ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

УДК 004021 DOI:10.35803/1694-5298.2021.4.576-580

МОМУНАЛИЕВА Н.Т., ШАРШЕЕВА К.Т., АЛЫМКУЛОВ С.А.
[1]И.Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университет,
Бишкек, Кыргыз Республикасы
[1]КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

MOMUNALIEVA N.T., SHARSHEEVA K.T.,ALYMKULOV S.A.
[1]Kyrgyz State University of Technolog n.a. I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyz Republic
nurizat.m@gmail.com kunduz2000@mail.com

УЮЛДУК БАЙЛАНЫШТЫН БАЗАЛЫК СТАНЦИЯЛАРЫН ОПТИМАЛДУУ ЖАЙГАШТЫРУУ МАСЕЛЕСИН ФОРМАЛДАШТЫРУУ

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ ПО ОПТИМАЛЬНОМУ РАЗМЕЩЕНИЮ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ СОТОВОЙ СВЯЗИ

FORMALIZATION OF THE PROBLEM FOR OPTIMAL PLACEMENT OF BASE STATIONS OF CELLULAR COMMUNICATION

Макалада уюлдук байланыш үчүн базалык станцияларды оптималдуу жайгаштыруу маселеси талкууланат. Базалык станцияларды жайгаштыруу үчүн оптималдуу орундарды табуу, алардын трафиктин күтүлүп жаткан көлөмүнө ылайык кубаттуулугун аныктоо жана уячалардын көлөмүн аныктоо ыкмасы каралат. Иштин максаты болуп - күтүлүп жаткан абоненттердин санын жана трафиктин көлөмүн эске алуу менен, тармактын бардык элементтери үчүн чыгымдарды минималдаштыруу критерийи боюнча базалык станцияларды оптималдуу жайгаштыруу маселесин формалдаштыруу болуп саналат. Натыйжада, тутумдар үчүн коюлган маселелерин чечүүнүн жалпыланган алгоритми сүрөттөлгөн жана объективдүү функцияны жана чектөөлөрдү жол-жоболоштурууга мүмкүндүк берилген.

Өзөк сөздөр: *базалык станциялар, уюлдук байланыш, максаттуу функция, чектөөлөр, тейлөө сапаты, көйгөйлөрдү формалдаштыруу.*

В статье рассматривается вопрос оптимального расположения базовых станций мобильной связи. Будет рассмотрен метод поиска оптимального местоположения базовых станций, определения их пропускной способности в соответствии с ожидаемым объемом трафика и определения размера ячеек. Цель работы - формализовать вопрос об оптимальном расположении базовых станций по критериям минимизации затрат для всех элементов сети с учетом ожидаемого количества абонентов и объема трафика. В результате описывается обобщенный алгоритм решения задач для систем, позволяющий формализовать целевую функцию и ограничения.

Ключевые слова: *базовые станции, мобильная связь, целевая функция, ограничения, качество обслуживания, постановка задачи.*

The article discusses the issue of the optimal location of base stations for mobile communications. A method for finding the optimal location of base stations, determining their throughput in accordance with the expected traffic volume and determining the size of the cells will be considered. The purpose of the work is to formalize the question of the optimal location of base stations according to the criteria for minimizing costs for all network elements, taking into account the expected number of subscribers and the volume of traffic. As a result, a generalized algorithm

for solving problems for systems is described, which allows one to formalize the objective function and constraints.

Key words: *base stations, mobile communications, objective function, limitations, quality of service, problem statement.*

Изилдөөнүн предмети болуп базалык станциялардын оптималдуу жайгашуусун аныктоого мүмкүндүк берген алгоритмдер, ошондой эле тыгындын алгылыктуу деңгээли бар абоненттерди тейлөө үчүн жетиштүү шаймандардын кубаттуулугу жана тейлөө сапатына карата башка талаптар саналат.

