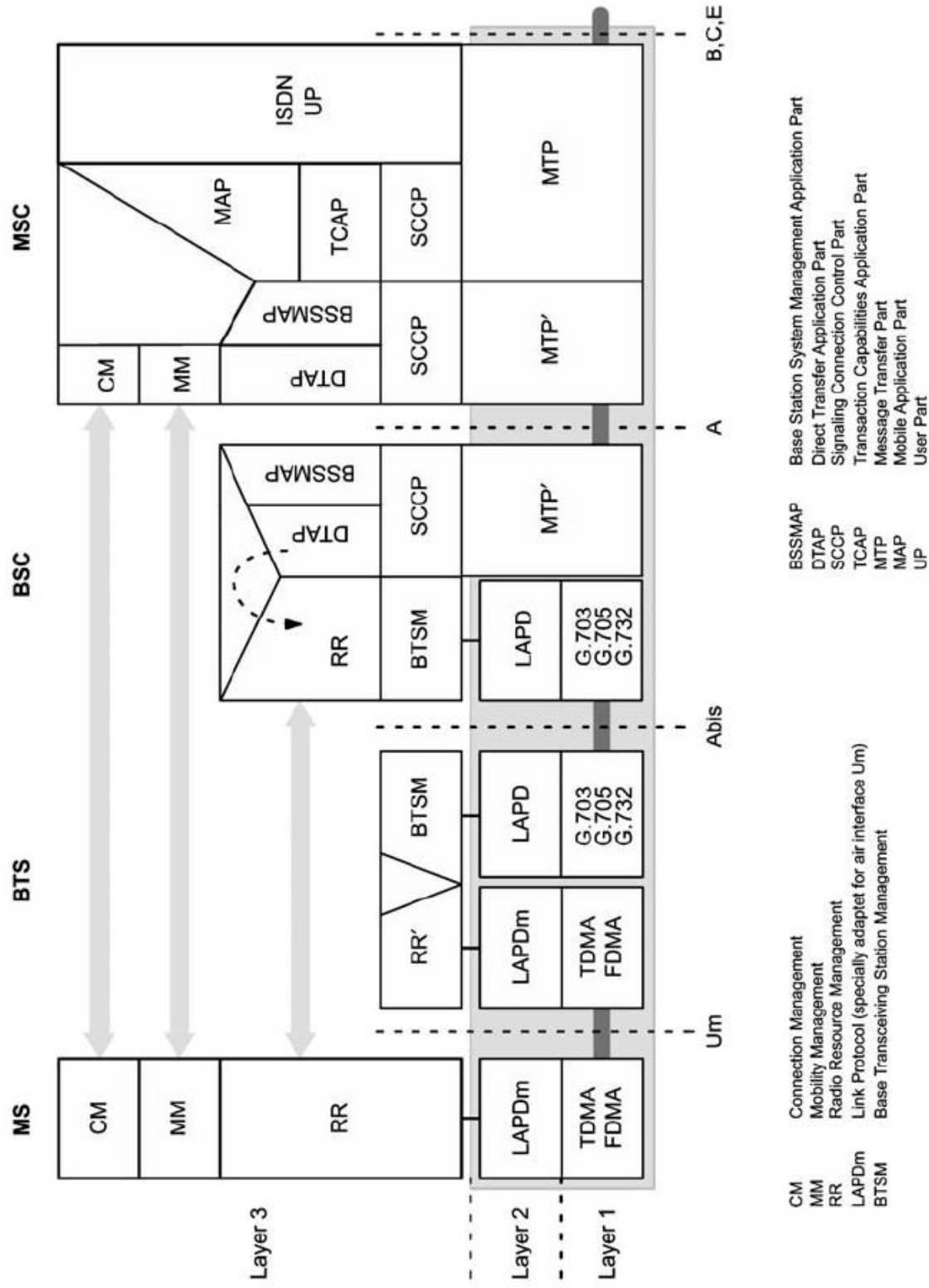


Figure 5.11 GSM protocol architecture for signaling.

