



دانشگاه صنعتی امیرکبیر  
(پلی تکنیک تهران)  
دانشکده مهندسی برق

گرایش مخابرات سیستم

عنوان:

مدیریت تحرک در حالت کنترل منابع رادیویی متصل

نگارش

علیرضا خیاطیان

استاد

دکتر عباس محمدی

خرداد ۱۴۰۰

صفحه	فهرست مطالب
۱	فصل اول مقدمه مقدمه .....
۳	فصل دوم معرفی کنترل منابع رادیویی متصل .....
۴	۱-۲ اصول .....
۴	۲-۲ اتصال دوگانه .....
۵	۳-۲ جلسات PDU .....
۶	فصل سوم پیکربندی و گزارش اندازه‌گیری .....
۷	۱-۳ روش پیکربندی اندازه‌گیری و گزارش .....
۹	۲-۳ هدف‌های اندازه‌گیری .....
۱۰	۳-۳ پیکربندی گزارشدهی .....
۱۳	۴-۳ وقفه زمانی اندازه‌گیری .....
۱۴	۵-۳ گزارشدهی اندازه‌گیری .....
۱۶	فصل چهارم روندهای تحویل دادن .....
۱۷	۱-۴ روش تحویل مبتنی بر $X_n$ .....
۲۰	۲-۴ روند تغییر مسیر .....
۲۱	۳-۴ پیکربندی گزارشدهی .....
۲۲	۴-۴ تحویل بین gNB و ng-eNB .....
۲۳	فصل پنجم روندهای دسترسی دوگانه .....
۲۴	۱-۵ اضافه کردن گره ثانویه .....
۲۶	۲-۵ روند تحرک جریان QoS .....
۲۷	۳-۵ سایر روندهای اتصال دوگانه .....
۲۹	فصل ششم انتقال وضعیت به خارج از RRC_CONNECTED .....
۳۰	۱-۶ اضافه کردن گره ثانویه .....
۳۰	۲-۶ انتقال به RRC_IDLE .....
۳۲	۳-۶ انتقال به RRC_INACTIVE .....
۳۴	منابع و مراجع .....

شکل ۱-۳	فرایند گزارش دهی و پیکربندی اندازه گیری.....	۸
شکل ۲-۳	ارسال پیکربندی اندازه گیری و گزارشدهی پیام ها بین تلفن همراه و گره ثانویه.....	۹
شکل ۱-۴	روند تحویل مبتنی بر Xn در صورت عدم اتصال دوگانه.....	۱۷
شکل ۲-۴	روند تغییر مسیر.....	۲۰
شکل ۱-۵	اضافه کردن گره ثانویه.....	۲۵
شکل ۲-۵	روند تحرک جریان QoS.....	۲۷
شکل ۱-۶	فرایند آزاد سازی شبکه دسترسی.....	۳۱
شکل ۲-۶	تعویق اتصال RRC.....	۳۳

- جدول ۱-۳ رخدادهای اندازه‌گیری منحصر به سلولهای نسل پنجم..... ۱۱
- جدول ۲-۳ رخدادهای اندازه‌گیری مربوط به سایر تکنولوژیهای دسترسی رادیویی..... ۱۱

## فصل اول

### مقدمه

## مقدمه

مدیریت تحرک فرآیندی است که در آن شبکه هنگام حرکت، تلفن همراه را ردیابی می‌کند و سلول‌هایی را که با آن‌ها ارتباط دارد را کنترل می‌کند. روش‌های مختلفی برای مدیریت تحرک در هر یک از حالت‌های کنترل منابع رادیویی<sup>۱</sup> (RRC) تلفن همراه وجود دارد، این گزارش به بررسی حالت کنترل منابع رادیویی متصل شده می‌پردازد، که در آن تلفن همراه در حال انتقال و دریافت اطلاعات است و شبکه، کنترل کامل تلفن همراه را در اختیار دارد.

در کل این گزارش، فرض می‌کنیم که تلفن همراه توسط شبکه دسترسی رادیویی نسل بعدی<sup>۲</sup> (NG-RAN) و هسته نسل پنجم کنترل می‌شود. هنگام بحث درباره روش‌های اندازه‌گیری در فصل دوم فرض می‌کنیم تلفن همراه در حال برقراری ارتباط با gNB<sup>۴</sup>، ایستگاه پایه نسل پنجم، است که ممکن است به عنوان گره اصلی یا گره ثانویه عمل کند. با وجود این مفروضات، بحث اتصال دوگانه در فصل چهارم در صورت کنترل موبایل توسط شبکه دسترسی رادیویی زمینی تکامل یافته UMTS (E-UTRAN)<sup>۵</sup> و هسته بسته تکامل یافته در گزینه معماری<sup>۳</sup>، فقط با تغییرات جزئی قابل اجرا خواهد بود.

---

<sup>۱</sup> Radio resource control

<sup>۲</sup> RRC\_CONNECTED

<sup>۳</sup> Next-generation radio access network (NG-RAN)

<sup>۴</sup> next-generation Node B

<sup>۵</sup> Evolved UMTS terrestrial radio access network

## فصل دوم

### معرفی کنترل منابع رادیویی متصل

## ۲-۱) اصول

در حالت RRC\_CONNECTED، تلفن همراه در حال انتقال و دریافت اطلاعات می‌باشد. این کار معمولاً با سرعت داده بسیار بالا انجام می‌گیرد. شبکه باید انتقال اطلاعات را تا آنجا که ممکن است به طور دقیق کنترل کند تا بهره‌وری طیفی و انرژی را به حداکثر برساند و تداخل‌هایی را که به سلول‌های مجاور منتقل می‌شود به حداقل برساند.

برای دستیابی به این اهداف، شبکه دسترسی رادیویی (RAN) کنترل کامل تلفن همراه را در دست دارد. در صورت عدم اتصال دوگانه، گره سرویس‌دهنده به تلفن همراه می‌گوید سیگنال‌هایی را که از سلول‌های همسایه دریافت می‌کند اندازه‌گیری کند و نتایج را گزارش دهد. براساس این نتایج، گره سرویس‌دهنده در صورت نیاز در سلول‌های سرویس‌دهنده تلفن همراه تغییراتی ایجاد می‌کند و تلفن همراه را به گره همسایه تحویل می‌دهد.

## ۲-۲) اتصال دوگانه

اگر تلفن همراه از اتصال دوگانه برخوردار باشد، مسئولیت شبکه دسترسی رادیویی بین گره‌های اصلی و ثانویه تقسیم می‌شود. هر دو گره می‌توانند به تلفن همراه بگویند که سلول‌های همسایه را اندازه‌گیری کند و نتایج را گزارش دهد. با استفاده از این نتایج، گره اصلی (MN) می‌تواند تغییراتی را در گروه سلول‌های اصلی (MCG) ایجاد کند و گره اصلی را به روش تحویل سنتی تغییر دهد. علاوه بر این، گره اصلی می‌تواند گره ثانویه تلفن همراه (SN) را اضافه، تغییر یا حذف کند، مشروط بر اینکه در دو مورد اول گره ثانویه موافقت کند. همچنین، گره ثانویه می‌تواند تغییراتی را در گروه سلول‌های ثانویه (SCG) ایجاد کند بدون اینکه نیازی به اجازه گره اصلی باشد.

با حامل‌ها نیز به روشی مشابه رفتار می‌شود. گره اصلی تصمیم می‌گیرد که آیا هر حامل رادیویی داده در کدام یک از گره‌های اصلی یا ثانویه خاتمه یابد، البته مورد دوم نیاز به توافق گره ثانویه دارد. همچنین، گره اصلی تصمیم می‌گیرد که آیا یک حامل که توسط گره اصلی خاتمه می‌یابد را به عنوان حامل SCG، MCG یا Split پیاده‌سازی کند، البته دو مورد آخر نیاز به توافق گره ثانویه نیز دارد. به همین



ترتیب، گره ثانویه تصمیم می‌گیرد که آیا یک حامل خاتمه یافته توسط گره ثانویه را به عنوان حامل SCG، MCG یا Split پیاده سازی کند، البته دو مورد اول نیاز به توافق گره اصلی دارد.

در مورد حامل های رادیویی سیگنالینگ (SRB)، گره اصلی تصمیم می‌گیرد که آیا 1 SRB و/یا SRB 2 را به عنوان حامل های تقسیم شده، منوط به پذیرش گره ثانویه اجرا کند. gNB ثانویه نیز می‌تواند به تنهایی تصمیم بگیرد که 3 SRB را بدون نیاز به اجازه گره اصلی تنظیم کند.

## ۲-۳ جلسات PDU

در RRC\_CONNECTED، رفتار جلسات PDU<sup>۶</sup> تلفن همراه به گزینه معماری که ما از آن استفاده می‌کنیم، بستگی دارد. اگر تلفن همراه توسط هسته بسته تکامل یافته و E-UTRAN کنترل شود، از رفتار LTE پیروی می‌کند، که تمام جلسات PDU آن فعال است. اگر یک جلسه PDU فعال باشد، تونل ها و حامل های رادیویی داده همه در محل فعال هستند و ترافیک می‌تواند جریان یابد.

اگر تلفن همراه توسط شبکه هسته نسل پنجم و NG-RAN کنترل شود، هر جلسه PDU می‌تواند جداگانه فعال یا غیرفعال باشد. اگر جلسه PDU غیرفعال باشد، حامل های رادیویی داده آن قطع می‌شوند. تونل های N3، Xn و F1 آن نیز قطع می‌شوند و هیچ ترافیکی نمی‌تواند جریان داشته باشد.

<sup>۶</sup> protocol data unit

## فصل سوم

### پیکربندی و گزارش اندازه‌گیری

### ۳-۱) روش پیکربندی اندازه‌گیری و گزارش

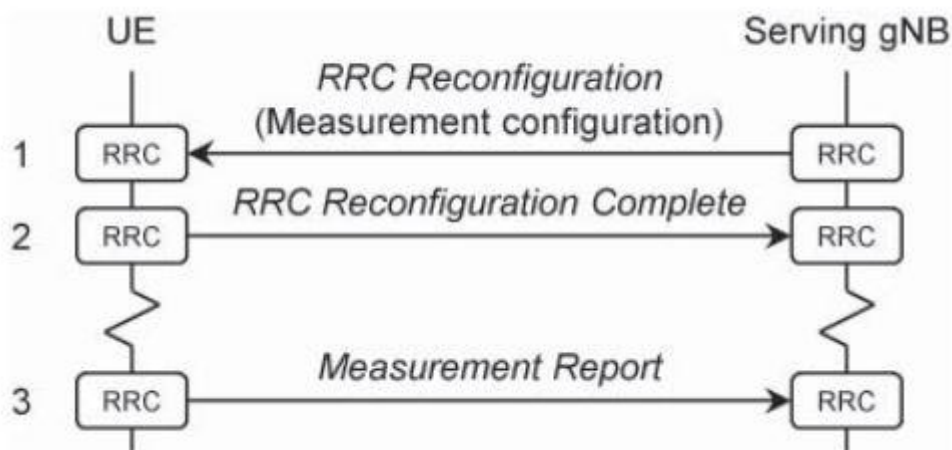
شکل ۳-۱ اولین روش سیگنالینگ را نشان می‌دهد، که در آن یک gNB اصلی اندازه‌گیری‌هایی را که تلفن همراه انجام می‌دهد را پیکربندی می‌کند و به او می‌گوید نتایج را گزارش کند.

