مروری بر دگرسپاری در شبکه‌های بی‌سیم
مفاهیم، الگوریتم‌ها و پروتکل‌ها

معصومه صفاخیل[1] و علی پاینده[2]

[1] دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد مهندسی برق مخابرات، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران
m.safakheil87@gmail.com
[2] استاد، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران،ایران
payandeh@mut.ac.ir

چکیده

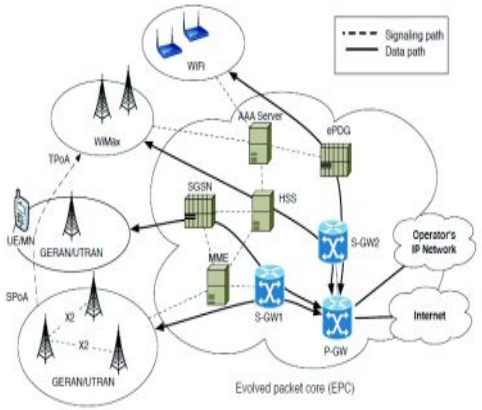
شبکه‌های نسل بعد، از فناوری‌های دسترسی بی‌سیم ناهمگن از قبیل شبکه‌های بی‌سیم (WiFi و WiMax) و شبکه‌های سلولار (از قبیل WCDMA و HSPA و 4G) تشکیل شده‌اند. یکی از مسائل مهم در طراحی شبکه‌های بی‌سیم ناهمگن، پشتیبانی از دگرسپاری عمودی یک‌پارچه برای کاربران سیار است. روند دگرسپاری بین فناوری‌های بی‌سیم مختلف، دگرسپاری عمودی نامیده می‌شود. امروزه فناوری‌های بی‌سیم مختلف، ویژگی‌ها، خدمات، نرخ داده و پوشش منطقه‌ای متفاوتی را ارائه می‌دهند. با دگرسپاری عمودی می‌توان از ترکیب مزایای شبکه‌های سیار به‌منظور کسب رضایت کاربران و بهبود کارایی، استفاده کرد. بنابراین بیان مفاهیم و مرور اقدامات انجام‌شده، امری ضروری است. هدف اصلی این مقاله بررسی و بیان مفاهیم اساسی مرتبط با دگرسپاری، طبقه‌بندی، الگوریتم‌ها، پروتکل‌ها، عوامل تأثیرگذار در دگرسپاری و ویژگی‌های مطلوب دگرسپاری برای شبکه‌های نسل بعد است.

واژگان کلیدی: الگوریتم دگرسپاری، پروتکل احراز اصالت، دگرسپاری سخت، دگرسپاری نرم، شبکه‌های ناهمگن

۱- مقدمه

تکامل نسل چهار[1] با بهره‌گیری از فواید فناوری‌های بی‌سیم شروع شده است. فناوری‌های بی‌سیم مانند LTE[2]، WLAN[3]، WiMAX[4] و غیره تحت استانداردهای متفاوتی ارائه شده‌اند. این فناوری‌ها خدمات متنوع، نرخ داده‌های مختلف و میزان پوشش منطقه‌ای متفاوتی را فراهم می‌کنند. مطابق شکل(۱) شبکه‌های نسل بعد[5] از ترکیب شبکه‌های ناهمگن از قبیل شبکه‌های بی‌سیم محلی، WiMax، شبکه‌های سلولی، UMTS[6] و غیره تشکیل شده است [۱].

EPC بسته‌ها را با استفاده از IP مسیردهی می‌کند و از دستگاه‌هایی که از IP نسخه ۴، نسخه ۶ و یا بسته دوگانه IP نسخه ۴ و ۶ استفاده می‌کنند، پشتیبانی می‌کند. همچنین وظیفهٔ برقراری ارتباط با شبکه‌های بیرونی داده مانند اینترنت، شبکه اختصاصی سازمانی و یا زیرسیستم چندرسانه‌ای IP (IMS)[7] را بر عهده دارد.



(شکل ۱): معماری شبکه ناهمگن نسل بعد [۱]

[1] 4G
[2] Long Term Evolution
[3] Wireless Local Area Network
[4] Worldwide Interoperability for Microwave Access
[5] NGWN
[6] Universal Mobile Telecommunication System
[7] IP Multimedia Subsystem

EPC شامل نهاد مدیریت تحرک (MME[1]) و درگاه خدمات (S-GW[2]) و درگاه شبکه داده بسته‌ای(PDN GW[3]) و سرور مشترکین خانگی(HSS[4]) است.

MME کنترل عملکردهای سطح بالای موبایل را بر عهده دارد. یک شبکه ممکن است، دارای چندین MME باشد که هرکدام از آن‌ها منطقه جغرافیایی خاصی را پوشش می‌دهد[۲].

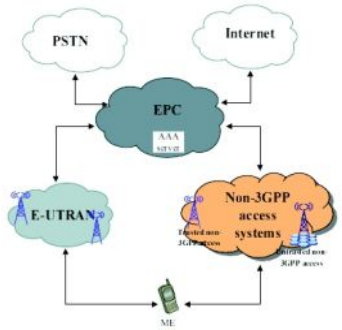
S-GW مانند یک مسیریاب عمل و داده‌ها را هنگام تحرک کاربر برای دگرسپاری میان eNodeBها، تحرک بین LTE و سایر فناوری‌های 3GPP، جابه‌جا می‌کند. یک شبکه به‌طورمعمول دارای چندین S-GW است، که هر کدام از آن‌ها در محدودهٔ جغرافیایی خاصی، از موبایل‌ها پشتیبانی می‌کند. هر موبایل به یک S-GW اختصاص داده می‌شود، اما درصورتی‌که موبایل به اندازه معینی از S-GW خود فاصله بگیرد، به S-GW دیگری تحویل داده می‌شود.

PDN GW نقطهٔ اتصال EPC با جهان خارج است. هر موبایل به یک P-GW پیش‌فرض اختصاص داده می‌شود و از طریق آن ارتباط خود با شبکه داده بسته‌ای پیش‌فرض، به‌عنوان‌مثال اینترنت را برقرار می‌کند. پس از آن، درصورتی‌که موبایل بخواهد به شبکه‌های داده بسته‌ای دیگری، مانند شبکه اختصاصی سازمانی خود متصل شود، به P-GW دیگری اختصاص داده می‌شود. هر P-GW در طول مدت برقراری اتصال داده دارای بازده عملیاتی یکسان است.

HSS پایگاه داده اصلی اطلاعات مشترکان شبکه است. درون EPC، HSS و MME با استفاده از پروتکلی بر مبنای دیامیتر با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند. پروتکل پایه‌ای دیامیتر یک پروتکل استاندارد IETF[5] برای احراز اصالت، اعطای صلاحیت[6] و محاسبه کارکرد[7] است که خود بر مبنای پروتکل قدیمی‌تر با نام RADIUS[8] است.

دگرسپاری برای ارائه ارتباط انتها به انتها[9] در میان شبکه‌های ناهمگن[10] استفاده می‌شود. درواقع، دگرسپاری روند انتقال یک شبکه مخابراتی است، هنگامی‌که پایانه سیار نقطه اتصال خود به شبکه را تغییر می‌دهد.

مطابق شکل (۲) در شبکه LTE، کاربر سیار می‌تواند از طریق E-UTRAN یا شبکه‌های دسترسی غیر 3GPP و با استفاده از EPC با شبکه تلفن سوئیچ عمومی[11] و / یا اینترنت ارتباط برقرار کند. بنابراین در شبکه LTE دگرسپاری بین اجزای درون شبکه‌ای و دگرسپاری با شبکه‌های غیر 3GPP تحقق یافته است.



(شکل۲): معماری دسترسی چندگانه LTE [۳]

به‌طورکلی، دگرسپاری در شبکه LTE بر حسب نوع شبکه به دو دسته طبقه‌بندی شده است.

اصطلاح میان‌کاری[12] نیز برای بیان فعل و انفعلات در شبکه‌های ناهمگن با هدف ارائه ارتباط انتها به انتها استفاده می‌شود. این مقاله شامل بخش‌های پیشینه و تکامل دگرسپاری، انواع دگرسپاری و استانداردهای آن، معیارها، الزامات تصمیمات دگرسپاری، دسته‌بندی دگرسپاری، توصیف پروتکل‌های احراز اصالت، الگوریتم‌های دگرسپاری عمودی (VHO)[13] و نتیجه‌گیری است.

۲- پیشینه و تکامل دگرسپاری

دگرسپاری، اصطلاحی در دستگاه‌های موبایل است که از زمان نسل یک شروع شده و در نسل چهار تکامل یافته است. مطابق جدول (۱) و معماری LTE، نسل ۴ موبایل از دو نوع دگرسپاری عمودی و افقی پشتیبانی می‌کند. تمام مراحل دگرسپاری، یک ویژگی برای تحرک به حساب می‌آیند. تصمیمات اولیه دگرسپاری بیش‌تر توسط توان

[1] Mobility Management Entity
[2] Serving Gateway
[3] Packet Data Network Gateway
[4] Home Subscriber System
[5] Internet Engineering Task Force
[6] Authorization
[7] Accounting
[8] Remote Authentication Dial In User Service
[9] End to End
[10] HetNet
[11] PSTN
[12] Interworking
[13] Vertical handover

سیگنال دریافتی (RSS) [1] مشخص می‌شوند و پس از آن ویژگی‌های دیگری برای ایجاد تصمیمات دگرسپاری مانند دورهٔ عکس‌العمل دگرسپاری[2]، توان مصرفی[3]، اولویت کاربران[4]، هزینهٔ شبکه[5] و غیره در نظر گرفته می‌شود. امروزه در شبکه‌های بی‌سیم نسل چهار، تصمیمات دگرسپاری مبتنی بر یک ویژگی نیستند و مبتنی بر چندین ویژگی مشترک MADM[6] می‌باشند[۴].

(جدول ۱): مقایسهٔ انواع دگرسپاری بین سامانه‌های ارتباطی سیار [۵]

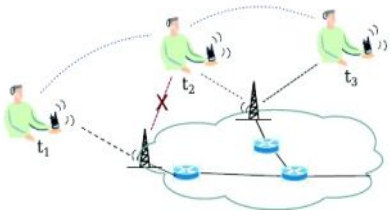
فناوری / ویژگی	نسل ۱	نسل۲ , ۲.۵	نسل ۳	نسل ۴	نسل ۵
دگرسپاری	افقی	افقی	افقی	افقی/ عمودی	افقی/ عمودی

۳- انواع دگرسپاری

به‌طور کلی دگرسپاری به دو دسته اصلی تقسیم می‌شود:

۳-۱- دگرسپاری افقی[7]

دگرسپاری بین دو ایستگاه کاری[8] (BS) موجود در یک سامانه، دگرسپاری افقی نامیده می‌شود. در شکل (۳) این نوع دگرسپاری به تصویر کشیده شده است.



(شکل۳): دگرسپاری افقی [۶]

این نوع دگرسپاری به زیرشاخه‌های زیر دسته‌بندی می‌شود [۷]:

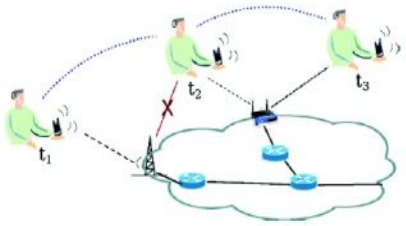
۱-دگرسپاری لایه پیوند[9]

۲- دگرسپاری درون‌سامانه‌ای [10]

دگرسپاری افقی بین دو BS تحت یک اپراتور خارجی (FA)[11] به عنوان دگرسپاری لایه پیوند شناخته می‌شود. در دگرسپاری درون‌سامانه‌ای، دگرسپاری افقی بین دو BS که متعلق به دو اپراتور مختلف باشند و هر دو اپراتور به یک سامانه تعلق داشته باشند، اتفاق می‌افتد و از این‌رو درگاه اپراتور خارجی، یکسانی (GFA)[12] دارند.