Pada dasarnya, LAPDm adalah protokol mirip dengan HDLC yang menawarkan sejumlah layanan pada berbagai jalur Dm logis dari Layer 3: susunan sambungan dan *teardown* melindungi transfer data pensinyalan. Hal ini didasarkan pada berbagai link protokol yang digunakan dalam jaringan tetap, seperti LAPD di ISDN (Bocker, 1990). Tugas utama dari LAPDm adalah transportasi pesan yang transparan antara entitas protokol Layer 3 dengan dukungan khusus untuk:

- beberapa entitas dalam Layer 3 dan Layer 2;
- sinyal untuk penyiaran (BCCH);
- Sinyal untuk *paging* (PCH);
- Sinyal untuk tugas channel (AGCH);
- Sinyal pada saluran khusus (SDCCH).

Sebuah diskusi LAPDm secara rinci disajikan pada bagian 5.4.2.

Layer 3

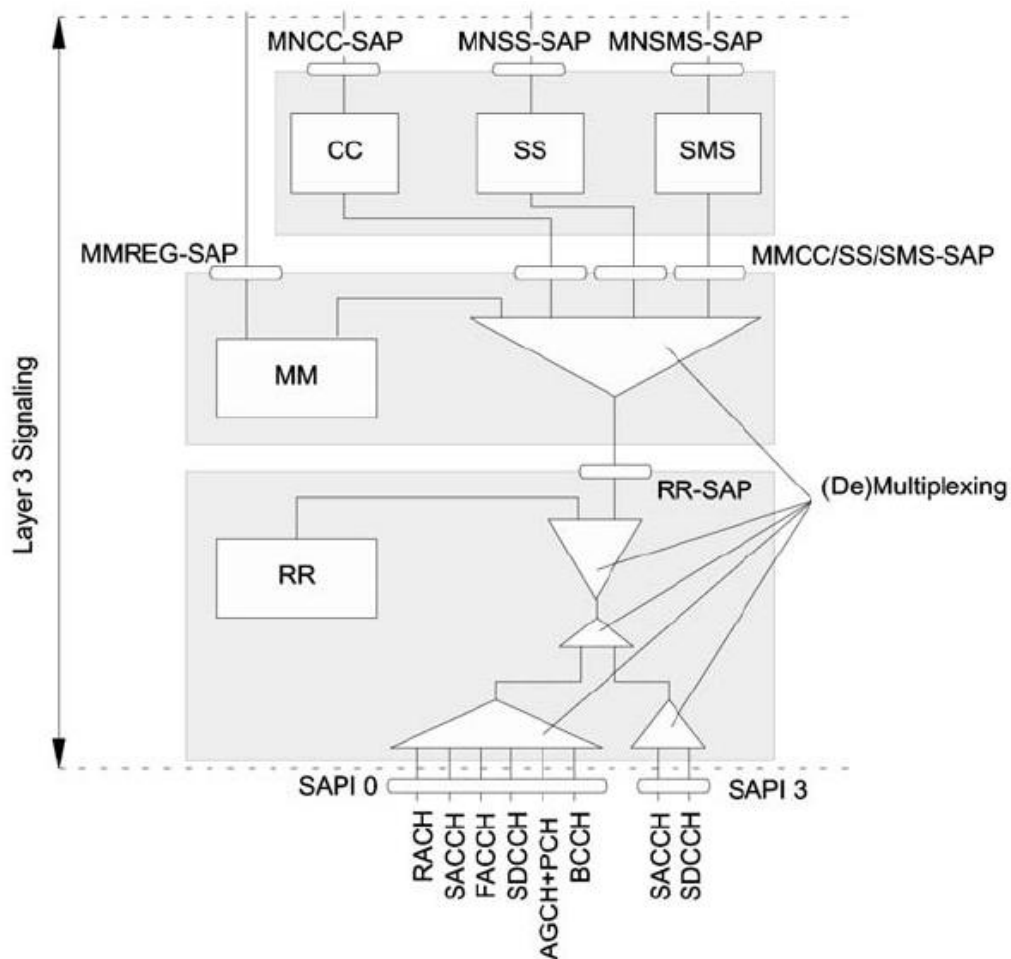
Pada MS, layanan LAPDm digunakan pada Layer 3 dari arsitektur protokol signaling. Layer 3 dibagi menjadi tiga sublayers: *Radio Resource Management* (RR), *Mobility Management* (MM) dan *Management Connection* (CM). Arsitektur protokol dibentuk oleh ketiga sublayers ditunjukkan pada Gambar 5.12. CM kemudian dibagi lagi menjadi tiga protokol entitas: Call Control (CC), Tambahan Jasa (SS) dan SMS. Tambahan fungsi *multiplexing* dalam Layer 3 diperlukan antara sublayers.

