بسم الله الرحمن الرحيم

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این پایان‌نامه به‌طور مشترک متعلق به دانشگاه رازی و مرکز تحقیقات مخابرات ایران است.

دانشکده‌ی فنی و مهندسی

گروه مهندسی برق

پایان نامه جهت اخذ درجه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی برق

گرایش الکترونیک

تحت عنوان

بهینه سازی Handover بین دو سیستم در مخابرات سیار سلولی

استاد راهنما:

دکتر قاسم عازمی

نگارش:

عبدالرضا مدیری

بهمن ماه ۱۳۸۷

این تحقیق از حمایت‌های مالی و معنوی مرکز تحقیقات مخابرات ایران برخوردار بوده است.

دانشکده‌ی فنی و مهندسی

گروه مهندسی برق

پایان‌نامه جهت اخذ درجه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی برق

گرایش الکترونیک

عبدالرضا مدیری

تحت عنوان

بهینه سازی Handover بین دو سیستم در مخابرات سیار سلولی

در تاریخ **۱۳۸۷/۱۱/۱۹** توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه‌ی **عالی** به تصویب نهایی رسید.

۱- استاد راهنمای پایان نامه: دکتر **قاسم عازمی** با مرتبه‌ی علمی استادیار امضاء

۲- استاد داور داخل گروه: دکتر **سیّد وهاب الدّین مکّی** با مرتبه‌ی علمی استادیار امضاء

۳- استاد داور خارج از گروه: دکتر **حبیب اله دانیالی** با مرتبه‌ی علمی استادیار امضاء

بدینوسیله اعلام می‌کنم که تحقیق انجام شده در این پایان‌نامه، قبلاً در این دانشگاه و یا هیچ مؤسسه‌ی آموزش عالی دیگر در داخل یا خارج از کشور، برای دریافت گواهی یا مدرک تحصیلی، انجام نشده است. تا آنجا که می‌دانم و یا گمان می‌کنم، در این پایان‌نامه از مطالب یا نتایج هیچ تحقیق یا فعالیتی که توسط دیگران نوشته یا منتشر شده، استفاده نگردیده است، مگر در مواردی که مرجع آن در جای خود ذکر شده باشد.

امضاء :

سپاسگزاری

سپاس خداوندی را که سخنوران از ستودن او عاجزند و حسابگران از شمارش نعمت‌های او ناتوان و تلاشگران از ادای حق او درمانده‌اند. خدایی که افکار ژرف‌اندیش، ذات او را درک نمی‌کنند و دست غوّاصان دریای علوم به او نخواهد رسید. پروردگاری که برای صفات او حدّ و مرزی وجود ندارد و تعریف کاملی نمی‌توان یافت و برای خدا وقتی معیّن و سرآمدی مشخص نمی‌توان تعیین کرد. مخلوقات را با قدرت خود آفرید و با رحمت خود بادها را به حرکت درآورد و بوسیله کوه‌ها اضطراب و لرزش زمین را به آرامش تبدیل کرد (امام علی علیه السّلام)

خداوند را شاکرم که توفیق کسب علم به من عطا فرمود و برای ادامه‌ی مسیر، از او یاری می‌طلبم.

از استاد گرانقدر جناب آقای دکتر عازمی که در تمامی مراحل انجام پروژه با راهنمایی‌ها و همفکری‌هایشان مرا در انجام این تحقیق یاری نمودند کمال تشکر و قدردانی را دارم. بر دستان پر تلاش ایشان بوسه می‌زنم و سپاس می‌گویم تمام فداکاری‌ها و محبتهایشان را.

این تحقیق از حمایت‌های مالی و معنوی مرکز تحقیقات مخابرات ایران برخوردار بوده است. بدینوسیله از آن مرکز تشکر می‌شود.

از همکارانم در شرکت مخابرات استان کرمانشاه که در طول مدت تحصیل در مقطع کارشناسی ارشد، راهنما و مشوّق من بودند و در این مدت شرایط مطالعه و حضور در دانشگاه را برایم فراهم نمودند، سپاسگزارم.

از زحمات داوران گرامی، آقایان دکتر سیّد وهاب الّدین مکّی و دکتر حبیب اله دانیالی که با مطالعه و نقد این پایان نامه موجبات ارائه‌ی بهتر این تحقیق را فراهم نمودند، صمیمانه تشکر می‌نمایم.