۳-۲- دگرسپاری عمودی

دگرسپاری عمودی به جابه‌جایی از یک فناوری به فناوری دیگر با حفظ ارتباط اشاره دارد[۷]، این تعریف در شکل (۴) نمایش داده شده است. با ارائه این نوع دگرسپاری، اپراتور می‌تواند دسترسی به شبکه خود را با استفاده از یک‌پارچه‌کردن دو یا بیش از دو تکنولوژی متفاوت، گسترش دهد.



(شکل۴):دگرسپاری عمودی [۶]

درواقع سازوکار دگرسپاری عمودی اجازه می‌دهد یک دستگاه پایانه، شبکهٔ خود را بین انواع شبکه‌ها (به‌عنوان نمونه بین شبکه‌های نسل سه[13] و نسل چهار) تغییر دهد و از این طریق درخواست کاربر را اجرا کند.

۴- طبقه‌بندی دگرسپاری

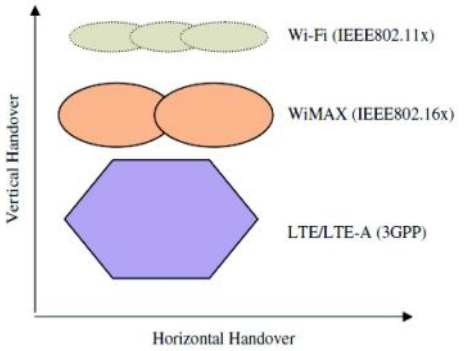
عوامل مؤثر در طبقه‌بندی دگرسپاری، حوزه‌های اجرایی[14]، تعداد اتصالات، نوع شبکه‌ها، مجوز کنترل کاربر[15]، ضرورت

[1] Received Signal Strength
[2] Handoff Latency
[3] Power Consumption
[4] User preferences
[5] Network Cost
[6] Multi-Attribute Decision Marking
[7] Horizontal Handoff/ Handover
[8] Base Station
[9] Link-layer Handoff
[10] Intra-system Handoff
[11] Foreign Agent
[12] Gateway Foreign Agent
[13] 3G
[14] Administrative domains involved
[15] User Based Handover

و لزوم دگرسپاری و فرکانس کاری [1] است که در ادامه هر یک به‌اختصار شرح داده می‌شوند.

۴-۱- انواع شبکه‌ها

عمومی‌ترین عامل برای طبقه‌بندی دگرسپاری، نوع شبکه است. این طبقه‌بندی به این موضوع بستگی دارد که دگرسپاری بین یک نوع واسط شبکه اتفاق می‌افتد و یا بین انواع مختلف واسط‌های شبکه صورت می‌گیرد[۸]. مطابق شکل (۵) دگرسپاری در شبکهٔ نسل ۴ نیز به دو دسته تقسیم می‌شود.



(شکل۵): دگرسپاری افقی و عمودی [۹]

الف) دگرسپاری عمودی: در این نوع دگرسپاری، پایانه سیار می‌تواند از یک AP [2] در شبکه به سایر APهای موجود در شبکه با فناوری‌های متفاوت دگرسپاری کند. به‌عنوان مثال، تبادل از ایستگاه پایهٔ WiMaxبه شبکهٔ LTE به‌عنوان یک فرایند دگرسپاری عمودی در نظر گرفته می‌شود.

ب) دگرسپاری افقی: در این نوع دگرسپاری، پایانهٔ سیار در یک شبکه بین نقاط دسترسی مورد پشتیبانی همان فناوری شبکه می‌تواند دگرسپاری کند. به‌عنوان مثال، تبادل یک ایستگاه پایهٔ WiMax به ایستگاه پایهٔ دیگر WiMax به‌عنوان روند دگرسپاری افقی در نظر گرفته می‌شود.

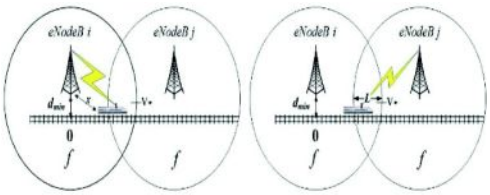
۴-۲- فرکانس کاری

الف) دگرسپاری درون‌فرکانسی [3]: روند دگرسپاری پایانهٔ سیار در سراسر نقاط دسترسی در یک فرکانس یکسان انجام می‌شود. این نوع دگرسپاری در شبکه‌های دسترسی چندگانه کدگذاری شده (CDMA) [4] به همراه تقسیم فرکانسی دوطرفه (FDD) [5] رخ می‌دهد.

ب) دگرسپاری میان فرکانسی [6]: روند دگرسپاری پایانه‌های سیار در سراسر نقاط دسترسی روی فرکانس‌های متفاوتی انجام می‌شود. این نوع دگرسپاری در شبکه‌های CDMA با تقسیم زمانی دوطرفه (TDD) [7] امکان‌پذیر است و تنها نوع دگرسپاری پشتیبانی‌شده در سامانه‌های سلولی GSM است[۸].

۴-۳- تعداد اتصالات

الف) دگرسپاری سخت [8]: در دگرسپاری سخت همزمان با برقراری پیوند رادیویی به ایستگاه پایهٔ جدید، پیوند رادیویی ایستگاه پایه قدیمی آزاد می‌شود. به عبارت دیگر، با دگرسپاری سخت، گره سیار [9] تنها مجاز است با یک ایستگاه پایه در هر زمان ارتباط داشته باشد. دگرسپاری شبکه LTE از نوع دگرسپاری سخت است. در شکل (۶) نحوه اتصال گره سیار، قبل و بعد از دگرسپاری، نشان داده شده است.

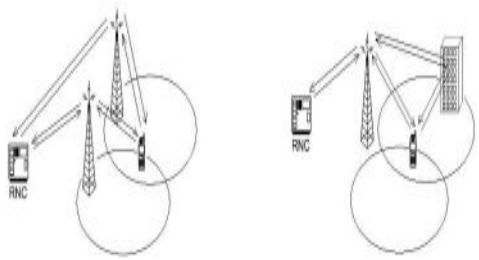


(شکل ۶): دگرسپاری سخت [۱۰]

ب) دگرسپاری نرم [10]: در این نوع دگرسپاری،گره سیار یک ارتباط رادیویی را حداقل با دو ایستگاه پایه در منطقه دگرسپاری که با هم هم‌پوشانی دارند، حفظ می‌کند و هیچ سیگنالی را تا زمانی‌که به زیر یک آستانه معین افت پیدا نکند، آزاد نمی‌کند. دگرسپاری نرم در شرایط تحرک گرهٔ سیار بین سلول‌ها که روی فرکانس یکسان عمل می‌کنند، امکان‌پذیر است. در شبکه UMTS دگرسپاری سخت و نرم، هر دو قابل اجراست.

[1] Frequency Engaged
[2] Access Point
[3] Intrafrequency Handoff
[4] Code Division Multiple Access
[5] Frequency Division Duplex
[6] Interfrequency Handoff
[7] Time Division Duplex
[8] Hard Handoff
[9] Mobile Node
[10] Soft Handoff

پ) دگرسپاری نرم‌تر[1]: این دگرسپاری بسیار شبیه به دگرسپاری نرم است، جز این‌که پایانهٔ سیار، اتصالات را تحت پیوندهای رادیویی که متعلق به نقطه دسترسی یک‌سانی باشند، سوئیچ می‌کند. در شکل (۷) این دو نوع دگرسپاری، به تصویر کشیده شده است.



(شکل ۷): دگرسپاری نرم و دگرسپاری نرم‌تر [۱۱]

۴-۴- حوزه‌های اجرایی

حوزهٔ اجرایی گروهی از سامانه‌ها و شبکه‌هایی است که توسط یک سازمان اجرایی معتبر اداره می‌شود. طبقه‌بندی دگرسپاری از نظر حوزه اجرایی به‌صورت زیر است:

الف) دگرسپاری با مدیریت داخلی[2]: یک نوع روند دگرسپاری که در آن پایانهٔ سیار بین شبکه‌های متفاوت حرکت می‌کند (از واسطهای همان شبکه یا شبکه‌های مختلف پشتیبانی می‌کند) و توسط حوزهٔ اجرایی یک‌سانی مدیریت می‌شود.

ب) دگرسپاری با مدیریت خارجی[3]: یک نوع روند دگرسپاری که در آن پایانه سیار بین شبکه‌های متفاوتی حرکت می‌کند (از واسطهای همان شبکه یا شبکه‌های مختلف پشتیبانی می‌کند) و توسط حوزه‌های اجرایی متفاوتی مدیریت می‌شود[۱۳].

۴-۵- ضرورت و الزام دگرسپاری

دگرسپاری براساس نیاز به‌صورت زیر طبقه‌بندی می‌شود:

الف) دگرسپاری اجباری[4]: در برخی شرایط لازم است که پایانه سیار به‌منظور جلوگیری از قطع ارتباط، ارتباط را به یک AP دیگر انتقال دهد.

ب) دگرسپاری اختیاری[5]: گاهی اوقات انتقال ارتباط اختیاری است و با وقوع آن ممکن است کیفیت خدمات بهبود یابد یا تغییری حاصل نشود.

۴-۶- مجوز کنترل کاربر

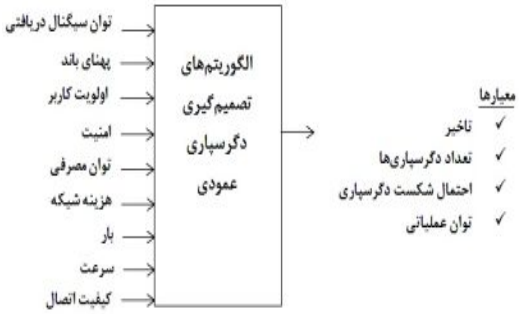
طبق این معیار دگرسپاری به دو دسته فعال و غیر فعال طبقه‌بندی می‌شود.

الف) دگرسپاری فعال[6]: در دگرسپاری فعال هنگام دگرسپاری، به کاربر اجازه تصمیم‌گیری داده می‌شود. تصمیم دگرسپاری می‌تواند بر اساس مجموعه تنظیماتی که توسط کاربر مشخص می‌گردد، اتخاذ شود. دگرسپاری فعال یکی از ویژگی‌های اصلی سامانه‌های بی‌سیم 4G است.

ب) دگرسپاری غیرفعال[7]:کاربر هیچ کنترلی بر روند دگرسپاری ندارد. این نوع دگرسپاری در سامانه‌های بی‌سیم نسل اول، دوم و سوم رایج‌تر است [۸].

۵- معیارهای مؤثر در تصمیمات دگرسپاری

پارامترها و الزامات متعددی در تصمیم دگرسپاری می‌تواند تاثیرگذار باشد. در شکل (۸) پارامترهای مطلوب و معیارهای اصلی تصمیم دگرسپاری نشان داده شده است.



(شکل۸): پارامترهای موثر در تصمیم دگرسپاری

۵-۱- معیارهای مرتبط با شبکه

معیارهای شبکه به شرایط شبکه و عملکرد سامانه برمی‌گردد و تا حد زیادی، این شاخص برای تعادل بار و مدیریت کنترل ازدحام استفاده می‌شود.

[1] Softer Handoff
[2] Intra-administrative Handoff
[3] Inter-administrative Handoff
[4] Obligatory Handoff
[5] Voluntary Handoff
[6] Proactive Handoff
[7] Passive Handoff

۵-۱-۱- پوشش شبکه و توان سیگنال دریافتی[1]:

RSS توان موجود در سیگنال دریافتی را نشان می‌دهد. سیگنال بین ایستگاه پایه و دستگاه سیار، برای حفظ کیفیت سیگنال در گیرنده، باید به اندازهٔ کافی قوی باشد. حین دگرسپاری RSS نباید به زیر یک مقدار آستانه خاص افت پیدا کند. پوشش شبکه به توان سیگنال دریافتی پایانهٔ سیار مرتبط است. این معیار بسیار مهم، دردسترس‌بودن یک شبکه بی‌سیم را برای یک کاربر معین، نشان می‌دهد. معیارهای محدودهٔ پوشش، بسته به نوع شبکه می‌تواند متفاوت باشد[۱۲]. به‌عنوان مثال، این معیار در شبکه UMTS به‌صورت انرژی دریافتی هر تراشه تقسیم بر مجموع توان در باند و در WLAN به‌صورت توان سیگنال دریافتی تعریف شده است. درعمل، این پارامترها در لایهٔ فیزیکی اندازه‌گیری می‌شوند و برای اطمینان از این‌که شبکه همیشه موجود باشد، به‌صورت پیوسته توسط پایانهٔ سیار به‌روز می‌شوند. توان سیگنال دریافتی پایانه سیار مهم است، چون به‌طورمستقیم به کیفیت خدمات مرتبط است.

