





موضوع پروژه‌ها

فهرست مطالب

iii	فهرست اشکال
۱	فصل ۱ پروژه‌های QoS و QoE
۱	۱.۱ مقدمه
۳	۲.۱ پروژه‌ها
۳	۱.۲.۱ پروژه شباهنگ (Sirius)
۳	۲.۲.۱ پروژه پروین (Pleiades)
۴	۳.۲.۱ پروژه دبران (Aldebaran)
۴	۴.۲.۱ پروژه چلیپا (Becrux)
۴	۵.۲.۱ پروژه سهیل (Canopus)
۴	۶.۲.۱ پروژه جون (Alioth)
۴	۷.۲.۱ پروژه شعرای شامی (Procyon)
۵	فصل ۲ مکان‌یابی به روش RSSI (پروژه اسمیم)
۵	۱.۲ دیباچه
۷	۲.۲ طرح مساله
۱۲	فصل ۳ تخمین پارامترهای کانال
۱۳	فصل ۴ ارتباط امن با استفاده از پیامک (پروژه باریم Barium)
۱۵	فصل ۵ پوشش شبکه (Rhodium)
۱۵	۱.۵ نکات تکمیلی
۱۶	فصل ۶ نکات تکمیلی

مراجع

۱۷

فهرست اختصارات








۱۸

واژه نامه انگلیسی به فارسی

۲۱

واژه نامه فارسی به انگلیسی

۲۴

۲	..... معماری سطح بالای شبکه		۱.۱
۳	..... نمونه نتایج بر روی نقشه		۲.۱
۶	..... گام‌هایی که در هر سامانه موقعیت‌یابی برداشته می‌شود.		۱.۲
۷	..... تعدادی گره توان دریافتی از گره هدف را اندازه‌گیری می‌کنند.		۲.۲
۹	..... مرزبندی محیطی که می‌خواهیم در آن هدف را مکان‌یابی کنیم.		۳.۲
۱۳	..... ارتباط بین مشتری با خدمت‌گزار از طریق شبکه‌های تلفن همراه بر روی بسترهای مختلف		۱.۴
۱۴	..... معماری سطح بالای سامانه		۲.۴

۱ پروژه‌های QoS و QoE

۱.۱ مقدمه

یکی از اهداف مهم در ارائه خدمات توسط شبکه‌های مخابراتی این است که شرکت فروشنده خدمات، خدمات مورد نیاز کاربر را با کیفیت بالا ارائه دهد. بدین سان نخستین سوالی که در این مجال پیش می‌آید این است که برای توسعه نسل‌های مختلف شبکه‌های تلفن همراه چه معیارهایی برای توسعه شبکه وجود داشته است. در یک عبارت کلی، در تمامی نسل‌های مختلف شبکه‌های تلفن همراه همواره به دنبال آن بودیم تا ضمن ارائه خدمات مختلف به کاربران میزان QoS^1 و QoE^2 آن‌ها را در ضمن افزایش بهره‌وری شبکه افزایش دهیم.

ممکن است شما با تعاریف گوناگونی از QoS و QoE در مراجع مختلف مواجه شوید. برخی به این دو مفهوم از دیدگاه فنی^۳ و برخی نیز از دیدگاه تجاری می‌نگرند. اما برای یکپارچه شدن تعاریف ما این دو مفهوم را این گونه تعریف می‌کنیم:

QoS: توانایی شبکه برای فراهم آوردن یک خدمت مشخص با یک سطح اطمینان و تضمین معین را کیفیت خدمت^۴ (QoS) می‌نامیم. در حقیقت غایت QoS محاسبه میزان کارایی^۵ شبکه است، که توسط پارامترهای KPI^6 مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. به عنوان مثالی از پارامترهای KPI می‌توان به تأخیر^۷، لرزش^۸ و CSSR^۹ اشاره کرد.

QoE: درکی است که کاربر پایانی از یک خدمت ارائه شده، دارد. دو دسته معیار هستند که بر روی QoE تاثیر می‌گذارند، ما این دو دسته را معیار فنی^{۱۰} و معیار کیفی^{۱۱} (معیارهای غیرفنی) می‌نامیم. QoE توسط پارامترهای KQI^{12} ، بیان و ارائه می‌گردد.

عملگرها^{۱۳} شبکه همواره در تلاش هستند تا کارایی و عملکرد شبکه را مورد سنجش و ارزیابی قرار دهند. این مهم در مفهومی به نام KPI متبلور می‌گردد. اما در نهایت آن چه مورد علاقه عملگرها است دستیابی به درک کاربر پایانی از کیفیت خدمات ارائه شده توسط آن‌ها است (پارامترهای QoE). دستیابی به بسیاری از این موارد، در سمت هسته شبکه^{۱۴} و یا RAN^{۱۵} توسط عملگر شبکه ممکن نیست و یا حداقل به سهولت امکان‌پذیر نخواهد بود (شکل ۱.۱). در چنین شرایطی یک راه حل مناسب اندازه‌گیری پارامترهای QoE، از دیدگاه یک کاربر پایانی^{۱۶} است. این راه کار زمانی ارزش افزون تری پیدا می‌کند که بدانیم توسط آن می‌توان

¹Quality of Service

²Quality of Experience

³Technical

⁴Quality of Service

⁵Performance

⁶Key Performance Indicator

⁷Latency

⁸Jitter

⁹Call Setup Success Rate

¹⁰Technical Factor

¹¹Subjective Factor

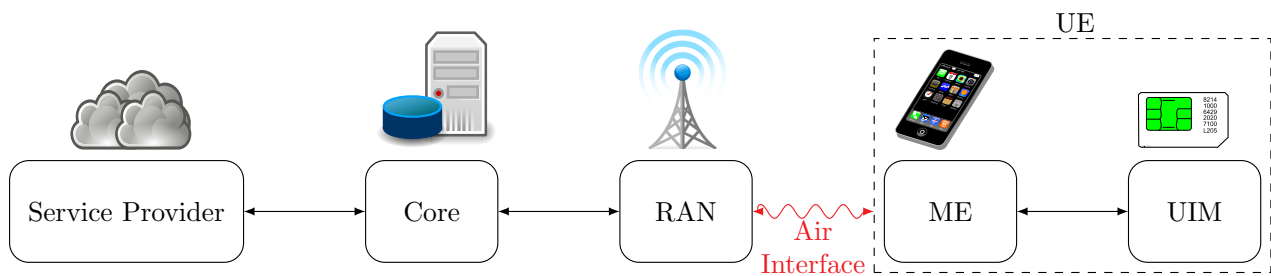
¹²key Quality Indicator

¹³Operator

¹⁴Network Core

¹⁵Radio Access Network

¹⁶End User



شکل ۱۰۱: معماری سطح بالای شبکه

حتی به بسیاری از پارامترهای KPI مرتبط با ناحیه RAN و حتی هسته شبکه نیز دست یافت. گرچه باید گفت که اشکال اصلی این راه حل در آن است که تنها نگاه یک کاربر^{۱۷} به شبکه است، در حالی که راه حل های مبتنی بر عملگر شبکه، برای ندی از نگاه همه کاربران است.

فرض کنید که کاربر در یک مسیر مشخص در حال حرکت است. شما برنامه ای نوشتید که توسط این برنامه می توانید تست هایی را اجرا کنید، و پارامترهایی را اندازه گیری کنید. این پارامترها در ادامه عنوان خواهد شد. باید دقت کنید که پارامترهای اندازه گیری شده می بایست در یک پایگاه داده^{۱۸} در گوشی ذخیره گردد. علاوه بر پارامترهای یاده شده (نتایج تست ها)، شما می بایست رخدادهای زیر را نیز در پایگاه داده ثبت کنید.