و صد البته که اگر صبوری و تحمل همسر و فرزندم نبود، موفقیتی در پیمودن مسیر کسب علم بدست نمی‌آوردم. از خداوند متعال آرزوی بهترین‌ها را برایشان دارم و این تحقیق را به آنها تقدیم می‌نمایم.

تقدیم به

همسر و فرزندم

چکیده

این پایان‌نامه، تکنیک جدیدی را برای متوسط‌گیری از سیگنال دریافتی توسط دستگاه سیار به منظور استفاده در الگوریتم دست به دست شدن وفقی سرعت ارائه می‌دهد. در کلیه‌ی الگوریتم‌های دست به دست شدن موجود، جهت تصمیم‌گیری برای انجام دست به دست شدن، از متوسط شدت سیگنال دریافتی توسط دستگاه سیار استفاده می‌شود. در صورتیکه از شدت سیگنال دریافتی توسط دستگاه سیار بطور مستقیم و بدون متوسط‌گیری استفاده شود، با توجه به تأثیرات محوشدگی سایه‌ای و چند مسیره، تعداد زیادی دست به دست شدن غیر ضروری انجام می‌شود که بار شبکه را به شدت افزایش داده و ظرفیت سیستم را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد. بنابراین متوسط‌گیری از توان سیگنال دریافتی، امری ضروری برای استفاده در الگوریتم‌های دست به دست شدن به منظور تصمیم‌گیری در انجام دست به دست شدن به شمار می‌رود.

روشی که اکنون در الگوریتم‌های دست به دست شدن موجود استفاده می‌شود، بهره‌گیری از پنجره‌های متوسط‌گیری زمانی با طول ثابت جهت متوسط‌گیری از سیگنال دریافتی است. در روش پیشنهاد شده در این پایان‌نامه ضمن مطالعه‌ی اثر طول پنجره‌ی متوسط‌گیری بر تعداد متوسط دست به دست شدنِ انجام شده و تعداد متوسط مکالماتِ قطع شده، از پنجره‌های متوسط‌گیری مکانی استفاده شده و تأثیر آن در سرعت‌های مختلف نشان داده شده است. با توجه به شبیه سازی‌های انجام شده و نیز در نظر گرفتن ملاحظات ترافیکی سیستم، پنجره‌ی متوسط‌گیری مکانی بهینه پیشنهاد شده است. در این حالت شبکه می‌تواند با تخمین سرعت از یکی از روش‌های موجود، سرعت دستگاه سیار را بدست آورده و بر اساس طول پنجره‌ی متوسط‌گیری مکانی بهینه، زمان لازم برای متوسط‌گیری را اعمال نماید.

در این پایان‌نامه، با بهره‌گیری از شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای، عملکرد الگوریتمِ پیشنهاد شده، بررسی و با الگوریتم مشابه که از پنجره‌ی متوسط‌گیری زمانی با طول پنجره‌ی ثابت استفاده می‌نماید، مقایسه گردیده است و نشان داده شده که الگوریتم پیشنهاد شده دارای عملکرد بهتری می‌باشد.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۱- فصل اول : مقدمه ۳