ایستگاه پایه نسل پنجم به تلفن همراه دستور می‌دهد تا سیگنال‌های دریافتی از سلول‌های همسایه را به عنوان بخشی از پیام سیگنالینگ پیکربندی RRC (مرحله ۱) اندازه‌گیری کند. در این روش، پیام حاوی یک عنصر اطلاعاتی است که به عنوان پیکربندی اندازه‌گیری شناخته می‌شود و دارای سه جز اصلی است. در بخش اول، لیستی از اشیاء اندازه‌گیری وجود دارد، که هر یک از آن‌ها مجموعه‌ای از سلول‌های همسایه را برای اندازه‌گیری تلفن همراه مشخص می‌کند. در بخش دوم، لیستی از پیکربندی‌های گزارش وجود دارد که هر یک از آنها محرک احتمالی برای ارائه گزارش‌های اندازه‌گیری را مشخص می‌کند. به علاوه در بخش سوم، لیستی از شناسه‌های اندازه‌گیری وجود دارد که هر یک از آن‌ها یک جسم اندازه‌گیری را با یک پیکربندی گزارش جمع می‌کند تا دقیقاً آنچه را که تلفن همراه باید اندازه‌گیری و گزارش کند را بیان کند. همچنین ممکن است یک یا دو مجموعه وقفه اندازه‌گیری وجود داشته باشد که فواصل زمانی را مشخص می‌کند که در آن موبایل باید اندازه‌گیری‌ها را انجام دهد.

تلفن همراه پیام ارسالی را با ارسال یک تصدیق<sup>۱</sup> تأیید می‌کند و اندازه‌گیری‌های خود را آغاز می‌کند (مرحله ۲). هنگامی که یکی از پیکربندی‌های گزارش دهی فعال شود، تلفن همراه یک گزارش‌دهی اندازه‌گیری RRC را به گره سرویس دهنده آغاز می‌کند (مرحله ۳). بر اساس این گزارش، گره می‌تواند تغییراتی را در گروه سلول اصلی و/یا ثانویه ایجاد کند.

در موارد اتصال دوگانه چند تکنولوژی دسترسی رادیویی، چند مورد دیگر وجود دارد که باید در نظر گرفته شود. اولاً، یک gNB اصلی می‌تواند به تلفن همراه دستور دهد سیگنال‌های دریافتی از

<sup>۱</sup> Acknowledgment



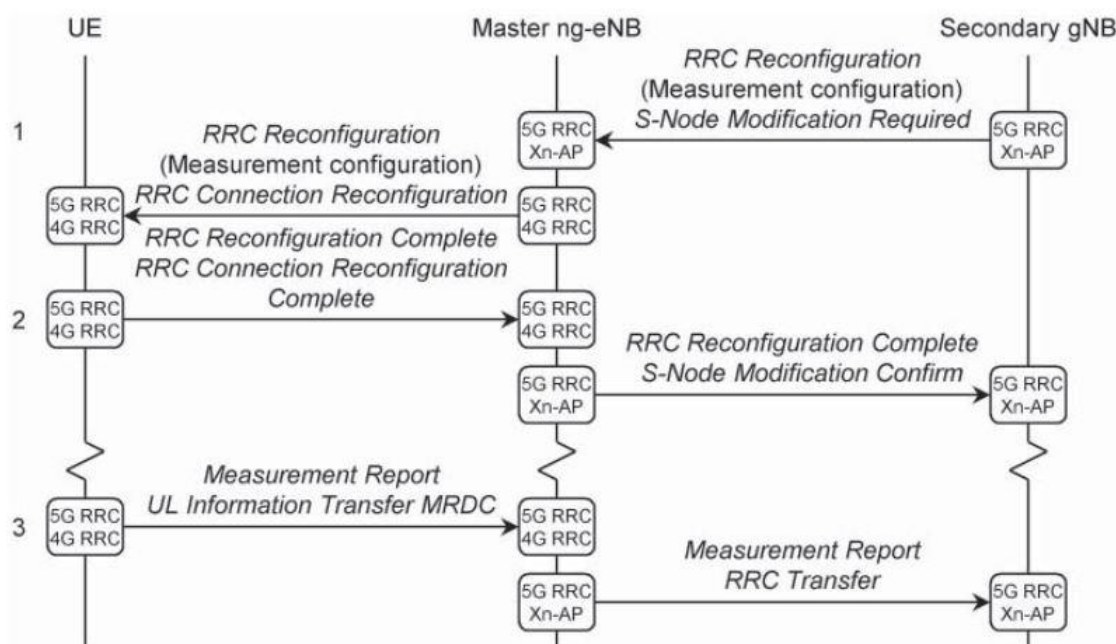
شکل ۳-۱ فرایند گزارش دهی و پیکربندی اندازه‌گیری

ایستگاه‌های پایه تکامل یافته<sup>۱</sup>، eNB، هم‌سایه را اندازه‌گیری کند. ثانیاً، اگر گره اصلی gNB با ng-eNB اصلی جایگزین شود، روش بیان شده در بالا به همان صورت قابل اجرا است، با این تفاوت که پیام‌های سیگنالینگ نسل پنجم با پیکربندی اتصال RRC نسل چهارم و گزارش‌دهی اندازه‌گیری نسل چهارم جایگزین می‌شوند.

ثالثاً، یک گره ثانویه می‌تواند از دو طریق با تلفن همراه ارتباط برقرار کند. اگر گره ثانویه gNB باشد و از طریق SRB 3 پیکربندی شده باشد، می‌تواند مستقیماً با تلفن همراه به همان روش اصلی ارتباط برقرار کند. در غیر این صورت، پیام‌ها از طریق گره اصلی، با جایگذاری آن‌ها در پیام‌های سیگنالینگ RRC بین تلفن همراه و گره اصلی با استفاده از SRB 1 منتقل می‌شوند، سپس پیام‌های سیگنالینگ بین گره اصلی و ثانویه از طریق پروتکل برنامه (Xn-AP) ارسال می‌شوند. به عنوان مثال، شکل ۲-۳ سیگنالینگ حاصل را برای یک مثال غیر مستقل از نسل چهارم با گره ng-eNB اصلی و گره gNB ثانویه نشان می‌دهد. گره اصلی همچنین پیام‌های ثانویه را نیز در صورتی که در روند سیگنالینگ درگیر باشد بررسی می‌کند.

سرانجام، روش‌های سیگنالینگ در E-UTRAN نیز دقیقاً همانند قبل است، با این تفاوت که پیام‌های Xn-AP در شکل ۲-۳ با معادل‌های X2-AP آن جایگزین می‌شوند.

<sup>۱</sup> Evolved Node B



شکل ۲-۳ ارسال پیکربندی اندازه‌گیری و گزارش‌دهی پیام‌ها بین تلفن همراه و گره ثانویه

### (۲-۳) هدف‌های اندازه‌گیری

یک شی یا هدف اندازه‌گیری مجموعه‌ای از سلول‌های همسایه را مشخص می‌کند که تلفن همراه باید اندازه‌گیری کند. تعریف همسایگان نسل چهارم ساده است، پارامترهای اصلی فرکانس مرکزی سلول‌های همسایه و پهنای باند آن‌ها برای اندازه‌گیری کافی است. تلفن همراه می‌تواند به تنهایی همسایگان نسل چهارم انحصاری خود را شناسایی کند، بنابراین به لیست همسایگان نیاز ندارد.

در مورد همسایگان نسل پنجم، دو سیگنال مرجع برای اندازه‌گیری وجود دارد. به عنوان اولین روش، گره سرویس‌دهنده می‌تواند به تلفن همراه دستور دهد تا اندازه‌گیری **بلوک‌های سیگنال هماهنگ سازی** **همسایه/کانال پخش فیزیکی** (SS/PBCH) را انجام دهد. برای این کار گره سرویس‌دهنده باید فرکانس مرکزی آنها، فاصله حامل زیر انتقال، مدت زمان انتقال و زمان جبران در این مدت زمان را برای تلفن همراه تأمین کند. همچنین، گره سرویس‌دهنده می‌تواند به صورت اختیاری یک نقشه دقیق از بیت‌هایی تهیه کند که بلوک‌های SS/PBCH را که همسایگان منتقل می‌کنند را مشخص کند. گره سرویس‌دهنده می‌تواند با

<sup>1</sup> Synchronization signal/Physical broadcast channel

استفاده از عناصر اطلاعاتی RRC که همسایگانش از F1 و Xn ارسال می‌کنند، اطلاعات مورد نیاز را کشف کند. همچنین مانند نسل چهارم، تلفن همراه می‌تواند همسایگان منفرد خود را به تنهایی شناسایی کند.

به عنوان یک روش جایگزین، گره سرویس‌دهنده می‌تواند برای اندازه‌گیری هر منبع سیگنال مرجع، اطلاعات وضعیت دوره‌ای کانال (CSI-RS) که سلول‌های همسایه منتقل می‌کنند را به تلفن همراه بگوید. برای انجام این کار، فرکانس نقطه A در شبکه منابع مشترک همسایگان و فاصله زیر حامل سیگنال مرجع CSI آن‌ها را مشخص می‌کند. سپس سلول‌های منفرد را با استفاده از هویت سلول‌های فیزیکی و پهنای باند آن‌ها لیست می‌کند و منابع CSI-RS را با استفاده از نقشه برداری منابع، مدت زمان انتقال (۴-۴۰ میلی ثانیه) و زمان جبران در آن دوره تعریف می‌کند.

