



در این نوشتار به واکاوی نقش دو فناوری شبکه مبتنی بر نرم‌افزار (SDN) و مجازی‌سازی کارکردهای شبکه (NFV) در شبکه‌های 5G خواهیم پرداخت. قبل از ورود به بحث، یک یادآوری مختصر در ارتباط با SDN و NFV مناسب به نظر می‌رسد.

این روزها [نسل پنجم شبکه‌های موبایل \(5G\)](#) در صدر اخبار قرار دارد. با افزایش نرخ تبادل داده کاربران که عمدتاً ناشی از گسترش سرویس‌های چندرسانه‌ای است و نیز موارد استفاده جدیدی که برای شبکه‌های موبایل در نظر گرفته شده (از جمله اینترنت اشیا) هدف‌گذاری‌هایی در زمینه نرخ تبادل داده، تاخیر، مصرف انرژی و سایر پارامترها در شبکه 5G انجام شده است. برای مثال نرخ دانلود 10 گیگابایت‌برثانیه در حالت ایده‌آل در شبکه 5G در نظر گرفته شده است. برای دستیابی به این اهداف، فناوری‌های مختلفی ارائه شده که در این میان دو فناوری [شبکه مبتنی بر نرم‌افزار \(SDN\)](#) و مجازی‌سازی کارکردهای شبکه (NFV) نقش مهمی را به خصوص در هسته شبکه موبایل بر عهده دارند.

### شبکه مبتنی بر نرم‌افزار

[شبکه مبتنی بر نرم‌افزار](#) شبکه‌ای است که در آن لایه کنترلی شبکه از لایه داده جدا شده است. لایه کنترلی به پروتکل‌ها و الگوریتم‌هایی اشاره دارد که رفتار شبکه را کنترل و مدیریت می‌کنند و منظور از لایه داده مجموعه‌ای از سخت‌افزار و نرم‌افزار است که هدایت بسته‌ها را بر اساس تصمیمات لایه کنترلی انجام می‌دهد. برای مثال یک پروتکل مسیریابی نظیر OSPF جزئی از لایه کنترلی بوده و ارسال یک بسته به پورت خروجی جزئی از لایه داده به شمار می‌آید. در شبکه‌های سنتی این دو لایه از هم قابل تفکیک نیستند، زیرا روترها تصمیم‌ها را گرفته و خودشان هم اجرا می‌کنند. با جداکردن این دو لایه از یکدیگر در SDN، به لایه کنترلی اجازه می‌دهیم که مستقل از لایه داده به رشد و پیشرفت خودش ادامه دهد. برای مثال ممکن است برای یک شبکه فرضی نسخه بهبودیافته‌ای از پروتکل مسیریابی OSPF طراحی شود که در محیط SDN به سادگی قابل تست و اجرا است.

