

# خلاصه آموزشی GSM صفحات 23-35

عنوان: خلاصه آموزشی GSM صفحات 23-35

این جزوه شامل خلاصه آموزشی کامل صفحات 23 تا 35 فایل GSM System Overview است. ساختار به صورت صفحه به صفحه مطابق شماره داخلی PDF بوده و برای هر صفحه توضیح روان، نکات امتحانی و آموزشی ارائه شده است.

## صفحه 23: خدمات (GSM Services)

توضیح: شبکه GSM (Global System for Mobile communications) یک سیستم چندسرویسی (Multiservice System) است که طیف گسترده‌ای از خدمات ارتباطی را برای کاربران فراهم می‌کند. این خدمات را می‌توان به سه دسته اصلی تقسیم کرد:

1. سرویس‌های مکالمه (Telephony Services): شامل ارتباطات صوتی دوطرفه (Voice Calls).
  2. سرویس‌های داده (Data Services): شامل انتقال داده‌ها با سرعت‌های مختلف، مانند فکس و دسترسی به اینترنت (در نسل‌های بعدی GSM).
  3. سرویس‌های تکمیلی (Supplementary Services): خدماتی که قابلیت‌های اصلی تماس را بهبود می‌بخشند (مانند Call Forwarding یا Caller ID).
- نکات امتحانی و آموزشی: \* GSM بر خلاف سیستم‌های قدیمی‌تر (مانند آنالوگ)، یک سیستم دیجیتال و چندسرویسی است. \* خدمات اصلی GSM شامل صدا، پیامک (SMS) و انتقال داده است.

## صفحه 24: Bearer Services و Teleservices

توضیح: خدمات GSM به دو سطح اصلی تقسیم می‌شوند که رابطه سلسله مراتبی دارند:

1. Bearer Services (خدمات حامل): این خدمات لایه زیرین (پایه) شبکه را تشکیل می‌دهند و مسئول انتقال واقعی بیت‌ها (اطلاعات خام) بین دو نقطه در شبکه هستند. این خدمات تعیین می‌کنند که داده‌ها چگونه منتقل شوند (مثلاً نرخ بیت، نوع کدگذاری). Bearer Services هیچ اطلاعی از محتوای داده منتقل شده ندارند.

2. Teleservices (خدمات تله): این‌ها خدمات کامل و قابل استفاده توسط کاربر نهایی هستند. یک Teleservice از یک یا چند Bearer Service برای ارائه یک سرویس نهایی استفاده می‌کند.

مثال: سرویس مکالمه صوتی (Voice Call) یک Teleservice است که از یک Bearer Service (مثلاً انتقال داده با نرخ ثابت) استفاده می‌کند. سرویس SMS نیز یک Teleservice است.

نکات امتحانی و آموزشی: \* Teleservice «بالا تر» از Bearer Service قرار دارد؛ یعنی Teleservice برای عملکرد خود به Bearer Service وابسته است. \* Bearer Service صرفاً مسیر انتقال را فراهم می‌کند، اما Teleservice معنای واقعی ارتباط (صدا یا پیام) را فراهم می‌آورد.

---

## صفحه 25: Supplementary Services

توضیح: خدمات تکمیلی (Supplementary Services) قابلیت‌های اضافی هستند که عملکرد اصلی تماس (Teleservices) را غنی‌تر می‌کنند. این خدمات معمولاً به صورت اختیاری برای مشترک فعال می‌شوند و می‌توانند در حین برقراری یا پس از برقراری تماس مورد استفاده قرار گیرند. مثال‌های مهم عبارتند از:

- Call Forwarding (انتقال تماس): هدایت تماس‌های ورودی به شماره‌ای دیگر (مشغول بودن، پاسخ ندادن، یا همیشه).
- Call Waiting (انتظار تماس): اطلاع‌رسانی در مورد یک تماس ورودی جدید در حالی که کاربر مشغول مکالمه دیگری است.
- Call Hold (نگه‌داشتن تماس): تعلیق موقت مکالمه جاری برای پاسخ به تماس دیگر (معمولاً همراه با Call Waiting).
- Caller ID (نمایش شماره تماس‌گیرنده): ارسال یا دریافت شماره تلفن شخص تماس‌گیرنده.
- Call Barring (مسدودسازی تماس): جلوگیری از برقراری تماس‌های خروجی یا دریافت تماس‌های ورودی بر اساس قوانین تعریف شده.