در هر دو مورد، گره سرویس‌دهنده می‌تواند به تلفن همراه بگوید توان سیگنال مرجع دریافت شده (RSRP)، کیفیت سیگنال مرجع دریافت شده (RSRQ) یا نسبت سیگنال به تداخل به علاوه نویز (SINR) سیگنال مرجع ورودی را اندازه‌گیری کند. تلفن همراه ابتدا این مقادیر را برای هر پرتو جداگانه اندازه‌گیری می‌کند و سپس نتایج را به شرح زیر به اندازه‌گیری‌های خاص سلول تبدیل می‌کند. اگر قوی‌ترین پرتو ضعیف‌تر از آستانه تعیین شده توسط گره سرویس‌دهنده باشد، تلفن همراه کل اندازه‌گیری‌های آن پرتو را به سلول سرویس‌دهنده اختصاص می‌دهد. در غیر این صورت، تلفن همراه به طور متوسط اندازه‌گیری خود را در مورد پرتوهای قوی‌تر از آستانه به سلول اختصاص می‌دهد، البته این امر با حداکثر تعداد پرتوهای مورد نظر محدود می‌شود.

به صورت اختیاری، گره سرویس‌دهنده می‌تواند لیستی از همسایگان را که تلفن همراه باید اندازه‌گیری کند یا لیستی از همسایگان را که باید از آنها چشم‌پوشی کند، تهیه کند و به تلفن همراه انتقال دهد.

### ۳-۳) پیکربندی گزارش‌دهی

گزارش‌های اندازه‌گیری درنسل پنجم از گزارش دوره ای ناشی از یک رخداد استفاده می‌کنند، که در آن تلفن همراه در صورت عبور یک سیگنال مشخص از آستانه شروع به ارسال گزارش‌های اندازه‌گیری دوره ای

<sup>1</sup> Channel state information reference signal

می‌کند و در صورت بازگشت سیگنال اندازه‌گیری را متوقف می‌کند. تلفن همراه همچنین می‌تواند گزارش‌های یک بار مصرف برای هر رخداد را به شبکه ارسال کند.

مشخصات نسل پنجم هشت نوع رخداد برای اندازه‌گیری تعریف می‌کند. جدول ۱-۳ شش مورد اول را که با A1-A6 نشان داده می‌شوند خلاصه می‌کند. این موارد تنها اندازه‌گیری مربوط به سلول‌های نسل پنجم را فعال می‌کند. جدول ۲-۳ دو مورد باقیمانده را نشان می‌دهد که با B1 و B2 مشخص می‌شوند

#### جدول ۱-۳ رخداد های اندازه‌گیری منحصر به سلول‌های نسل پنجم

Event	Description	Possible applications
A1	Serving cell > Threshold	Stop measuring lower-priority carriers
A2	Serving cell < Threshold	Start measuring lower-priority carriers RRC release and redirection to another carrier Release PSCell or SCell
A3	Neighbour > SpCell + Offset	Replace SpCell by equal-priority neighbour
A4	Neighbour > Threshold	Replace SpCell by higher-priority neighbour Add PSCell or SCell
A5	SpCell < Threshold 1, and SCell or Neighbour > Threshold 2	Replace SpCell by lower-priority neighbour Replace SpCell by SCell
A6	Neighbour > SCell + Offset	Replace SCell by neighbour

PSCell: Primary SCG cell; SCell: secondary cell; SpCell: special cell.

#### جدول ۲-۳ رخداد های اندازه‌گیری مربوط به سایر تکنولوژی‌های دسترسی رادیویی

Event	Description	Possible applications
B1	Inter-RAT neighbour > Threshold	Replace 5G PCell by higher-priority 4G neighbour Add 4G PSCell alongside 5G PCell
B2	PCell < Threshold 1, and Inter-RAT neighbour > Threshold 2	Replace 5G PCell by lower-priority 4G neighbour

و توسط همسایگانی که از سایر فناوری های دسترسی رادیویی مانند LTE استفاده می‌کنند، فعال می‌شوند.

به عنوان مثال، رخداد اندازه‌گیری A3 ممکن است باعث تغییر سلول خاص شود، که منظور از سلول خاص سلول اولیه یا سلول اولیه SCG است، A3 سلول خاص را به همسایه‌ای که در همان فرکانس حامل است تغییر می‌دهد. فرآیند به این صورت است که در صورت تحقق شرط زیر، برای حداقل مدت زمان لازم برای فعال شدن<sup>۱</sup> (۵۱۲۰-۰ میلی ثانیه) که توسط پیکربندی گزارش‌دهی تعیین می‌شود تلفن همراه وارد حالت گزارش‌دهی اندازه‌گیری می‌شود:

$$M_n + Of_n + Oc_n > M_p + Of_p + Oc_p + Off + Hys \quad (۱-۳)$$

در مدتی که رابطه بالا برقرار است، تلفن همراه گزارش‌های اندازه‌گیری را در یک دوره گزارش<sup>۲</sup> (۱۲۰ میلی ثانیه تا ۳۰ دقیقه)، تا مقدار حداکثر گزارش<sup>۳</sup> (۶۴-۱ یا نامحدود) به گره سرویس‌دهنده که اندازه‌گیری را پیکربندی کرده است، ارسال می‌کند. معمولاً گزارش‌های اندازه‌گیری باعث تغییر سلول می‌شوند. در صورت محقق نشدن شرط بالا و تحقق شرط زیر، برای حداقل مدت زمان فعال شدن، تلفن همراه حالت گزارش را ترک می‌کند:

$$M_n + Of_n + Oc_n > M_p + Of_p + Oc_p + Off - Hys \quad (۲-۳)$$

در دو رابطه اخیر،  $M_p$  اندازه مربوط به سلول اولیه یا سلول اولیه SCG می‌باشد، در حالی که  $M_n$  اندازه مربوط به همسایه است. هر دو این پارامترها، یکی از مقادیر RSRP، RSRQ یا SINR از یک سلول خاص هستند که با اندازه‌گیری بلوک‌های SS/PBCH یا سیگنال‌های مرجع CSI سلول به روشی که در بخش ۲-۲ تعریف شد، بدست می‌آیند.

همچنین  $Hys$  (۱۵-۰ دسی بل) یک پارامتر پسماند است، که تلفن همراه را از پرش به داخل و خارج از حالت گزارش‌اندازه‌گیری منصرف می‌کند، در حالی که  $Off$  (۱۵-۰ دسی بل) به عنوان یک پارامتر پسماند

<sup>۱</sup> timeToTrigger

<sup>۲</sup> reportInterval

<sup>۳</sup> reportAmount



برای هر نتیجه تحویل دادن<sup>۱</sup> عمل می‌کند.  $Of_n$  و  $Of_p$  جبران کننده های خاص فرکانس اختیاری هستند، در حالی که  $Ocp$  و  $Ocn$  جبران کننده هایی هستند که مقدار آن ها به صورت اختیاری و بر اساس فرکانس تعیین می‌شود.

وقفه زمانی اندازه‌گیری یک فاصله زمانی خاص برای تلفن همراه است، با مدت زمان ۱،۵-۶ میلی ثانیه و یک تناوب ۲۰-۱۶۰ میلی ثانیه، که طی آن شبکه دسترسی رادیویی قول می‌دهد برنامه زمانبندی

### ۳-۴) وقفه زمانی اندازه‌گیری

وقفه زمانی اندازه‌گیری یک فاصله زمانی با مدت زمان ۱،۵-۶ میلی ثانیه و یک تناوب ۲۰-۱۶۰ میلی ثانیه، می‌باشد که مخصوص تلفن همراه است و طی آن شبکه دسترسی رادیویی قول می‌دهد برنامه زمانبندی تلفن همراه را اجرا نکند. در حین وقفه زمانی اندازه‌گیری، تلفن همراه می‌تواند ارتباطات خود را با سلول‌های سرویس دهنده خود قطع کرده و همسایگان خود را اندازه‌گیری کند، در حالی که، اطمینان حاصل می‌کند که هیچ داده داندلود یا فرصت انتقال آپلود را از دست نخواهد داد. بسته به قابلیت های خود، یک تلفن همراه ممکن است از یک الگوی واحد از وقفه زمانی‌های اندازه‌گیری پشتیبانی کند که ارتباطات را با تمام سلول‌های ارائه دهنده خدماتش سرکوب می‌کند، یا اینکه دو الگوی مستقل برای سلول‌های سرویس‌دهنده در محدوده فرکانس ۱ و ۲ اعمال کند.

نیاز به وقفه‌های اندازه‌گیری بستگی به نوع اندازه‌گیری تلفن همراه دارد. ابتدایی‌ترین سطح، اندازه‌گیری درون فرکانسی<sup>۲</sup> است که از همان فرکانس رادیویی سلول سرویس‌دهنده و از همان فناوری دسترسی رادیویی (5G یا LTE) استفاده می‌کند. از طرف دیگر، یک اندازه‌گیری بین فرکانسی<sup>۳</sup> است اگر در فرکانس رادیویی دیگری اعمال شود و همچنین ممکن است از تکنولوژی دسترسی رادیویی دیگری استفاده کند. این تقسیم‌بندی با جزئیات بیشتر به این صورت است که، اندازه‌گیری بلوک های SS/PBCH همسایه درون فرکانسی است اگر بلوک‌های SS/PBCH سلول های سرویس دهنده و همسایه دارای همان فرکانس مرکزی و فاصله زیر حامل باشند. به همین ترتیب، اگر منبع CSI-RS همسایه کاملاً در پهنای باند منبع CSI-RS سلول سرویس

<sup>1</sup> handover

<sup>2</sup> intra-frequency

<sup>3</sup> inter-frequency

دهنده قرار داشته باشد و همان فاصله زیرحامل را داشته باشد، اندازه‌گیری سیگنال مرجع CSI همسایه درون فرکانسی است. سایر اندازه‌گیری‌ها بین فرکانسی خواهد بود.

وقتی تلفن همراه بلوک‌های SS/PBCH همسایگان خود را اندازه‌گیری می‌کند، شبکه دسترسی رادیویی در سه حالت وقفه زمانی اندازه‌گیری را فراهم می‌کند. اولین مورد برای اندازه‌گیری‌های درون فرکانسی است، که بلوک‌های SS/PBCH همسایه خارج از یک یا چند قسمت از پهنای باند دانلود تلفن همراه می‌باشد. مورد دوم برای اندازه‌گیری‌های بین فرکانسی است که تلفن همراه فقط از یک الگوی وقفه زمانی اندازه‌گیری پشتیبانی کند. سومین مورد برای اندازه‌گیری‌های بین فرکانسی است که تلفن همراه از دو الگوی وقفه زمانی اندازه‌گیری پشتیبانی می‌کند، اما هر یک از سلول‌های سرویس‌دهنده در همان دامنه فرکانس همسایه قرار دارند. اگر هیچ یک از این شرایط اعمال نشود، می‌توان از وقفه‌های زمانی اندازه‌گیری عبور کرد. ملاحظات مشابه در مورد اندازه‌گیری سیگنال‌های مرجع CSI همسایه و اندازه‌گیری همسایگان نسل چهارم نیز اعمال می‌شود.