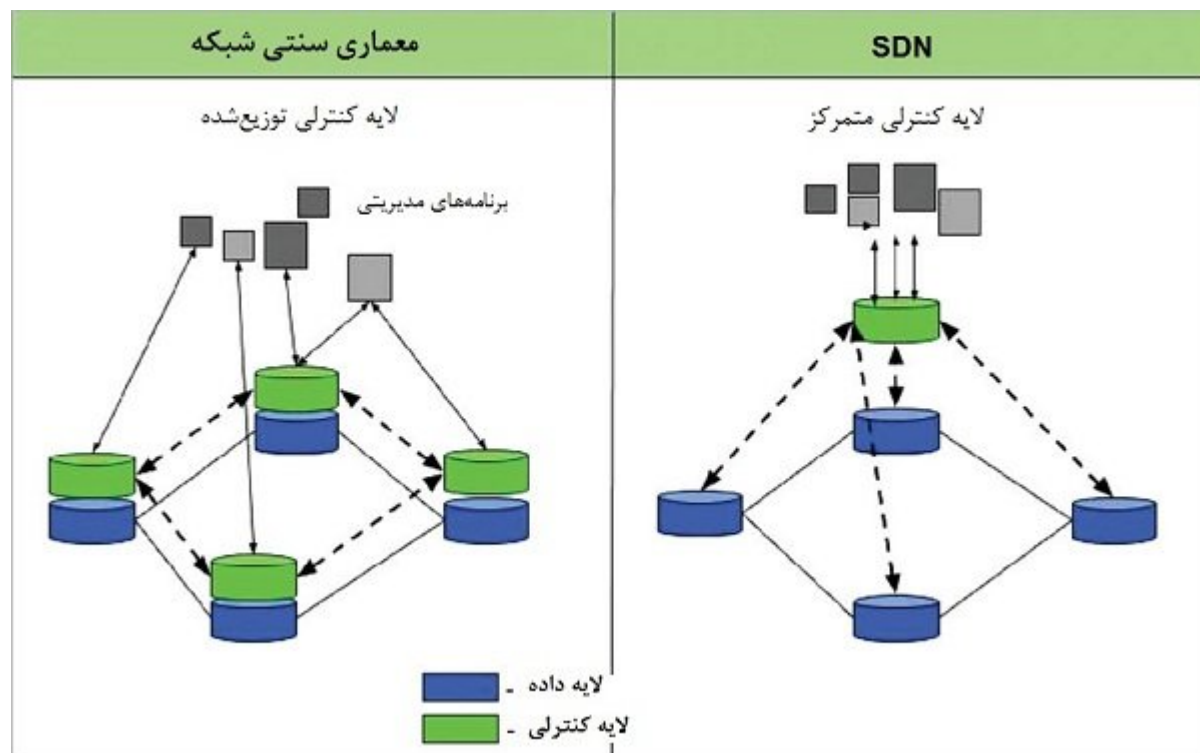
### مطلب پیشنهادی



SDN گامی به سوی شبکه‌های منعطف و قابل برنامه‌ریزی مجدد

از طرفی در محیط SDN معمولاً لایه کنترلی در یک یا چند سرور به صورت یکپارچه پیاده‌سازی می‌شود که پیاده‌سازی الگوریتم‌های کنترلی را ساده می‌سازد، زیرا دیگر نیازی به تبادل پیغام بین تجهیزات مختلف شبکه نیست و همه تصمیمات به صورت متمرکز

گرفته می‌شود. شکل (1) مقایسه این معماری را با معماری سنتی به خوبی نشان می‌دهد. در این شکل با متمرکزسازی لایه کنترلی (به رنگ سبز) می‌توان برنامه‌های مدیریتی از جمله مازول مدیریت و توزیع ترافیک، مازول تشخیص نفوذ و ... را به نحوی اجرا کرد که بر تمامی شبکه احاطه داشته باشند. (شکل 1)