نکات امتحانی و آموزشی: \* Supplementary Services نیاز به یک Bearer Service ندارند، اما معمولاً برای اجرا بر روی Teleservices (مانند تماس صوتی) فعال می‌شوند. \* این خدمات قابلیت انعطاف‌پذیری بالایی به کاربر می‌دهند.

---

## صفحه 26: انواع تماس در GSM

توضیح: تماس‌ها در شبکه GSM بر اساس مبدأ و مقصد دسته‌بندی می‌شوند و توسط مرکز سوئیچ موبایل (MSC) مدیریت می‌گردند:

1. Mobile Originated Call (MOC): تماسی که توسط کاربر موبایل شروع شده و به سمت شبکه عمومی (PSTN یا شبکه دیگر موبایل) هدایت می‌شود.
  2. Mobile Terminated Call (MTC): تماسی که از شبکه عمومی شروع شده و به سمت کاربر موبایل ارسال می‌شود (نیاز به Location Update و Paging دارد).
  3. Emergency Call (تماس اضطراری): تماس‌های ویژه (مانند 112 یا 911) که معمولاً نیازی به احراز هویت (Authentication) ندارند و توسط نزدیک‌ترین BTS پوشش داده می‌شوند.
  4. Data Call: تماسی که برای انتقال داده‌ها (مانند فکس یا مودم) استفاده می‌شود.
- نکات امتحانی و آموزشی: \* MSC نقش محوری در سوئیچینگ و مسیریابی این تماس‌ها دارد. \* MTC پیچیده‌تر از MOC است زیرا شبکه باید مکان مشترک را پیدا کند.
- 

## صفحه 27: Call Setup (برقراری تماس)

توضیح: مراحل برقراری یک تماس در GSM یک فرآیند چند مرحله‌ای و هماهنگ بین تجهیزات کاربر (UE)، ایستگاه پایه (BTS/BSC) و مراکز سوئیچینگ (MSC) است:

1. درخواست تماس (Request/Initial Access): مشترک شماره‌گیری می‌کند و UE پیام دسترسی به شبکه (RACH) را به BTS ارسال می‌کند.
2. تخصیص منابع اولیه: BSC منابع رادیویی مورد نیاز (مانند کانال کنترل) را به UE تخصیص می‌دهد.
3. احراز هویت و تأیید (Authentication & Authorization): MSC با AuC (مرکز احراز هویت) چک می‌کند که مشترک مجاز به استفاده از شبکه است یا خیر (این مرحله ممکن است پس از تخصیص منابع اولیه انجام شود).
4. تخصیص کانال (Channel Assignment): پس از تأیید، یک کانال ترافیکی (Traffic Channel) از بین کانال‌های موجود در BTS برای انتقال صدا یا داده بین UE و BTS تخصیص داده می‌شود.
5. برقراری ارتباط (Connection Establishment): MSC سیگنال‌دهی نهایی را به شبکه مقصد ارسال می‌کند و ارتباط صوتی برقرار می‌شود.

نکات امتحانی و آموزشی: \* مهم‌ترین مراحل شامل دسترسی اولیه (RACH)، احراز هویت و تخصیص کانال ترافیکی است. \* بخش عمده‌ای از زمان برقراری تماس مربوط به سیگنال‌دهی و تأیید مکان است.