۵-۱-۲- پهنای باند

پهنای باند پارامتر بسیار مهمی است که تأثیر مستقیمی بر کیفیت سرویس دارد. به‌طورعمومی پهنای باند به‌عنوان ظرفیت پیوند در شبکه، شناخته می‌شود. با ارائهٔ پهنای باند بالاتر، احتمال حذف/ قطع و مسدودشدن تماس‌ها کمتر می‌شود، بنابراین توان عملیاتی بالاتری به‌دست می‌آید. در حالت وجود دو فناوری با سطح سیگنال یکسان (به‌عنوان مثال WLAN و 3G با هم هم‌پوشانی دارند)، تفاوت در پهنای باند یک شاخص بسیار مهم است[۱۳].

۵-۱-۳- بار[2]:

بار شبکه یکی از عوامل مهم در تصمیم‌گیری دگرسپاری عمودی است. تعادل بار شبکه به‌منظور جلوگیری از کاهش کیفیت خدمات است. تنوع بار ترافیکی میان سلول‌ها، ظرفیت ترافیک قابل حمل را کاهش می‌دهد. به‌منظور ارائهٔ خدمات ارتباطی با کیفیت بالا و به‌منظور ارتقای ظرفیت ترافیک قابل حمل، زمانی‌که تنوع در ترافیک وجود دارد، باید به بار شبکه توجه و بار شبکه حین دگرسپاری در نظر گرفته شود.

[1] Network Coverage and Received Signal Strength
[2] Load

به‌عنوان مثال، در WLAN ها، از آنجاکه پهنای باند منصفانه بین کاربران به اشتراک گذاشته می‌شود و با افزایش کاربران، پهنای باند اختصاص‌یافته به هر کاربر کمتر می‌شود. بنابراین آگاهی‌داشتن از بار در هر شبکه، هنگامی‌که بار زیاد باشد، از پذیرش ارتباطات جدید جلوگیری و کمک می‌کند تا توان عملیاتی قابل قبولی برای خدمات‌رسانی به کاربران حاصل شود.

۵-۱-۴- کیفیت اتصال[3]:

معیارهای بسیاری به‌عنوان شاخص‌های کیفیت اتصال در نظر گرفته می‌شوند که شامل:

- نرخ خطای بیتی(BER)[4]: BER در مورد قابل اطمینان بودن اتصال و توانایی شبکه برای تشخیص پشتیبانی یک کاربرد مشخص، آگاهی می‌دهد. به‌عنوان مثال، یک شبکه با BER بالا، قادر به پشتیبانی کاربردهای تعاملی[5] که به قابلیت اطمینان بالا نیاز دارند، نخواهد بود.
- نسبت سیگنال به تداخل[6]: در سامانه‌های ارتباطی بی‌سیم، تداخل کانال مشترک یکی از منابع اصلی افت عملکرد و همچنین یکی از محدودیت‌های ظرفیت سامانه است. آگاهی از این اطلاعات تصمیم VHO را، به‌خصوص در کاربردهایی که به قابلیت اطمینان بالا و کیفیت خدمات خوب نیاز دارند، تحت تأثیر قرار می‌دهد[۱۹].

۵-۱-۵- امنیت[7]:

امنیت روند دگرسپاری یک ویژگی بسیار مهم در شبکه‌های بی‌سیم است و باید برای تصمیم‌گیری دگرسپاری عمودی در نظر گرفته شود. تهدیدات امنیتی در فناوری بی‌سیم در مقایسه با شبکه‌های سیمی بسیار مهم‌تر هستند.

امنیت شبکه شامل مقررات و سیاست‌های اتخاذشده توسط شبکه به‌منظور جلوگیری و نظارت بر دسترسی غیر مجاز[8]، سوء استفاده[9]، اصلاح، و منابع قابل دسترسی شبکه است. ویژگی‌های امنیتی مانند بالاترین سطوح تمامیت،

[3] Link quality
[4] Bit Error Rate
[5] Interactive Application
[6] Signal-to-Interferences Ratio
[7] Security
[8] Unauthorized Access
[9] Misuse

احراز اصالت، محرمانگی، امنیت شبکه نیز در سیاست‌های دگرسپاری گنجانده شده است.

۵-۲- معیارهای مربوط به پایانه[1]

این معیار شامل ظرفیت پایانه‌ها و الگوهای تحرک است:

۵-۲-۱- سرعت[2]:

سرعت تلفن همراه و الگوی تحرک آن از پارامترهای بسیار مهم تصمیم‌گیری هستند. حرکت سریع تلفن همراه بر فراز پوشش WLAN به‌سرعت انجام می‌شود. بنابراین، دگرسپاری از شبکه سلولی به WLAN می‌تواند منجر به دگرسپاری پی‌درپی سریع شود که سربار سیگنالینگ بالا و تأخیر را به همراه خواهد داشت.

۵-۲-۲- توان باتری[3]:

حین دگرسپاری، توان باتری مصرف می‌شود؛ همچنین فعالیت مکرر واسط باعث خالی‌شدن باتری می‌شود. از آنجاکه فعالیت واسط غیر ضروری، توان مصرفی را افزایش می‌دهد، موضوع صرفه‌جویی توان در مسألهٔ یافتن شبکهٔ مطلوب، مطرح می‌شود. توان مصرفی حین تصمیمات دگرسپاری بسیار حائز اهمیت است. هنگامی‌که باتری ترمینال موبایل پایین باشد، مصرف توان یک موضوع مهم است. در چنین شرایطی، بهتر است برای افزایش طول عمر باطری، به شبکه دیگری که انرژی کمتری را مصرف می‌کند، دگرسپاری انجام شود.

۵-۲-۳- پشتیبانی از فناوری‌های دسترسی رادیویی[4]:

پایانه‌هایی که مجهز به بیش از یک فناوری رادیویی باشند، پایانه‌های چندوضعیتی نامیده می‌شوند.

۵-۳- معیارهای مربوط به خدمات[5]

شبکه‌های بی‌سیم ناهمگن از طبقه‌های خدمات متفاوتی، که شامل تلفیق متفاوت پارامترهای تأخیر، قابلیت اطمینان و نرخ انتقال داده است، پشتیبانی می‌کنند. بنابراین مهم است که الگوریتم‌های تصمیم VHO نوع خدمات را در نظر بگیرند.

۵-۴- معیارهای مرتبط با کاربر

معیارهای مرتبط با کاربر شامل موارد زیر است:

۵-۴-۱-کیفیت خدمات

با توجه به کاربردها و برنامه‌های در حال اجرا، کاربر ممکن است به کیفیت خدمات مختلفی نیاز داشته باشد.

۵-۴-۲- هزینه

حین VHO در شبکه‌های بی‌سیم، هزینه باید حداقل مقدار ممکن باشد. نرخ درخواست‌های ورودی جدید و نرخ درخواست‌های ورودی دگرسپاری با استفاده از عملکرد هزینه تحلیل می‌شود. شبکه‌های ناهمگن نسل بعد می توانند از ترکیب نسبی مزایای پوشش و نرخ داده‌هایشان، خدمات سرویس بالایی را برای کاربران سیار فراهم کنند. بنابراین، هزینه شبکه در تصمیمات دگرسپاری مهم است.

۵-۴-۳- اولویت کاربران

هنگام دگرسپاری، کاربران انتخاب‌های بیشتری را برای شبکه‌های ناهمگن با توجه به اولویت‌هایشان و پارامترهای کارایی شبکه دارند. اولویت کاربران بسته به شبکه انتخابی، درخواست کاربر (بلادرنگ، غیر بلادرنگ) ، نوع خدمات (صدا ، داده ها، ویدئو)، کیفیت سرویس و غیره است.

۶- معیارهای ارزیابی دگرسپاری عمودی

به‌منظور ارزیابی تصمیمات VHO معیارهای مختلفی وجود دارد که در زیر به آنها اشاره شده است[۱۹]:

۶-۱- تأخیر دگرسپاری

تأخیر از مدت زمان روند دگرسپاری، مرحله جمع‌آوری اطلاعات، مرحلهٔ تصمیم‌گیری و اجرای دگرسپاری، ناشی می‌شود. این معیار به‌طورمستقیم به پیچیدگی و تصمیم دگرسپاری مرتبط است و برای درخواست‌های بلادرنگ بسیار مهم است. بنابراین برای رسیدن به نتیجهٔ بهتر، باید کمترین مقدار ممکن را داشته باشد. تأخیر می‌تواند حین روندهای درخواست دگرسپاری بین دو ایستگاه پایه BS (تکرار یک پدیده) اتفاق افتد، این تأخیر می‌تواند به‌عنوان دوره عکس‌العمل دگرسپاری ارزیابی شود. در یک مدل خوب از تصمیمات دگرسپاری باید دوره عکس‌العمل دگرسپاری با کمترین مقدار ممکن در نظر گرفته شود. دوره

[1] Terminal-related
[2] Velocity
[3] Battery Power
[4] Supported Radio Access Technologies
[5] Supported Radio Access Technologies

عکس‌العمل دگرسپاری روی کیفیت خدمات درخواست کاربران تلفن همراه تأثیر می‌گذارد.

۶-۲- توان عملیاتی

به‌طورمعمول گرهٔ سیار، از شبکه با توان عملیاتی کمتر به شبکه‌های با توان عملیاتی بالاتر، دگرسپاری می‌کند.

توان عملیاتی شبکه، متوسط نرخ داده از داده‌های موفق روی یک پیوند ارتباطاتی خاص است. توان عملیاتی شبکه به‌صورت بیت در ثانیه (bps) اندازه‌گیری می‌شود. بیشینه توان عملیاتی شبکه برابر با اندازه پنجره TCP تقسیم بر زمان رفت و برگشت (RTT) داده‌های بسته‌ای ارتباطی است. این عامل برای VHO بسیار مهم است[۱۳].

۶-۳- تعداد دگرسپاری‌ها[1]

به‌طورمعمول کاهش تعداد دگرسپاری به‌منظور جلوگیری از اثر پینگ‌پنگ انجام می‌شود و همچنین از منابع شبکه محافظت می‌کند.

۶-۴- نرخ شکست دگرسپاری[2]

این معیار از تصمیمات نادرست ناشی می‌شود. به‌عنوان مثال، هنگامی اتفاق می‌افتد که شبکهٔ مقصد در دسترس نباشد و یا منابع کافی ارائه نکرده باشد.

۷- روندهای دگرسپاری عمودی

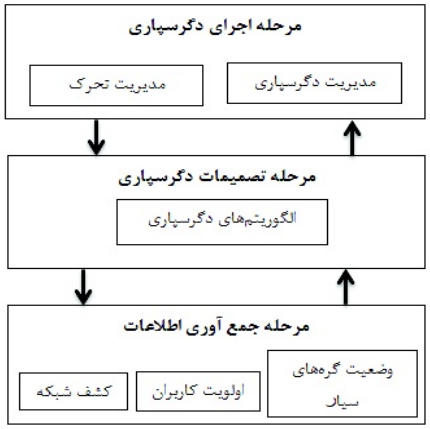
مطابق شکل (۶) دگرسپاری عمودی شامل سه مرحله اصلی است:

۱. مرحله کشف سامانه[3]

مرحله جمع‌آوری اطلاعات دگرسپاری نه تنها اطلاعات مرتبط با شبکه، بلکه اطلاعات مرتبط با سایر اجزای سامانه از قبیل دستگاه‌های سیار، نقاط دسترسی و اولویت کاربران را نیز جمع‌آوری می‌کند. به‌همین دلیل این مرحله با نام‌های مختلفی از قبیل: در [۱۴]جمع‌آوری اطلاعات دگرسپاری، در [۱۵]کشف سامانه، در [۱۶] یافتن سامانه، در [۱۷] برپایی دگرسپاری یا در [۱۸] کشف شبکه نام‌گذاری شده است.