- مکان^{۱۹} کاربر (عرض جغرافیایی^{۲۰} و طول جغرافیایی^{۲۱}).
- زمان ثبت رخداد.
- فناوری سلولی که گوشی بر روی آن اردو زده است، مثلاً GSM^{۲۲}، GPRS^{۲۳}، EDGE، UMTS^{۲۴}، HSPA^{۲۵}، HSPA+^{۲۶}، LTE^{۲۶}، 5G و LTE-Adv.
- شناسه های مکانی سلول نظیر PLMN-Id^{۲۷}، LAC^{۲۸}، RAC^{۲۹}، TAC^{۳۰} و شناسه^{۳۱} سلول^{۳۲}.

نگران نباشید در طول درس در مورد بسیاری از پارامترهای یاد شده سخن به میان آورده خواهد شد. مهم ترین بخش نرم افزار، بخش تحلیل و نمایشی آن است. در حقیقت نرم افزار شما باید این قابلیت را داشته باشد که مسیر حرکت کاربر را بر روی یک نقشه رسم نموده و بتوان در آن انواع پارامترها را نمایش داد. به عنوان نمونه می توانید پنج سطح کیفی برای هر پارامتر در نظر بگیرید، به مانند Excelent, Good, Fair, Poor, Very Poor، و هر سطح را با یک رنگ مشخص کنید. در ضمن نرم افزار باید بتواند به خوبی رابطه بین پارامترها را نشان دهد. یعنی باید کاربر بتواند دریابد که در جاهایی که میزان پارامترهای QoE^{۳۳} پایین است، UE^{۳۳} به کدام سلول و به چه نسلی وصل است.

^{۱۷}User

^{۱۸}Database

^{۱۹}Location

^{۲۰}Latitude

^{۲۱}Longitude

^{۲۲}Global System for Mobile Communication

^{۲۳}General Packet Radio Service

^{۲۴}Universal Mobile Telecommunications System

^{۲۵}High Speed Packet Access

^{۲۶}Long Term Evolution

^{۲۷}Public Land Mobile Network-Identity

^{۲۸}Location Area Code

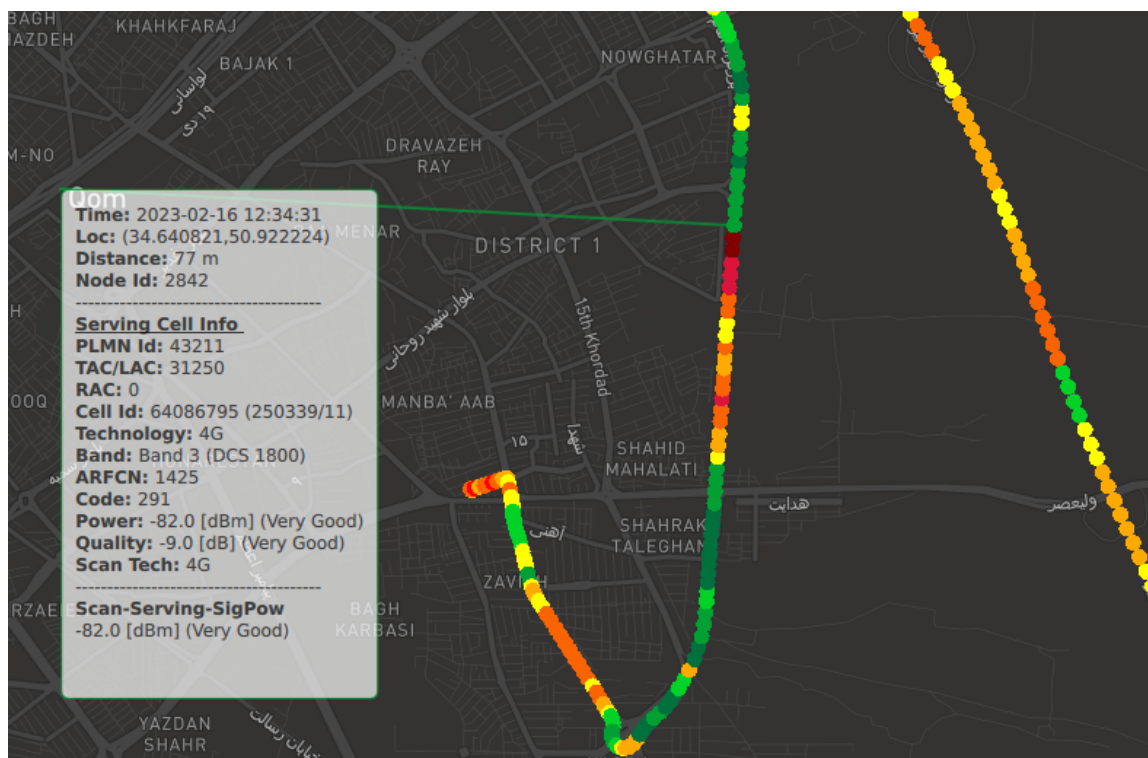
^{۲۹}Routing Area Code

^{۳۰}Tracking Area Code

^{۳۱}Identity

^{۳۲}Cell

^{۳۳}User Equipment



شکل ۲.۱: نمونه نتایج بر روی نقشه

۲.۱ پروژه‌ها

۱.۲.۱ پروژه شباهنگ (Sirius)

اندازه‌گیری گذردهی^{۳۴} پیوند فروسو^{۳۵} و پیوند فراسو^{۳۶} که منظور اندازه‌گیری نرخ بارگیری^{۳۷} و بارگذاری^{۳۸} یک فایل است. یعنی شما در طول مسیر یک فایل را دارید بارگیری یا بارگذاری می‌کنید، و نمونه‌های نرخ در یک پایگاه داده به همراه مکان تست ثبت می‌شود. همچنین گروهی که این پروژه را می‌زنند می‌بایست تست‌های تاخیر^{۳۹}، لرزش و Traceroute را نیز بتوانند انجام دهند.

۲.۲.۱ پروژه دبران (Aldebaran)

این بار به سراغ Call می‌رویم. فرض کنید که در مکانی که داریم حرکت می‌کنیم، می‌خواهیم به طور مداوم تست Call انجام دهیم، و این بار کیفیت صوت را اندازه‌گیری بکنیم، یعنی کیفیت صدایی که دارد بدست ما می‌رسد. دقت کنید در این جا اولاً باید به دنبال کتابخانه‌ای بگردید که به شما اجازه دهد که Call برقرار کنید و سپس بتوانید صدای رسیده را کیفیت‌سنجی کنید [۱، ۲].

³⁴Throughput

³⁵Downlink

³⁶Uplink

³⁷Download

³⁸Upload

³⁹Delay

۳.۲.۱ پروژه سهیل (Canopus)

در این پروژه قصد داریم به سراغ کیفیت‌سنجی پیام‌رسان ایتا برویم. ابتدا باید اصلاً تحقیق کنیم که منظور از کیفیت‌سنجی یک پیام‌رسان چیست؟ در یک نگاه ساده، منظور بالا بودن CDN های آن می‌تواند باشد. اما باید ببینیم که می‌توان پارامتر دیگری را نیز استخراج کرد یا خیر؟ مثلاً آیا می‌توان میزان سرعت بارگیری یا بارگذاری آن را اندازه‌گیری کرد؟!

۴.۲.۱ پروژه جون (Alioth)

به مانند پروژه سهیل (Canopus) ولی این بار برای پیام‌رسان بله انجام دهید.