۱-۱- مقدمه ۳

۱-۲- تعریف کلّی تحقیق انجام شده ۳

۱-۲-۱- دست به دست شدن ۳

۱-۲-۲- متوسط‌گیری از سیگنال دریافتی ۶

۱-۲-۳- پنجره‌ی متوسط‌گیری ۶

۱-۳- اهداف تحقیق ۷

۱-۴- ساختار این پایان‌نامه ۷

۱-۵- نوآوری‌های این تحقیق ۸

۱-۶- مقالات ۸

۲- فصل دوم : مشخصات سیگنال دریافتی ۱۱

۲-۱- مقدمه ۱۱

۲-۲- انتشار رادیویی سیار ۱۱

۲-۳- مدل‌سازی انتشار ۱۵

۲-۴- مدل‌های محو شدگی چند مسیره ۱۷

۲-۴-۱- محوشدگی چندمسیره‌ی غیر فرکانس‌گزین (تخت) ۱۷

۲-۴-۲- همبستگی و طیف سیگنال دریافتی ۲۰

۲-۴-۳- توزیع پوش و فاز دریافتی ۲۸

۲-۵- مدل‌های محوشدگی سایه‌ای ۳۲

۲-۵-۱- مدل لاگ‌نرمال ۳۲

۲-۵-۲- توزیع گاما ۳۳

۲-۵-۳- مدل همبستگی Gudmundson ۳۴

۲-۶- مدل های اتلافِ مسیر ۳۴

۲-۶-۱- مدل‌های خاصِ مکان برای اتلاف مسیر ۳۴

۲-۶-۲- مدل‌های تجربی (آماری) برای اتلاف مسیر ۳۷

۲-۷- جمع‌بندی ۴۴

عنوان **صفحه**

۳- فصل سوم : دست به دست شدن ۴۶

۳-۱- مقدمه ۴۶

۳-۲- دلایل انجام دست به دست شدن ۴۸

۳-۳- استراتژی‌های آشکارسازی دست به دست شدن ۴۹

۳-۴- پارامترهای استفاده شده برای تصمیم‌گیری ۵۲

۳-۵- انواع دست به دست شدن ۵۵

۳-۵-۱- دست به دست شدن سخت ۵۵

۳-۵-۲- دست به دست شدن نرم ۵۷

۳-۶- معیارهای ارزیابی عملکرد الگوریتم‌های دست به دست شدن ۶۰

۳-۷- تقسیم بندی ایستگاه‌ها ۶۲

۳-۸- پارامترهای دست به دست شدن نرم ۶۳

۳-۹- مزایا و معایب دست به دست شدن نرم ۶۴

۳-۹-۱- مزایای دست به دست شدن نرم ۶۴

۳-۹-۲- معایب دست به دست شدن نرم ۶۶

۳-۱۰- الگوریتم‌های دست به دست شدن نرم ۶۶

۳-۱۰-۱- الگوریتم IS-95A یا الگوریتم اساسی Cdmaone ۶۶

۳-۱۰-۲- الگوریتم IS-95B یا الگوریتم Modified cdmaone ۶۸

۳-۱۰-۳- الگوریتم آستانه‌ی وابسته ۶۹

۳-۱۱- جمع بندی ۷۰

۴- فصل چهارم : تخمین سرعت ۷۲

۴-۱- مقدمه ۷۲

۴-۲- دلایل نیاز به تخمین سرعت ۷۲

۴-۳- روش‌های موجود برای تخمین سرعت ۷۶

۴-۴- جمع بندی ۷۸

۵- فصل پنجم : شبیه سازی و نتایج ۸۰

۵-۱- مقدمه ۸۰

۵-۲- مدل سیگنال رادیویی بکار رفته در این پایان‌نامه ۸۰

۵-۳- سیگنال دریافتی ۸۲

عنوان **صفحه**

۵-۴- الگوریتم دست به دست شدن ۸۴
۵-۴-۱- متوسط‌گیری از سیگنال دریافتی ۸۴
۵-۵- نتایج شبیه‌سازی ۸۵
۵-۵-۱- اثر پنجره‌ی زمانی ثابت ۸۵
۵-۵-۲- اثر طول پنجره‌ی متوسط‌گیری ۸۵
۵-۵-۳- مقایسه‌ی پنجره‌ی بهینه‌ی مکانی با پنجره‌ی زمانی ثابت ۸۹
۵-۶- الگوریتم دست به دست شدن وفقی بر اساس سرعت دستگاه سیار ۹۰
۵-۷- تأثیر برخی دیگر از پارامترهای الگوریتم دست به دست شدن ۹۱
۵-۷-۱- بررسی تأثیر پارامتر T_{HO} بر عملکرد الگوریتم دست به دست شدن ۹۱
۵-۷-۲- بررسی تأثیر پارامتر H_{HO} بر عملکرد الگوریتم دست به دست شدن ۹۱
۵-۸- جمع بندی ۹۴

۶- فصل ششم : جمع بندی و پیشنهادات ۹۶

۶-۱- خلاصه پایان‌نامه و جمع بندی ۹۶
۶-۲- پیشنهادات ۹۷

مراجع ۹۸

فهرست شکل‌ها

شکل (۱-۱) – انواع دست به دست شدن بر اساس تغییر ناحیه شامل Cell، BSS و MSC [۳]..... ۵