Panggilan SS independen dan SMS ditawarkan ke lapisan yang lebih tinggi di dua Layanan Akses Poin (SAP), MNSS dan MNSMS. Untuk melihat lebih rinci pada layanan yang ditawarkan oleh RR tersebut, MM dan entitas protokol CC diberikan sebagai berikut.

Pengelolaan sumber daya radio (RR)

RR pada dasarnya menangani administrasi frekuensi dan kanal. Ini melibatkan RR modul MS berkomunikasi dengan modul RR dari BSC (Gambar 5.11). Tujuan umum dari RR ini adalah untuk mengatur, menjaga dan mencatat koneksi dimana RR mengaktifkan komunikasi point-to-point antara MS dan jaringan. Ini juga termasuk seleksi sel dalam modus siaga dan prosedur *handover*. Selanjutnya, RR bertanggung jawab untuk memantau BCCH dan *downlink* CCCH pada saat tidak ada koneksi RR yang aktif. Fungsi-fungsi berikut yang diwujudkan dalam modul RR:

- Pemantauan BCCH dan PCH (pembacaan dari sistem informasi dan pesan *paging*);
- Administrasi RACH: beberapa MS mengirim permintaan mereka untuk koneksi dan balasan untuk *paging* pengumuman ke BSS;
- Permintaan dan penugasan saluran data dan sinyal;
- Pengukuran periodik kualitas saluran (pemantauan kualitas);
- Kontrol pemancar kekuatan listrik dan sinkronisasi dari MS;
- *Handover* (bagian yang kadang-kadang keliru dikaitkan dengan fungsi roaming dan MM), selalu diawali dengan jaringan;
- Sinkronisasi enkripsi dan dekripsi pada saluran data.



Gambar 5.12 Arsitektur protokol layer 3 di sisi MS.

Sublayer RR menyediakan beberapa layanan di RR-SAP ke sublapisan MM. Layanan ini diperlukan untuk mengatur dan mencatat koneksi pensinyalan dan untuk mengirimkan pesan sinyal.

Manajemen mobilitas

MM mencakup semua tugas yang dihasilkan dari mobilitas. Kegiatan MM yang eksklusif dilakukan atas kerjasama antara MS dan MSC, meliputi:

- Tugas TMSI;
- Lokalisasi MS;
- Lokasi update dari MS, yang dikenal sebagai fungsi roaming;
- Identifikasi MS (IMSI, IMEI);

Tabel 5.1 Distribusi fungsi antara BTS, BSC dan MSC (menurut GSM Rec. 08.02, 08.52).