حین کشف سامانه، که جمع‌آوری اطلاعات دگرسپاری عمودی نیز نامیده می‌شود، سامانه به‌صورت دوره‌ای برای یک شبکهٔ مناسب‌تر، که پایانه سیار بتواند به آن دگرسپاری کند، جست‌وجو می‌کند.

در برخی موارد، فرآیند کشف ممکن است، تنها زمانی آغاز شود که شبکه فعلی دیگر قادر به ادامهٔ ارتباط نباشد؛ به این معناکه شرایط رادیویی یا کیفیت خدمات به زیر یک حد آستانه تعریف‌شدهٔ خاص، کاهش یابد. در موارد دیگر، فرآیند کشف به‌صورت پیوسته شاخص‌های مرتبط با کیفیت خدمات (QoS)[4] و شبکه‌های موجود را جمع‌آوری می‌کند[۱۹].



(شکل۹): روند دگرسپاری عمودی [۲۰]

۲. مرحله تصمیمات دگرسپاری عمودی[5]

گرهٔ سیار تشخیص می‌دهد که ارتباطات با استفاده از شبکهٔ فعلی باید ادامه پیدا کند یا به شبکهٔ دیگری سوئیچ شود. این تصمیم ممکن است به پارامترها یا معیارهای مختلفی از قبیل انواع درخواست‌ها، حداقل پهنای باند و تأخیر لازم توسط درخواست‌ها، هزینه دسترسی، توان انتقالی، اولویت کاربران بستگی داشته باشد. الگوریتم‌های دگرسپاری مرتبط با این مرحله و مبتنی‌بر پارامترهای تأثیرگذار و تعریف‌شده در این گام می‌باشند.

۳. مرحلهٔ اجرای دگرسپاری عمودی[6]

در این مرحله، اتصالات گرهٔ سیار از شبکهٔ فعلی به شبکه جدید، دوباره به‌صورت یکپارچه مسیردهی می‌شوند. این مرحله همچنین شامل احراز اصالت، مجوزها و انتقال اطلاعات کاربران [۲۱] است. به‌علاوه، اطلاعات مرتبط با

[1] Number of Handovers
[2] VHO Blocking Rate
[3] System Discovery Phase
[4] Quality of Service
[5] VHO Decision Phase
[6] VHO Execution Phase

شبکه و دستگاه سیار برای دگرسپاری عمودی در شبکه‌های ناهمگن برحسب روش تصمیم دگرسپاری مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای اجرای دگرسپاری، چهار روش دگرسپاری کنترل‌شده توسط تلفن همراه (MCHO)[1]، کنترل‌شده توسط شبکه (NCHO)[2]، دگرسپاری با همیاری دستگاه سیار (MAHO)[3]، دگرسپاری با همیاری شبکهٔ (NAHO)[4] تعیین شده است. در NCHO برپایی دگرسپاری و کنترل آن توسط شبکه انجام می‌شود و تصمیمی که توسط اپراتور اتخاذ می‌شود، به‌منظور توازن بار و مدیریت ترافیک در شبکه است. در MCHO برپایی و کنترل دگرسپاری توسط دستگاه سیار انجام می‌شود و در فناوری‌های ۸۰۲.۱۱ مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در MAHO پایانهٔ سیار سیگنالینگ نقاط دسترسی اطراف را اندازه‌گیری می‌کند و شبکه این اطلاعات را به‌کار می‌گیرد و تصمیم به راه‌اندازی یا عدم راه‌اندازی دگرسپاری می‌کند. روند تصمیم دگرسپاری عمودی، به‌عهدهٔ نهادی به نام مدیریت منابع رادیویی مشترک (CRRM) [5] است، که همچنین شامل کنترل پذیرش[6] و کنترل سرعت نیز است. در NAHO شبکه از برخی پارامترهای سامانه برای تصمیم دگرسپاری عمودی پایانهٔ سیار پشتیبانی می‌کند. ازآنجاکه توانایی محاسباتی پایانهٔ سیار محدود می‌شود، تصمیم‌گیری بهینه عملی نیست و بنابراین به‌منظور اجتناب از تأخیر مذاکرات ناشی از اطلاعات اضافی، باید به میزان اطلاعات ارائه‌شده توسط شبکه توجه شود. به‌جز توان سیگنال دریافتی و بار نقاط دسترسی همسایه، پارامترهای دیگری برای تصمیم دگرسپاری از قبیل اولویت کاربران، هزینهٔ دسترسی فناوری دسترسی رادیویی، پارامترهای مرتبط با کیفیت سرویس نقاط دسترسی اطراف یا سیاست‌های اپراتورها در نظر گرفته می‌شوند؛ اما، در این زمینه، این‌که پایانهٔ سیار چگونه اطلاعات شبکه را به‌دست می‌آورد، جزئیاتی ارائه نشده است.

در [۲۲] یک روند دگرسپاری هوشمند طراحی و در این طرح نشان داده شده است که چگونه یک پایانهٔ سیار هوشمند، اطلاعات مرتبط با فناوری دسترسی خاص را به‌منظور تسهیل تصمیم‌گیری دگرسپاری و تضمین کیفیت سرویس، تخمین و اندازه‌گیری می‌کند. این روند دارای چهار مرحلهٔ برپایی، کشف و ثبت و تصمیم‌گیری و اجراست. هنگامی‌که توان سیگنال دریافتی از نقطهٔ دسترسی کمتر از آستانه مشخص شود، مرحلهٔ برپایی اجرا می‌شود. حین مرحله کشف و ثبت، شکل موج رادیویی لایهٔ فیزیکی، اندازه‌گیری می‌شود و وجود هر نوع شبکهٔ دسترسی رادیویی تشخیص داده می‌شود؛ سپس پایانه سیار پارامترهای سامانه را از طریق فناوری‌های دسترسی رادیویی، قبل از اتصال به نقطه دسترسی تخمین می‌زند. طبق پارامترهای اندازه‌گیری‌شده، پایانهٔ سیار تشخیص می‌دهد که اتصالات باید با فناوری دسترسی رادیویی فعلی ادامه پیدا کند و یا به فناوری دیگری انتقال یابد؛ که این مرحله همان مرحلهٔ تصمیم‌گیری است. سرانجام در مرحلهٔ اجرای دگرسپاری، پایانهٔ سیار لایهٔ فیزیکی خود را دوباره پیکربندی می‌کند و اتصالات از نقطه دسترسی فعلی به‌صورت یک‌پارچه و امن در شبکه به نقطهٔ دسترسی مقصد مسیریابی می‌شوند.

۸- دگرسپاری در شبکه‌های ناهمگن 4G

NGWN از شبکه‌های ناهمگن، که توسط اپراتورهای مختلفی مانند 2G، سامانه‌های ارتباطاتی تلفن همراه 3G، WLAN، WiMax) IEEE 802.16e)، ماهواره، تشکیل شده است. از جمله مسائلی که در شبکه 4G وجود دارد، می‌توان به تحرک اشاره کرد؛ هنگامی‌که کاربر سیار از یک شبکه به شبکهٔ دیگر یا از یک ایستگاه پایه به دیگری سوئیچ کند، این سازوکار دگرسپاری نامیده می‌شود. بنابراین در شبکه ناهمگن تصمیم یا توافق دگرسپاری عمودی (VHD) بیش‌تر برای خدمات پیوسته به‌کار می‌رود. داشتن یک طرح دگرسپاری به‌منظور حفظ ارتباط حین تحرک دستگاه‌ها، و قطع پارازیت برای انتقالات مستمر ضروری است. بنابراین، دگرسپاری در شبکه‌های بزرگ باید با حداقل زمان تأخیر و حداقل تلفات داده ارائه شود[۷].

۸-۱- دگرسپاری یک‌پارچه

در شبکه‌های 4G هدف اصلی ارائه ارتباط بی‌سیم سرعت بالا برای پایانه‌های سیار در همه جا [۲۳] است. در این

[1] Mobile-controlled Handover
[2] Networkcontrolled Handover
[3] Mobile-Assisted Handover
[4] Network-Assisted Handover
[5] Common Radio Resource Management
[6] Admission Control

محیط، پشتیبانی از دگرسپاری یک‌پارچه، بدون ایجاد اختلال در نشست‌های مستمر پایانه‌های سیار، ضروری خواهد بود. دگرسپاری یک‌پارچه با تأخیر کم و حداقل ازدست‌دادن بسته به یک معیار بسیار مهم برای کاربران سیار که مایل به دریافت خدمات مستمر و قابل اعتماد هستند، تبدیل شده است. یکی از مسائل کلیدی که در ارائه دگرسپاری یک‌پارچه کمک می‌کند، توانایی تصمیم‌گیری درست است که وقوع یا عدم وقوع دگرسپاری عمودی در یک زمان معین را مشخص می‌کند[۲۳].

۸-۲- ویژگی‌های مطلوب دگرسپاری

یک الگوریتم دگرسپاری کارآمد ویژگی‌های مطلوب بسیاری را از طریق مصالحه بین ویژگی‌های عملیاتی متفاوت، به‌همراه خواهد داشت. در زیر برخی ویژگی‌های مطلوب و مهم الگوریتم دگرسپاری [۲۳] آورده شده است:

الف) قابل اطمینان‌بودن[1]: الگوریتم دگرسپاری باید قابل اعتماد باشد؛ به‌عنوان مثال کیفیت تماس باید خوب باشد.

ب) یک‌چارچگی[2]: الگوریتم دگرسپاری باید سریع باشد، طوری‌که دستگاه سیار افت یا وقفه در خدمات را تجربه نکند.

پ) پیش‌گیری از تداخل[3]: الگوریتم دگرسپاری باید از تداخل زیاد جلوگیری کند. تداخل کانال مشترک با مخابره دستگاه‌ها روی کانال یکسان ایجاد می‌شود و به‌طورمعمول توسط یک منبع زیان‌آور مجاور که در همان کانال دایر است، ناشی می‌شود.

ت) تعادل بار[4]: یک الگوریتم باید ترافیک را در تمام سلول‌ها، خواه در یک نوع شبکه و یا شبکه‌های متفاوت، متعادل کند. این کار به حذف نیاز قرض‌گرفتن کانال‌های آزاد سلول‌های مجاور، کمک می‌کند، که برنامه‌ریزی سلول و عملیات را ساده می‌کند و احتمال مسدودشدن تماس جدید را کاهش می‌دهد.

ث) بهبود کارایی: تعداد دگرسپاری‌ها باید حداقل باشد. دگرسپاری افقی یا عمودی بیش از حد، منجر به اعمال بار سنگین پردازش دگرسپاری و کیفیت پایین ارتباط می‌شود.

[1] Reliable
[2] Seamless
[3] Interference Prevention
[4] Load balancing

۹- پروتکل‌های دگرسپاری عمودی

با توجه به مفاهیم و ادبیات حوزه احراز اصالت دگرسپاری، در ادامه مروری کوتاه بر برخی پروتکل‌های احراز اصالت دگرسپاری ارائه می‌شود.

۹-۱- پروتکل‌های حوزه احراز اصالت دگرسپاری

احراز اصالت دگرسپاری در شبکه‌های ناهمگن مرحله‌ای مهم است. هنگامی‌که یک دستگاه سیار از منطقه تحت پوشش AP خود خارج شود، درصورتی‌که نشست یا خدمات مربوطه قطع نشود، به یک AP جدید دگرسپاری می‌کند. بنابراین گره سیار و AP جدید نیاز به تصدیق یکدیگر دارند، که از این روند به‌عنوان احراز اصالت دگرسپاری یاد می‌شود. در این بخش انواع پروتکل‌های احراز اصالت را معرفی و ضعف‌های هر یک را بیان می‌کنیم؛ ولی به تشریح حملات نمی‌پردازیم.