---

## صفحه 28: Location Management (مدیریت موقعیت)

توضیح: برای اینکه تماس‌های ورودی (MTC) به مشترک برسند، شبکه باید همواره بداند که مشترک در کدام منطقه جغرافیایی قرار دارد. این فرآیند توسط دو پایگاه داده اصلی مدیریت می‌شود:

1. HLR (Home Location Register): پایگاه داده اصلی که اطلاعات دائمی مشترک، از جمله IMSI و سرویس‌های ثبت‌شده، در آن نگهداری می‌شود.
  2. VLR (Visitor Location Register): پایگاه داده موقتی که اطلاعات مشترکین فعال در منطقه جغرافیایی یک MSC/VLR خاص را نگهداری می‌کند.
- مفهوم Location Area (LA): شبکه به مناطق جغرافیایی تقسیم می‌شود که هر کدام توسط یک گروه از BTS‌ها پوشش داده می‌شوند. هر منطقه به یک LA کد اختصاص داده می‌شود.
- Location Update (به‌روزرسانی موقعیت): هنگامی که یک مشترک موبایل وارد یک LA جدید می‌شود یا برای اولین بار شبکه را روشن می‌کند، باید با ارسال پیام Location Update، VLR فعلی خود را به‌روز کند. اگر مشترک از یک VLR به VLR دیگر برود، VLR قدیمی باید سوابق مشترک را پاک کند و HLR به‌روزرسانی شود.

نکات امتحانی و آموزشی: \* وظیفه VLR: نگهداری موقت اطلاعات کاربران در حال حاضر در محدوده آن. \* وظیفه HLR: نگهداری دائمی اطلاعات کاربران، حتی زمانی که خاموش هستند.

---

## صفحه 29: Authentication (احراز هویت)

توضیح: احراز هویت برای اطمینان از قانونی بودن مشترکی که قصد استفاده از خدمات شبکه را دارد، انجام می‌شود. این فرآیند امنیت شبکه را تضمین می‌کند.

اجزا و فرآیند:

1. IMSI (International Mobile Subscriber Identity): شناسه منحصر به فرد مشترک که توسط گوشی ارسال می‌شود.

2. Ki (Key): کلید سری مخصوص هر مشترک که فقط در AuC و سیم‌کارت (USIM) ذخیره شده است.

3. AuC (Authentication Center): بخشی از HLR است که کلیدهای Ki مشترکین تحت مدیریت خود را نگهداری می‌کند.

فرآیند: هنگام ثبت‌نام یا برقراری تماس، شبکه یک عدد تصادفی (RAND) تولید کرده و آن را به UE می‌فرستد. UE با استفاده از Ki خود و الگوریتم A3، یک پاسخ (SRES) و یک کلید رمزنگاری (Kc) تولید می‌کند. این SRES به شبکه ارسال می‌شود. شبکه (AuC) نیز با استفاده از Ki و همان RAND، SRES را محاسبه می‌کند. اگر SRES محاسبه شده توسط شبکه با SRES دریافتی مطابقت داشته باشد، احراز هویت موفقیت‌آمیز است.

نکات امتحانی و آموزشی: \* هدف اصلی احراز هویت: جلوگیری از استفاده افراد غیرمجاز از شبکه. \* کلید مشترک (Ki) هرگز شبکه را ترک نمی‌کند (فقط در SIM و AuC وجود دارد). \* فرآیند احراز هویت منجر به تولید کلید رمزنگاری (Kc) می‌شود که برای مرحله بعد (Ciphering) استفاده خواهد شد.

---

## صفحه 30: Ciphering (رمزنگاری)

توضیح: رمزنگاری (یا پوشش‌دهی) فرآیندی است که برای محافظت از محتوای ارتباطات (صدا یا داده) در برابر شنود (Eavesdropping) در محیط رادیویی استفاده می‌شود.

محل انجام: رمزنگاری در لایه A5 (A5 Algorithm) انجام می‌شود. این فرآیند بین: 1. گوشی موبایل (UE) و ایستگاه پایه (BTS). 2. BTS و MSC (در برخی پیاده‌سازی‌ها).

کلید رمزنگاری (Kc): کلیدی که در مرحله احراز هویت (صفحه قبل) تولید شد (Kc) برای رمزگشایی و رمزگذاری استفاده می‌شود. الگوریتم A8 مسئول تولید Kc است.

هدف: تضمین محرمانگی مکالمات. اگر یک شنودکننده، جریان رادیویی را ضبط کند، بدون داشتن کلید Kc، قادر به رمزگشایی محتوای ارتباط نخواهد بود.