۵.۲.۱ پروژه شعرای شامی (Procyon)

به مانند پروژه سهیل (Canopus) ولی این بار برای پیام‌رسان شاد انجام دهید.

۲ مکان‌یابی به روش RSSI (پروژه اسمیم)

۱.۲ دیباچه

هدف نهایی سامانه‌های موقعیت‌یابی^۱ بدست آوردن موقعیت یک فرد یا شی در یک دستگاه مختصات معین نسبت به یک نقطه مشخص است. سامانه موقعیت‌یابی در شبکه‌های مخابراتی در حالت کلی از دو عنصر اصلی تشکیل شده است: پایانه^۲ سیار که توسط کاربر حمل می‌شود و ایستگاه پایه^۳ یا گره‌های راهنما^۴ که زیرساخت^۵ شبکه‌های مخابراتی را تشکیل می‌دهند. روش‌های موقعیت‌یابی موجود بر پایه روش‌های اندازه‌گیری برد^۶ و زاویه ورود سیگنال راهنما^۷ موقعیت هدف را تخمین می‌زنند. در نتیجه فرآیند مکان‌یابی را می‌توان به دو گام تقسیم کرد: در گام اول برد (یا زاویه ورود) با استفاده از سیگنال راهنما تخمین زده می‌شود و در گام دوم موقعیت کاربر بر اساس قواعد هندسی تخمین زده می‌شود. اصلی‌ترین قواعد هندسی استفاده شده برای تخمین مکان را می‌توان به سه دسته پهلوبندی دایره‌ای^۸، پهلوبندی هذلولی^۹ و زاویه‌بندی^{۱۰} تقسیم کرد.

روش‌های موقعیت‌یابی را براساس معیارهای مختلف می‌توان طبقه‌بندی کرد. بسته به جهت مبادله سیگنال بین پایانه و ایستگاه پایه، می‌توان دو سناریو در نظر گرفت؛ در سناریوی اول، پایانه سیگنال راهنما را از ایستگاه پایه دریافت می‌کند و موقعیت ایستگاه‌های پایه را به عنوان شاخص در نظر گرفته و موقعیت خود را بر اساس آن تخمین می‌زند که به این روش مبتنی بر پایانه^{۱۱} می‌گویند. در سناریوی دوم، ایستگاه پایه از سیگنال راهنما دریافتی از پایانه برای تخمین موقعیت آن استفاده می‌کند که به این روش مبتنی بر شبکه^{۱۲} می‌گویند. در طبقه‌بندی دیگر می‌توان به دو دسته مبتنی بر بُرد^{۱۳} و غیرمبتنی بر بُرد^{۱۴} تقسیم کرد. روش‌های مبتنی بر بُرد، فاصله بین ایستگاه پایه و هدف را بدست می‌آورند و از روش‌های هندسی پهلوبندی هذلولی یا پهلوبندی دایره‌ای برای تخمین موقعیت استفاده می‌کنند و یا با استخراج جهت ورود سیگنال راهنما به گیرنده با روش زاویه‌بندی موقعیت هدف را تخمین می‌زنند. به منظور محاسبه برد، هدف از توان سیگنال دریافتی^{۱۵} (RSS) و یا زمان ورود^{۱۶} (TOA) آن استفاده می‌کنند. در مقابل، روش‌های غیرمبتنی بر بُرد که به آن مبتنی بر اتصال^{۱۷} یا مبتنی بر مجاورت^{۱۸} هم می‌گویند، با استفاده از اطلاعات اتصال به ایستگاه‌های پایه مختلف بدون استفاده از تخمین فاصله یا جهت، موقعیت هدف را تخمین می‌زنند [۳].

¹Positioning

²Terminal

³Base Station

⁴Beacon Nodes

⁵Infrastructure

⁶Range

⁷Pilot Signal

⁸Circular Lateration

⁹Hyperbolic Lateration

¹⁰Angulation

¹¹Terminal-based

¹²Network-based

¹³Range Based

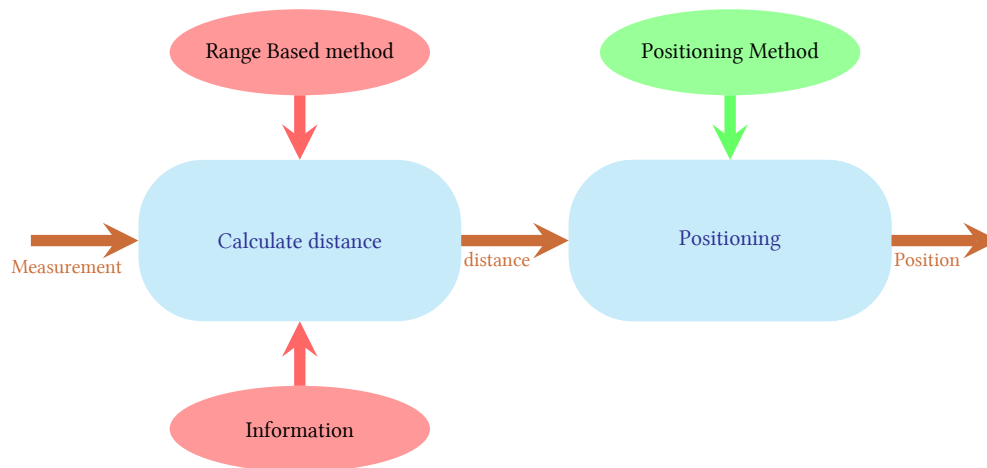
¹⁴Range Free

¹⁵Received Signal Strength

¹⁶Time of Arrival

¹⁷Connectivity Based

¹⁸Proximity Based



شکل ۱.۲: گام‌هایی که در هر سامانه موقعیت‌یابی برداشته می‌شود.

فرایند موقعیت‌یابی در سامانه‌های کنونی را می‌توان در دو گام بیان نمود (شکل ۱.۲):

- ① در ابتدا با استفاده از اندازه‌گیری‌های انجام گرفته، سعی می‌شود تخمینی از فاصله ایستگاه پایه تا گره هدف^{۱۹} محاسبه شود.
- ② در گام بعدی، موقعیت کاربر بر اساس قواعد هندسی یا الگوریتم‌های دیگری تخمین زده می‌شود. اصلی‌ترین قواعد هندسی استفاده شده برای تخمین موقعیت را می‌توان به سه دسته پهلوبندی دایره‌ای، پهلوبندی هذلولی و زاویه‌بندی تقسیم کرد.

با مشاهده برخی از ویژگی‌های سیگنال راهنمای دریافتی، می‌توان برای موقعیت‌یابی از آنها استفاده کرد که در ادامه به بررسی این ویژگی‌ها می‌پردازیم.

زمان ورود (TOA) مدت زمان گذر سیگنال از فرستنده به گیرنده را بیان می‌کند. امواج الکترومغناطیسی با سرعت نور حرکت می‌کنند. بنابراین با فرض ثابت بودن سرعت نور در مسیر انتشار، می‌توان فاصله بین فرستنده و گیرنده را با استفاده از TOA بدست آورد. این فاصله برابر با زمان انتشار سیگنال ضرب در سرعت انتشار آن است. برای داشتن زمان دقیق انتشار، فرستنده و گیرنده باید همزمان باشند. در صورتی که از اختلاف زمان رسیدن^{۲۰} دو سیگنال یکسان به گیرنده از دو فرستنده مختلف استفاده کنیم، به این روش به اختصار TDOA^{۲۱} می‌گویند. در این حالت نیازی به همزمانی بین فرستنده و گیرنده نیست ولی فرستنده‌ها خود باید همزمان باشند [۳].