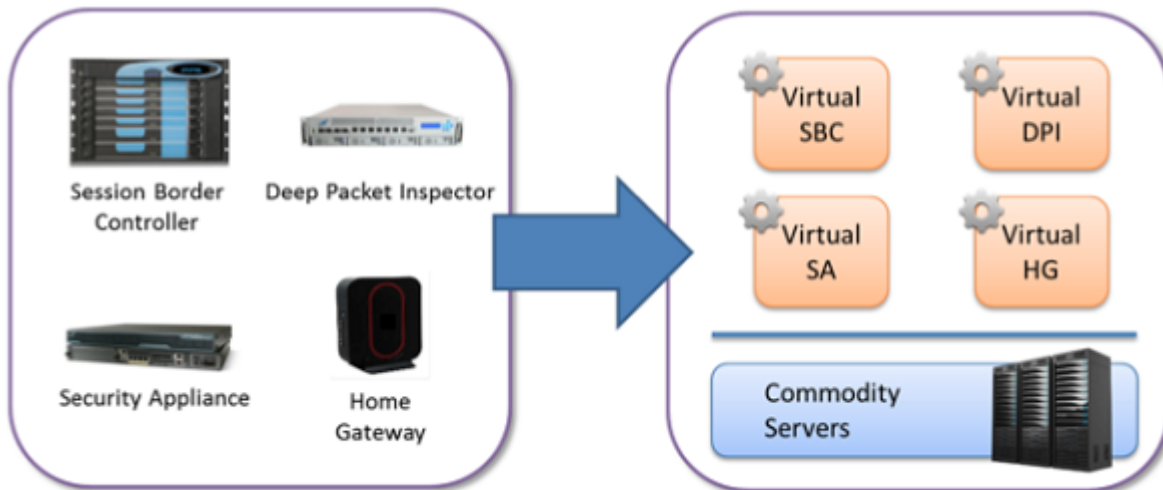
شکل 1

ایده شبکه‌های مبتنی بر نرم‌افزار در ابتدا برای مراکز داده ارائه شد، با توجه به اینکه در مراکز داده تعداد زیادی تجهیز شبکه در یک مکان وجود دارد که می‌توان آن‌ها را به صورت متمرکز مدیریت کرد. سپس این ایده به شبکه‌های دیگر نظیر شبکه‌های WAN راه یافت. (به یادداشت نگارنده در شماره 200 ماهنامه شبکه با عنوان عصر شبکه‌های مبتنی بر نرم‌افزار رجوع کنید). در ادامه این نوشتار نیز بهره‌گیری از SDN در شبکه‌های موبایل را بررسی خواهیم کرد.

## مجاری‌سازی کارکردهای شبکه

به منظور رفع مشکلات سرویس‌دهی در شبکه‌های فعلی، یک معماری موسوم به مجاری‌سازی کارکردهای شبکه در چند سال اخیر مطرح شده است که در آن سرویس‌های شبکه به صورت نرم‌افزاری روی سرورهای همه‌منظوره پیاده‌سازی می‌شوند. در واقع با این رویکرد مدیران شبکه دیگر به خرید سخت‌افزارهای مجزا برای هر کدام از سرویس‌های مورد نیاز ندارند و برای ارائه هر سرویس کافی است نرم‌افزار آن را روی یکی از سرورها نصب کنند و ترافیکی را که آن سرویس قرار است پردازش کند، از آن عبور بدهند. شکل دو گذار از معماری سنتی به معماری NFV را نمایش می‌دهد. چنانچه در شکل مشخص است، تجهیزات سخت‌افزاری جای خود را به نرم‌افزار داده‌اند. (شکل 2)

شکل 2



دو فناوری SDN و NFV چندین وجه مشترک دارند: پیاده‌سازی کارکردها به صورت نرم‌افزار باز، استفاده از سخت‌افزارهای همه‌منظوره به جای سخت‌افزارهای انحصاری، ایجاد اینترفیس‌های مناسب بین بخش‌های مختلف معماری و پشتیبانی از مجازی‌سازی و اتوماسیون شبکه. با این حال، SDN بیشتر روی مدیریت جریان‌های ترافیکی متمرکز است و NFV به کنترل کارکردهای شبکه از جمله توزیع بار، فایروال و رمزگذاری می‌پردازد. بنابراین به نظر می‌رسد این دو فناوری مکمل یکدیگر باشند. در واقع حتی می‌توان کنترلر SDN را به صورت یک ماشین مجازی در محیط NFV پیاده‌سازی کرد. حال سوال این است که چگونه از مزایای این دو فناوری در شبکه‌های 5G بهره برد؟ تاکنون مقالات پژوهشی مختلفی منتشر شده که این رویکرد را مورد تحلیل و امکان‌سنجی قرار داده‌اند. یک نمونه موسوم به SoftAir در ادامه متن بررسی خواهد شد. همچنین استانداردهایی نیز در این حوزه در حال تدوین است که در بخش بعدی روند آن را شرح خواهیم داد.