نکات امتحانی و آموزشی: \* رمزنگاری در GSM بر روی کانال‌های رادیویی (Air Interface) اعمال می‌شود. \* کلید رمزنگاری (Kc) از طریق الگوریتم A8 تولید می‌شود. \* رمزنگاری بر روی امنیت سیگنالینگ (Signaling) نیز اعمال می‌شود.

---

## صفحه 31: Handover (جابه‌جایی)

توضیح: Handover فرآیندی حیاتی در شبکه‌های موبایل است که اجازه می‌دهد یک تماس در حال انجام، بدون قطع شدن، از یک سلول (محدوده پوشش یک BTS) به سلول مجاور منتقل شود. این امر به دلیل حرکت مشترک و تغییر کیفیت سیگنال رادیویی ضروری است.

شرایط انجام: هنگامی که کیفیت سیگنال دریافتی از BTS فعلی به زیر آستانه مشخصی برسد (معمولاً به دلیل دور شدن مشترک) و کیفیت سیگنال از BTS جدید بالاتر باشد، Handover آغاز می‌شود.

نقش اجزا: \* BSC (Base Station Controller): کنترل‌کننده اصلی Handover است. BSC پیوسته قدرت سیگنال بین سلول‌های تحت کنترل خود را اندازه‌گیری می‌کند. \* MSC: برای Handover بین دو BSC مختلف (Inter-BSC Handover)، نیاز به هماهنگی با MSC است.

انواع (خلاصه): \* Intra-cell Handover: در واقع یک تغییر کانال در همان سلول است. \* Inter-cell Handover: انتقال بین دو BTS مختلف (که معمولاً توسط یک BSC مدیریت می‌شود). \* Inter-BSC Handover: انتقال بین دو BSC که نیاز به هماهنگی MSC دارد.

نکات امتحانی و آموزشی: \* هدف اصلی: حفظ پیوستگی سرویس (Seamless Service) در طول حرکت. \* BSC مسئول اصلی تصمیم‌گیری و اجرای Handover است.

---

## صفحه 32: Power Control (کنترل توان)

توضیح: کنترل توان یکی از مکانیزم‌های کلیدی در GSM برای مدیریت بهینه منابع رادیویی و حفظ کیفیت سرویس است. این فرآیند دو جنبه اصلی دارد:

1. کاهش تداخل (Interference Reduction): اگر موبایل با حداکثر توان ارسال کند، باعث ایجاد تداخل (Interference) شدید در سلول‌های مجاور می‌شود. کنترل توان اطمینان می‌دهد که UE فقط با حداقل توان لازم برای حفظ کیفیت ارتباط با BTS ارسال کند.
2. افزایش طول عمر باتری: کاهش توان ارسالی مستقیماً منجر به مصرف کمتر انرژی باتری در گوشی موبایل می‌شود.

مکانیزم: BSC و BTS به طور مداوم کیفیت لینک رادیویی را اندازه‌گیری کرده و دستورالعمل‌های لازم را برای افزایش یا کاهش توان ارسالی UE (و همچنین توان ایستگاه پایه) صادر می‌کنند.

نکات امتحانی و آموزشی: \* هدف اصلی Power Control در محیط‌های چندسلولی، کاهش تداخل بین سلولی (Inter-cell Interference) است. \* این کنترل دو طرفه است (هم سمت UE و هم سمت شبکه).

---

## صفحه 33: کانال‌های GSM

توضیح: منابع رادیویی در GSM به کانال‌های منطقی تقسیم می‌شوند که وظایف متفاوتی دارند. این کانال‌ها به دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند:

1. Traffic Channel (کانال‌های ترافیکی): برای انتقال اطلاعات واقعی کاربر (صوت رمزگذاری شده یا داده). این کانال‌ها فقط زمانی فعال می‌شوند که تماسی در جریان باشد.

مثال: Full Rate Traffic Channel (FR) و Half Rate Traffic Channel (HR).