	BTS	BSC	MSC
Manajemen saluran terestrial			
MSC-BSC-kanal			X
Alokasi kanal		X	
Indikasi blocking			
BSC-BTS-Kanal			
Allocation Kanal		X	
Indikasi blocking	X		
<i>Mobility management</i>			
Autentikasi			X
<i>Updating</i> lokasi			X
Kontrol Panggilan			X
Managemen kanal radio			
Kanal <i>coding/decoding</i>	X		
<i>Transcoding/rate adaptation</i>	X		
Fungsi <i>Interworking</i>			X
Pengukuran			
Pengukuran Uplink	X		X
Proses laporan dari MS/TRX	X	X	X
Pengukuran lalu lintas			X
<i>Handover</i>			
internal BSC, intracell		X	
internal BSC, intercell		X	
eksternal BSC		X	
<i>Recognition, decision, execution</i>			X
HO access detection	X		
<i>Paging</i>			
Inisiasi		X	
Eksekusi	X		
Managemen Konfigurasi Kanal		X	
Frekuensi <i>hopping</i>			
Managemen		X	
Eksekusi	X		
Managemen TCH			
Alokasi Kanal		X	
Link supervision		X	
Kanal release		X	X
observation kanal Idle	X		
Kontrol daya	X	X	
Managemen SDCCH			
Alokasi SDCCH		X	
Link supervision		X	
Kanal release		X	X
Kontrol daya	X	X	
Managemen BCCH/CCCH			
Management penjadwalan pesan		X	
Eksekusi penjadwalan pesan	X		
Deteksi <i>random access</i>	X		
<i>Immediate assign</i>		X	

	BTS	BSC	MSC
Timing Advance Calculation	X		
Sinyal ke MS di <i>random access</i> Sinyal ke MS di <i>handover</i> /selama panggilan	X	X	
Indikasi sumber radio Laporan status dari kanal idel	X		
Fungsi LAPDm	X		
Encryption Managemen Eksekusi	X	X	

- Autentikasi MS;
- IMSI melampirkan dan melepaskan prosedur (misalnya pada penyisipan atau penghapusan SIM);
- Memastikan kerahasiaan identitas pelanggan.

Layanan pendaftaran untuk lapisan yang lebih tinggi yang disediakan oleh Layer 3 pada MMREG-SAP (Gambar 5.12). Pendaftaran melampirkan IMSI dan melepaskan prosedur yang digunakan oleh ponsel untuk melaporkan perubahan kondisi seperti power-up atau power-down, atau penghapusan kartu SIM atau penyisipan.

Sublayer MM menawarkan layanan tersebut pada MMCC-SAP, MMSS-SAP dan MMSMS-SAP ke CC, SS dan entitas SMS. Pada dasarnya ini adalah koneksi ke sisi jaringan atas sehingga unit-unitnya dapat berkomunikasi.

Koneksi manajemen

CM terdiri dari tiga entitas: CC, SS dan SMS. CC menangani semua tugas yang berhubungan dengan pengaturan, memelihara dan mencatat panggilan. Layanan dari CC disediakan di MNCC-SAP, dan mereka meliputi:

- Pembentukan panggilan normal (MS-berasal dan MS-terminating);
- Pembentukan panggilan darurat (hanya MS-berasal);
- pemutusan panggilan;
- Isyarat Dual-Tone Multifrequency (DTMF);
- Tambahan layanan panggilan terkait;
- in-panggilan modifikasi: layanan dapat diubah selama koneksi (misalnya berbicara dan transparan / data transparan adalah alternating, atau berbicara dan fax alternatif).

Pesan RR terutama dipertukarkan antara MS dan BSS. Sebaliknya, fungsi CM dan MM ditangani secara eksklusif antara MS dan MSC, pembagian kerja antara BTS, BSC dan MSC diringkas dalam Tabel 5.1. Seperti dapat dilihat, pesan RR harus diangkut melalui antarmuka Um dan Abis, sedangkan CM dan pesan MM membutuhkan tambahan mekanisme transportasi di seluruh antarmuka A.

Pemindahan Pesan

Dari sudut pandang konseptual, antarmuka A dalam jaringan GSM adalah antarmuka antara MSC, pertukaran ISDN dengan ekstensi jaringan mobile yang spesifik, dan BSC, jaringan selular unit kontrol tertentu yang berdedikasi. Di sini ini juga merupakan titik acuan, di mana perubahan sistem dari sinyal khusus GSM menjadi ISDN umum yang sesuai dengan SS # 7. Pesan transportasi di jaringan SS # 7 diwujudkan melalui *Message Transfer Part* (MTP). Pada intinya, MTP terdiri dari tiga lapisan bawah OSI Reference Model, yaitu MTP menyediakan routing dan transportasi sinyal pesan.