براساس اقدامات و فعالیت‌های انجام‌شده در حوزه احراز اصالت دگرسپاری، این طرح‌ها را می‌توان به سه دسته به‌صورت زیر تقسیم‌بندی کرد:

- **احراز اصالت مبتنی‌بر AAA**[5]: در این طرح‌ها از سرور AAA برای اطمینان از امنیت دگرسپاری، با فرض اینکه سرور AAA دارای ویژگی‌های امنیتی قوی باشد، استفاده می‌شود. این طرح‌ها، ضعف تأخیر طولانی را ندارند؛ اما به کلیدهای ازپیش‌توزیع‌شده برای APها و احراز اصالت بین سرور AAA و AP نیاز دارند، که این امر پیچیدگی سامانه را افزایش می‌دهد؛ به‌علاوه، ازآن‌جاکه یک سرور AAA به‌طورمعمول دور از APها قرار دارد، در این طرح‌ها ممکن است، رویدادهای مختلفی، مانند عدم ارتباط بین AP و سرور AAA، منجر به کاهش کارایی سامانه شود.

تعدادی طرح احراز اصالت از این دسته در [۲۴]، [۲۵]، [۲۶]، [۲۷]، [۲۸] پیشنهاد شده‌اند، اما هر یک از طرح‌های ذکرشده یا دارای ضعف امنیتی هستند و یا از نظر کارایی برای دگرسپاری مناسب نیستند. به‌عنوان مثال طرح [۲۴] در برابر حملاتی از قبیل جعل شناسه کاربر[6]، منع خدمات[1]،

[5] Authentication, Authorizing and Accounting
[6] User Impersonification

شنود[2] ضعف دارد. طرح [۲۵] نیز احراز اصالت دوطرفه[3] بین گرهٔ سیار و شبکه خانگی را فراهم نمی‌کند؛ چون در این طرح سرور AAA شبکه WLAN، پاسخ کاربر را می‌دهد و امنیت شبکه با دخالت این سرور کاهش می‌یابد. طرح [۲۶] که بهبودیافتهٔ پروتکل EAP-AKA است و به‌منظور جلوگیری از حملهٔ تغییر مسیر طراحی شده است، در برابر حمله فردی در میان[4] مقاوم نیست. طرح‌های [۲۹]، [۳۰]، [۳۱]، [۳۲]، [۳۳]، [۳۴]، [۳۵] نیز در هر بار اجرای طرح، نیاز به برقراری ارتباط با سرور AAA دارند. بنابراین این طرح‌ها از ضعف‌های امنیتی و مشکلات کارایی رنج می‌برند؛ زیرا به برقراری ارتباطی بین AP و سرور AAA نیاز دارند و هنگامی‌که AP از سرور دور باشد، می‌تواند منجر به تأخیر غیرقابل قبول شود. همچنین از آنجا که این در این‌گونه طرح‌ها AP بی‌قید و شرط تمام درخواست‌ها (معتبر- نامعتبر) را به سرور AAA ارسال می‌کند، مهاجم به‌راحتی می‌تواند حملهٔ منع خدمات را از طریق APها اجرا کند.

➢ **احراز اصالت مبتنی‌بر امنیت محتوا:** طرح‌های مبتنی بر SCT[5] روی یک کانال امن بین APها برای انتقال اطلاعات امن بدون ارتباط با سرور AAA پایه‌گذاری، و در [۳۶]، [۳۷] بررسی شده‌اند. طرح‌های مبتنی بر SCT موجب ترافیک احراز اصالت بین AP و سرور AAA نمی‌شوند؛ اما، در این طرح‌ها فرض شده است که یک ارتباط معتمد بین APها برقرار شده باشد و هنگامی‌که APها در شبکه‌های مختلف واقع شده باشند، عملی نیستند. در [۳۸] یک طرح احراز اصالت دگرسپاری با حفظ حریم خصوصی[6]، مبتنی بر امضای وکالتی[7] ارائه شده، که احراز اصالت بین گره‌های سیار و AP را بدون دخالت سوم شخص، اجرا می‌کند؛ اما فرض شده که یک کانال امن بین هر دو AP مجاور برقرار باشد، که این فرض در تمام شبکه‌های بی‌سیم برقرار نیست.

[1] DoS Attack
[2] Eavesdropping
[3] Mutual authentication
[4] MITM (Man-in-the-middle-attack)
[5] Security Context Transfer
[6] Privacy
[7] Proxy Signature

➢ **احراز اصالت مبتنی‌بر شناسه[8]:** طرح‌های احراز اصالت مستقیم با استفاده از سامانه رمزنگاری مبتنی بر شناسه (IBC) و گواهی‌نامه‌ها در [۳۹]، [۴۰] معرفی شده‌اند. با استفاده از طرح‌های احراز اصالت مستقیم، احراز اصالت متقابل و توافق کلید بین ME[9] و AP جدید، تنها از طریق سه دست‌تکانی بدون دخالت سوم شخص انجام می‌شود. بنابراین، ساختار احراز اصالت ساده‌ای دارد؛ اما، مشکلات متعددی از قبیل ناکارآمدی و یا آسیب‌های امنیتی در این طرح‌ها، وجود دارد. طرح [۳۹] از عملیات زوج‌نگاری استفاده می‌کند، درنتیجه ME هزینهٔ محاسباتی بالایی دارد و برای MEهای منبع محدود غیر قابل استفاده است. طرح [۴۰] چون از زوج‌نگار دوخطی[10] استفاده نمی‌کند، از نظر کارایی شبکه عملکرد مطلوبی دارد؛ اما، این طرح به زیرساخت کلید عمومی (PKI) نیاز دارد، درنتیجه به محاسبات و هزینه‌های ذخیره‌سازی زیادی برای مدیریت گواهی‌ها نیاز دارد. طرح‌های [۴۱]، [۴۲]، [۴۳]، [۴۴] نیز شامل ارتباط با سرور AAA نیستند و برای اینکه AP بتواند کاربر را تأیید کند به سامانه رمزنگاری مبتنی‌بر شناسه یا گواهی‌نامه مبتنی‌بر چکیده‌ساز درهم‌ساز chameleon نیاز دارند. طرح‌های [۴۱] و [۴۲] با این‌که نیازی به برقراری ارتباط با سرور AAA ندارند، از ضعف غیرقابل رهگیربودن، گمنامی کاربر[11] و حمله منع خدمات همچنان رنج می‌برند. در [۴۳] یک طرح مبتنی‌بر تابع چکیده‌ساز chameleon با روند احراز اصالت کارامد و تبادل کلید قوی ارائه شده است؛ اما از آنجا که کاربر در هر ارتباط یک گواهی ثابتی را برای تصدیق ارائه می‌دهد، این طرح نمی‌تواند گمنامی کاربر را فراهم کند. در [۴۵] به ضعف این پروتکل نسبت به حمله فردی در میان اشاره شده است. همچنین ME به ذخیره و انتقال اطلاعات بسیاری نیاز دارد.

به‌علاوه در [۴۶] استدلال شده که طرح [۴۳] به‌صورتی که ادعا کرده بود، در دست‌یابی به به‌طورکامل محرمانه‌بودن مسیر پیشرو/پسرو (PFS / PBS) شکست خورده است. طرح [۴۴] نیز با این‌که از شناسه تصادفی استفاده می‌کند، اما در این طرح کاربر به‌راحتی قابل رهگیری است. در [۴۷] یک پروتکل احراز اصالت دگرسپاری به نام PairHand

[8] ID-Based Scheme
[9] Mobile Equipment
[10] Bilinear Pairings
[11] User Anonymity

پیشنهاد شده که از طرح امضای مبتنی بر شناسه برای روند دگرسپاری امن، استفاده می‌کند. در این طرح اگر کلید به خطر بیفتد آسیب‌پذیر خواهد شد. طرح [۴۸] بهبودیافتهٔ طرح [۴۷] است؛ اما در [۴۹] نشان داده شده است که طرح [۴۸]، هنوز هم با در معرض خطر افتادن کلید[1] آسیب‌پذیر است؛ اما هیچ بهبودی ارائه نشده است. در [۵۰] نشان داده شد که طرح [۴۸] هزینهٔ محاسبات سنگینی مانند اندازهٔ کلید بزرگ که با توجه به کاربرد زوج نگاری دوخطی مرتبهٔ مرکب مورد نیاز است، دارد. همچنین در [۵۰] یک پروتکل جدید دگرسپاری با استفاده از زوج‌نگاری دوخطی مرتبهٔ نخست، پیشنهاد شده است؛ اما تمام پروتکل‌های [۴۸،۴۷] و [۵۰] به زوج‌نگار دو خطی پرهزینه، بستگی دارند و درنتیجه این پروتکل‌ها با توجه به محاسبات سربار، ناکارآمد هستند. در [۵۱، ۵۲] دو پروتکل احراز اصالت دگرسپاری براساس امضای گروهی پیشنهاد شده است. هدف این دو طرح برای برقراری خواص امنیت بیشتر، مانند گم‌نامی کاربر، غیر قابل ره‌گیربودن آن[2]، امنیت پیشرو[3]، حفظ حریم خصوصی شرطی و غیره، بود. اما این دو طرح به رمزنگاری اولیه تاحدودی پیچیده، یعنی امضای گروهی بستگی دارند. در [۵۳] نیز یک پروتکل احراز اصالت با توجه به حریم خصوصی برای شبکه‌های بی‌سیم پیشنهاد شده است؛ اما در [۵۴] نشان داده شده است که این پروتکل در برابر حمله جعلAP [4] ضعف دارد.

۱۰- الگوریتم‌های دگرسپاری عمودی

با بررسی اقدامات انجام‌شده در این زمینه، مطابق شکل(۱۰) الگوریتم‌های دگرسپاری را می‌توان به چهار دسته تقسیم‌بندی کرد که در ادامه به توضیح هر یک می‌پردازیم[۵۵].

(شکل۱۰): دسته‌بندی الگوریتم‌های VHO

۱۰-۱- الگوریتم‌های دگرسپاری عمودی مبتنی بر RSS

در الگوریتم‌های مبتنی‌بر RSS، توان سیگنال دریافتی مهم‌ترین معیار است. در این‌گونه از الگوریتم‌ها به‌منظور اتخاذ تصمیمات دگرسپاری، مقایسه براساس RSS نقطه فعلی با سایر نقاط، انجام می‌گیرد. در جدول (۲) خلاصه‌ای از طرح‌های VHO مبتنی‌بر RSS آورده شده است. الگوریتم [۵۶] برای دگرسپاری بین شبکه‌های 3G و WLAN با ترکیب اندازه RSS و معیار تخمین طول عمر یا پهنای باند موجود WLAN نامزد، پیشنهاد شده است. دو حالت وجود دارد. حالت نخست، زمانی‌که پایانه سیار از منطقه تحت پوشش WLAN به سمت 3G حرکت کند، دگرسپاری به شبکه 3G آغاز می‌شود. هنگامی‌که مقدار متوسط RSS اتصال WLAN به زیر یک آستانهٔ از پیش تعریف شده، کاهش یابد و طول عمر تخمینی آن کمتر یا مساوی تأخیر دگرسپاری شود، دگرسپاری شروع به کار می‌کند. در حالت دوم، زمانی‌که پایانهٔ سیار به سمت سلول WLAN حرکت کند، دگرسپاری به WLAN شروع می‌شود، اگر متوسط RSS اندازه‌گیری‌شده سیگنال WLAN بزرگ‌تر از آستانه باشد و پهنای باند WLAN، پهنای باند مورد نیاز درخواست را برآورده سازد. الگوریتم [۵۷] ، بین WLAN و 3G و بر اساس مقایسه RSS فعلی و مقدار آستانه RSS پویا است، هنگامی‌که پایانه سیار به یک نقطه دسترسی شبکه WLAN متصل شود، ارائه شده است. الگوریتم‌های مبتنی‌بر پیش‌بینی مسافت حرکت به‌منظور حذف دگرسپاری‌های غیر ضروری توسعه داده یافته‌اند. الگوریتم [۵۸] زمان سپری‌شدهٔ یک پایانهٔ سیار داخل سلول را در نظر می‌گیرد. این روش به تخمین زمان حرکت WLAN (یعنی مدت زمانی که انتظار می‌رود پایانهٔ سیار در سلول WLAN سپری کند) و محاسبه زمان آستانه بستگی دارد. اگر پوشش WLAN موجود و زمان حرکت تخمینی درون سلول WLAN بزرگتر از زمان آستانه باشد، دگرسپاری به WLAN شروع می‌شود. مزیت این روش این است که شکست دگرسپاری، دگرسپاری‌های غیر ضروری و ازکارافتادن اتصالات را به حداقل می‌رساند، اما تأخیر، دگرسپاری را افزایش می‌دهد.