Макаланын максаты - базалык станцияларды жайгаштыруу үчүн оптималдуу орундарды табуу, алардын трафиктин күтүлүп жаткан көлөмүнө ылайык алардын кубаттуулугун аныктоо жана клеткалардын көлөмүн аныктоо.

Каралып жаткан көйгөй төмөнкүдөй формулировкага алынышы мүмкүн:

1. берилген сапаттагы байланышты камсыз кылуу зарыл болгон аймак бар болсун (иштен чыгуу ыктымалдыгы, ылдамдык ж.б.).
2. калктын тыгыздыгы картасы жана болжолдуу абоненттик активдүүлүк бар деп болжолдонууда. Тейлөө сапатына коюлган чектөөлөрдү эске алуу менен, базалык станциялардын жайгашкан жерин, алардын санын жана белгилүү бир аймактагы кубаттуулугун аныктоо керек. Ошол эле учурда, базалык станциялар үчүн орундарды гана эмес, алардын мүнөздөмөлөрүн дагы тандап алууга болот деп болжолдонууда.

Компьютердик технологиянын өнүгүшү, колдонуучуларга чалуунун жана SMSтин байланыш каражаты катары гана колдонбостон, ар кандай тиркемелерди ишке киргизүүгө, видеотасмаларды көрүүгө, тармакта маалыматтарды сактоого ж.б. маанилүү. Мунун бардыгы уюлдук байланыш тутумун долбоорлоонун жаңы ыкмаларын жана ыкмаларын иштеп чыгууну талап кылат. Заманбап уюлдук мобилдик тармактарда тармактын ийгиликтүү иштөө процесси түздөн-түз анын пландаштырылышына көз каранды. Инфраструктурасы өнүккөн ири шаарларда, дайыма өзгөрүп турган чөйрө операторду дароо жооп берүүгө мажбурлайт. Берилген маалыматтын көлөмүнүн туруктуу өсүшү, оператордун жыштык ресурсун аймактык бөлүштүрүүнү оптималдаштырууну талап кылат. Тармакты куруунун мейкиндик структурасы камсыздоонун оптималдуу ыкмаларын издөө, кийинчерээк кайра бөлүштүрүү менен ашыкча жүктөрдү үзгүлтүксүз көзөмөлдөө болуп саналат.

Уюлдук тармакты пландаштыруу жаатында өз алдынча базалык станциялардын камтуу аймактарын эсептей турган ар кандай программалык өнүмдөр бар. Бирок алар БС жайгашуу тутумун көрүү жана анализдөө жолдорун камтыган эмес. Ошентип, базалык станцияларды оптималдуу жайгаштыруу тутумун эсептөө алгоритминин шашылыш зарылдыгы бар.

Изилденген көйгөй оптимизация маселеси болуп саналат, аны бир катар чектөөлөрдү эске алуу менен чечүү керек (тейлөө сапаты, трафиктин болжолдуу көлөмү ж.б.). Бул чектөөлөр, базалык станция кубаттуулугу бир убакыттын ичинде трафиктин берилген көлөмүн өткөрүп берүү мүмкүнчүлүгү жагынан бардык абоненттер үчүн кепилденген тейлөө сапатын камсыз кылышы керектигин билдирет.

Мобилдик байланыштын уюлдук тармагынын тутумдары долбоорлоо чөйрөсүн толугу менен камтыган клеткалардын жыйындысы экендиги белгилүү. Ар бир уячанын борборунда абоненттерди тейлөөчү базалык станция жайгашкан. Клеткалар бүтүндөй аймакты камтый тургандай жайгаштырылышы керек болгондуктан, абонент белгилүү бир базалык станция жетпеген жерде (башкача айтканда, клеткадан чыкканда), ал камтылган аймакка автоматтык түрдө түшүп калат. Башка клетканын базалык станциясы.