Sedikit modifikasi (pengurangan) versi dari MTP, yang disebut MTP, telah ditetapkan untuk dilindungi dalam transportasi sinyal pesan di antarmuka A antara BSC dan MSC. Di sisi ISDN dari MSC, dimana MTP lengkap tersedia. Untuk sinyal transaksi antara MSC dan MS (CM, MM), perlu untuk menetapkan dan mengidentifikasi koneksi logis yang berbeda. *Signaling Connection Control Part* (SCCP) digunakan untuk memfasilitasi pelaksanaan dengan sedikit mengurangi fungsi dari SS # 7.

Aplikasi BSS

Khusus untuk sinyal GSM antara MSC dan BSC, *Base Station System Application Part* (BSSAP) telah ditetapkan. BSSAP terdiri dari *Direct Transfer Application Part* (DTAP) dan *Base Station System Management Application Part* (BSSMAP). DTAP digunakan untuk mengangkut pesan antara MSC dan MS. Ini merupakan pesan untuk CC dan MM. Pada antarmuka A, mereka ditransmisikan dengan DTAP dan kemudian diteruskan transparan melalui BSS di antarmuka Abis ke MS tanpa adanya interpretasi oleh BTS.

BSSMAP adalah protokol bagian yang bertanggung jawab untuk semua administrasi dan kontrol sumber daya radio dari BSS. RR adalah salah satu fungsi utama dari BSS. Oleh karena itu, entitas RR berhenti pada masing-masing MS dan BTS atau BSC. Beberapa fungsi RR, tetap memerlukan keterlibatan MSC (misalnya beberapa situasi *handover*, atau pelepasan sambungan atau saluran). Tindakan tersebut harus dimulai dan dikendalikan oleh MSC (misalnya *handover* dan tugas saluran). Kontrol ini adalah tanggung jawab BSSMAP. Pesan RR dipetakan dan dikonversi ke BSC dalam prosedur dan pesan-pesan BSSMAP dan sebaliknya. BSSMAP menawarkan fungsi yang dibutuhkan pada antarmuka A antara BSS dan MSC untuk RR dari BSS. Oleh karena itu, pesan RR memulai fungsi BSSMAP, dan mengontrol fungsi BSSMAP serta fungsi protokol RR.

Manajemen BTS

Situasi yang sama ada pada antarmuka Abis. Sebagian besar pesan RR dilewati secara transparan oleh BTS antara MS dan BSC. Informasi RR tertentu, bagaimanapun, harus diinterpretasikan oleh BTS, misalnya dalam situasi seperti akses acak dari MS, awal proses penyandian, atau *paging* ke lokal MS untuk pengaturan sambungan. *Base Transceiver Stations Station Management* (BTSM) berisi fungsi untuk perbaikan pesan-pesan dan prosedur lain dari pengelolaan BTS. Selain itu pemetaan terjadi pada BTS dari BTSM ke pesan RR yang relevan pada antarmuka udara (RR, Gambar 5.11).