[1] Key Compromise
[2] Untraceability
[3] Forward Secure User Revocation
[4] Impersonation Attack

(جدول ۲): طرح‌های VHO مبتنی‌بر RSS

ویژگی	مزایا	ضعف‌ها
طرح‌های مبتنی‌بر آستانه *RSS* [۵۶]، [۵۹]، [۶۰]		
در دگرسپاری شبکه‌های سلولار و داده‌ای، *RSS* فعلی با مقدار آستانه *RSS* تعیین شده، مقایسه می‌شود.	-کاهش دگرسپاری‌های اشتباه -کاهش دگرسپاری ناقص	- احتمال دگرسپاری‌های ناقص از شبکه سلولی به شبکه داده‌ای افزایش می‌یابد. - اتلاف منابع شبکه
طرح‌های مبتنی‌بر تخمین مدت اعتبار نتیجه جستجو [۵۷]،[۶۱]		
RSS به همراه مدت اعتبار نتیجه جستجو برای تصمیم زمان دگرسپاری، ترکیب می‌شود.	- مطابق با الزامات درخواستی و تحرک کاربر - بهبود توان عملیاتی	- بهبود توان عملیاتی
طرح‌های مبتنی‌بر پیش‌بینی *RSS* [۵۸]،[۶۲]، [۶۳]،[۶۴]		
برای ایجاد ارتباط یکپارچه گره‌های سیار با سرعت بالا، از مقدار پیش‌بینی شده آستانه *RSS* استفاده می‌شود.	- به حداقل رساندن دگرسپاری‌های غیرضروری و ناقص -کاهش از کار افتادن اتصالات - تعادل بار در شبکه مقصد	- افزایش دوره عکس‌العمل دگرسپاری - اثر پینگ‌پنگ

۱۰-۲- الگوریتم‌های دگرسپاری عمودی مبتنی بر پهنای باند

در این‌گونه الگوریتم‌ها پهنای باند موجود معیار اصلی برای دگرسپاری است. در [۶۵] یک الگوریتم مبتنی‌بر QoS ارائه شده، که باقی‌ماندهٔ پهنای باند را برمی‌دارد، خدمات مورد نیاز کاربران و حالت پایانه سیار را در تصمیم‌گیری برای دگرسپاری از WLAN به شبکه‌های بی‌سیم گسترده (WWAN) و بالعکس محاسبه می‌کند. اگر پایانهٔ سیار در حالت آماده به کار [1] باشد، دگرسپاری به AP مرجع انجام می‌شود. در غیر این صورت، تصمیم دگرسپاری بر اساس نوع درخواست کاربر است.

این روش قادر است توان عملیاتی را هنگامی‌که پهنای باند موجود به‌عنوان معیار اصلی برای VHD در نظر گرفته می‌شود، به‌دست آورد. همچنین با محاسبهٔ پذیرش انواع درخواست‌ها، زمان عکس‌العمل دگرسپاری کوچک‌تری برای درخواست‌های کاربردی حساس به تأخیر به‌دست آمده است. به‌منظور بهبود توان عملیاتی کلی سامانه الگوریتم [۶۶] بین WLAN و شبکه‌های دسترسی چندگانه کدگذاری‌شدهٔ باند گسترده(WCDMA) توسعه یافته است، که به نرخ سیگنال به تداخل و نوفه (SINR) توجه می‌کند. دگرسپاری‌های مبتنی‌بر SINR توان عملیاتی کلی بالاتری نسبت به دگرسپاری‌های مبتنی‌بر RSS برای کاربر فراهم می‌کند، از این‌رو توان عملیاتی موجود به‌طورمستقیم به SINR بستگی دارد و این الگوریتم تعادل بار بین شبکه‌های WLAN و WCDMA را نتیجه می‌دهد؛ اما امکان دارد این الگوریتم اثر پینگ‌پنگ را به‌همراه داشته باشد. به‌منظور کاهش احتمال تصمیمات نادرست دگرسپاری‌های غیر ضروری، الگوریتم مبتنی‌بر (WDP) پیش بینی [۶۷] ارائه شده است. در این روش احتمال دگرسپاری‌های غیر ضروری و ازدست‌رفته بخشی ترکیب شده و WDP محاسبه شده است. در [۶۸] یک روش دگرسپاری مبتنی‌بر احتمالات به‌منظور جلوگیری از اثر پینگ‌پنگ پیشنهاد شده است. جدول (۳) خلاصه‌ای از طرح‌های VHO مبتنی‌بر پهنای باند را نشان می‌دهد.

جدول ۳. طرح‌های VHO مبتنی بر پهنای باند

ویژگی	مزایا	ضعف‌ها
طرح‌های مبتنی‌بر طرح‌های QoS [۶۵]،[۶۹]،[۷۰]		
پهنای باند موجود برای حصول توان عملیاتی بالاتر در نظر گرفته می‌شود.	- توان عملیاتی بالای سیستم - تاخیر کم برای انتقالات بلادرنگ - انتخاب شبکه صحیح و مناسب	- افزایش نرخ مسدود شدن تقاضاهای جدید
طرح‌های مبتنی‌بر SINR [۶۶]،[۷۱]،[۷۲]		
مقادیر SINR برای اتخاذ تصمیم دگرسپاری مقایسه می‌شوند. همچنین منابع شبکه و منابع ذخیره شده را حین دگرسپاری بهینه می‌نماید.	- توان عملیاتی بالای کلی - تعادل بار شبکه	- دگرسپاری‌های بیش از حد -افزایش تاخیر دگرسپاری - ناسازگار با سرعت بالا - اثر پینگ پنگ
طرح مبتنی‌بر WDP [۶۷]		
پهنای باند، ترافیک شبکه و دگرسپاری‌های غیرضروری برای اتخاذ تصمیم دگرسپاری مقایسه می‌شوند.	- کاهش دگرسپاری‌های غیرضروری - تعادل بار	- افزایش احتمال از کار افتادن اتصالات بدون در نظر گرفتن RSS

[1] Idle

۱۰-۳- الگوریتم‌های دگرسپاری عمودی مبتنی‌بر تابع هزینه

ایدهٔ اولیهٔ الگوریتم تصمیم‌گیری دگرسپاری عمودی براساس تابع هزینه، انتخاب ترکیبی از فاکتورهای شبکه مانند RSS، سطح پوشش شبکه، پهنای باند قابل دسترسی، هزینه خدمات، قابلیت اطمینان، امنیت، توان باتری، مدل تحرک و تعریف یک تابع هزینه براساس این عوامل به‌منظور بررسی عملکرد شبکه‌های هدف است. تصمیم دگرسپاری می‌تواند بر این اساس اتخاذ شود. جدول (۴) خلاصه‌ای از طرح‌های VHO مبتنی‌بر تابع هزینه را نشان می‌دهد. در الگوریتم مبتنی‌بر چند سرویس [۷۳] نخست تمام درخواست‌های فعال اولویت‌بندی می‌شوند؛ سپس هزینه خدمات شبکهٔ مقصد با بالاترین اولویت محاسبه می‌شود. این روش با توجه به کاربرد تابع هزینه، درصد برآورده‌کردن درخواست کاربران را افزایش و احتمال مسدودکردن دگرسپاری را کاهش می‌دهد. در [۷۴] الگوریتم‌های تصمیم‌گیری دگرسپاری مبتنی‌بر تابع هزینه با روش‌های هنجارسازی‌کردن و توزیع وزن ارائه شده است. این روش موجب افزایش توان عملیاتی سامانه می‌شود.

(جدول ۴): طرح‌های VHO مبتنی‌بر تابع هزینه

ویژگی	مزایا	ضعف‌ها
طرح مبتنی بر چند سرویس [۷۳]		
یک تابع هزینه معرفی شده و تقاضاهای کاربران به‌طورمعمول با کمترین هزینه به شبکه مقصد واگذار می‌شود.	- افزایش رضایت کاربران - احتمال پایین مسدودشدن	فاقد اطلاعات جزئی از قبیل روش هنجارسازی‌کردن و ...
طرح مبتنی بر تابع هزینه با روش‌های نرمالیزه کردن [۷۴]		
- روش‌های نرمال‌سازی و توزیع وزن فراهم شده است. - تخمین ضروریات دگرسپاری ارائه شده است.	- توان عملیاتی بالا - افزایش رضایت کاربران	سختی در تخمین پارامترهایی از قبیل امنیت و تداخل
طرح‌های مبتنی بر تابع وزن‌دار [۷۵]،[۷۶]		
- یک تابع وزن‌دار ارائه شده است. -محاسبات دگرسپاری به جای MT به شبکه بازدید شده محول شده است.	- تأخیر دگرسپاری پایین - نرخ پایین مسدودشدن - توان عملیاتی بالا	نیاز به همکاری بین MT و AP شبکه بازدید شده

الگوریتم مبتنی‌بر تابع وزن‌دار [۷۶] که محاسبات VHD را به جای پایانه سیار، به شبکه سرکشی‌شده، محول می‌کند و شبکه نامزد با بالاترین تابع وزن، به‌عنوان مقصد دگرسپاری انتخاب می‌شود. از مزایای این روش کاهش‌یافتن تأخیر تصمیم دگرسپاری، نرخ مسدودشدن پایین دگرسپاری و توان عملیاتی بالا است. در [۷۷] یک الگوریتم دگرسپاری مبتنی‌بر فرایند تصمیم‌گیری مارکوف برای پشتیبانی از کیفیت سرویس شبکه پیشنهاد شده است که در آن فرض شده تمامی کاربران می‌توانند معیارهای دگرسپاری را پس از تصمیم دگرسپاری تخمین زنند؛ اما این الگوریتم پیچیده است و سربار زیادی دارد. بنابراین درعمل قابل پیاده‌سازی نیست. در [۷۸] یک الگوریتم مبتنی‌بر سیاست، برای شبکه‌های ناهمگن ارائه شده است که در آن پایگاه داده سیاست‌ها اطلاعات را با توجه به معیارهای درنظرگرفته‌شده برای دگرسپاری، که در آن شاخص‌های اجرای دگرسپاری معین شده، ذخیره می‌کند. در این طرح با دایرکردن چندین نشست توان عملیاتی پایانه سیار افزایش یافته است. همچنین طبق نتایج ارائه‌شده از نظر منابع کارامد است و کیفیت سرویس خوبی دارد. در [۷۹] یک الگوریتم دگرسپاری عمودی با پیکربندی خودکار برای میان‌کاری LTE و WLAN مطرح شده و از ترکیب چند ویژگی به ویژگی‌های مطلوب کارامدی دست یافته است.

۱۰-۴- الگوریتم دگرسپاری عمودی ترکیبی

در این الگوریتم‌ها ترکیبی از پارامترهای متنوع در تصمیمات دگرسپاری، مانند آنهایی که در الگوریتم‌های تابع هزینه مورد استفاده قرار می‌گرفت، استفاده می‌شود.