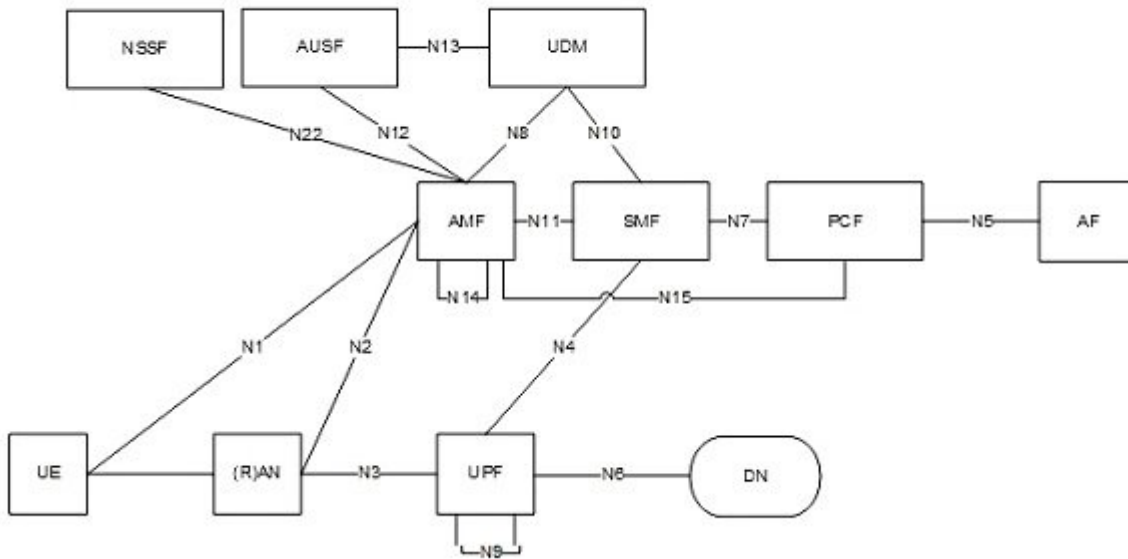
## مطلب پیشنهادی



اولین نرم‌افزار مبتنی بر SDN برای مراکز داده  
VMware NSX: مرزبندی جدید مجازی‌سازی

## جایگاه SDN و NFV در استاندارد

نهاد 3GPP به استانداردسازی شبکه‌های موبایل می‌پردازد. استانداردهای این نهاد به زمان بر بودن روند تصویب مشهور هستند، اما صنعت مخابرات راهی بهتر از این برای تضمین برقراری ارتباطات در سطح جهانی به صورت امن، قابل اطمینان و باز سراغ ندارد. اگر به نخستین مستندات که در این خصوص منتشر شده، نگاهی بیندازیم (به خصوص سندی با کد TS 23.501) درمی‌یابیم که یک جداسازی آشکار بین دو لایه کنترلی و لایه داده وجود دارد که همان فلسفه SDN است. در شکل سه که این معماری را به تصویر کشیده، هر مستطیل بیانگر یکی از اِلمان‌های شبکه و هر خط اینترفیس بین آن دو اِلمان را نشان می‌دهد. در جدول یک برخی از اِلمان‌های این معماری توضیح داده شده است. (شکل 3)