حتی اگر وقفه‌های زمانی اندازه‌گیری ایجاد شود، یک تلفن همراه هنوز هم می‌تواند آن‌ها را نادیده بگیرد. اگر به عنوان مثال، تلفن همراه فقط یک سلول سرویس دارد و از تجمع حامل دانلود بین باندهای فرکانس سرویس‌دهنده و همسایه پشتیبانی می‌کند، در این صورت ممکن است بتواند همسایگان را اندازه‌گیری کند و همزمان با سلول سرویس دهنده ارتباط برقرار کند.

### ۳-۵) گزارش‌دهی اندازه‌گیری

هنگامی که یک گزارش فعال شد، تلفن همراه نتایج خود را با استفاده از یک گزارش اندازه‌گیری RRC به گره سرویس‌دهنده ارسال می‌کند. عناصر اطلاعاتی شامل هویت اندازه‌گیری، که گزارش را ایجاد کرده است، اندازه‌گیری تلفن همراه از سلول‌های در حال سرویس‌دهی و قوی‌ترین همسایگان تلفن همراه می‌باشد.

مقدار دقیق گزارش شده به پیکربندی گزارش‌دهی موبایل بستگی دارد. در مورد سلول‌های نسل پنجم، تلفن همراه از بلوک‌های SS/PBCH سلول یا سیگنال‌های مرجع CSI آن، هویت سلول فیزیکی و هر یک تمام اندازه‌گیری‌های مختص سلول شامل RSRP، RSRQ و SINR را گزارش می‌کند. اگر برای این کار پیکربندی شده باشد، تلفن همراه همچنین شاخص‌های بلوک SS/PBCH یا فهرست منابع CSI-RS را

از بهترین پرتوهایی که کشف کرده است، همراه با اندازه‌گیری‌های مختص به پرتو شامل RSRQ، RSRP و/یا SINR گزارش می‌دهد. برای اندازه‌گیری همسایه نسل چهارم، تلفن همراه هویت سلول فیزیکی همسایه و RSRQ، RSRP و/یا SINR سیگنال‌های مرجع در لینک دانلود همسایه را گزارش می‌کند.

اگر گره خدمت هویت سلول فیزیکی را که تلفن همراه گزارش کرده تشخیص ندهد، از تلفن همراه می‌خواهد با استفاده از روش روابط همسایگی خودکار<sup>۱</sup> هویت سلول جهانی مربوطه را از اطلاعات سیستم همسایه بخواند. در غیر این صورت، گره خدمت از سوابق داخلی خود هویت سلول جهانی را جستجو می‌کند. سپس می‌تواند تغییر سلول سرویس‌دهنده را آغاز کند.

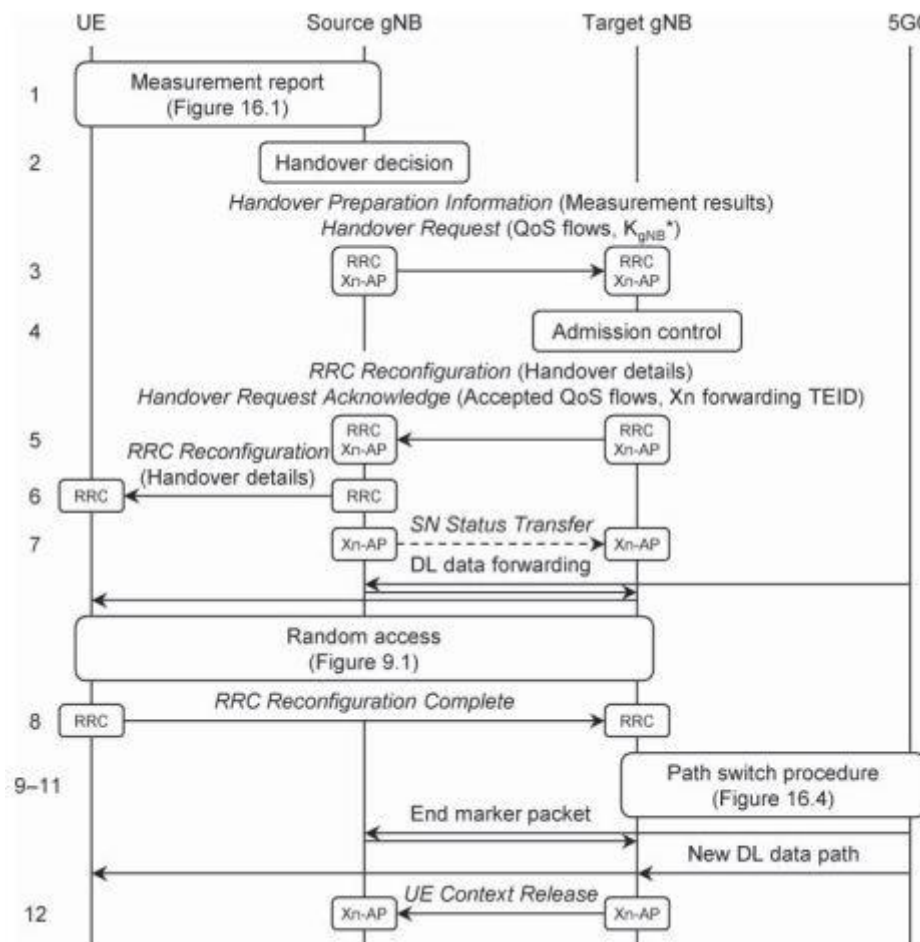
---

<sup>1</sup> automatic neighbour relations

## فصل چهارم روندهای تحویل دادن

#### ۴-۱) روش تحویل مبتنی بر Xn

یک گزارش اندازه‌گیری می‌تواند چندین تغییر در سلول‌های سرویس‌دهنده تلفن همراه ایجاد کند. شاید مهمترین آن‌ها تغییر سلول اصلی به دیگری است که توسط گره دیگری در NG-RAN کنترل می‌شود. اگر تلفن همراه در اتصال دوگانه نباشد، این یک روش تحویل سنتی خواهد بود. شکل ۴-۱ رایج‌ترین اجرا را نشان می‌دهد که در آن ایستگاه‌های پایه از طریق نقطه مرجع Xn ارتباط برقرار می‌کنند. این شکل فرض می‌کند که گره‌های منبع و هدف هر دو gNB هستند، اما در موردی که گره‌ها ng-eNB هستند تنها با چند تغییر مختصر این روش قابل اعمال است.



شکل ۴-۳ روند تحویل مبتنی بر Xn در صورت عدم اتصال دوگانه

این روش زمانی آغاز می‌شود که تلفن همراه گزارش اندازه‌گیری را به گره سرویس‌دهنده خود در مورد سلول همسایه، به عنوان مثال با استفاده از رخداد اندازه‌گیری A3، A4 یا A5 (مرحله ۱) ارسال می‌کند. بر اساس

آن گزارش، گره اصلی به دنبال گره‌ای که سلول همسایه را کنترل می‌کند می‌گردد و تصمیم می‌گیرد که یک واگذاری را آغاز کند (مرحله ۲).

گره قدیمی با ارسال درخواست تحویل Xn-AP به گره جدید از او می‌خواهد کنترل تلفن همراه را در دست بگیرد (مرحله ۳). این پیام سلول هدف، تابع مدیریت تحرک و دسترسی (AMF) تلفن همراه و جزئیات جلسات PDU تلفن همراه و جریان‌های QoS<sup>۱</sup> را مشخص می‌کند. این پیام همچنین شامل یک کلید امنیتی جدید لایه دسترسی،  $K_{gNB}^*$  می‌باشد. سرانجام، این پیام شامل یک پیام RRC جاسازی شده معروف به اطلاعات آماده سازی تحویل دادن<sup>۲</sup> نیز می‌باشد. این پیام با جاسازی آن در سیگنالینگ Xn-AP تحویل داده می‌شود و شامل اطلاعات مختص پرتو و سلول از گزارش اندازه‌گیری قبلی، قابلیت‌های دسترسی رادیویی تلفن همراه و پیکربندی رابط<sup>۳</sup> می‌باشد.

گره جدید درباره پذیرش تلفن همراه تصمیم می‌گیرد و در این صورت پذیرش، هر یک از جلسات PDU تلفن همراه و جریان‌های QoS را نیز می‌پذیرد (مرحله ۴). به عنوان مثال، گره جدید ممکن است یک جلسه PDU را که با یک برش شبکه مرتبط است و آن را پشتیبانی نمی‌کند را رد کند. اگر سلول هدف متراکم باشد، ممکن است جریان QoS منحصری را که با نرخ بیت تضمین شده بالا و اولویت تخصیص و ماندگاری کم، مانند بخش‌های ویدیویی یک تماس صوتی-تصویری مبتنی بر پروتکل IMS<sup>۳</sup>، را رد کند.

اگر گره جدید موبایل را بپذیرد، گره جدید با استفاده از تصدیق درخواست تحویل Xn-AP پاسخ می‌دهد (مرحله ۴). این پیام جلسات PDU، جریان‌های QoS که ایستگاه پایه پذیرفته است و یک شناسه نقطه انتهایی تونل (TEID) برای انتقال داده‌ها از طریق Xn را بیان می‌کند. این پیام همچنین شامل یک پیام تعبیه شده پیکربندی RRC است که ارتباطات رادیویی تلفن همراه را با سلول مورد نظر پیکربندی می‌کند. به عنوان بخشی از پیام RRC، گره می‌تواند مجموعه‌ای از منابع اختصاصی را برای کانال دسترسی تصادفی فیزیکی (PRACH) به تلفن همراه ارائه دهد. همچنین، گره جدید می‌تواند جزئیات سلول‌های ثانویه را برای تلفن همراه فراهم کند، به طوری که تلفن همراه را در موارد اضطراری تجمع حامل قرار دهد.