جهت ورود^{۲۲} (DoA) یا زاویه ورود^{۲۳} (AOA) صفحه موج^{۲۴} سیگنال به آنتن‌های فرستنده است. برای استخراج جهت سیگنال نیاز به مجموعه آنتن‌ها یا آرایه آنتنی در گیرنده داریم. همواره موج منتشر شده بر جهت انتشارش عمود است. جهت یک موج رادیویی را می‌توان به وسیله تغییر الگوی تابش فضایی آنتن فرستنده یا گیرنده با توجه به تغییرات قدرت سیگنال دریافتی، تخمین زد. زاویه ورود را می‌توان نقطه‌ای در الگوی تابش در نظر گرفت که قدرت سیگنال بیشینه باشد یا زمانی که قدرت سیگنال تهی^{۲۵} شود، که بستگی به طراحی نقطه مرجع دارد. با استفاده از AOA^{۲۶} نمی‌توان به صورت مستقیم فاصله را بدست آورد، بدین منظور برای تخمین موقعیت هدف به حداقل دو اندازه‌گیری AOA یا یک اندازه‌گیری AOA و یک اندازه‌گیری RSS^{۲۷} یا TOA^{۲۸}، احتیاج داریم [۳].

^{۱۹}Target Node

^{۲۰}Time Difference of Arrival

^{۲۱}Time Difference of Arrival

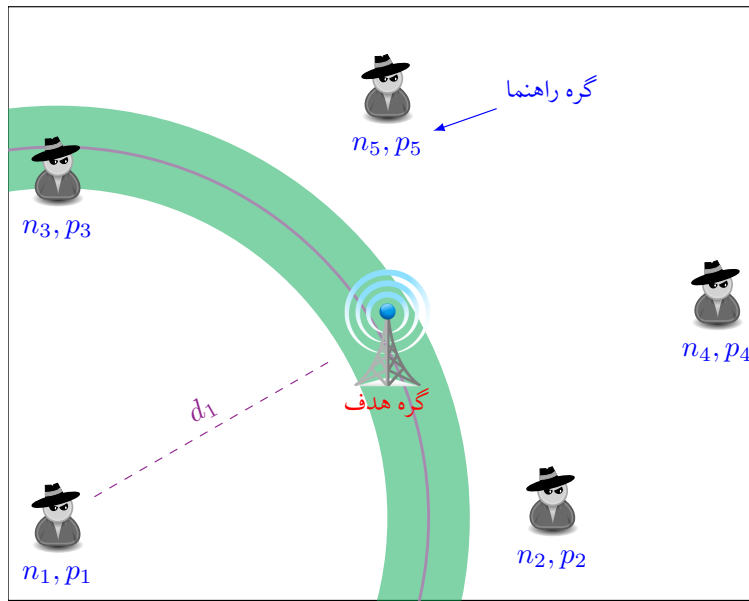
^{۲۴}Wavefront

^{۲۵}Null

^{۲۶}Angle of Arrival

^{۲۷}Received Signal Strength

^{۲۸}Time of Arrival



شکل ۲.۲: تعدادی گره توان دریافتی از گره هدف را اندازه گیری می کنند.

توان سیگنال دریافتی (RSS) همانطور که از نام این نوع اندازه گیری پیداست، اندازه توان سیگنال رادیویی دریافتی در گیرنده است. موج الکترومغناطیس ارسالی از آنتن فرستنده، در فضای باز با نرخ توان دوم فاصله از منبع کاهش می یابد. بنابراین با داشتن اندازه توان سیگنال دریافتی در گیرنده و با علم به اینکه توان ارسالی را در فرستنده می دانیم، می توان فاصله فرستنده را در حالت ایده آل به صورت دقیق بدست آورد. سپس با اندازه گیری حداقل سه RSS می توان مکان فرستنده را به صورت یکتا در فضای سه بعدی تخمین زد.

۲.۲ طرح مساله

مساله ای که می خواهیم در این پروژه بدان پردازیم، مکان یابی^{۲۹} یک سلول مشخص در یک شبکه تلفن همراه است. همان طور که در شکل ۲.۲ نشان داده شده است، یک گوشی تلفن همراه (UE)، به جمع آوری^{۳۰} از گره هدف مبادرت می ورزد و در نهایت داده ها جمع آوری شده و به گره مرکزی به منظور اجرای الگوریتم ارسال می شود. ما به این UE که اطلاعات اندازه گیری شده را جمع آوری می کند، اصطلاحاً گره راهنما^{۳۱} می گوئیم. دقت کنید که هر گره راهنما می تواند بیش از یک اندازه گیری انجام دهد.

داده های حاصل از اندازه گیری توان دریافتی به همراه مکانی که در آن اندازه گیری صورت گرفته است، جمع آوری شده و به الگوریتم مکان یابی داده می شود. داده هایی که به الگوریتم مکان یابی داده می شود، را می توان توسط یک ماتریس به صورت زیر

²⁹Localization

³⁰Received Power

³¹Anchor Node

توصیف نمود.

$$\text{Data} = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & P_1 \\ x_2 & y_2 & P_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_N & y_N & P_N \end{bmatrix} \quad (1.2)$$

پارامترها:

♠ N : تعداد داده‌ها که برابر با تعداد اندازه‌گیری‌ها است.

♠ (x_i, y_i) : مکان گره راهنما (همان گوشی تلفن همراه).

♠ P_i : توان دریافتی از گره هدف در i -امین اندازه‌گیری^{۳۲}. بدون از دست دادن کلیت مساله فرض می‌کنیم که توان اندازه‌گیری شده به واحد dB یا dBm است.

با دادن ماتریس Data به الگوریتم مکان‌یابی انتظار داریم که خروجی آن تخمین مناسبی از مکان هدف باشد. مولفه‌های مکان هدف را با (x_t, y_t) نشان می‌دهیم.

فرض کنید محیطی به مانند شکل ۳.۲ در اختیار داریم. در حقیقت مطمئن هستیم که گره هدف و تمامی گره‌های راهنما در این محیط محصور هستند. فرض کنید که این محیط بین عرض جغرافیایی x_L و x_H و طول جغرافیایی y_L و y_H قرار دارد. بر طبق مدل Friis رابطه بین توان ارسالی و دریافتی با فاصله بین گره هدف و گره راهنما به صورت زیر است [۴، بخش 2.2.2].

$$P_i = P_0 - 10\beta \log_{10} d_i \quad (2.2)$$

پارامترها:

♠ P_i : توان دریافتی از گره هدف توسط گره راهنما.

♠ P_0 : توان دریافتی از فرستنده در یک فاصله مرجع^{۳۳}. در این جا فرض می‌کنیم که فاصله مرجع برابر با $1m$ است، و توان دریافتی در این فاصله را با P_0 نشان می‌دهیم. دقت کنید که P_0 جزو مواردی است که باید تخمین زده شود و جزو مجهولات مساله است.

♠ β : بیانگر نمای افت مسیر^{۳۴} است.