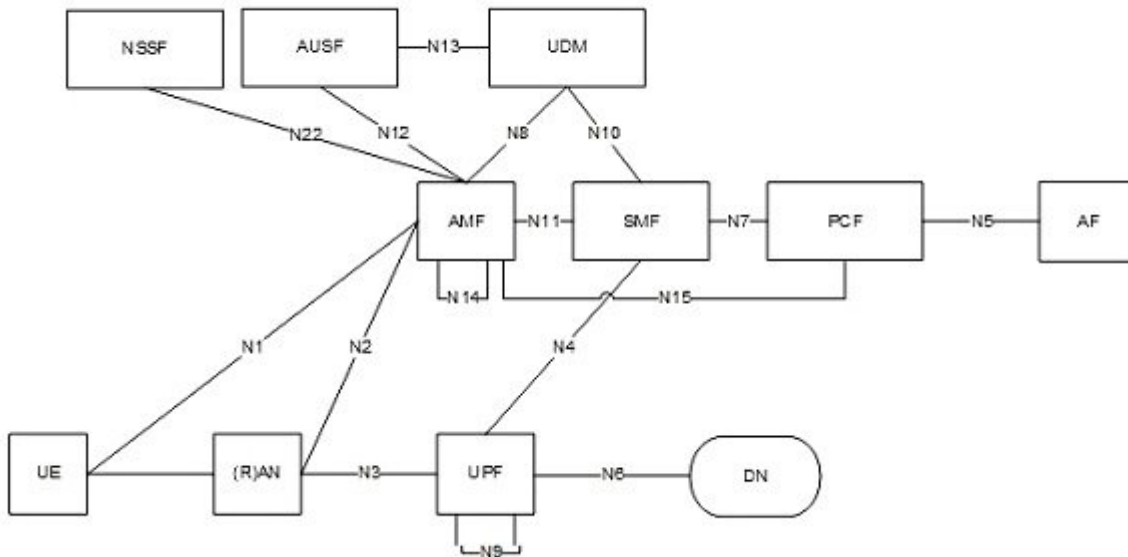


کارکرد	نام
همان SGW-PGW در استاندارد LTE که دروازه اتصال شبکه موبایل به اینترنت است.	UPF (User Plane Function) و SMF (Session Management Function)
همان MME در LTE برای مدیریت دسترسی و تحرک کاربران	AMF (Access and Mobility Management)
همان MME/AAA در LTE برای احراز اصالت کاربران	AUSF (Authentication Server Function)
همان PCRF در LTE برای اعمال سیاست‌ها روی جریان‌ها	PCF (Policy Control Function)
تکامل یافته HSS و UDR در LTE	UDM (Unified Data Management)

### جدول 1

در این معماری تجهیز کاربر (UE) از طریق شبکه دسترسی رادیویی (RAN) به کارکردهای سطح کاربر یا همان UPF (به منظور انتقال داده) متصل است و از آنجا به شبکه دیتا (DN) متصل می‌شود. همگی این موارد که به لایه داده مربوط هستند، در ردیف زیرین شکل قرار دارند. کارکردهای کنترلی که برخی از آن‌ها در جدول توضیح داده شده است، در ردیف‌های بالایی شکل قرار دارند.

علاوه بر حرکت در جهت پیاده‌سازی شبکه موبایل به صورت مبتنی بر نرم‌افزار، گروهی با عنوان 3GPP SA5 که به استانداردسازی مدیریت شبکه موبایل مشغول است، در تعامل با ETSI NFV تلاش کرده مفاهیم NFV را در این شبکه‌ها اجرا کند. با توجه به کارکردهای متنوعی که در شبکه‌های موبایل برای انجام وظایف مختلف شبکه در نظر گرفته شده، اجرای این کارکردها در قالب ماشین مجازی قدرت انعطاف بالایی را فراهم می‌آورد.



در شکل چهار که از مستند TR 23.842 برداشته شده، آن دسته از تجهیزات شبکه (NE) که مجازی‌سازی نشده‌اند، در سمت چپ دیده می‌شوند. PNF در شکل به معنای کارکرد شبکه فیزیکی و VNF به معنای کارکرد شبکه مجازی است. لایه مدیریتی (NM) نیز در OSS گنجانده شده که اجزای فیزیکی را کنترل می‌کند و NFV MANO نیز مسئول مدیریت بخش مجازی است. همه این اجزا با اینترفیس‌های مشخصی با یکدیگر در ارتباط هستند. بهره‌گیری از معماری مبتنی بر نرم‌افزار و مجازی‌سازی کارکردهای شبکه در شبکه‌های موبایل مزایای فراوانی دارد، از جمله:

- کاهش تاخیر با نزدیک‌سازی تجهیزات لایه داده به کاربران بدون تغییر در مکان و تعداد تجهیزات لایه کنترلی. این موضوع به خصوص در کاربردهای جدید شبکه موبایل همچون ارتباطات ماموریت‌حیاتی که در آن‌ها تاخیر اهمیت زیادی دارد، یک مزیت قابل توجه محسوب می‌شود.

- افزایش نرخ گذردهی شبکه با افزودن تجهیزات لایه داده بدون نیاز به افزودن تجهیزات لایه کنترلی (از جمله AMF)

- تکامل و رشد دو لایه داده و کنترلی مستقل از یکدیگر (که مزیت اصلی SDN در هر شبکه‌ای محسوب می‌شود).