Уячалардын өлчөмдөрү көп факторлорго көз каранды, алар биринчи кезекте уяча кызмат кыла турган абоненттердин болжолдуу санын жана ушул абоненттердин болжолдуу активдүүлүгүн камтыйт. Бул фактор тармакты бир эле учурда колдоно турган колдонуучулардын санына жана демек, линиянын жүктөлүшүнө таасир этет. Демек, калктын

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com
ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

тыгыздыгы канчалык жогору болсо (көп кабаттуу үйлөр, ири бизнес борборлор ж.б.), уячанын көлөмү ошончолук кичине болушу керек. Шаардык шарттарда уячалардын ортосундагы аралык бир нече жүз метрди түзүшү мүмкүн. Шаардын сыртында, уячанын диаметри 10-15 км болушу мүмкүн

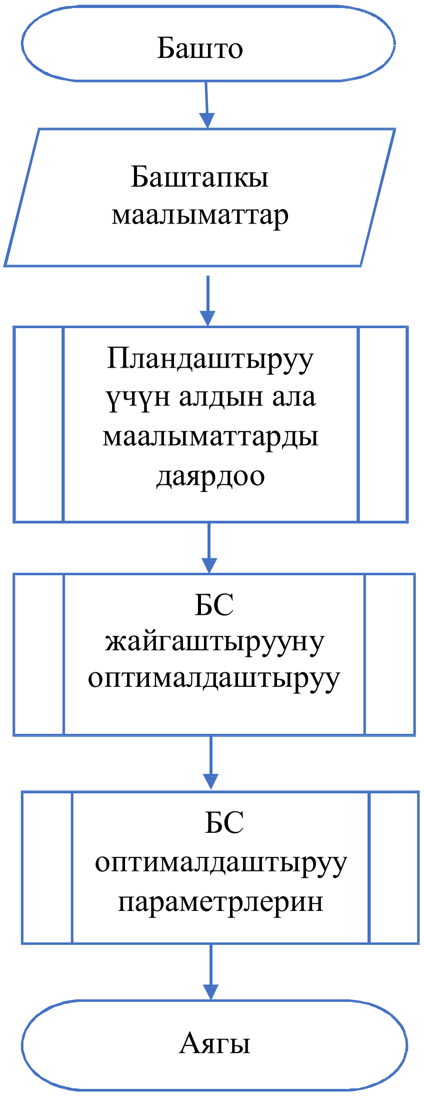
Тапшырманы формалдаштыруу. Базалык станцияларды оптималдуу жайгаштыруу боюнча бир нече алгоритмдер бар. Алардын ичинен эң ылайыктуу ыкмаларды карап көрөлү [1,2]. Биринчи сүрөттө маселени чечүүнүн жалпы алгоритми көрсөтүлгөн.

Бул алгоритмдин негизги этаптарын кененирээк карап көрөлү [3]. Баштапкы маалымат катары төмөнкү маалыматтар колдонулат:

1. болжолдуу калк жашаган аймактын картасы;
2. калктын болжолдуу тыгыздыгы, бир абонентке жүктөм жана анын өсүшүнө карата талаптар жана башкалар;
3. мүмкүн болгон жабдуулардын мүнөздөмөлөрү (базалык станция жабдууларынын бардык мүмкүн болгон варианттарынын наркы жана техникалык параметрлери);
4. тейлөө сапатынын талаптары (ката кетүү ыктымалдыгы, ийгиликсиз чалуулар, үн сапатынын параметрлери ж.б.);
5. радио толкундарынын таралышынын физикалык мүнөздөмөсүн мүнөздөгөн параметрлер.

Алдын ала маалыматтар, биринчи кезекте, базалык станциялардын мүмкүн болгон аймактарын камтыйт. Мүмкүн болгон варианттар белгилүү бир географиялык координаттар менен аныкталган учур жөнөкөй, анткени ал тигил же бул даражада санап түшүрүлөт. Эгерде базалык станциялар үчүн мүмкүн болгон жерлер айрым аймактар тарабынан белгиленсе, анда, ушул аймактардын ар биринен оптималдуу географиялык координаттарды табуу керек.