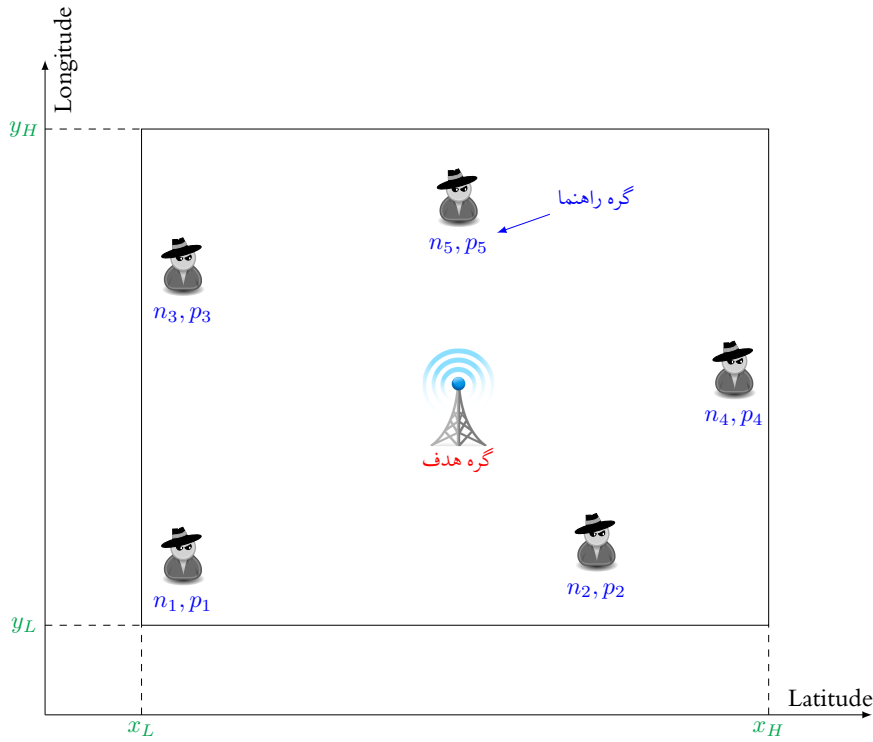
♠ d_i : بیانگر فاصله بین گره هدف و گره راهنما است.

ما مدل کانال و اتفاقاتی که در کانال می‌افتد و همچنین توان ارسالی گره هدف را نمی‌دانیم، بدین سان همان طور که خواهید دید در طی حل مساله مکان‌یابی مدل کانال و همچنین توان فرستنده تخمین زده خواهد شد [۵]. هدف ما در مساله مکان‌یابی یافتن سه پارامتر مجهول بر طبق رابطه ۲.۲ است، این چهار پارامتر عبارت‌اند از:

³²Measurement

³³Reference Distance

³⁴Path Loss Exponent



شکل ۳.۲: مرزبندی محیطی که می‌خواهیم در آن هدف را مکان‌یابی کنیم.

➡ x_t و y_t که به ترتیب معادل عرض جغرافیایی و طول جغرافیایی گره هدف است.

➡ P_0 : توان دریافتی در فاصله مرجع $1m$ از گره هدف است.

➡ β : نمای افت مسیر که توصیف‌کننده مدل کانال است.

اگر اتفاقاتی که برای توان سیگنال از گره هدف به سوی گره راهنما رخ می‌دهد، به طور کامل از رابطه ۲.۲ تبعیت می‌کند، با استفاده از چهار اندازه‌گیری می‌توانستیم مکان گره هدف را به صورت دقیق مشخص کنیم؛ چراکه چهار اندازه‌گیری به ما چهار معادله می‌دهد و چهار مجهول نیز در اختیار داریم. اما چالش بزرگ در این قضیه این است که اندازه‌گیری‌های گره‌های راهنما معمولاً دقیق نیست، و بنا به علل زیادی این اندازه‌گیری‌ها با خطا مواجه است. برای مدل‌سازی این مساله فرض کنید که اندازه‌گیری‌های P_i که توسط گره‌های راهنما انجام می‌شود، با یک نویزی گاوسی تخریب شده باشد، بدین‌سان خواهیم داشت:

$$P_i = P_0 - 10\beta \log_{10} \frac{d}{d_0} [\text{dB}] + X_\sigma \quad X_\sigma \sim \mathcal{N}(0, \sigma^2) \quad (3.2)$$

در این‌جا فرض کرده‌ایم که به اندازه‌گیری‌های انجام پذیرفته نویز گاوسی با میانگین صفر و انحراف استاندارد σ ^{۳۵} اضافه می‌شود. لازم به ذکر است که تحلیل‌هایی که در ادامه می‌آید، در حالتی بهینه است که نحوه تخریب اندازه‌گیری توان دریافتی به صورت یک نویز گاوسی جمعی باشد. مکان گره‌های راهنما نیز می‌تواند خود دارای خطا باشد، که در تحلیل‌های ارایه شده در نظر گرفته نشده است. اثبات می‌شود که الگوریتم مکان‌یابی ارایه شده در حالتی که تنها توان‌های اندازه‌گیری شده با نویز گاوسی تخریب شود، بهینه است، یعنی هیچ الگوریتم دیگری نمی‌توان یافت که از این الگوریتم بهتر عمل کند. اما در حالت‌هایی غیر از حالت یاد شده، لزوماً

³⁵Standard Deviation

بهینه نیست، گرچه می توان نشان داد که یک الگوریتم تقریباً بهینه خواهد بود. تابع PDF³⁶ اندازه گیری ها با توجه به رابطه به صورت زیر حاصل خواهد شد.

$$f_{P'_i} = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^N |C_P|}} \exp \left(-\frac{1}{2} (\vec{P} - P_0 + 10\beta \log_{10} \vec{d})^T |C_P| (\vec{P} - P_0 + 10\beta \log_{10} \vec{d}) \right) \quad (4.2)$$

پارامترها:

♠ $|C_P|$: ماتریس کواریانس اندازه گیری ها است. با فرض مستقل بودن اندازه گیری ها از یکدیگر مقدار $|C_P|$ به صورت زیر حاصل می گردد.

$$|C_P| = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \sigma_2^2 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \sigma_N^2 \end{bmatrix} = \text{diag}(\sigma_1^2, \sigma_2^2, \dots, \sigma_N^2) \quad (5.2)$$

که σ_i^2 پراش³⁷ میزان نویز اندازه گیری i -ام است.

♠ بردار \vec{P} و $\log_{10}(\vec{d})$ به صورت زیر تعریف می شود.

$$\vec{P} = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \vdots \\ P_N \end{bmatrix} \quad \vec{d} = \begin{bmatrix} \log_{10} d_1 \\ \log_{10} d_2 \\ \vdots \\ \log_{10} d_N \end{bmatrix} \quad (6.2)$$

با مقداری ساده سازی بر روی رابطه ۴.۲ به رابطه زیر خواهیم رسید.

$$f_{P'_i} = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^N |C_P|}} \exp \left(-\frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \frac{(P_i - P_0 + 10\beta \log_{10} d_i)^2}{\sigma_i^2} \right) \quad (7.2)$$

با اعمال روش ML³⁸ بر روی رابطه ۷.۲، به مساله بهینه سازی³⁹ زیر خواهیم رسید.

$$\min_{P_0, \beta, x_t, y_t} \sum_{i=1}^N \frac{(P_i - P_0 + 10\beta \log_{10} d_i)^2}{\sigma_i^2} \quad (8.2)$$

البته رسیدن استفاده از رابطه ۸.۲ زمانی مقدور است که σ_i^2 در دسترس باشد. در برخی موارد به خصوص در حالتی که گره راهنما

متحرک است، دستیابی به این پارامتر دشوار به نظر می رسد. بدین منظور به جای استفاده از ML از MSE⁴⁰ به صورت زیر استفاده

³⁶Probability Density Function

³⁷Variance

³⁸Maximum Likelihood

³⁹Optimization Problem

⁴⁰Mean Square Error

می‌کنیم.

$$\min_{P_0, \beta, x_t, y_t} \sum_{i=1}^N (P_i - P_0 + 10\beta \log_{10} d_i)^2 \quad (9.2)$$