شکل (۱-۲) – انتشار چند مسیره در یک محیط سیار میکروسلولی [۲, ص.۴۰]..... ۵

شکل (۲-۱) پدیده‌های مختلف انتشار سیار در یک محیط نمونه [۴]..... ۱۲

شکل (۲-۲) اتلاف مسیر در فضای آزاد و محیط‌های ماکروسلولی شهری نوعی؛ $\beta = 4, \sigma_\pi = 8\,\text{dB}$. شدت سیگنال دریافتی بر حسب dBm در یک فاصله‌ی 10 Km توزیع گوسی است با میانگین -70 dBm و واریانس $\sigma_\Omega^2\ dB$ [۲]..... ۱۴

شکل (۲-۳) یک موج تخت نوعی در برخورد با یک گیرنده‌ی دستگاه سیار..... ۱۸

شکل (۲-۴) خودهمبستگی مؤلفه‌های حقیقی و موهومی پوش مختلط دریافت شده با پراکندگی همسانگرد. ۲۲

شکل (۲-۵) چگالی طیف توان مؤلفه‌های پوش متعامد دریافتی برای کانال پراکندگی همسانگرد دوبعدی با یک آنتن همسانگرد..... ۲۵

شکل (۲-۶) منحنی قطبی $p(\theta)$ با پراکندگی همسانگرد 2-D بعلاوه‌ی یک مؤلفه‌ی LoS یا بازتابی که با زاویه‌ی ورود θ_0..... ۲۷

شکل (۲-۷) یک محیط انتشار میکروسلولی شهری اغلب با پراکندگی غیر همسانگرد توصیف می‌شود..۲۷

شکل (۲-۸) تابع چگالی احتمالِ امواج تخت دریافتی در رابطه‌ی (۲-۴۵). pdf نسبت به $\theta = 0$ متقارن است. ۲۸

شکل (۲-۹) مدل دو مسیره یا دو پرتویی [۲۴]..... ۳۶

شکل (۲-۱۰) مدل ده پرتویی [۲۴]..... ۳۷

شکل (۲-۱۱) نمودار A_{mu} بر حسب فرکانس و فاصله از ایستگاه پایه [۳۱, ص. ۱۱۷]..... ۴۱