این الگوریتم‌ها براساس شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN)[1] و یا منطق فازی[2] هستند. دستگاه سیار ویژگی‌های شبکه بی‌سیم قابل دسترسی را جمع‌آوری می‌کند و آنها را از طریق پیوندهای موجود به یک میان‌افزار که مدیر دگرسپاری عمودی نامیده می‌شود، می‌فرستد. مدیر دگرسپاری عمودی شامل سه قسمت اصلی، مدیریت رسیدگی شبکه، کنترلر ویژگی و آموزش / انتخاب ANN است.

[1] Artificial Neural Networks
[2] Fuzzy Logic

یک الگوریتم توسعه‌یافتهٔ مبتنی‌بر منطق فازی در [۸۰] به‌منظور راه‌اندازی دگرسپاری بین WLAN و UMTS استفاده شده است. در این روش یک واحد پیش‌تصمیم‌گیری استفاده شده است. این الگوریتم با کاهش تعداد دگرسپاری غیر ضروری و اجتناب از اثر پینگ‌پنگ[1]، قادر به بهبود عملکرد است. در جدول (۵) طرح‌های VHO ترکیبی، به‌همراه ویژگی‌های آن‌ها ارائه شده است.

(جدول ۵): طرح‌های VHO ترکیبی

طرح‌های مبتنی‌بر منطق فازی [۸۰]،[۸۱]		
ویژگی	**مزایا**	**ضعف‌ها**
تابع هزینه اتخاذ می‌شود و سامانه قبل از استفاده، آموزش داده می‌شود.	نرخ موفقیت بالا در یافتن بهترین شبکه	- تاخیر آموزش -افزایش پیچیدگی سامانه
طرح‌های مبتنی‌بر ANN [۸۲]، [۸۳]		
نمونه‌های RSS برای شبکه‌های عصبی جمع‌آوری می‌شوند و سامانه قبل از استفاده، آموزش داده می‌شود.	- کاهش تعداد دگرسپاری - حذف اثر پینگ‌پنگ	- افزایش پیچیدگی سامانه - تاخیر آموزش

با بررسی اقدامات انجام‌شده در زمینهٔ الگوریتم‌های دگرسپاری نتایج زیرحاصل می‌شود:

۱) الگوریتم‌های دگرسپاری عمودی مبتنی‌بر RSS، از ضعف تأخیر بالا رنج می‌برند. همچنین منابع شبکه را نیز اتلاف می‌کنند؛ اما از نظر اجرایی روند ساده‌ای دارند.

۲) الگوریتم‌های مبتنی‌بر پهنای باند، توان عملیاتی کلی را افزایش می‌دهند؛ اما، با توجه به پویایی شبکهٔ اندازه‌گیری پهنای باند درعمل سخت است. به‌علاوه، این الگوریتم‌ها تعداد دفعات دگرسپاری‌های غیرضروری را افزایش می‌دهند.

۳) الگوریتم‌های دگرسپاری مبتنی‌بر تابع هزینه، موجب افزایش توان عملیاتی می‌شوند و تأخیر دگرسپاری را نیز کاهش می‌دهند؛ اما، تخمین پارامترهای خاص شبکه‌های نامزد، از قبیل پهنای باند قابل دسترسی، دشوار است.

[1] Ping-Pong Effect

۴) ازآنجاکه درنظرگرفتن یک پارامتر برای تصمیم‌گیری ناکارامد است، الگوریتم‌های ترکیبی پیشنهاد شده‌اند. این الگوریتم‌ها اثر پینگ‌پنگ و تعداد دگرسپاری‌ها را کاهش می‌دهند؛ امّا با توجه به تأخیر آموزش، زمان عکس‌العمل دگرسپاری بالایی دارند. در جدول (۶) مقایسه‌ای از معیارهای ارزیابی الگوریتم‌های تصمیم‌گیری دگرسپاری گنجانده شده است.

(جدول۶): مقایسه معیارهای ارزیابی الگوریتم‌های تصمیم‌گیری دگرسپاری

		دسته‌بندی الگوریتم‌های دگرسپاری			
		مبتنی بر RSS	مبتنی‌بر پهنای باند	مبتنی‌بر تابع هزینه	ترکیبی
معیارهای ارزیابی	تاخیر	↑	↑	متوسط	متوسط
	اتلاف بسته‌ها	↑	متوسط	متوسط	متوسط
	هزینه	↓	متوسط	متوسط	↓
	دگرسپاری غیر ضروری	↑	↑	متوسط	↓
	توان عملیاتی	متوسط	↑	متوسط	↑
	اثر پینگ پنگ	↑	↑	متوسط	↓

در تمام الگوریتم‌های VHO که بررسی شد، تنها پارامترهای کیفیت سرویس شبکه‌ای در نظر گرفته می‌شود، که به‌طور مستقیم به کیفیتی که کاربر دریافت می‌کند یا کیفیتی که تجربه می‌کند (QoE)[2] مرتبط نیستند. در [۸۴]، [۸۵] الگوریتم VHO مبتنی‌بر QoE پیشنهاد شده است.

۱۱- نتیجه‌گیری

با توجه به تحرک در شبکه‌های بی‌سیم و گسترش فناوری‌های موجود در بستری که بخواهیم از ویژگی‌های ترکیبی دو یا چند شبکهٔ سیار استفاده کنیم، توجه به

[2] Quality of Experience

الزامات مرتبط با کارایی و امنیت دگرسپاری بسیار ضروری است. در این مقاله سعی بر آن شد تا مفاهیم و جنبه‌های امنیتی دگرسپاری مطرح و اقدامات انجام‌شده در هر زمینه معرفی شود. احراز اصالت دگرسپاری یکی از مباحث مهم امنیتی است. به‌تازگی طرح‌های سراسری و قابل استفاده برای تمام حالت‌های تحرک در شبکه‌های سیار جهت جلوگیری از پیچیدگی حجم محاسبات بالا و سادگی روند احراز اصالت دگرسپاری مطرح شده‌اند، اقدام بعدی ارائهٔ پروتکل احراز اصالت دگرسپاری امن و کارا در شبکه‌های ناهمگن خواهد بود.

۱۲- مراجع

[1] N. Qachri et al. "Vertical Handover Security in 4G Heterogeneous Networks: Threat Analysis and Open Challenges" FGIT 2012, LNCS 7709, pp. 7–14, 2012.

[2] J.Cao et al, "A survey on security aspects for LTE and LTEA networks," Communications Surveys & Tutorials, IEEE 16.1 (2014): 283-302, 2014.

[3] J. Cao et al, "An Uniform Handover Authentication between E-UTRAN and Non-3GPP Access Networks," IEEE Trans. Wireless Commun. , vol. 11 , no. 10 , pp.3644 - 3650 , 2012.

[4] M. Lahby et al. "Network Selection Decision Based on Handover History in Heterogeneous Wireless Networks" International Journal of Computer Science and Telecommunications Volume 3, Issue 2, February 2012.

[5] M.A.M,Albreem "5G Wireless Communication Systems: Vision and Challenges" Computer, Communications, and Control Technology (I4CT), 2015 International Conference on IEEE,pp. 493 – 497, April 2015.

[6] S. Ferretti et al. "A survey on handover management in mobility architectures" Computer Networks, Vol. 94, pp. 390–413, January 2016.

[7] A. IssakaHassane et al. "Handover Decision Based on User Preferences in Heterogeneous Wireless Networks" College of Information Science and Engineering, Hunan University, China 2012.

[8] N. Nasser et al, "Handoffs in fourth generation heterogeneous networks" , IEEE Commun. Mag. , vol. 44 , no. 10 , pp.96 -103 , 2006.

[9] A. M. Miyim et al, "Vertical Handover Solutions over LTE- Advanced Wireless Networks: An Overview," Wireless Personal Communications , vol. 77 , pp.3051 -3079 , 2014.

[10] w.Luo et al. " Wantuan Luo, Ruiqiang Zhang and Xuming Fang "A CoMP soft handover scheme for LTE systems in high speed railway," EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking",2012.

[11] S. N. P. Van Cauwenberge et al. "Study of Soft Handover in UMTS," Technical University of Denmark, University of Gent, Belgium, Jul. 2003.

[12] S. Horrich et al, "Adaptive vertical mobility decision in heterogeneous networks," Proceedings of the Third International Conference on Wireless and Mobile Communications. IEEE.2007.

[13] M. Ravichandra et al, " A Survey on Handovers Literature for Next Generation Wireless Networks" International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering Vol. 2, Issue 12, December 2013.

[14] M. Kassar et al, "Architecture of an intelligent inter-system handover management scheme, " in: IEEE Future Generation Communication and Networking Conference, vol. 1, pp. 332–337,2007.

[15] A. Singhrova et al, "A review of vertical handoff decision algorithm in heterogeneous networks," in: 4th ACM International Conference on Mobile Technology, Applications, and Systems, pp. 68–71, 2007.

[16] L.J. Chen et al, "A smart decision model forvertical handoff, " in: 4th International Workshop on Wireless Internet and Reconfigurability, 2004.

[17] T. Inzerilli et al. "A location-based vertical handover algorithm for limitation of the ping-pong effect," in: IEEE International Conference

on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications, pp. 385–389. 2008.

[18] P. Goyal, S.K. Saxena, "A dynamic decision model for vertical handoffs across heterogeneous wireless networks. " in: World Academy of Science, Engineering and Technology, vol. 31, 2008.

[19] M. Zekri et al, "A review on mobility management and vertical handover solutions over heterogeneous wireless networks" Computer Communications , 2012.

[20] J. Márquez-Barja et al,"An overview of vertical handover techniques: Algorithms, protocols and tools," Computer Communication, 985–997, 2011.

[21] B. R. Chandavarkar et al, "Survey Paper: Mobility Management in Heterogeneous Wireless Networks." International Conference on Communication Technology and System Design. Vol. 30, pp. 113–123 ,2011.

[22] Y-J Liu et al, "Cognitive Vertical Handover in Heterogeneous Networks, " ICST , IEEE,pp.392 - 397.Aug. 2015.

[23] S. Mohanty et al, "A cross-layer (layer 2 + 3) handoff management protocol for next-generation wireless systems, " IEEE Trans. Mobile Computing, 2006.

[24] RFC 4187-Extensible Authentication Protocol Method for 3rd Generation Authentication and Key Agreement (EAP-AKA), January 2006.

[25] Y. Idrissi et al. " Security analysis of 3GPP (LTE)-WLAN interworking and a new local authentication method based on EAP-AKA, " Future Generation Communication Technology, International Conference on. IEEE, pp.137–142, 2012.

[26] Yu, Binbin et al, "Improved EAPAKA Protocol Based on Redirection Defense," P2P, Parallel, Grid, Cloud and Internet Computing (3PGCIC), 2014.Ninth International Conference on. IEEE, 2014.

[27] El, Hajjaji et al, "A new fast re-authentication method for the 3G-WLAN interworking based on EAP-AKA." 20th International Conference on IEEE, 2013.

[28] S. S. Patkar et al. "Secure 3GPP-WLAN Authentication Protocol Based on EAP-AKA. " International Advance Computing Conference (IACC).IEEE, 2015.

[29] S. Pack et al, "Fast Handoff Scheme Based on Mobility Prediction in Public Wireless LAN Systems," Proc. IEE Comm., vol. 151, no. 5, pp. 489-495, Oct. 2004.

[30] C.-C. Chang et al, "Enhanced Authentication Scheme with Anonymity for Roaming Service in Global Mobility Networks," Computer Comm., vol. 32, no. 4, pp. 611-618, 2009.

[31] D. He et al, "Design and Validation of an Efficient Authentication Scheme with Anonymity for Roaming Service in Global Mobility Networks," Wireless Personal Comm., vol. 61, no. 2, pp. 465-476, 2011.

[32] D. He et al, "A Secure and Lightweight User Authentication Scheme with Anonymity for the Global Mobility Network," Proc. Int'l Conf. Network-Based Information Systems (NBiS '10), pp. 305-312, 2010.