قرار دادن محدودی برای متغیرهای بهینه‌سازی^{۴۱} P_0, β, x_t و y_t می‌تواند در دقت و سرعت همگرایی هر یک از روابط ۸.۲ و ۹.۲ مفید باشد. این حدود را به صورت زیر در نظر می‌گیریم.

$$P_{0L} \leq P_0 \leq P_{0H}$$

$$\beta_L \leq \beta \leq \beta_H$$

$$x_L \leq x_t \leq x_H$$

$$y_L \leq y_t \leq y_H$$

هدف از این پروژه پیاده‌سازی و توسعه یک نرم‌افزار مبتنی بر Android است که با استفاده از توان دریافتی از سلول‌های شبکه مکان آن‌ها را تخمین بزند. به عبارت بهتر، UE در هر مکانی از طریق GPS^{۴۲} مکان خود را می‌داند. از سوی دیگر، توان دریافتی سلول‌های اطراف را نیز اندازه‌گیری می‌کند. با این داده‌ها می‌خواهیم مکان سلول موردنظر را تخمین بزنیم. در این موضوع به نکات زیر توجه کنید.

- گوشی در حین حرکت ممکن است سلول خود را تغییر دهید و یا به اصطلاح عملیات بازانتخاب سلول^{۴۳} انجام شود. شما باید برنامه خود را به گونه‌ای توسعه دهید که در پایگاه داده در نظر گرفته شده علاوه بر مکان اندازه‌گیری، شناسه سلول را نیز ثبت کرد تا بتوان داده‌های مربوط به هر سلول را جداسازی نمود.
- اگر در این حوزه جستجو کنید می‌توانید مقالات خوبی راجع به آن بیابید.
- البته نگران سختی کار نباشید، احتمالاً می‌توانید مازول‌های آماده نیز در این زمینه پیدا کنید.

^{۴۱}Optimization Variable

^{۴۲}Global Positioning System

^{۴۳}Cell Reselection

۳ تخمین پارامترهای کانال

در مدل یک کانال محوشدگی^۱ از دیدگاه Large-scale، دو عامل افت مسیر^۲ و سایه‌شدگی^۳ نقش اساسی را ایفا می‌کردند. دیدیم که کانال را در حضور این دو عامل می‌توان به صورت زیر مدل نمود:

$$P_r = P_0 - 10\beta \log_{10} \frac{d}{d_0} [\text{dB}] + X_\sigma \quad X_\sigma \sim \mathcal{N}(0, \sigma^2) \quad (۱.۳)$$

که در آن X_σ یک نویز گاوسی با میانگین صفر و پراش σ^2 است. مقدار پارامتر نیز انحراف استاندارد σ حوالی بازه (4, 12) است. در این پروژه قصد داریم تا پارامترهای مدل کانال در Large-scale را در شبکه‌های تلفن همراه تخمین بزنیم. بدین منظور یک سلول شبکه را در نظر بگیرید. فرض کنید که محل این سلول را می‌دانیم. در یک دستگاه گوشی تلفن همراه نرم‌افزاری نوشته‌ایم که با استفاده از کتابخانه‌های موجود در اندروید به مانند TelephonyManager، می‌تواند توان دریافتی از سلول را محاسبه کند. در ضمن با استفاده از GPS، مکان گوشی و به تبع آن فاصله آن تا سلول را می‌توانیم محاسبه کنیم. اکنون آن چه که داریم یک مجموعه از فاصله‌ها تا سلول و اندازه‌گیری متناظر با آن فاصله است. در گام بعدی باید سعی کنیم تا با استفاده از ابزارهای ریاضی موجود رابطه (۱.۳) را به این اندازه‌گیری‌ها Fit نمود. به نظر می‌رسد در مسیر اجرای این پروژه با چالش‌های زیر روبه‌رو خواهیم شد.

- دقت کنید که گوشی در حین حرکت ممکن است سلول خود را تغییر دهید و یا به اصطلاح عملیات بازانتخاب سلول انجام شود. شما باید برنامه خود را به گونه‌ای توسعه دهید که در پایگاه داده در نظر گرفته شده علاوه بر مکان اندازه‌گیری، شناسه سلول را نیز ثبت کرد تا بتوان داده‌های مربوط به هر سلول را جداسازی نمود.
- مدل کانال در محیط‌های مختلف متفاوت است. پس بهتر است که یک تعداد گزینه برای انتخاب نوع محیط در نظر گرفته شود و این انتخاب در پایگاه داده نیز ثبت شود. مثلاً این گزینه‌ها می‌تواند محیط باز، محیط ورزشگاهی، محیط با پوشش گیاهی، محیط پر از ساختمان، محیط اتوبانی و ... باشد. آیا می‌توان این موضوع را به نوعی با استفاده از داده‌های نقشه OSM^۴ فهمید؟!

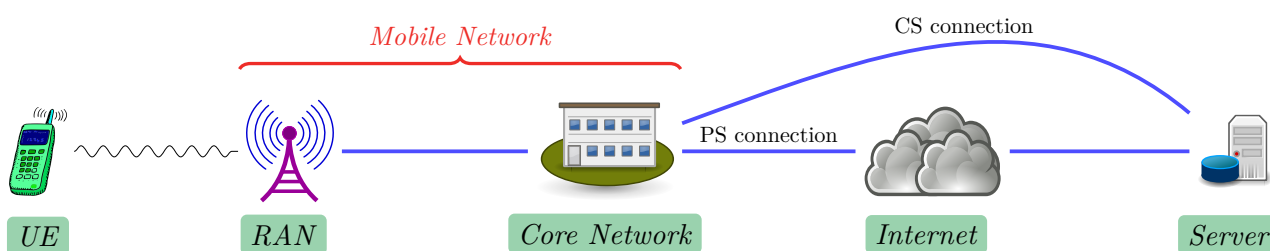
^۱Fading Channel
^۲Pathloss

^۳Shadowing
^۴Open Street Map

۴ ارتباط امن با استفاده از پیامک (پروژه باریم)

(Barium)

گسترش روزافزون شبکه‌های تلفن همراه به ویژه شبکه‌های نسل چهار و پنج، موجب شده است که این شبکه‌ها به عنوان بزرگترین شبکه دسترسی^۱، برای دستیابی به خدمات اینترنت بشمار آید. پرواضح است که در این بین، مساله امنیت^۲ برنامه‌های کاربردی^۳ و ساخت یک برنامه کاربردی با یک ارتباط امن، یکی از مهم‌ترین مسایل این حوزه خواهد بود. گرچه باید به این نکته توجه داشت که امنیت در یک ارتباط از طریق شبکه‌های تلفن همراه را، نباید تنها به مساله امنیت در دو سوی مشتری^۴ و خدمت‌گزار^۵ تقلیل داد؛ بلکه در جای جای این ارتباط، ما می‌توانیم با حملات متعددی مواجه شویم، که می‌تواند محرمانگی^۶، یکپارچگی^۷ و حریم خصوصی^۸ ما را هدف قرار دهد. شکل ۱.۴ نمایی از ارتباط یک مشتری با خدمت‌گزار را در بسترهای مختلف از طریق شبکه‌های تلفن همراه به زیبایی نشان می‌دهد.



شکل ۱.۴: ارتباط بین مشتری با خدمت‌گزار از طریق شبکه‌های تلفن همراه بر روی بسترهای مختلف

در مساله پیش‌رو، فرض می‌کنیم که یک برنامه کاربردی داریم، که توسط برنامه UE می‌شود. UE از دیدگاه ما هر ابزاری است که توسط آن بتوان به شبکه‌های تلفن همراه متصل شد. UE می‌تواند گوشی تلفن همراه، تبلت و یا حتی هر شی در IoT^۹ باشد. گرچه در این پروژه، ما تنها بر روی گوشی‌های تلفن همراه و تبلت‌ها تمرکز خواهیم کرد.