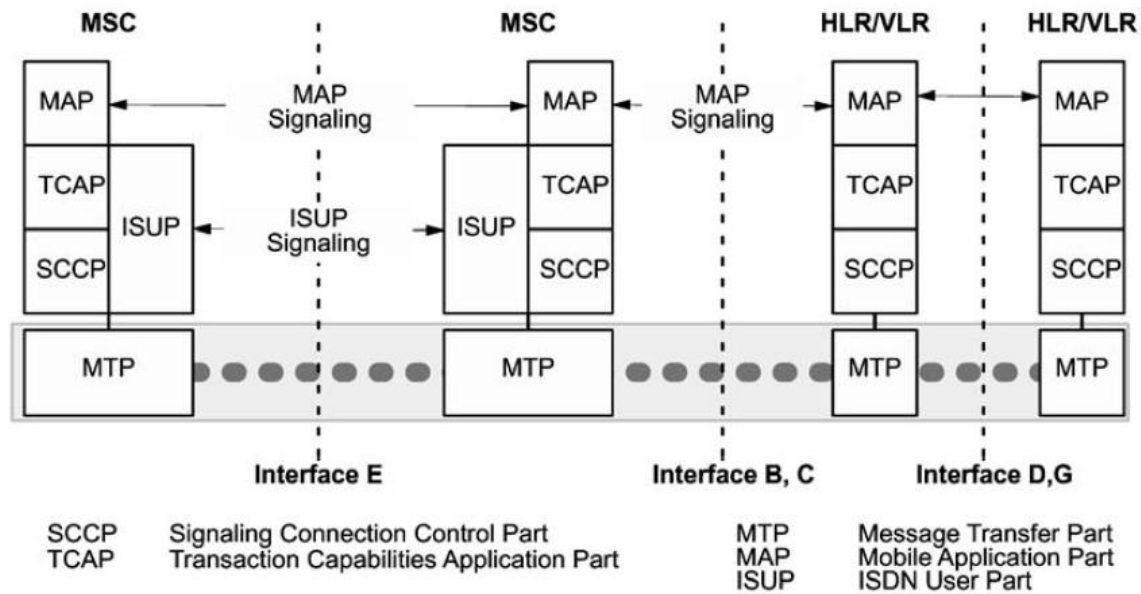
Aplikasi mobile

MSC dilengkapi dengan MAP, ekstensi jaringan bergerak khusus SS # 7, untuk komunikasi dengan komponen lain dari GSM network (HLR dan VLR register, MSC) dan PLMN lainnya. Di antara fungsi MAP semua sinyal fungsi antara MSC serta antara MSC dan register (Gambar 5.13). Fungsi ini meliputi:

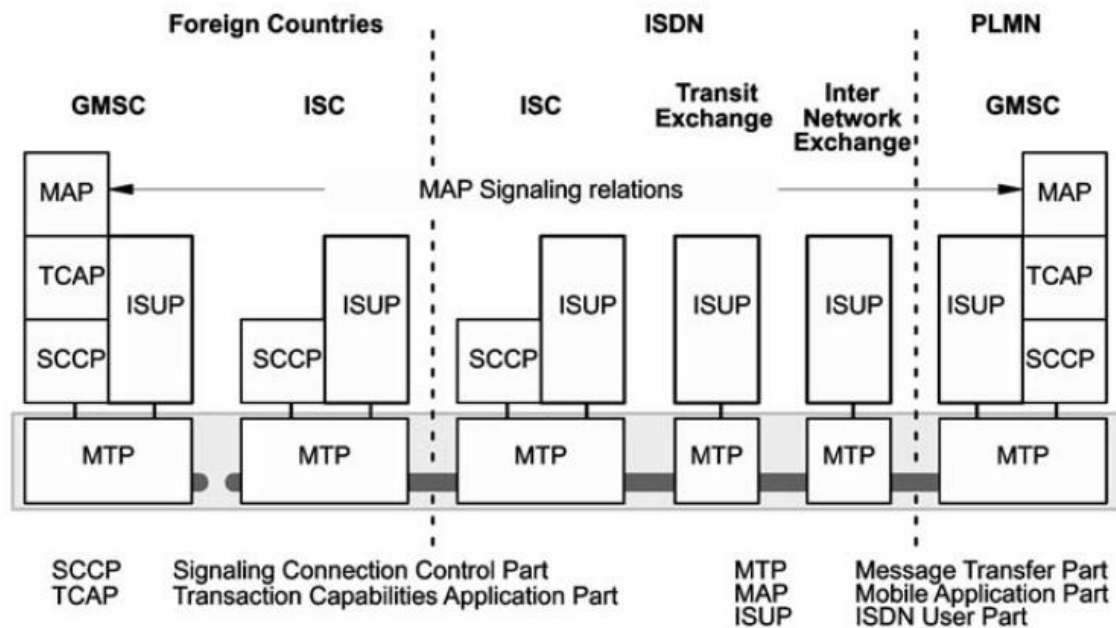
- Memperbarui informasi tempat tinggal di VLR;
- Pembatalan informasi tempat tinggal di VLR;
- Penyimpanan informasi routing dalam HLR;
- Memperbarui dan melengkapi profil pengguna dalam HLR dan VLR;
- Permintaan informasi routing dari HLR;
- Hubungan *handover* antara MSC.