<sup>1</sup> Quality of service

<sup>2</sup> Handover Preparation Information

<sup>3</sup> IP multimedia subsystem

گره منبع پیام RRC را که از هدف دریافت کرده استخراج می‌کند و آن را به عنوان فرمان تحویل به تلفن همراه می‌فرستد (مرحله ۶). همچنین، گره منبع شروع به ارسال بسته‌های ارسال نشده در تمام حامل‌های رادیویی داده تلفن همراه به سمت هدف می‌کند. اگر هر یک از این حامل‌ها به گونه‌ای پیکربندی شده باشد که از تکثیر بسته در حین تحویل جلوگیری شود، گره منبع بسته‌های لینک آپلود را که قبلاً رسیده اند را با استفاده از انتقال وضعیت گره ثانویه Xn-AP، لیست می‌کند (مرحله ۷). در همین حال، تلفن همراه با استفاده از روش دسترسی تصادفی ارتباطات خود را با سلول هدف برقرار می‌کند و مقدار اولیه‌ای برای پیشرفت زمان بندی لینک آپلود به دست می‌آورد. نهایتاً، تلفن همراه یک تصدیق RRC به گره هدف ارسال می‌کند (مرحله ۸).

با دریافت تصدیق تلفن همراه، گره هدف با استفاده از روند تغییر مسیر که هسته نسل پنجم را مطلع می‌کند که اکنون در حال سرویس‌دهی به تلفن همراه است (مرحله ۹-۱۱). به عنوان بخشی از این روند، شبکه هسته با ارسال یک یا چند بسته نشانگر انتهایی به سمت گره منبع، پایان جریان داده لینک دانلود قدیمی را نشان می‌دهد و سپس مسیر داده لینک دانلود خود را به سمت گره هدف سوئیچ می‌کند. گره منبع بسته نشانگر انتهایی را به هدف هدایت می‌کند که تا رسیدن بسته نشانگر انتهایی، بسته‌های ارسال شده را به تلفن همراه منتقل می‌کند. در این مرحله، گره هدف می‌تواند انتقال داده‌هایی را که مستقیماً از هسته دریافت کرده است آغاز کند.

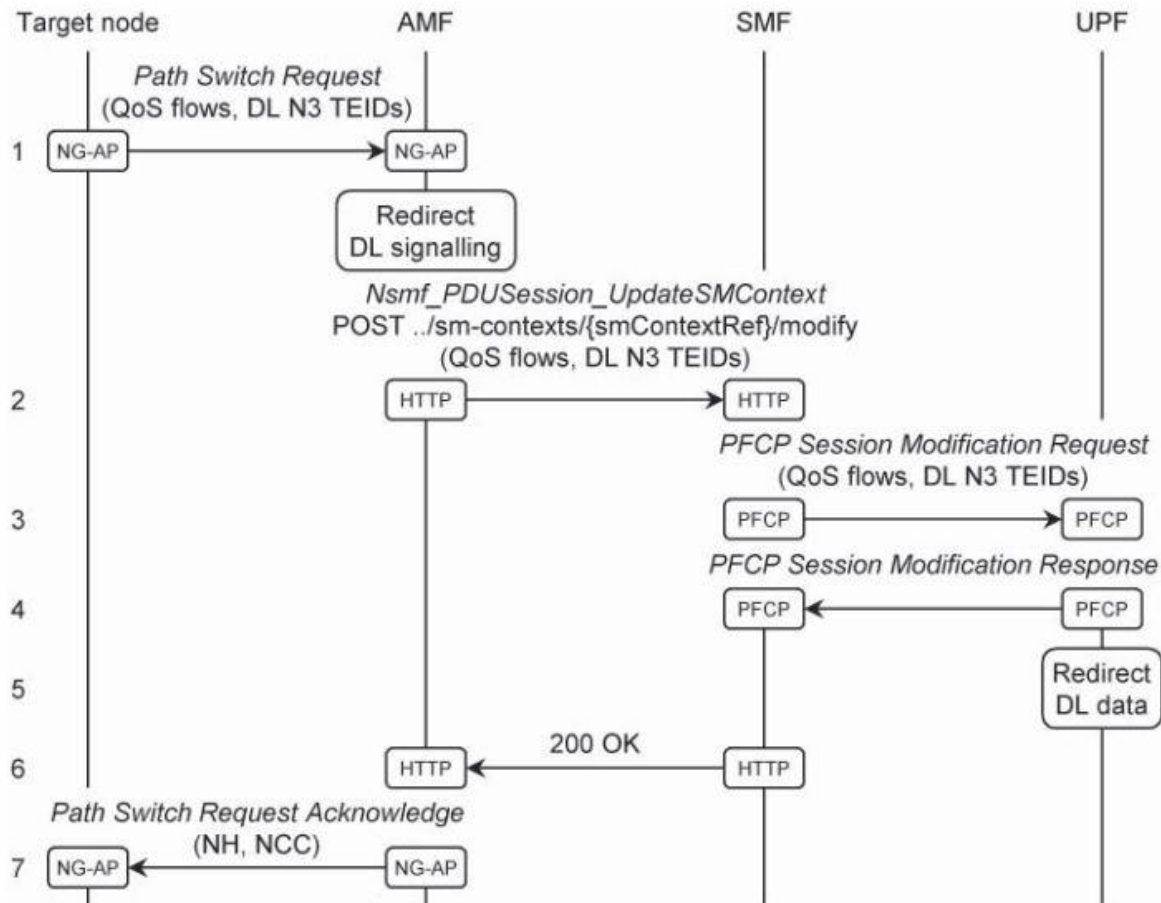
با دریافت پاسخ سیگنالینگ شبکه هسته، گره هدف با استفاده از آزادسازی محتوای تجهیزات کاربر Xn-AP<sup>۱</sup>، گره مبدا از تکمیل فرآیند تحویل مطلع می‌کند (مرحله ۱۲). به این ترتیب، گره منبع آن پیام را دریافت کرده و می‌تواند منابعی را که به تلفن همراه اختصاص داده بود را آزاد کند.

اگر تحویل بین دو سلول باشد که توسط یک گره کنترل می‌شوند، روش سیگنال‌دهی بسیار ساده تر است. تنها مراحل مورد نیاز گزارش‌دهی اندازه‌گیری رابط هوا و پیکربندی مجدد RRC است: پیام‌های Xn-AP و درخواست سوئیچ مسیر به هسته نسل پنجم همگی زائد هستند.

<sup>۱</sup> Xn-AP UE Context Release

## ۲-۴) روند تغییر مسیر

شکل ۳-۴ جزئیات روش سوئیچ مسیر را نشان می‌دهد که توسط آن گره هدف داده‌ها و پیام‌های سیگنالینگ تلفن همراه را از طریق کابل برگشتی نسل بعدی<sup>۱</sup> رد و بدل می‌کند. این شکل فرض می‌کند که هیچ تابع صفحه کاربر میانی (UPF) چه قبل از تحویل و چه بعد از آن وجود ندارد.



شکل ۴-۴ روند تغییر مسیر

برای شروع روند، گره هدف یک درخواست سوئیچ مسیر پروتکل برنامه NG (NG-AP) را به تابع مدیریت دسترسی و تحرک (AMF) تلفن همراه ارسال می‌کند (مرحله ۱). این پیام جریان‌های QoS، که گره

<sup>1</sup> NG backhaul

<sup>2</sup> user plane function

<sup>3</sup> Access and mobility management function



پذیرفته است، یک آدرس IP و TEID لینک داندلود برای هر یک از تونل های N3 تلفن همراه مشخص می کند. با دریافت این درخواست، AMF پیام های سیگنال لینک داندلود خود را به سمت گره هدف هدایت می کند.

برای هر یک از جلسات PDU تلفن همراه، AMF تابع مربوط به مدیریت جلسه (SMF) را مشخص می کند و آدرس IP و TEID هایی را که از گره هدف دریافت کرده برای آن ارسال می کند (مرحله ۲). SMF اطلاعات مربوطه را به UPF ارسال می کند (مرحله ۳)، که بسته نشانگر انتهایی را به گره منبع هر یک از تونل های N3 تلفن همراه می رساند و سپس مسیر داده لینک داندلود خود را به سمت هدف هدایت می کند (مرحله ۴ و ۵).

با دریافت پاسخ SMF (مرحله ۶)، AMF تاییدیه ای را به گره هدف ارسال می کند (مرحله ۷). این پیام شامل مقادیر میانی برای یک کلید امنیتی جدید لایه دسترسی است، که AMF با استفاده از یک مشتق کلید عمودی و یک مجموعه جدید از اطلاعات کمکی شبکه هسته محاسبه کرده است. گره مورد نظر می تواند کلید امنیتی جدید را بلافاصله محاسبه کرده و با استفاده از روش پیکربندی مجدد RRC آن را استفاده کند یا اطلاعات را تا زمان تحویل بعدی مبتنی بر Xn ذخیره کند.

### ۴-۳) پیکربندی گزارش دهی

در روش تحویل مبتنی بر Xn که قبلاً در این فصل شرح داده شد، دو گره با استفاده از پیام های سیگنالینگ از طریق نقطه مرجع Xn با یکدیگر ارتباط برقرار می کنند. به عنوان یک گزینه دیگر، گره ها می توانند با استفاده از پیام های سیگنالینگ که از طریق شبکه هسته نسل پنجم با استفاده از دو نمونه NG ارسال می شوند، به طور غیر مستقیم ارتباط برقرار کنند. روش مبتنی بر NG در صورتی که دو گره از طریق Xn ارتباطی نداشته باشند یا گره مورد نظر با AMF در خدمت تلفن همراه ارتباطی نداشته باشد، ضروری است.

حداقل در سطح بالا، این روش بسیار شبیه روش قبلی Xn است. کلیدهای امنیتی لایه دسترسی تلفن همراه فقط با استفاده از یک مشتق عمودی کلید به روز می شوند و این روش می تواند AMF سرویس دهنده تلفن همراه را به یکی از اتصالات با هدف تغییر دهد. به عنوان بخشی از این روش، گره منبع می تواند بسته های داده نشده را به طور مستقیم یا از طریق شبکه هسته نسل پنجم به هدف هدایت کند.

#### (۴-۴) تحویل بین gNB و ng-eNB

NG-RAN می تواند با استفاده از gNB اصلی یا ng-eNB اصلی موبایل را کنترل کند و تلفن همراه را بین این دو جا به جا کند که این روند می تواند باعث ایجاد چند پیچیدگی می شود.