شکل (۳-۱) سیگنالینگ دست به دست شدن بر اساس MCHO [۳۹]. ۵۰

شکل (۳-۲) سیگنالینگ دست به دست شدن بر اساس MAHO [۳۹]. ۵۱

شکل (۳-۳) موقعیت‌های تصمیم‌گیری دست به دست شدن..... ۵۳

شکل (۳-۴) اثر پینگ پنگ و هیسترزیس..... ۵۶

شکل (۳-۵) کنترل توان و دست به دست شدن سخت..... ۵۸

شکل (۳-۶) الگوریتم IS-95A [۴۴]..... ۶۷

شکل (۳-۷) الگوریتم آستانه‌ی وابسته [۴۴]. ۷۰
شکل (۴-۱) اثر گوشه: دستگاه سیار در نقطه‌ی گوشه می‌چرخد، مؤلفه‌ی LOS از سوی ایستگاه پایه‌ی جاری (BTS1) از بین رفته و این مؤلفه بین دستگاه سیار و ایستگاه پایه‌ی مقصد (BTS2) برقرار می‌شود. ۷۳
شکل (۴-۲) شدت سیگنال دریافتی توسط دستگاه سیار از دو ایستگاه پایه‌ی مجاور بر اساس تابعی از فاصله. ۷۴
شکل (۴-۳) افزایش در تعداد مکالمات قطع شده در سیستم میکروسلولی بعنوان تابعی از خطا در تخمین سرعت [۴۸]. ۷۴
شکل (۴-۴) یک سیستم چند لایه‌ای (میکروسلول/ماکروسلول روی هم قرار گرفته) [۴۷]. ۷۵
شکل (۵-۱) سناریوی مورد استفاده در شبیه‌سازی الگوریتم دست به دست شدن با در نظر گرفتن اثر گوشه. ۸۲
شکل (۵-۲) نمونه‌ای از سیگنال دریافتی توسط دستگاه سیار. ۸۳
شکل (۵-۳) متوسط سیگنال دریافتی در شکل (۵-۲). ۸۳
شکل (۵-۴) مقایسه‌ی الگوریتم دست به دست شدن با دو پنجره‌ی زمانی با طول ثابت $0.5\,\text{sec}$ و $1.0\,\text{sec}$ بر حسب سرعت دستگاه سیار (تعداد متوسط دست به دست شدن). ۸۷
شکل (۵-۵) مقایسه‌ی الگوریتم دست به دست شدن با دو پنجره‌ی زمانی با طول ثابت $0.5\,\text{sec}$ و $1.0\,\text{sec}$ بر حسب سرعت دستگاه سیار (درصد تعداد مکالمات قطع شده). ۸۷
شکل (۵-۶) تعداد متوسط دست به دست شدن‌ها برای پنجره‌های مکانی با طول متفاوت در چهار سرعت $5\ Km/h$، $10\ Km/h$، $30\ Km/h$ و $50\ Km/h$ ۸۸
شکل (۵-۷) تعداد متوسط مکالمات از دست رفته برای پنجره‌های مکانی با طول متفاوت در چهار سرعت $5\ Km/h$، $10\ Km/h$، $30\ Km/h$ و $50\ Km/h$ ۸۸
شکل (۵-۸) تعداد متوسط دست به دست شدن‌ها برای پنجره‌ی زمانی ثابت $0.5\,\text{sec}$ و پنجره‌ی مکانی ثابت 5λ. ۸۹
شکل (۵-۹) تعداد متوسط مکالمات از دست رفته (درصد) برای پنجره‌ی زمانی ثابت $0.5\,\text{sec}$ و پنجره‌ی مکانی ثابت 5λ ۹۰
شکل (۵-۱۰) تعداد متوسط دست به دست شدن بر اساس مقادیر مختلف T_{HO} در سرعت‌های $5\ Km/h$، $10\ Km/h$، $20\ Km/h$ و $50\ Km/h$ ۹۲

شکل (۵-۱۱) تعداد متوسط مکالمات از دست رفته (درصد) بر اساس مقادیر مختلف T_{HO} در سرعت‌های $5\ Km/h$، $10\ Km/h$، $20\ Km/h$ و $50\ Km/h$ ۹۲

شکل (۵-۱۲) تعداد متوسط دست به دست شدن بر اساس دو مقدار مختلف H_{HO} در سرعت‌های $5\ Km/h$، $10\ Km/h$، $20\ Km/h$ و $50\ Km/h$ ۹۳

شکل (۵-۱۳) تعداد متوسط مکالمات از دست رفته (درصد) بر اساس دو مقدار مختلف H_{HO} در سرعت‌های $5\ Km/h$، $10\ Km/h$، $20\ Km/h$ و $50\ Km/h$ ۹۳

فهرست جدول‌ها

جدول (۳-۱) مثال عددی مسأله‌ی حلقه‌ی فیدبک مثبت در کنترل توان با دست به دست شدن سخت [۴۰]. ۶۰

کوتاه نوشت‌ها

AoA	Angle of Arrival
BER	Bit Error Rate
BS	Base Station
BSS	Base Station Sub-system
BTS	Base Transciver Station
CDMA	Code Division Multiple Access
CE	Channel Element
GIS	Geographical Information System
GO	Geometrical Optics
GoS	Grade of Service
GRT	General Ray Tracing
GSM	Global System for Mobile communications
i.i.d.	independent identically distributed
I/Q	In-phase/Quadrature-phase
IF	Instantaneous Frequency
ISI	Inter-Symbol Interference
JRC	Joint Radio Committee
LCR	Level-Crossing Rate
LoS	Line-of-Sight
MAHO	Mobile Assisted Handover
MCHO	Mobile Controlled Handover
MS	Mobile Station
MSC	Mobile Switching Centre
NCHO	Network Controlled Handover
NLoS	Non-Line-of-Sight
PCS	Personal Communication Services
PDF	Probability Distribution Function
PSD	Power Spectral Density (Power Spectrum)
QOS	Quality Of Service
ROM	Rate of Maxima
SHOCE	Soft Handover Channel Element
SHOWC	Soft Handover Walsh Code
T_C	Carried Traffic
TRE	Trunking Resource Efficiency
WSS(US)	Wide Sense Stationary (Uncorrelated Scattering)
ZCR	Zero-Crossing Rate