Pertukaran pesan MAP, misalnya, dengan MSC lain, HLR atau VLR, terjadi pada transportasi dan protokol transaksi dari SS#7. SS#7 protokol transaksi adalah *Transaction Capabilities Application Part* (TCAP). Sebuah layanan transportasi *connectionless* ditawarkan oleh SCCP.

Fungsi MAP membutuhkan saluran untuk sinyal antara beberapa PLMN yang disediakan oleh SS # 7 internasional. Akses ke SS # 7 terjadi melalui ISDN tetap.



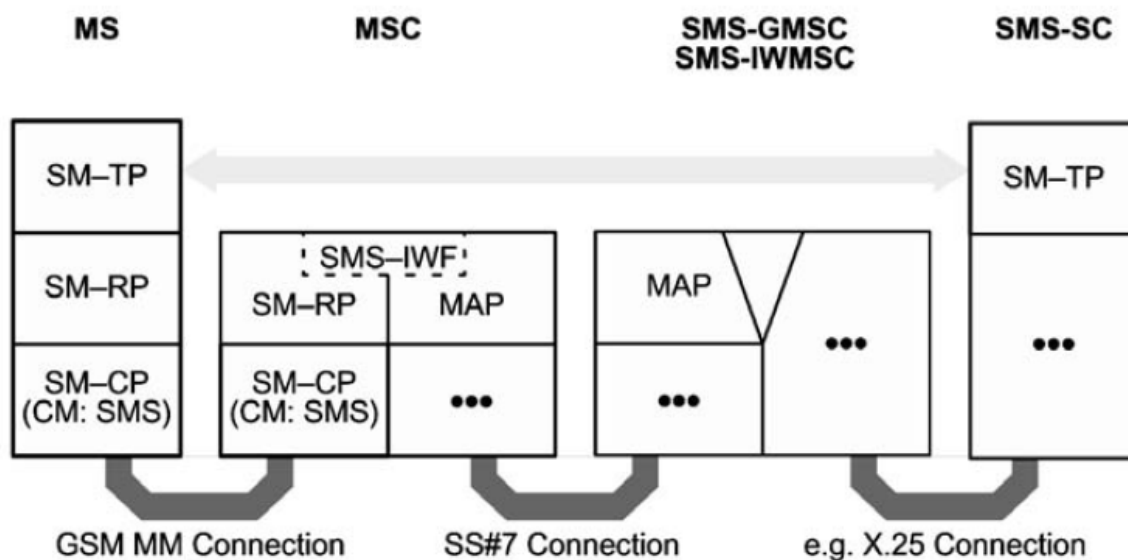
Gambar 5.13 Protokol antarmuka dalam jaringan selular.



Gambar 5.14 Hubungan sinyal internasional melalui ISDN (Gottschalk, 1993)

Sambungan ke jaringan tetap biasanya dilakukan melalui *leased line*, dalam kasus operator jaringan GSM Jerman, melalui *lines* dengan laju 2 Mbit/s dari Deutsche Telekom (Gottschalk, 1993). Seringkali mayoritas MSC dalam PLMN memiliki akses ke jaringan tetap. Pada baris ini, data pengguna baik dan data pensinyalan diangkut. Dari sudut pandang jaringan tetap, suatu MSC diintegrasikan ke jaringan dengan cara yang sama sebagai node pertukaran ISDN normal. Di luar sebuah PLMN, dimulai dengan GMSC, panggilan MS diperlakukan seperti panggilan untuk pelanggan dari jaringan tetap, yaitu mobilitas pelanggan yang dengan MSISDN menjadi 'terlihat' hanya melewati GMSC. Untuk CC, MSC memiliki antarmuka yang sama sebagai *node switching* ISDN. sinyal *connection-oriented* jaringan GSM dipetakan pada sisi jaringan tetap

(antarmuka untuk ISDN) ke dalam ISDN *User Part* (ISUP) yang digunakan agar terhubung dengan saluran ISDN melalui jaringan (Gambar 5.14). sinyal khusus *mobile* dari MAP diarahkan melalui pintu gerbang dari PLMN (GMSC) dan ISC dari jaringan ISDN nasional ke jaringan SS#7 internasional (Gottschalk, 1993). Dengan cara ini, transportasi data sinyal antara jaringan GSM yang berbeda juga dijamin tanpa masalah.