تحویل از gNB به ng-eNB توسط اندازه گیری نسل پنجم با رخداد B1 یا B2 انجام می شود. با دریافت گزارش اندازه گیری، منبع gNB سلول هدف را جستجو می کند و با ng-eNB مربوطه را به همان روش قبلی تماس می گیرد. ng-eNB هدف بعنوان بخشی از تصدیق درخواست یک پیام پیکربندی RRC نسل چهارم به منبع ارسال می کند (شکل ۴-۳، مرحله ۵). به جای مرحله ۶، منبع gNB آن پیام را با قرار دادن آن در فرمان رادیو جدید (NR) از تحرک RRC نسل پنجم، که به موبایل جابه جایی به تکنولوژی دسترس رادیویی دیگر را اطلاع می دهد، ارسال می کند. نهایتاً، تلفن همراه پیام را استخراج کرده و ارتباطات خود را با ng-eNB هدف برقرار می کند.

تحویل از ng-eNB به gNB به روشی مشابه انجام می شود. در مورد واگذاری بین دو ng-eNB نیز می توانیم پیام های سیگنالینگ RRC نسل پنجم معادل نسل چهارم آن در شکل جایگزین کنیم.

## فصل پنجم

### روندهای دسترسی دوگانه

## ۵-۱) اضافه کردن گره ثانویه

مهمترین روند در اتصال دوگانه افزودن گره ثانویه است. در طایین روند، شبکه دسترسی رادیویی یک یا چند حامل رادیویی داده تلفن همراه را هدایت می‌کند تا آنها از طریق گره ثانویه انتقال یابند. اگر هر یک از این حامل‌ها به عنوان SCG یا حامل Split پیکربندی شوند، گره ثانویه ارتباطات رادیویی را با تلفن همراه از طریق یک سلول SCG اولیه و به صورت اختیاری از طریق یک یا چند سلول ثانویه تنظیم می‌کند. به همین ترتیب، اگر هر حامل رادیویی داده به عنوان حامل خاتمه یافته با گره ثانویه دوباره پیکربندی شود، گره ثانویه برای هر یک از جلسات مربوط به PDU یک تونل N3 جدید تنظیم می‌کند. شکل ۵-۱ یک مثال غیر مستقل را نشان می‌دهد، که در آن گره اصلی ng-eNB و ثانویه یک gNB است.

این روند معمولاً هنگامی فعال می‌شود که تلفن همراه گزارش اندازه‌گیری را در مورد سلول همسایه کنترل شده توسط گره دیگری، به عنوان مثال با استفاده از رویداد اندازه‌گیری A4 یا B1، به گره اصلی خود ارسال کند. همچنین، این روند می‌تواند در صورت عدم وجود گزارش اندازه‌گیری فعال شود اگر تغییر مورد نظر، اضافه شدن یک حامل MCG باشد که در گره ثانویه خاتمه می‌یابد.

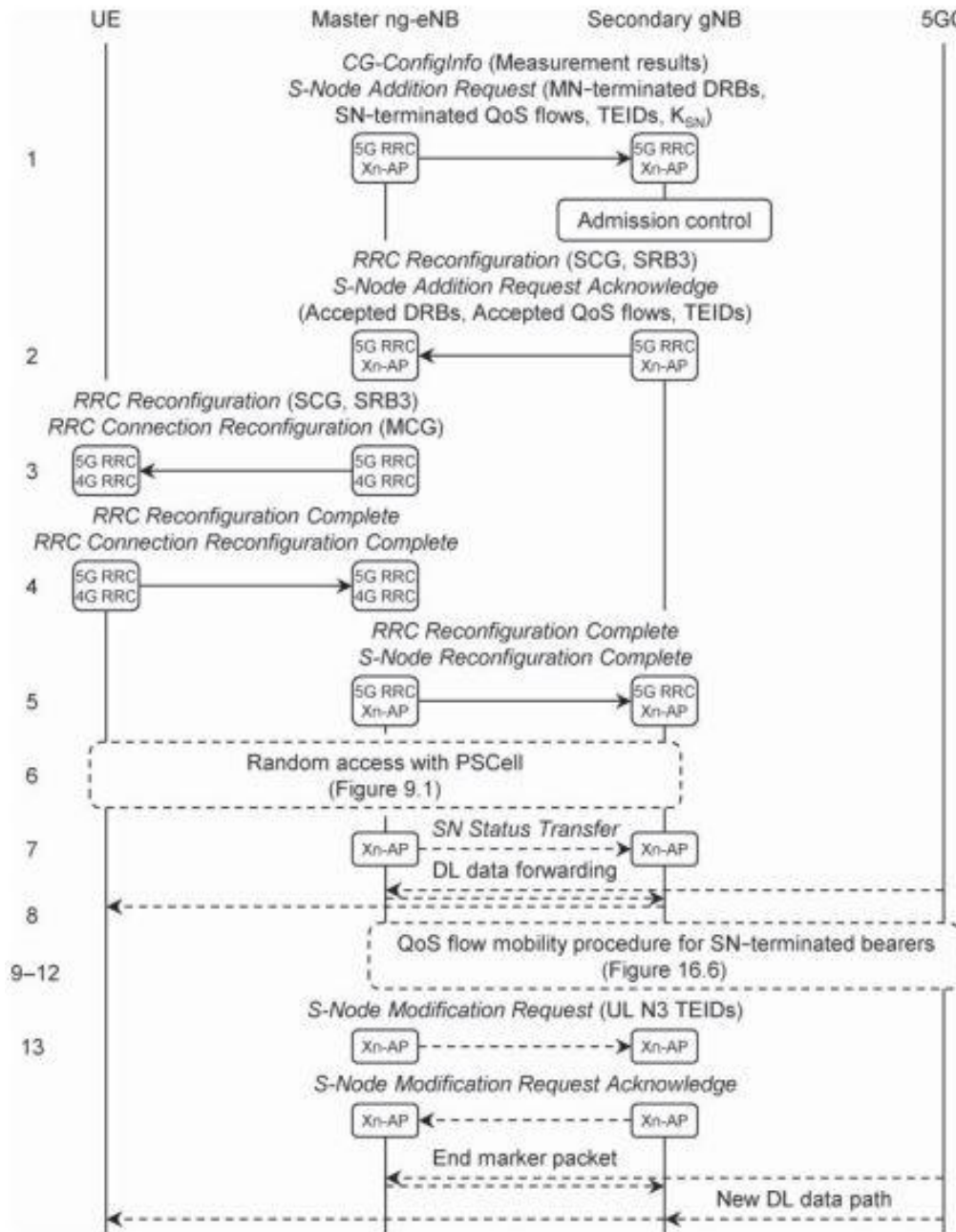
برای شروع روند، گره اصلی از همسایه خود با استفاده از درخواست اضافه کردن گره ثانویه  $Xn-AP^1$  (مرحله ۱) می‌خواهد تا به عنوان گره ثانویه تلفن همراه عمل کند. پیام شامل کلید امنیتی لایه دسترسی گره ثانویه  $K_{SN}$  و یک پیام RRC جاسازی شده معروف به CG-ConfigInfo است که توانایی‌های رادیویی تلفن همراه، پیکربندی اندازه‌گیری و نتایج اندازه‌گیری را بیان می‌کند. اگر گره ثانویه تلفن همراه را بپذیرد، با تصدیق درخواست اضافه کردن گره ثانویه  $Xn-AP^2$  پاسخ می‌دهد (مرحله ۲).

در حین این دو پیام، گره‌ها جریان QoS و حامل‌های رادیویی داده را با جمع‌آوری آنها در دو گروه، هدایت می‌کنند. برای مدیریت گروه اول، گره اصلی هر حامل رادیویی داده‌ای را که می‌خواهد با استفاده از SCG یا Split پیاده‌سازی شود، به عنوان بخشی از پیام ۱ لیست می‌کند. برای هر یک، پارامترهای جریان QoS تشکیل دهنده آنها و یک TEID برای انتقال داده از طریق Xn در لینک آپلود لیست می‌کند.

<sup>1</sup> Xn-AP S-Node Addition Request

<sup>2</sup> Xn-AP S-Node Addition Request Acknowledge

کند. در پیام ۲، گره ثانویه حامل‌هایی را که پذیرفته است و TEID های مربوط به تحویل داده لینک دانلود از طریق Xn را لیست می‌کند.



شکل ۵-۵ اضافه کردن گره ثانویه

برای مدیریت گروه دوم، گره اصلی همچنین هر جریان QoS را که می‌خواهد روی حامل‌های منتهی به گره ثانویه به عنوان بخشی از پیام ۱ ترسیم کند، لیست می‌کند. برای هر یک، پارامترهای QoS، که بیان

می‌کند مایل به اجرای حامل MCG یا split است و TEID برای تحویل داده‌های لینک دانلود از طریق Xn را لیست مبیند. در پیام ۲، گره ثانویه حامل‌هایی را که پذیرفته است و TEID های مربوط به تحویل داده لینک دانلود از طریق Xn و انتقال داده لینک دانلود از طریق N3 لیست می‌کند.

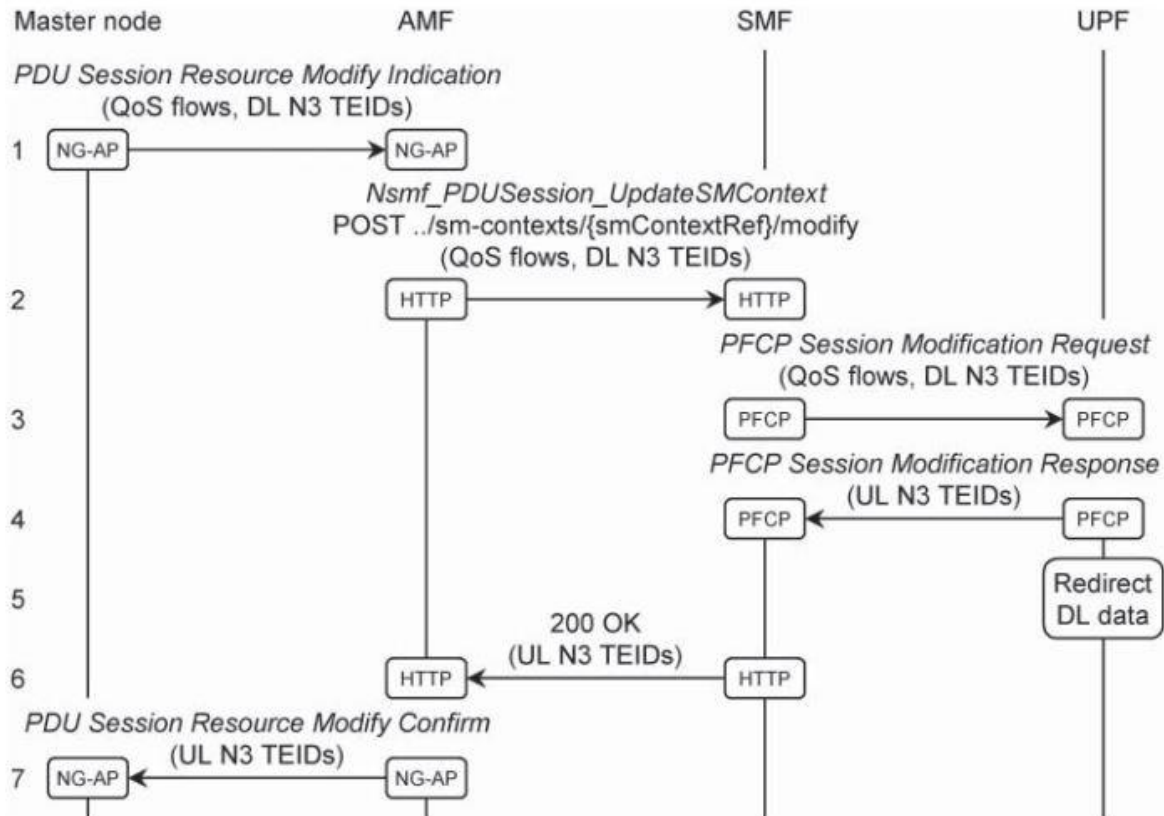
گره ثانویه به عنوان بخشی از پاسخ خود، پیام تعبیه شده در پیکربندی RRC را برای موبایل نیز فراهم می‌کند. این پیام پروتکل سازگاری داده‌های سرویس (SDAP) و پروتکل همگرایی داده‌های بسته (PDCP) را برای هر حامل منتقل شده توسط گره ثانویه پیکربندی مجدد می‌کند. همچنین، رابط کاربری هوایی تلفن همراه را مجدداً پیکربندی می‌کند تا به این طریق هر حامل Split یا SCG را مدیریت کند.