فهرست نشانه ها

$r(t)$	سیگنال مختلط دریافتی
$g(t)$	پوش سیگنال مختلط دریافتی
$\alpha(t)$	اندازه پوش سیگنال دریافتی (در فصل ۲)
$R(t)$	اندازه پوش سیگنال دریافتی
$\phi(t)$	فاز سیگنال دریافتی
$s(t)$	شدت سایه‌افکنی
$\overline{PL}$	اتلاف مسیر
K	فاکتور K توزیع رایس
m	پارامتر سایه‌افکنی در مدل Abdi, *et al.* ؛ همچنین پارامتر شکل در توزیع ناکاگامی
f_m	حداکثر فرکانس دوپلر
$p(\theta)$	توزیع پراکندگی زاویه دریافت
$p_R(r)$	تابع چگالی احتمال (توزیع) پوش سیگنال دریافتی
$S_R(f)$	تابع طیف توان پوش سیگنال دریافتی
Ω	متوسط توان مؤلفه LoS
Ω_P	متوسط توان سیگنال دریافتی
$2b_0$	متوسط توان مؤلفه‌های پراکندگی
μ_n	گشتاور مرتبه n ام پوش سیگنال دریافتی
T_s	دوره تناوب نمونه‌برداری
E[.]	عملگر امید ریاضی
Var[.]	عملگر واریانس
Re{}	عملگر قسمت حقیقی
Im{}	عملگر قسمت موهومی
d	متغیر فاصله
λ	طول موج
f	متغیر فرکانس
t	متغیر زمان

پیش‌گفتار

این پایان‌نامه، نتیجه‌ی تحقیقات من در زمینه الگوریتم‌های دست به دست شدن وفقی سرعت در سیستم‌های مخابرات سیار میکروسلولی و اثر طول و نوع پنجره‌های متوسط‌گیری بر روی کارآیی الگوریتم‌های موجود دست به دست شدن با استفاده از بررسی تعداد متوسط دست به دست شدن‌ها و درصد متوسط مکالمات قطع شده می‌باشد. موضوع این تحقیق توسط استاد راهنمای محترم، پیشنهاد شد و کار بر روی آن از مهر ۱۳۸۶ آغاز شد و تا بهمن ماه ۱۳۸۷ به طول انجامید.

پنجره‌های متوسط‌گیریی که در حال حاضر در الگوریتم‌های کنترلی سیستم‌های مخابرات سیار موجود استفاده می‌شوند، پنجره‌های زمانیی هستند که در آنها یک طول زمانی ثابت برای پنجره در نظر گرفته شده و به سرعت حرکت دستگاه سیار بستگی ندارد. در این پایان نامه نشان داده شده است که الگوریتم‌های دست به دست شدنی که از این نوع پنجره جهت متوسط‌گیری از سیگنال دریافتی استفاده می‌کنند، با توجه به محدوده تغییرات ممکن برای سرعت دستگاه سیار، دارای کارآیی قابل قبول نیستند. با استفاده از شبیه‌سازیِ یک الگوریتم دست به دست شدن نوعی، در شرایطی نزدیک به پارامترهای سلول‌های موجود، طول بهینه را برای پنجره‌ی مکانی بدست آورده‌ایم. با توجه به نتایج بدست آمده، ملاحظه خواهد گردید که الگوریتم دست به دست شدن با پنجره‌ی مکانی با طول بهینه از نظر تعداد متوسط دست به دست شدنِ انجام شده و تعداد مکالمات قطع شده، کارآیی بهتری از خود نشان می‌دهد. بر اساس این طول، یک الگوریتم دست به دست شدن وفقی بر اساس سرعت دستگاه سیار پیشنهاد شده است. نتایج این تحقیق را می‌توان در الگوریتم‌های دست به دست شدن دیگر در محیط‌هایی با شرایط متفاوت نیز به کار برد.

امیدوارم که نتایج این تحقیق بتواند مورد استفاده دانشجویان، محققین و مهندسین در زمینه‌ی مخابرات سیار قرار گیرد و در بهبود سیستم‌های مخابرات سیار موجود و یا طراحی سیستم‌های آینده، مفید واقع شود.

فصل ۱

مقدمه