Белгиленген сапаттагы уюлдук байланышты камсыз кылуу зарыл болгон аймак болсун, калктын жыштыгынын картасы жана абоненттердин болжолдуу болгон активдүүлүгү бар деп болжолдонууда. Базалык станциялардын жайгашкан жерин, алардын санын жана сыйымдуулугун, берилген аймактагы тейлөө сапатына болгон чектөөлөрдү эске алуу менен аныктоо зарыл. Бул базалык станциялар үчүн жайгашуу жерлерди гана эмес, алардын мүнөздөмөлөрүн да тандоо мүмкүнчүлүгүн болжолдойт. Тармактын наркын минималдаштыруу критерий катары каралат.



1-сүрөт.
Жумуштун жалпы алгоритми

Ошондуктан, жайгаштыруунун схемасында БСдын санын минималдаштырууга умтулуп, керектүү камтуу аймагын максималдуу түрдө жаап, максималдуу камсыз кылган БС жайгаштырыш керек [3].

БС санын минималдаштыруунун шарты:

$$min \sum_i C_i * K_i \qquad (1)$$

бул жерде C_i - i-станциясынын баасы; K_i - i типтеги станциялардын саны.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com
ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

Базалык станциялардын жайгашкан жерлерин эсептөөдө жаңы муундагы тармактардын өзгөчөлүктөрү көптөгөн параметрлерди эске алууну талап кылат: ландшафт, имараттын жыштыгы, калктын саны, ошондой эле тармактардын толук жыштык диапазону.

Мындан тышкары, алгоритмдердин иштеши үчүн төмөнкүлөр маанилүү талап катары каралат:

- тейлөө сапатынын талап кылынган деңгээлин камсыз кылуу;

-өткөрүү жөндөмдүүлүгү жана абоненттик трафиктин интенсивдүүлүгү жагынан да талаптарга жооп берүү.

Бар формулаларды талдоонун, аларды чечүү методдорунун артыкчылыктарын жана кемчиликтерин изилдөөнүн негизинде[5],биз структуралык синтездин математикалык изилденген маселесин түзөбүз. Базалык станцияны жайгаштыруунун бир аз болжолдуу аянты болсун :

$$D = D_1 \cup D \ \cup D_3 \cup \ldots \cup D_k \qquad (2)$$

D_1, ..., D_k бир-биринен ажыратылган чектелген аймактар деп болжолдонот. Бул варианттын өзгөчө учуру катары, географиялык координаттары (x, y) менен кандайдыр бир чекит болушу мүмкүн.

Базалык станция bi төмөнкүдөй аныкталсын:

$$b_i = \{P, r\} \qquad (3)$$

Бул жерде p - D га таандык чекит, ал r - базалык станциянын параметрлерин мүнөздөөчү вектор:

$$r = r_{1,} \ r \ , r_3, \ldots r \qquad (4)$$

Ар бир жупка чыгым функциясы ыйгарылышы мүмкүн:

$$c_i = c_i(P_i, r_i) \qquad (5)$$

Ар бир базалык станциянын мүнөздөмөлөрү аларды жайгаштыруунун жалпы наркын минималдаштыруу үчүн тандалышы керек. Башка сөз менен айтканда, мындай N базалык станциялардын саны үчүн, ошондой эле b_1 базалык станция үчүн - ушундай конфигурацияны (P_1, r_1, c_1), b базалык станциясы үчүн (P , r , c) конфигурацияны тандап алуу менен төмөнкүдөй функцияны минималдаштыруу керек:

$$\sum_{i=1}^{N} c_i \rightarrow min \qquad (6)$$

Ошентип, төмөнкүдөй корутунду чыгарууга болот. Мобилдик түйүндөрдүн базалык станцияларын жайгаштыруу маселесин чечүү үчүн ар кандай ыкмалар жана каражаттар бар, бирок алардын көйгөйлөрдү баштапкы шарттардын чегинде чечишет (конкреттүү жабдуу жана ландшафттын түрү көрсөтүлгөн) же айрым параметрлерди эске алышпайт. Бул аларды жаңы муундагы тармактарда берилген тапшырманы чечүүгө ылайыксыз кылат, анткени мындай тармактардын өзгөчөлүгү ар кандай жыштык диапазондорун эске алуу менен, ошондой эле жердин шарттарын жана жабдуунун өзгөчөлүктөрүн эске алуу менен талап кылынат.