برنامه کاربردی UE قرار است تا از طریق بسترهای موجود در شبکه‌های تلفن همراه به یک خدمت‌گزار مشخص متصل شوند و با آن تبادل اطلاعات داشته باشند. در این جا ما دو راه کار برای اتصال به خدمت‌گزار داریم. در راه کار نخست و بدیهی‌ترین شیوه، ما از طریق بستر اینترنت با خدمت‌گزار به تبادل داده مبادرت می‌ورزیم. ما اصطلاحاً به این شیوه اتصال از طریق PS^{۱۰} می‌گوییم. بالاخره

^۱Access Network

^۲Security

^۳Application

^۴Client

^۵Server

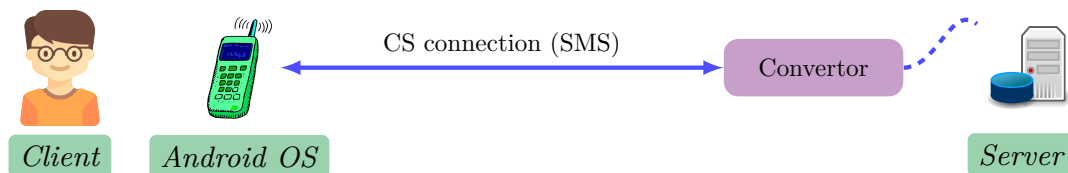
^۶Confidentiality

^۷Integrity

^۸Privacy

^۹Internet of Things

^{۱۰}Packet-switched



شکل ۲.۴: معماری سطح بالای سامانه

باید پذیرفت که دنیای اینترنت، مخاطرات پیدا و پنهان فراوانی دارد. اتصال از طریق خدمات ^{۱۱}CS نظیر تماس ^{۱۳} و ^{۱۴}SMS، می تواند راه فراری از مخاطرات دنیای اینترنت باشد. در این پروژه، ما فرض می کنیم که اتصال مشتری به خدمت گزار را از طریق SMS، برقرار خواهد شد.

برنامه کاربردی مورد نظر که ما از آن با عنوان سامانه Barium یاد می کنیم، در حقیقت یک سامانه است، که می خواهد اطلاعاتی را برای یک خدمت گزار ارسال کند، مثلاً فرض کنید ثبت ساعات روزانه. کاربر باید بتواند به صورت امن گزارش خود را وارد کند و این گزارش ها به صورت امن از طریق SMS به خدمت گزار منتقل شود. از سوی دیگر، کاربر باید بتواند گزارش های ثبت شده خود را تا یک بازه مشخص مشاهده کند. نمایی از معماری ^{۱۵} سامانه در شکل ۲.۴ نشان داده شده است.

¹¹Service

¹²Circuit-switched

¹³Call

¹⁴Short Message Service

¹⁵Architecture

۵ پوشش شبکه (Rhodium)

هدف این پروژه بدست آوردن نقاط کور در پوشش^۱ شبکه‌های تلفن همراه است. بدین منظور از شما خواسته می‌شود که یک برنامه تحت سیستم عامل^۲ Android بنویسید. هدف این است که UE در یک مسیر مشخص شروع می‌کند به حرکت کرده، و به صورت پیوسته UE به اندازه‌گیری پارامترهای مرتبط با توان دریافتی مبادرت می‌ورزد. این پارامترها ممکن است برای سلول خدمتگذار^۳ باشد و ممکن است برای سلول‌های همسایه^۴. اطلاعات توانی سلول خدمتگذار و سلول‌های همسایه. به صورت دقیق C2, C1, RxLev برای GSM، RSCP^۵ و EC/N0 برای UMTS و RSRP^۶ و RSRQ^۷، CINR^۸ برای LTE.

به عنوان مثال هر چهار یا پنج ثانیه یک بار از Android بخواهید که مقدارهای اندازه‌گیری شده را به شما برگرداند. این مقادیر را به همراه مکان UE و همچنین پارامترهای مربوط به سلول خدمتگذار نظیر شناسه^۹ PLMN، LAC، RAC، TAC و شناسه سلول، در پایگاه داده ثبت کنید.

در گام بعدی کاربر می‌تواند به صورت برخط^{۱۰} یا برون خط^{۱۱} داده‌های ذخیره شده را بر روی یک نقشه نشان دهید. یعنی نقشه‌ای به مانند نقشه‌های OSM را به کاربر نشان دهید با حرکت و درج هر مکان جدید این مکان به صورت یک نقطه رنگ در نقشه ثبت شود. این رنگ منطبق بر اندازه‌گیری شما از توان دریافتی سلول است، و می‌تواند سبز، زرد، نارنجی، قرمز و سیاه باشد. سیاه در این جا به معنای عدم موفقیت در اندازه‌گیری است. مهم‌ترین چالش این پروژه که باید مورد بررسی قرار گیرد، هنگامی که کاربر وارد تونل

۱.۵ نکات تکمیلی

حتما از مفاهیم مربوط به پایگاه داده در این میان استفاده کنید. سعی کنید طراحی به گونه بهینه‌باشد.

جلسه تحویل به صورت برخط خواهد بود.

پروژه به صورت تیمی انجام شود.

گرچه لازم به ذکر است که شما در سطح Android لزوما نمی‌توانید همه این پارامترها برای همه نسل‌ها در همه نسخه‌های

Android را داشته‌باشید. اما به عنوان یک فرصت رقابتی تلاش کنید ببینید که می‌توانید چه تعدادی از این پارامترها را

استخراج کنید.

¹Coverage

²Operating System

³Serving Cell

⁴Neighbor Cell

⁵Received Signal Code Power

⁶Reference Signal Received Power

⁷Reference Signal Received Quality

⁸Carrier to Interference-plus-Noise Ratio

⁹Public Land Mobile Network

¹⁰Online

¹¹Offline

۶ نکات تکمیلی

📌 همراه هر پروژه باید یک گزارش در قالب L^AT_EX وجود داشته باشد. توضیحات کامل راجع به پروژه، ویژگی‌های نرم‌افزار و الگوریتم‌های مورد استفاده باید در این گزارش آورده شود.

📌 معیارهای ارزیابی پروژه:

♠️ صحت کارکرد و پایداری نرم‌افزار

♠️ کارایی نرم‌افزار و ویژگی‌های قرارداده شده در آن.

♠️ اصولی نوشتن کدها، ماژول‌بندی و ساختار مناسب

♠️ جلوه‌های بصری نرم‌افزار از جمله زیبایی ظاهری، سادگی و سهولت استفاده

📌 این پروژه‌ها صرفاً یک پروژه پیاده‌سازی نیست، بلکه لازمه آن مقداری تحقیق و پژوهش نیز خواهد بود.

📌 پروژه در تیم‌های دو نفره باید انجام شود.

📌 به دو تیم برتر در این پروژه یک میلیون تومان به عنوان جایزه داده خواهد شد. در ضمن این دو تیم یک نمره اضافه‌تر نیز در پروژه خواهند داشت.

📌 کل پروژه شش نمره خواهد داشت.

📌 لطفاً از روی یکدیگر کپی نکنید، چون موجب می‌شود حق بقیه دوستانتان پایمال شود. نمرات به صورت نسبی به گروه‌ها تخصیص داده خواهد شد.