[33] D. He et al, "A Strong User Authentication Scheme with Smart Cards for Wireless Communications," Computer Comm., vol. 34, no. 3, pp. 367-374, 2011.

[34] C.-C. Chang et al, "An Anonymous and Self-Verified Mobile Authentication with Authenticated Key Agreement for Large-Scale Wireless Networks, " IEEE Trans. Wireless Comm., vol. 9, no. 11, pp. 3346-3353,Nov. 2010.

[35] C. Chen et al, "Lightweight and Provably Secure User Authentication with Anonymity for the Global Mobility Network, " Int'l J. Comm. Systems, vol. 24, no. 3, pp. 347-362, 2011.

[36] L. Cai, et al, "CapAuth: A Capability-based Handover Scheme," in Proc. INFOCOM 2010, pp. 1-5, Mar. 2010.

[37] C. Zhang et al, "A location privacy preserving authentication scheme in vehicular networks," in Proc. IEEE Wireless Communications and Networking Conference, pp. 2543–2548, 2008.

[38] Q .Jing et al, "A privacy preserving handover authentication schemes for EAP-based wireless

networks, " Global Telecommunications Conference, IEEE,pp. 1–6. Dec. 2011.

[39] Y. Kim,W. Ren, J. Jo, M. Yang, Y. Jiang, and J. Zheng, "SFRIC: a secure fast roaming scheme in wireless LAN using ID-based cryptography." in Proc. ICC 2007.

[40] G. Yang et al, "Universal authentication protocols for anonymous wireless communications." IEEE Trans. Wireless Commun., vol. 9, pp. 168–174, 2010.

[41] H. Wang and A.R. Prasad, "Fast Authentication for Inter-domain Handover. " Proc. Int'l Conf. Telecomm. (ICT '04), 2004.

[42] J. Choi and S. Jung, "A Secure and Efficient Handover Authentication Based on Light-Weight Diffie-Hellman on Mobile Node in FMIPv6. " IEICE Trans. Comm., vol. E-91B, no. 2, pp. 605-608, 2008.

[43] J. Choi and S. Jung, "A Handover Authentication Using Credentials Based on Chameleon Hashing, " IEEE Comm. Letters, vol. 14, no. 1, pp. 54-56, Jan. 2010.

[44] J. Choi, et al, "A fast and efficient handover authentication achieving conditional privacy in V2I networks, " LNCS 5764. Springer, pp. 291–300, 2009.

[45] C.-C. Chang et al. "Design and Analysis of Chameleon Hashing Based Handover Authentication Scheme for Wireless Networks," Journal of Information Hiding and Multimedia Signal Processing,Volume 5, Number 1, January 2014.

[46] E. J. Yoon et al, "Cryptanalysis of a handover authentication scheme using credentials based on chameleon hashing, " IEICE Trans. Inf. and Syst., vol. E93-D, no. 12, pp. 3400–3402, Dec. 2010.

[47] D. He et al., "Secure and Efficient Handover Authentication Based on Bilinear Pairing Functions. " IEEE Trans. Wireless Commun., vol. 11, no. 1. pp. 48–53, 2012.

[48] D. He et al., "Analysis and Improvement of a Secure and Efficient Handover Authentication for Wireless Networks. " IEEE Commun. Lett., vol. 16, no. 8, pp. 1270–73, Aug. 2012.

[49] S. Yeo et al, "Comments on 'Analysis and Improvement of a Secure and Efficient Handover Authentication Based on Bilinear Pairing Functions. " IEEE Commun. Lett., vol. 17, no. 8, pp. 1521–23, Aug. 2013.

[50] Tsai et al, " Secure handover authentication protocol based on bilinear pairings. " Wireless Personal Communications, 73(3), 1037–1047.2013.

[51] D. He et al, "Privacy-Preserving Universal Authentication Protocol for Wireless Communications," IEEE Trans. Wireless Commun, vol. 10, pp. 431–36, Feb. 2011.

[52] D. He et al, "Handauth: Efficient handover authentication with conditional privacy for wireless networks, " IEEE Transactions on Computers, pp.616–622,2013.

[53] G.Li et al, "A new privacy-aware handover authentication scheme for wireless networks, " Wireless Personal Communications, 80(2), 581–589,December,2014.

[54] S. A. Chaudhry et al, " A Robust and Efficient Privacy Aware Handover Authentication Scheme for Wireless Networks. "Wireless Pers Commun,December.2015.

[55] X. Yan et al,"A survey of vertical handover decision algorithms in Fourth Generation heterogeneous wireless networks," Computer Networks, 1848–1863, 2010.

[56] S. Mohanty et al, "A cross-layer (layer 2 + 3) handoff management protocol for next-generation wireless systems, " IEEE Trans. Mobile Computing, 2006.

[57] A. H. Zahran, B. Liang, and A. Saleh, "Signal threshold adaptation for vertical handoff in heterogeneous wireless networks," Mob. Netw. Appl., vol. 11, no. 4, pp. 625–640, 2006.

[58] X. Yan, et al, "A traveling distance prediction based method to minimize unnecessary handovers from cellular networks to wlans," Communications Letters, IEEE, 2008.

[59] Z. Becvar et al, "Improvement of handover prediction in mobile wimax by using two thresholds," Comput. Netw., vol. 55, no. 16, pp. 3759–3773, 2011.

networks," IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 58, no. 2, pp. 865 –881, 2009.

[71] K. Ayyapan et al, "Qos based vertical handoff scheme for heterogeneous wireless networks," International Journal of Research and Reviews in Computer Science (IJRRCS), vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2010.

[72] H.-L. Wang et al, "A vertical handover scheme from wman to wlan by taking into account the maximum available resource," in Computer Science Education, 6th International Conference on, pp. 1373 –1378, 2011.

[73] F. Zhu and J. McNair, "Multiservice vertical handoff decision algorithms," EURASIP J. Wirel. Commun. Netw, vol. no. 2. 2006.

[74] A. Hasswa et al, "Tramcar: A context-aware cross-layer architecture for next generation heterogeneous wireless networks," in IEEE International Conference on Communications., vol. 1, pp. 240–245, 2006.

[75] M. M. Alkhawlani, "Mcdm based joint admission control for heterogeneous wireless networks," in Computer Engineering Systems (ICCES), 2012 Seventh International Conference on. IEEE Press, pp.3–8, 2012.

[76] R. Tawil et al, "A vertical handoff decision scheme in heterogeneous wireless systems," in IEEE Vehicular Technology Conference, VTC Spring. IEEE Computer Society, pp. 2626 – 2630, 2008.

[77] E.S. Navarro et al, "An MDP-based vertical handoff decision algorithm for heterogeneous wireless networks," IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 57, no. 2, pp. 1243-1254, Mar. 2008.

[78] N. Mirmotahhary et al," An adaptive Policy-Based Vertical Handoff algorithm for Heterogeneous Wireless Networks" IEEE 8th International Conference on Computer and Information Technology Workshops.2008.

[79] S. Ranjan et al, "A Self-Configured Vertical Handover Algorithm for LTE and WLAN Interworking," in Communications (NCC), IEEE, pp. 1 – 6. 2015.

[80] L. Xia et al, "A novel fuzzy logic vertical handoff algorithm with aid of differential

[60] D. Li et al, "Improving slow-start based probing mechanisms for flow adaptation after handovers. " Comput. Netw., vol. 56, no. 1, pp. 329–344, 2012.

[61] K. Nolte et al, "The e3 architecture: enabling future cellular networks with cognitive and self-x capabilities, " Int. J. Netw. Manag., vol. 21, no. 5, pp. 360– 383, 2010.

[62] B.-J. Chang et al, "Cross-layer-based adaptive vertical handoff with predictive rss in heterogeneous wireless networks, " IEEE Trans. Veh. Technol., 2008.

[63] B.-J. Chang et al, "Markov decision process-based adaptive vertical handoff with rss prediction in heterogeneous wireless networks," in IEEE Wireless Communications and Networking Conference, pp. 1–6. 2009.

[64] L. Xia et al. "An intelligent vertical handoff algorithm in heterogeneous wireless networks," , Neural Networks and Signal Processing, International Conference on , pp.550 -555 . 2008.

[65] C. W. Lee et al, " A framework of handoffs in wireless overlay networks based on mobile ipv6," IEEE J. Sel. Areas Commun., vol. 23, no. 11, pp. 2118–2128, 2005.

[66] K. Yang et al. "Combined sinr based vertical handoff algorithm for next generation heterogeneous wireless networks." Global Telecommunications Conference, GLOBECOM '07. IEEE,pp. 4483 – 4487.2007.

[67] C. Chi et al, "Modeling and Analysis of Handover Algorithms," in Global Telecommunications Conference , GLOBECOM , IEEE, pp. 4473-4477,2007.

[68] G. Tamea et al, "A probability based vertical handover approach to prevent ping-pong effect , " In 6th Intl. Sym. on Wireless Comm. Sys., pages 181–185. IEEE, 2009.

[69] B. Alessandro, "A softer vertical handover algorithm for heterogeneous wireless access networks, " in PIMRC. IEEE, pp. 2156–2161, 2010.

[70] S. Lee, et al, "Vertical handoff decision algorithms for providing optimized performance in heterogeneous wireless

prediction and pre-decision method, " in IEEE International Conference on Communications. IEEE Computer Society, pp. 5665 –5670, 2007.

[81] I. Chamodrakas et al, "A utility-based fuzzy topsis method for energy efficient network selection in heterogeneous wireless networks, " Appl. Soft Comput., vol. 11, no. 4, pp. 3734–3743, 2011.

[82] N. Nasser et al, "Middleware vertical handoff manager: A neural network-based solution, " in IEEE International Conference on Communications, pp. 5671 –5676, 2007.

[83] T. Lin et al, "A neural-network-based context-aware handoff algorithm for multimedia computing. " ACM Trans. Multimedia Comput. Commun. Appl., vol. 4, no. 3, pp. 17:1–17:23, 2008.

[84] K. Piamrat et al. "QoE aware vertical handover in wireless heterogeneous networks," in Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC), 2011 7th International, pp. 95-100. 2011.

[85] L. Liu et al, " A QoE-driven vertical handover algorithm based on media independent handover framework," in Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob), 2015 IEEE 11th International Conference on.IEEE,PP. 51 – 58, Oct. 2015.

معصومه صفاخیل درجه کارشناسی خود را در رشته مهندسی برق گرایش الکترونیک از دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج در سال ۱۳۹۱ و درجه کارشناسی ارشد را در رشته مهندسی برق مخابرات گرایش رمز از دانشگاه صنعتی مالک اشتر در سال ۱۳۹۴ اخذ کرد. عنوان پایان‌نامه ایشان "تحلیل و بهبود پروتکل احراز اصالت دگرسپاری عمودی" است که با درجه عالی دفاع ارائه شده است. تحلیل پروتکل‌های امنیتی و امنیت شبکه‌های بی‌سیم از جمله زمینه‌های پژوهشی ایشان است.

علی پاینده درجه کارشناسی ارشد خود را در رشته مهندسی برق گرایش مخابرات از دانشگاه تربیت مدرس در سال ۱۳۷۳ و همچنین درجه دکترای خود را در رشته مهندسی مخابرات از دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی در سال ۱۳۸۵ اخذ کرد. وی در سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۵ به‌عنوان یکی از مدیران انجمن تحقیقات علوم کاربردی بوده است که در زمینه ارتباطات ماهواره‌ای امن فعالیت داشته است. نام‌برده در حال حاضر استادیار مجتمع دانشگاهی فناوری اطلاعات، ارتباطات و امنیت دانشگاه صنعتی مالک اشتر تهران است. از ایشان بیش از ۷۵ مقاله علمی درکنفرانس‌ها و مجلات بین‌المللی به چاپ رسیده است. تئوری اطلاعات، تئوری کدینگ، رمزنگاری، پروتکل‌های امنیتی، مخابرات امن و مخابرات ماهواره‌ای از جمله زمینه‌های پژوهشی ایشان است.