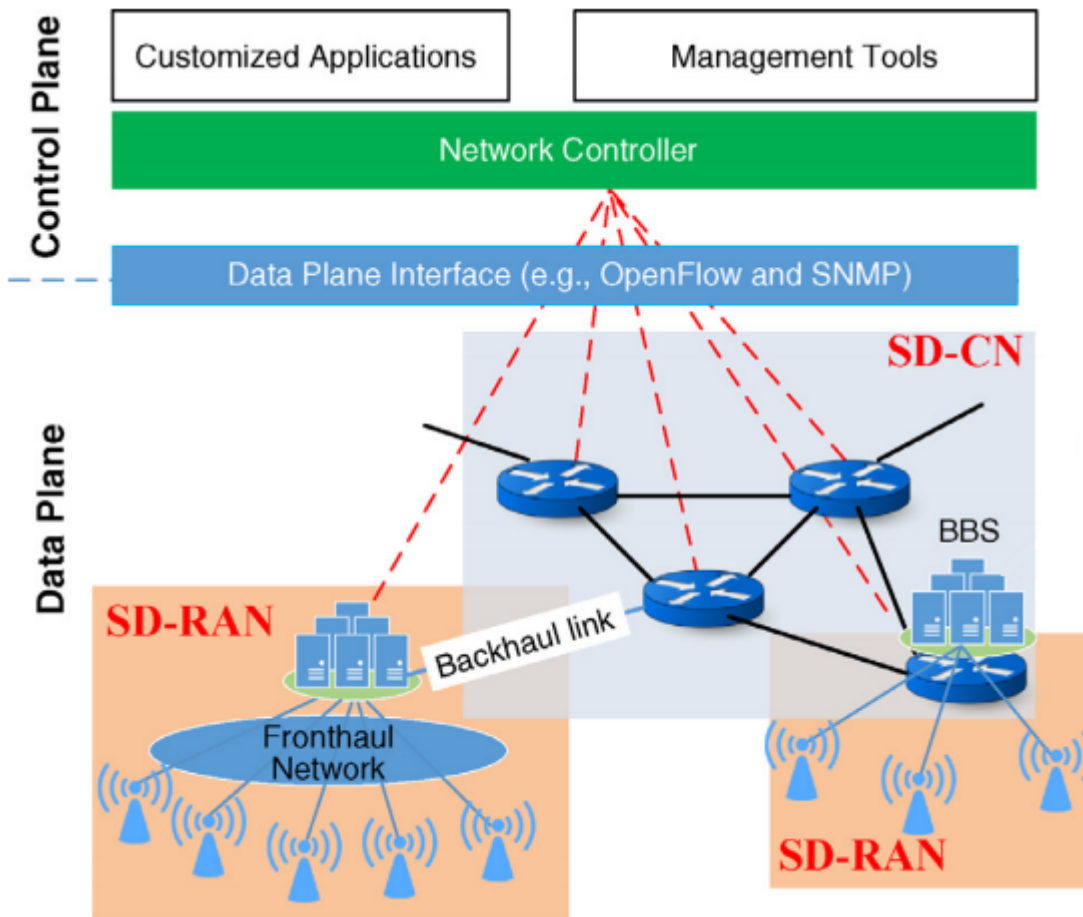
## مطلب پیشنهادی



هوشمندسازی ارتباطات نسل پنجم  
یادگیری ماشینی در خدمت شبکه‌های 5G

## بررسی طرح SoftAir

به موازات معماری پیشنهادی 3GPP که هنوز بسیار مقدماتی است و تا نهایی شدن مسیری طولانی در پیش دارد، طرح‌های مختلفی در مقالات پژوهشی ارائه شده است. SoftAir یکی از طرح‌هایی است که بسیار مورد توجه قرار گرفته است. نمای کلی این معماری در شکل پنج آورده شده است. در این معماری، لایه دسترسی و لایه هسته به صورت مبتنی بر نرم‌افزار کنترل و مدیریت می‌شوند. کنترلر مرکزی بر تمامی اجزای شبکه اشراف دارد و ابزارهای مدیریتی و برنامه‌های خاص (مثلاً سرویس‌های ارزش‌افزوده) روی آن اجرا می‌شوند. (شکل 5)



می‌توان ابزارهای مدیریتی مختلفی در کنترلر تعبیه کرد. یکی از ابزارهایی که طراحان SoftAir پیشنهاد کرده‌اند، ماژول مجازی‌سازی شبکه است که امکان فعالیت همزمان چند شبکه را روی یک بستر فیزیکی فراهم می‌آورد. ماژول مجازی‌سازی اختصاص منابع شبکه فیزیکی (از جمله طیف فرکانسی و توان پردازشی تجهیزات) به هر شبکه مجازی را مدیریت می‌کند. ماژول دیگری که پیشنهاد شده، یک سیستم دسته‌بند ترافیک است که با بهره‌گیری از یادگیری ماشین، ترافیک برنامه‌های مختلف را دسته‌بندی می‌کند و با مشخص کردن رفتار هر کدام، مهندسی ترافیک را بهبود می‌دهد.