📌 برنامه کاربردی باید از Android 6 تا 12 را پشتیبانی کند.

- [1] T. H. Falk, V. Parsa, J. F. Santos, K. Arehart, O. Hazrati, R. Huber, J. M. Kates, and S. Scollie, "Objective quality and intelligibility prediction for users of assistive listening devices: Advantages and limitations of existing tools," *IEEE signal processing magazine*, vol.32, no.2, pp.114–124, 2015.
- [2] I.-T. Recommendation, "Perceptual evaluation of speech quality (PESQ): An objective method for end-to-end speech quality assessment of narrow-band telephone networks and speech codecs," *Rec. ITU-T P. 862*, 2001.
- [3] S. A. Ahson and M. Ilyas. *Location-Based Services Handbook: Applications, Technologies, and Security*. CRC Press, 2011.
- [4] K. Pahlavan and P. Krishnamurthy. *Principles of Wireless Access and Localization*. Wiley Desktop Editions, Wiley, 2013.
- [5] R. M. Vaghefi, M. R. Gholami, R. Michael Buehrer, and E. G. Strom, "Cooperative received signal strength-based sensor localization with unknown transmit powers," *IEEE Transactions on Signal Processing*, vol.61, pp.1389–1403, 2013.

A

AOA Angle of Arrival

C

CS Circuit-switched

CSSR Call Setup Success Rate

G

GPRS General Packet Radio Service

GPS Global Positioning System

GSM Global System for Mobile Communication

H

HSPA High Speed Packet Access

HTTP Hypertext Transfer Protocol

I

IoT Internet of Things

K

KPI Key Performance Indicator

KQI Key Quality Indicator

L

LAC Location Area Code

LTE Long Term Evolution

M

ML Maximum Likelihood

MSE Mean Square Error

O

OSM Open Street Map

P

PDF Probability Density Function

PLMN-Id Public Land Mobile Network-Identity

PS Packet-switched

Q

QoE Quality of Experience

QoS Quality of Service

R

RAC Routing Area Code

RAN Radio Access Network

RSS Received Signal Strength

S

SMS Short Message Service

T

TAC Tracking Area Code

TDOA Time Difference of Arrival

TOA Time of Arrival

U

UE User Equipment

UMTS Universal Mobile Telecommunications System

واژه‌نامه انگلیسی به فارسی

D

Database پایگاه داده
 Delay تاخیر
 Direction of Arrival جهت ورود
 Downlink پیوند فروسو
 Download بارگیری

E

End User کاربر پایانی

F

Fading Channel کانال محوشدگی

H

Hyperbolic Lateration پهلوبندی هذلولی

I

Identity شناسه
 Infrastructure زیرساخت
 Integrity یکپارچگی

A

Access Network شبکه دسترسی
 Anchor Node گره راهنما
 Angulation زاویه‌بندی
 Angle Of Arrival زاویه ورود
 Application برنامه کاربردی
 Architecture معماری

B

Base Station ایستگاه پایه
 Beacon Nodes گره‌های راهنما

C

Call تماس
 Cell سلول
 Cell Reselection بازانتخاب سلول
 Circular Lateration پهلوبندی دایره‌ای
 Client مشتری
 Confidentiality محرمانگی
 Connectivity Based مبتنی بر اتصال

P

Path Loss Exponent نمای افت مسیر

Pathloss افت مسیر

Performance کارایی

Pilot Signal سیگنال راهنما

Positioning موقعیت‌یابی

Privacy حریم خصوصی

Proximity Based مبتنی بر مجاورت

Q

Quality of Service کیفیت خدمت

R

Range برد

Range Based مبتنی بر بُرد

Range Free غیرمبتنی بر بُرد

Received Power توان دریافتی

Received Signal Strength توان سیگنال دریافتی

Reference Distance فاصله مرجع

Response Time زمان پاسخ

S

Security امنیت

Server خدمت‌گزار

Service خدمت

Subjective Factor معیار کیفی

Shadowing سایه‌شدگی

J

Jitter لرزش

L

Latency تأخیر

Latitude عرض جغرافیایی

Localization مکان‌یابی

Location مکان

Longitude طول جغرافیایی

M

Measurement اندازه‌گیری

Multimedia چندرسانه‌ای

N

Network Core هسته شبکه

Network-based مبتنی بر شبکه

Null تهی

O

Operator عملگر

Optimization Variable متغیر بهینه‌سازی

Optimization Problem مساله بهینه‌سازی

Standard Deviation انحراف استاندارد

T

Target Node گره هدف

Technical فنی

Technical Factor معیار فنی

Terminal پایانه

Terminal-based مبتنی بر پایانه

Throughput گذردهی

Time Difference of Arrival اختلاف زمان رسیدن

Time of Arrival زمان ورود

U

Uplink پیوند فراسو

Upload بارگذاری

User کاربر

V

Variance پراش

W

Wavefront صفحه موج

واژه‌نامه فارسی به انگلیسی

Uplink	پیوند فراسو	ا
Downlink	پیوند فروسو	
	Time Difference of Arrival	اختلاف زمان رسیدن
	Pathloss	افت مسیر
	Security	امنیت
	Standard Deviation	انحراف استاندارد
Latency	تأخیر	اندازه‌گیری
Delay	تاخیر	ایستگاه پایه
Call	تماس	
Received Power	توان دریافتی	
Received Signal Strength	توان سیگنال دریافتی	ب
Null	تهی	
	Upload	بارگذاری
	Download	بارگیری
	Cell Reselection	بازانتخاب سلول
	Range	برد
Direction of Arrival	جهت ورود	برنامه کاربردی
	Application	
		پ
		چ
Multimedia	چندرسانه‌ای	پایانه
	Terminal	
	Database	پایگاه داده
	Variance	پراش
	Circular Lateralation	پهلوبندی دایره‌ای
	Hyperbolic Lateralation	پهلوبندی هذلولی

ح

حریم خصوصی Privacy ص

صفحه موج Wavefront

خ

خدمت Service ط

خدمت‌گزار Server

طول جغرافیایی Longitude

ز

ع

زاویه ورود Angle Of Arrival

عرض جغرافیایی Latitude

زاویه‌بندی Angulation

عملگر Operator

زمان پاسخ Response Time

زمان ورود Time of Arrival

زیرساخت Infrastructure

غ

غیرمبتنی بر بُرد Range Free

س

سایه‌شدگی Shadowing

ف

سلول Cell

سیگنال راهنما Pilot Signal

فاصله مرجع Reference Distance

فنی Technical

ش

شبکه دسترسی Access Network

شناسه Identity

ک

Optimization Problem مساله بهینه‌سازی
 Client مشتری
 Architecture معماری
 Technical Factor معیار فنی
 Subjective Factor معیار کیفی
 Location مکان
 Localization مکان‌یابی
 Positioning موقعیت‌یابی

Performance کارایی
 User کاربر
 End User کاربر پایانی
 Fading Channel کانال محوشدگی
 Quality of Service کیفیت خدمت

گ

ن

Path Loss Exponent نمای افت مسیر

Throughput گذردهی
 Anchor Node گره راهنما
 Target Node گره هدف
 Beacon Nodes گره‌های راهنما

ه

Network Core هسته شبکه

ل

Jitter لرزش

ی

Integrity یکپارچگی

م

Connectivity Based مبتنی بر اتصال
 Range Based مبتنی بر بُرد
 Terminal-based مبتنی بر پایانه
 Network-based مبتنی بر شبکه
 Proximity Based مبتنی بر مجاورت
 Optimization Variable متغیر بهینه‌سازی
 Confidentiality محرمانگی