Негизги талап - бүткүл D аймагын камтуу, алардын тандалган мүнөздөмөлөрүнүн (атап айтканда, географиялык координаттар жана иштөө диапазону) негизинде d_1 ,…, dn камтылсын. Анда, төмөнкүдөй талап аткарылышы керек:

$$D \subseteq d_1 \cup d \ \ldots \cup d_n \qquad (7)$$

Андан кийин структуралык синтез маселесин ушундай N санын жана базалык станциялардын ушундай параметрлерин тандап алууга болот, ошондо (6) жана (7) шарттар аткарылганда, максаттуу функция (5) минималдаштырылат

Корутунду. Жыйынтыгында айтканда, реалдуу кырдаал ар дайым аймактын пропорционалдуу түрдө БС ортосунда бөлүштүрүлүшүн талап кылбайт. Көбүнчө кээ бир жетүүгө кыйын жерде байланышты камсыз кылуу керек. Ошондуктан ал төмөнкүдөй оптималдуу көз караштан эмес, тиешелүү чечимдер тобун бөлүп алынган, тыгыздыгы аз аймактарды жергиликтүү камтуу болуп саналат.

Структуралык синтез маселеси берилип, анын өзгөчөлүгү изилденген. Тактап айтканда, мобилдик түйүндөрдүн тынымсыз өнүгүшүнө байланыштуу, тейлөөнүн сапатына талаптар тынымсыз өзгөрүп турат. Ошол себептен, чечимди жалпы формада формалдаштырып жана сунуштоо максаты ылайыктуу.

Бул иште төмөнкү милдеттер чечилген:

1. Структуралык синтез көйгөйү келтирилген жана анын өзгөчөлүктөрү изилденген.
2. Учурдагы милдеттерди талдоо жана аларды чечүү жолдору анализделген.
3. Анализдин негизинде оптималдаштыруу маселесин чыгымдардын функциясы менен формалдаштыруу алынды.

Адабияттар тизмеси

1. Попов В.И. Основы проектирования сотовых сетей мобильной связи [Текст] / В.И. Попов, В.А. Скуднов. М.: Горячая линия – Телеком, 2017. – 400 с.
2. Быховский М.А. Управление радиочастотным спектром и электромагнитная совместимость радиосистем [Текст] / М.А. Быховский. – М.: Экотрендз, 2006. – 376 с.
3. Егоров Л.Л. Алгоритм расчета зон покрытия базовых станций сотовой связи [Текст] / Доклады ТУСУР (Томск) / Л.Л. Егоров, В.А. Кологривов. − 2007. − 2(16). – С. 157– 162.
4. Бабков В.Ю. Сети мобильной связи. Частотно-территориальное планирование : учебное пособие для вузов [Текст] / В.Ю. Бабков, М.А. Вознюк, П.А. Михайлов. – Изд. 2-е, испр. – М. : Горячая линия-Телеком, 2007. − 224 с
5. Статья С.Ю. Ермолаев [Электронный ресурс] Режим доступа: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/6514/1/04
6. Олейникова С.А., Токарев И.И. - Сравнительный анализ моделей и методов решения задачи структурного синтеза для современных систем мобильной связи [Электронный ресурс] // Электроника и электротехника. – 2018. – № 4. С. 40-47.DOI:10.7256/2453-8884.2018.4.28074URL: Режим доступа: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=28074