2. Control Channel (کانال‌های کنترلی): برای تبادل سیگنالینگ، مدیریت شبکه و برقراری تماس استفاده می‌شوند. این کانال‌ها همیشه فعال هستند. این کانال‌ها خود به چند زیرمجموعه تقسیم می‌شوند:

BCCH (Broadcast Control Channel): اطلاعات عمومی شبکه (مانند هویت سلول) را به همه UE‌ها ارسال می‌کند.

CCCH (Common Control Channel): برای تخصیص منابع اولیه استفاده می‌شود (مانند درخواست دسترسی RACH).

DCCH (Dedicated Control Channel): کانال اختصاصی بین یک UE و شبکه برای سیگنالینگ پس از تخصیص منابع.

3. Broadcast Channel (کانال‌های پخش): برای ارسال اطلاعات یک‌طرفه از شبکه به تمام کاربران در یک منطقه.

نکات امتحانی و آموزشی: \* کانال‌های ترافیکی پهنای باند بیشتری مصرف می‌کنند و اختصاصی هستند. \* BCCH حیاتی‌ترین کانال کنترلی است که همیشه در حال پخش اطلاعات سلول است.

---

## صفحه 34: Frame Structure (ساختار فریم)

توضیح: GSM از ترکیب دو تکنیک دسترسی چندگانه استفاده می‌کند: FDMA (Frequency Division Multiple Access) و TDMA (Time Division Multiple Access). ساختار زمانی (TDMA) بسیار منظم است:

1. Time Slot (شیار زمانی): کوتاه‌ترین واحد زمانی، که هر مشترک در هر فریم برای مدت زمان مشخصی (حدود 577 میکروثانیه) بر روی یک فرکانس خاص صحبت می‌کند. (در GSM 8 کانال در هر فرکانس وجود دارد).

2. Frame (فریم): مجموعه‌ای از 8 Time Slot متوالی که یک دوره زمانی کامل شبکه را پوشش می‌دهد (معادل 4.615 میلی‌ثانیه).
3. Multiframe: گروه‌هایی از فریم‌ها که برای سازماندهی کانال‌های کنترلی و تخصیص منابع استفاده می‌شوند (مثلاً 24 فریم برای یک Multiframe کنترلی).

رابطه با TDMA: در یک باند فرکانسی، 8 کاربر می‌توانند به طور همزمان با تقسیم زمان (TDMA) با یکدیگر صحبت کنند. هر کاربر دارای یک Time Slot منحصر به فرد در هر فریم است.

نکات امتحانی و آموزشی: \* GSM از TDMA به عنوان تکنیک دسترسی اصلی در سطح زمان استفاده می‌کند. \* هر فریم شامل 8 شیار زمانی است.

---

## صفحه 35: جمع‌بندی عملیات GSM

توضیح: صفحه پایانی بر جمع‌بندی ادغام و هماهنگی تمام مکانیزم‌های تشریح شده در این محدوده صفحات تمرکز دارد:

- مدیریت تماس: شامل مراحل پیچیده Handover، Call Setup برای حفظ پایداری مکالمه، و اجرای خدمات تکمیلی.
- مدیریت مکان (Location Management): تضمین اینکه مشترک دائماً توسط HLR/VLR قابل ردیابی باشد تا تماس‌های ورودی (MTC) با موفقیت هدایت شوند.
- امنیت (Security): اجرای قوی احراز هویت (Authentication) برای تأیید هویت و رمزنگاری (Ciphering) برای محافظت از محتوای رادیویی در برابر شنود.
- کیفیت سرویس (QoS): تضمین کیفیت از طریق کنترل توان برای به حداقل رساندن تداخل و تخصیص کارآمد کانال‌های ترافیکی.

نکات امتحانی و آموزشی: \* کلید موفقیت GSM در ادغام لایه‌های مختلف (فیزیکی، داده، سیگنالینگ و کاربردی) نهفته است. \* شبکه دائماً در حال انجام فرآیندهای مدیریتی در پس‌زمینه است (مانند به‌روزرسانی مکان و کنترل توان) حتی زمانی که کاربر تماسی برقرار نکرده است.