گره اصلی، پیام RRC گره ثانویه را با قرار دادن آن در پیام RRC خود برای تلفن همراه ارسال می‌کند (مرحله ۳). تلفن همراه خود را طبق دستورالعمل پیکربندی می‌کند و گره اصلی را تصدیق می‌کند و یک تصدیق برای گره ثانویه در تصدیق گره اصلی تعبیه می‌کند (مرحله ۴). گره اصلی تصدیق ثانویه را استخراج می‌کند و آن را به عنوان بخشی از تکمیل پیکربندی گره ثانویه به گره ثانویه ارسال می‌کند (مرحله ۵). اگر گره ثانویه مجدداً رابط هوایی تلفن همراه را پیکربندی کند، تلفن همراه روند دسترسی تصادفی را برای برقراری ارتباط با سلول اصلی SCG و دستیابی به پیش بینی زمان اتصال را اجرا می‌کند (مرحله ۶).

اگر حامل‌هایی منتهی به گره ثانویه وجود داشته باشد، گره اصلی بسته‌های داده نشده را به ثانویه ارسال می‌کند و بسته‌های لینک آپلود را که قبلاً بر روی حامل‌ها رسیده‌اند را برای جلوگیری از تکثیر لیست می‌کند (مرحله ۷ و ۸). با استفاده از روش تحرک جریان QoS که در بخش ۵.۲ مورد بحث قرار می‌دهیم، گره اصلی همچنین به شبکه اصلی می‌گوید که داده‌های لینک دانلود آینده را در جریان‌های QoS مربوطه به سمت گره ثانویه، با استفاده از N3 مربوط به TEID ها که گره ثانویه قبلاً عرضه کرده است ارائه دهد (مرحله ۹-۱۲). نهایتاً، شبکه اصلی مجموعه‌ای از N3 مربوط به TEID های لینک آپلود را به عنوان بخشی از روندی که گره اصلی به ثانویه ارسال می‌کند، برمی‌گرداند (مرحله ۱۳).

## ۵-۲) روند تحرک جریان QoS

روند تحرک جریان QoS مشابه روش درخواست سوئیچ مسیر است. این روند به سادگی مسیر داده لینک دانلود را برای جریان‌های QoS انتخاب شده هدایت می‌کند در حالی که، هیچ تغییری در مسیر سیگنالینگ یا دسترسی به کلیدهای امنیتی ایجاد نمی‌کند. شکل ۵-۲ این روند را نمایش می‌دهد.



شکل ۵-۶ روند تحرک جریان QoS

با استفاده از نشانه تغییر منابع جلسه PDU مربوط به NG-AP، گره اصلی از AMF می‌خواهد مسیر داده لینک دانلود را برای برخی یا همه جریانهای QoS خود تغییر دهد که شامل یک آدرس IP و TEID برای هر یک است (مرحله ۱). برای هر یک از جلسات PDU تلفن همراه، AMF، SMF، مربوطه را شناسایی می‌کند و از آن می‌خواهد تا داده‌های لینک دانلود را هدایت کند (مرحله ۲). SMF درخواست را به UPF مربوطه ارسال می‌کند، که طبق دستورالعمل عمل می‌کند و سپس پاسخ می‌دهد (مرحله ۳-۶). برای تکمیل روند، AMF یک تصدیق به گره اصلی برمی‌گرداند، که شامل مجموعه جدیدی از TEID ها برای تحویل داده‌های اتصال از طریق N3 است (۷).

### ۳-۵ سایر روندهای اتصال دوگانه

چندین روش دیگر مربوط به اتصال دوگانه است، اما همه آنها از یک موضوع مشابه پیروی می‌کنند. اگر گره ثانویه ثابت بماند، ساده‌ترین آنها شامل تغییراتی در سلول ثانویه است. با استفاده از روش پیکربندی

اندازه‌گیری، گره ثانویه به موبایل می‌گوید سیگنال‌های دریافت شده از SCG و از هر سلول همسایه‌ای را که گره ثانویه کنترل می‌کند، اندازه‌گیری کند. براساس این گزارشات اندازه‌گیری تلفن همراه، گره ثانویه می‌تواند تغییراتی را در SCG ایجاد کند، به عنوان مثال تغییر سلول SCG اولیه یا اضافه شدن، تغییر یا آزاد شدن سلول ثانویه. در این حالت نیازی به درگیر شدن گره اصلی نیست.

تغییرات در گره ثانویه را می‌تواند به دو روش فعال شود: یا با یک گزارش اندازه‌گیری از تلفن همراه به گره اصلی، یا توسط یک گزارش اندازه‌گیری از تلفن همراه به گره ثانویه، که به نوبه خود درخواست Xn-AP را از گره ثانویه به گره اصلی فعال می‌کند. در هر دو حالت، گره اصلی با جایگزینی یا آزاد کردن گره ثانویه و با پیکربندی مجدد حامل‌های مربوطه، پاسخ می‌دهد. سرانجام، روند واگذاری نیز می‌تواند تغییراتی در گره ثانویه تلفن همراه ایجاد کند. گزارش‌های اندازه‌گیری تلفن همراه به یک گره اصلی شامل اندازه‌گیری‌های گروه سلول اصلی، اندازه‌گیری‌های هر گروه سلول ثانویه و تمام همسایگان بالقوه است. گره اصلی قدیمی این اندازه‌گیری‌ها را به عنوان بخشی از درخواست تحویل Xn-AP به گره جدید منتقل می‌کند (شکل ۴-۲، مرحله ۳). با استفاده از این اطلاعات، گره اصلی جدید می‌تواند تصمیم بگیرد که آیا یک گره ثانویه جدید اضافه کند، یا اینکه گره ثانویه موجود را حفظ، جایگزین یا آزاد کند. این تغییرات به عنوان بخش جدایی‌ناپذیر از روند تحویل صورت می‌گیرد.



## فصل ششم

### انتقال وضعیت به خارج از RRC\_CONNECTED

## ۶-۱) اضافه کردن گره ثانویه

اگر تلفن همراه در حالت RRC\_CONNECTED باشد اما هیچ داده ای را منتقل یا دریافت نکند، شبکه می‌تواند با انتقال آن به حالت غیر فعال، RRC\_INACTIVE، یا بیکار، RRC\_IDLE، عمر باتری خود را طولانی کند. این انتقال معمولاً با انقضای تایمرها در گره‌های اصلی و ثانویه تلفن همراه آغاز می‌شود، که با تحویل آخرین داده‌های لینک آپلود یا دانلود، شروع به کار می‌کنند. زمان انقضای موضوع داخلی برای شبکه دسترسی رادیویی است، بنابراین در هیچ مستند مشخصاتی ظاهر نمی‌شود، اما مقدار معمول آن در مورد LTE، ۲۰-۱۰ ثانیه می‌باشد.