یکی از چالش‌های اساسی در شبکه‌های مبتنی بر نرم‌افزار بحث مقیاس‌پذیری است. می‌دانیم که کارکردهای کنترلی فراوانی در شبکه‌های موبایل در ارتباط با احراز اصالت، حسابرسی، امنیت، کیفیت سرویس و مدیریت تحرک وجود دارد که قرار دادن همه این موارد در یک کنترلر مرکزی چالش مقیاس‌پذیری را تشدید می‌کند. با این حال به ادعای طراحان SoftAir می‌توان با پیاده‌سازی کنترلرهای با کارایی بالا مسئله را حل کرد. همچنین تکنیک‌های پیش‌بینی تحرک کاربر که حجم تبادلات میان کنترلر و اجزای شبکه را کاهش می‌دهد، کمک‌کننده است. در لایه دسترسی، مجموعه کارکردهای مرتبط با ارسال داده روی امواج رادیویی از کارکردهای مربوط به پردازش سیگنال (تحت عنوان Baseband Unit یا BBU) جداسازی می‌شود. این جداسازی در معماری‌های دیگری نظیر C-RAN نیز پیشنهاد شده است. نتیجه این خواهد بود که در محل ایستگاه‌های پایه تنها تجهیزات آنتن نصب خواهد شد و کارکردهای BBU در یک سرور موسوم به BBS به صورت متمرکز پیاده‌سازی می‌شود. برای مثال اینکه به هر کاربر روی چه فرکانسی اطلاعات ارسال شود، از وظایف BBU است. قرار دادن BBU ایستگاه‌های مختلف این امکان را فراهم می‌آورد که تخصیص فرکانس با هماهنگی بین BBUهای مختلف انجام شده و از بروز تداخل بین کاربران جلوگیری به عمل آید.

## سخن آخر

زمانی که قرار باشد مقایسه‌ای بین نسل‌های شبکه‌های موبایل انجام شود، معمولاً ذهن به سمت فناوری‌های لایه فیزیکی می‌رود؛ از جمله تکنیک‌های مدولاسیون که در هر نسل تغییر می‌یابد. اما اهدافی که در 5G در نظر گرفته شده، آنچنان بلندپروازانه است که تغییر در لایه فیزیکی برای دستیابی بدان اهداف کافی نیست. در واقع در 5G

تمامی شبکه اعم از معماری و ساختار، لایه‌های مختلف شبکه و پروتکل‌های ارتباطی دستخوش نوآوری خواهد شد. در این میان دو فناوری **SDN** و **NFV** در شبکه‌های مراکز داده و شبکه‌های WAN انقلابی بر پا کرده‌اند، پس چرا اجازه ندهیم که در شبکه موبایل نیز نقشی بر عهده بگیرند؟ در این نوشتار بهره‌گیری از دو فناوری مذکور را در نسخه‌های اولیه استاندارد 5G بررسی کردیم و به انتظار می‌مانیم تا در سندهای بعدی 3GPP جزئیات بیشتری در این خصوص منتشر شود.

منبع:

[sdn.ieee](http://sdn.ieee)

تاریخ انتشار:

16 خرداد 1397

---

نشانی منبع:

<https://www.shabakeh-mag.com/networking-technology/12911/%D9%81%D9%86%D8%A7%D9%88%D8%B1%DB%8C%E2%80%8C%D9%87%D8%A7%DB%8C-sdn-%D9%88-nfv-%D8%AA%D8%A7-%DA%86%D9%87-%D8%A7%D9%86%D8%AF%D8%A7%D8%B2%D9%87-%D8%B1%D9%88%DB%8C-%D8%B4%D8%A8%DA%A9%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7%DB%8C-5g-%D8%AA%D8%A7%D8%AB%DB%8C%D8%B1%DA%AF%D8%B0%D8%A7%D8%B1-%D9%87%D8%B3%D8%AA%D9%86%D8%AF%D8%9F>