Gambar 5.15 Arsitektur protokol untuk transfer SMS

5.3.2 Transportasi data pengguna dalam pensinyalan

Dalam bidang pensinyalan (bidang kontrol) dari arsitektur GSM, kita juga dapat mengirim paket *oriented* data pengguna dari atau ke MS. Hal ini terjadi untuk SMS point-to-point. Pesan pendek selalu ditransmisikan dalam mode *store* dan *forward* melalui *Short Message Service Center* (SMS-SC). Pusat layanan menerima pesan ini, dengan panjang bisa sampai 160 karakter, dan diteruskan ke penerima lain (MS atau fax, email, dll). Pada prinsipnya, GSM mendefinisikan arsitektur protokol terpisah untuk realisasi layanan ini.

Antara MS dan pusat layanan, pesan singkat dikirim menggunakan protokol transportasi *connectionless*: *Short Message Transport Protocol* (SM-TP) yang menggunakan jasa pensinyalan protokol dalam jaringan GSM. Transportasi pesan ini di luar jaringan GSM dan tidak didefinisikan. Misalnya, SMS-SC bisa langsung terhubung ke *gateway switching center* (SMS-GMSC), atau bisa juga terhubung ke Layanan *Short Message Interworking MSC* (SMS-IW MSC) melalui koneksi X.25 (Gambar 5.15). Dalam Jaringan GSM antara MSC, sebuah pesan singkat ditransfer dengan MAP dan lapisan SS # 7 yang lebih rendah. Akhirnya, antara MS dan MSC perusahaan lokal, dua lapisan protokol bertanggung jawab untuk transfer unit protokol transport SMS. Pertama, ada entitas SMS di CM sublayer dari Layer 3 pada antarmuka pengguna-jaringan (lihat Gambar 5.12) yang menyadari *Short Message Control Protocol* (CP-SM) dan layanan *connection-oriented*. Kedua, ada lapisan relay, di mana *Short Message Relay Protocol* (SM-RP) terdapat, lapisan ini menawarkan layanan *connectionless* untuk transfer SMS transportasi PDU antara MS dan MSC. Penggunaan layanan pada layanan akses jalur MMSMS-SAP dapat dilihat pada Gambar 5.12 dan dengan sambungan dari sublapisan MM.

Selain SM-CP, protokol relay SM-RP diperkenalkan di atas sublayer CM (Gambar 5.12 dan 5.15) untuk mewujudkan transmisi mengakui pesan singkat, tetapi dengan *overhead* minimal untuk saluran radio. Sebuah pesan singkat yang dikirimkan oleh MS dilewatkan melalui jaringan sinyal hingga mencapai pusat layanan SMS-SC. Jika pusat layanan menentukan penerimaan pesan bebas dari kesalahan, pesan

acknowledgement dikirimkan pada arah sebaliknya, akhirnya dapat menyebabkan pengiriman pesan *acknowledgement* dari entitas SM-RP di MSC untuk MS. Sampai pesan *acknowledgement* ini tiba, sambungan dalam sublapisan MM dapat non aktifkan, dan dengan demikian juga saluran radio sebaliknya. Dengan cara ini, radio sumber daya di seluruh antarmuka udara hanya ditempati selama transmisi pesan SM-RP. Setiap transmisi sukses dari PDU SM-CP di MM koneksi, yang meliputi antarmuka udara rawan kesalahan, segera dikirim *acknowledgement*, atau kesalahan lain segera dilaporkan ke entitas SM-CP pengiriman. Jadi jika pesan yang rusak pada antarmuka radio, ini untuk menghindari pengiriman yang ganda ke pusat layanan.