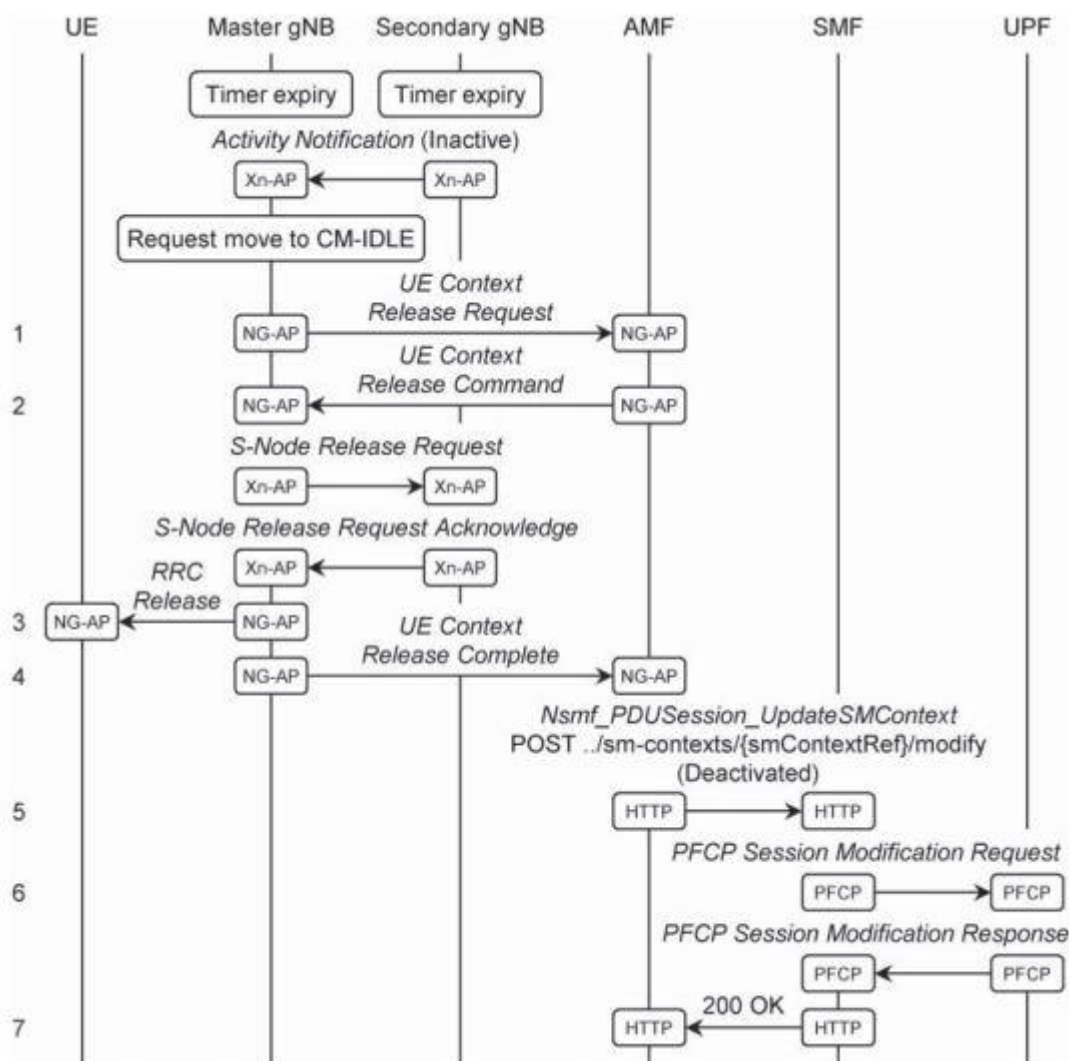
هنگامی که تایمرها منقضی می‌شوند، گره اصلی دو حالت هدف ممکن را انتخاب می‌کند. او به کمک اطلاعات اصلی شبکه که طی مراحل قبلی مانند ثبت نام و تحویل از AMF دریافت کرده است، انتخاب می‌کند. این اطلاعات شامل مقادیر مورد انتظار برای دوره‌های فعال و بیکار تلفن همراه، مدت زمان مورد انتظار بین تحویل و سلول‌هایی است که تلفن همراه از آنها بازدید می‌کند. به عنوان یک مثال ساده، گره اصلی ممکن است تلفن همراه را به RRC\_INACTIVE منتقل کند اگر مدت بیکاری مورد انتظار کوتاه باشد، یا اگر مدت بیکاری مورد انتظار طولانی باشد، درخواست انتقال را به RRC\_IDLE منتقل می‌کند.

## ۶-۲) انتقال به RRC\_IDLE

شکل ۶-۱ روش آزاد سازی شبکه دسترسی را نشان می‌دهد که تلفن همراه را به حالت‌های RRC\_IDLE و CM-IDLE<sup>۱</sup> منتقل می‌کند. در این شکل فرض می‌شود که تلفن همراه در ابتدا در حالت اتصال دوگانه قرار دارد. این روش ارتباطات تلفن همراه را با گره‌های اصلی و ثانویه آن از بین می‌برد و جلسات PDU را به حالت غیرفعال منتقل می‌کند که در آن هیچ داده ای قابل تحویل نیست.

<sup>۱</sup> Connection management\_IDLE

این رویه زمانی شروع می‌شود که تایمرهای داخلی در گره اصلی نسبت به هر حامل متصل به گره اصلی، و در گره ثانویه در رابطه با هر حامل مجهز به گره ثانویه خاتمه یابد. در حالت دوم، گره ثانویه با استفاده از یک اعلان فعالیت Xn-AP به گره اصلی اطلاع می‌دهد.



شکل ۶-۷ فرایند آزاد سازی شبکه دسترسی

گره اصلی در واکنش، با ارسال یک درخواست آزاد سازی متن NG-AP مربوط به تجهیزات کاربر به AMF، از آن می‌خواهد تلفن همراه را به حالت CM-IDLE منتقل کند (مرحله ۱). با این کار موافقت می‌کند و یک فرمان آزاد سازی متن NG-AP مربوط به تجهیزات کاربر را برمی‌گرداند (مرحله ۲). اگر تلفن همراه از اتصال دوگانه برخوردار باشد، گره اصلی، گره ثانویه را آزاد می‌کند. گره اصلی سپس به موبایل می‌گوید که با استفاده از پیام آزاد سازی RRC به RRC\_IDLE برود، در این پیام گره اصلی

می تواند تلفن همراه را به فرکانس حامل نسل چهارم یا پنجم هدایت کند. همچنین، می تواند لیست خاصی از اولویت های فرکانس رادیویی تلفن همراه را برای استفاده در هنگام انتخاب مجدد سلول ارائه دهد (مرحله ۳).

گره اصلی سپس انتهای تونل های N3 تلفن همراه را پاره می کند و یک تصدیق را برای AMF ارسال می کند (مرحله ۴). این تأیید شامل قابلیت های رادیویی تلفن همراه است که AMF آن ها را ذخیره می کند در حالی که تلفن همراه بیکار است تا بعداً به گره اصلی بعدی برسد. AMF، SMF را که در حال انجام هر یک از جلسات PDU تلفن همراه است شناسایی کرده و به آن دستور می دهد تا انتهای شبکه اصلی تونل های N3 را پاره کند (مرحله ۵). SMF اطلاعات مربوطه را به UPF ارسال می کند (مرحله ۶)، که طبق دستورالعمل عمل می کند و پاسخ می دهد (مرحله ۷). تلفن همراه اکنون در حالت RRC\_IDLE است.

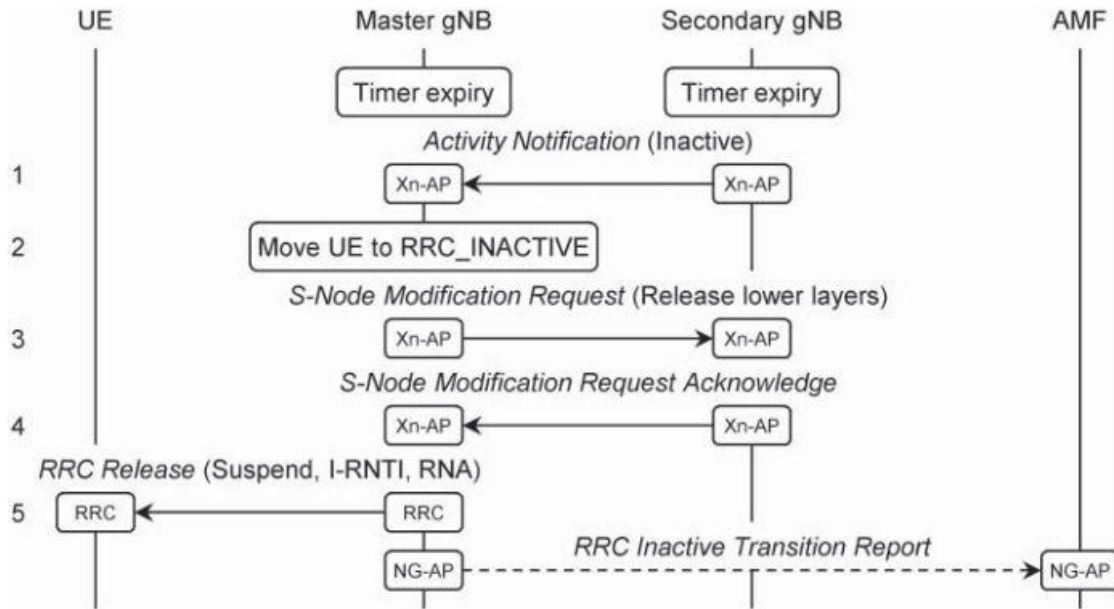
### ۳-۶) انتقال به RRC\_INACTIVE

متناوباً، گره اصلی می تواند اتصال RRC تلفن همراه را به حالت تعلیق درآورد و آن را به حالت RRC\_INACTIVE منتقل کند. شکل ۲-۶ روند آن را برای موردی که موبایل در اتصال دوگانه است و گره ثانویه حفظ می شود را نشان می دهد. این روش لایه های پایین پشته پروتکل رابط هوای تلفن همراه، به ویژه لایه فیزیکی، پروتکل های کنترل دسترسی محیط (MAC)، کنترل لینک رادیویی (RLC) و همچنین تونل های Xn و F1 تلفن همراه را پاره می کند.

این روند به همان صورت روند قبلی فعال می شود (مرحله ۱). اما این بار، گره اصلی تصمیم می گیرد موبایل را به حالت RRC\_INACTIVE بفرستد (مرحله ۲)، و به گره ثانویه می گوید که لایه های پایینی پشته پروتکل خود را آزاد کند (مرحله ۳). گره ثانویه طبق دستورالعمل عمل می کند و انتهای تونل های مربوط به Xn و F1 را پاره می کند و سپس، پاسخ می دهد (مرحله ۴).

مانند قبل، گره اصلی پیام آزاد سازی RRC را به تلفن همراه ارسال می کند، اما این بار به تلفن همراه می گوید که با اضافه کردن تنظیمات تعلیق به RRC\_INACTIVE برود (مرحله ۵). همچنین، گره اصلی منطقه اعلان مبتنی بر شبکه دسترسی رادیویی تلفن همراه (RNA) را تعریف می کند که شامل یک شناسه موقت شبکه رادیویی غیرفعال (I-RNTI) است که تلفن همراه را مشخص می کند. تلفن همراه طبق

دستورالعمل عمل می‌کند و لایه‌های پایینی پشته پروتکل رابط هوایی خود را آزاد می‌کند. در همین زمان، گره اصلی لایه‌های پایین خود را آزاد می‌کند و انتهای تونل‌های Xn و F1 مربوطه خود را پاره می‌کند.



شکل ۶-۸ تعویق اتصال RRC

اگر AMF قبلاً چنین کاری را از آن خواسته باشد، گره اصلی با استفاده از گزارش انتقال غیرفعال RRC به صورت NG-AP گزارشی در مورد انتقال وضعیت می‌فرستد. تلفن همراه اکنون در حالت RRC\_INACTIVE است.

## منابع و مراجع

- [1] C. Cox, An Introduction to 5G: The New Radio, 5G Network and Beyond. John Wiley & Sons, 2020.



**Amirkabir University of Technology  
(Tehran Polytechnic)**

**Department Electrical Engineering**

**Wireless Communication Term Paper**

## **Mobility Management in RRC\_CONNECTED**

**By  
Alireza Khayyatian**

**Supervisor  
Dr. Abass Mohammadi**

**May & 2021**