

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ლაშა ნოზაძე

დრონზე დაფუძნებული MANET-IoT-ის ეფექტურობის
ამაღლების მეთოდის შემუშავება

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

სადოქტორო პროგრამა: ინფორმატიკა

შიფრი 0401

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

თბილისი, 0175, საქართველო

2022 წელი

საავტორო უფლება © 2022 წელი, ლაშა ნოზაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტი

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერნი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით ლაშა ნოზაძის მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: “დრონზე დაფუძნებული MANET-IoT-ის ეფექტურობის ამაღლების მეთოდის შემუშავება“ და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის „ინფორმატიკის, მართვის და ხელსაწყოთმშენებლობის“ საუნივერსიტეტო სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

----- 2022 წელი

ხელმძღვანელი: პროფესორი ტ.მ.დ ნანი არაბული

რეცენზენტი: _____

რეცენზენტი: _____

ავტორი: ლაშა ნოზაძე

დასახელება: „დრონზე დაფუძნებული MANET-IoT-ის ეფექტურობის
ამაღლების მეთოდის შემუშავება“

სადოქტორო პროგრამა: ინფორმატიკა

ხარისხი: ინჟინერიის დოქტორის აკადემიური ხარისხი ინფორმატიკაში

სხდომა ჩატარდა: -----

ინდივიდუალური პიროვნებების ან ინსტიტუტების მიერ
ზემოთმოყვანილი დასახელების დისერტაციის გაცნობის მიზნით
მოთხოვნის შემთხვევაში მისი არაკომერციული მიზნებით კოპირებისა და
გავრცელების უფლება მინიჭებული აქვს საქართველოს ტექნიკურ
უნივერსიტეტს.

ავტორის ხელმოწერა

ავტორი ინარჩუნებს დანარჩენ საგამომცემლო უფლებებს და არც
მთლიანი ნაშრომის და არც მისი ცალკეული კომპონენტების გადაბეჭდვა
ან სხვა რაიმე მეთოდით რეპროდუქცია დაუშვებელია ავტორის
წერილობითი ნებართვის გარეშე.

ავტორი ირწმუნება, რომ ნაშრომში გამოყენებული საავტორო
უფლებებით დაცული მასალებზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა
(გარდა იმ მცირე ზომის ციტატებისა, რომლებიც მოითხოვენ მხოლოდ
სპეციფიურ მიმართებას ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს
მიღებულია სამეცნიერო ნაშრომების შესრულებისას) და ყველა მათგანზე
იღებს პასუხისმგებლობას.

დისერტაციას ვუძღვნი ჩემს ოჯახს და სამეცნიერო ხელმძღვანელებს, რამეთუ მათი თანადგომისა და უდიდესი დახმარების გარეშე მე ვერაფერს გავხდებოდი.

ასევე ყველა იმ ადამიანს, ვინც ხელი შემიწყო მუშაობაში და წვლილი შეიტანა ჩემი მოტივაციის შენარჩუნებასა და განმტკიცებაში.

რეზიუმე

თანამედროვე სამყარო კიდევ უფრო მეტ შესაძლებლობებს მოითხოვს ელექტრონული მოწყობილობებისა და ინფორმაციული სისტემებისაგან. ტექნოლოგიები ადამიანს ეხმარება გაიმარტივოს ცხოვრება და გახადოს იგი უფრო უსაფრთხო და კომფორტული. დიდებული ფაქტია ახალი, ინოვაციური ხერხისა თუ მიდგომის, ტექნიკისა თუ ტექნოლოგიის გამოგონება, მაგრამ არანაკლებ მნიშვნელოვანია მათი დახვეწა და სრულყოფა. ინფორმაციულ საუკუნეში უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ინფორმაციის ქონას, რომელიც უნდა იყოს დროული, სანდო და დაცული. ამ საქმეში კი გვეხმარება კავშირისა და ინფორმაციის მიმოცვლის სხვადასხვა თანამედროვე საშუალებები. საკითხი რომელსაც მიმდინარე ნაშრომში შევეხებით სწორედ აღნიშნულ თემასთანაა დაკავშირებული.

აღნიშნული კვლევის მიზანს წარმოადგენდა გამართული და ხანგრძლივი კავშირის, მონაცემთა უკაბელოდ და ცენტრალური მოწყობილობის გარეშე გადაცემის საშუალებების საიმედოობის ამაღლების მეთოდის შემუშავება. კვლევის განმავლობაში შესწავლილი იქნა არაერთი სამეცნიერო ლიტერატურა და გამოკვლეული იქნა უკაბელო გადაცემის სისტემები, სამხედრო კომუნიკაციის ტაქტიკური მოთხოვნები და დრონის გამოყენების სპეციფიკა. გარდა ამისა კვლევის განმავლობაში შესწავლილ იქნა მომიჯნავე თემები და საკითხები, რომლებსაც, ჩვენი ვარაუდით კავშირი შეიძლება ჰქონოდათ შესასწავლი თემიდან რომელიმესთან და აქედან გამომდინარე გავლენა მოეხდინა კვლევის შედეგებზე.

წარმოდგენილი სადისერტაციო ნაშრომის კვლევის მიზანია MANET-IoT-ის კონცეპტების შესწავლა და მათი გამოყენებით მონაცემთა გადაცემის საშუალებების გაუმჯობესება არასტანდარტულ, საგანგებო/საომარ სიტუაციებში. ინფორმაციის შეგროვება-დამუშავება უკაბელო კომუნიკაციის ტექნოლოგიებისა და ტექნიკის გამოყენებით. დისტანციურად ოპერირებადი დრონისათვის უწყვეტი კვების წყაროთი უზრუნველყოფა, რაც საშუალებას მოგვცემს მოვახდინოთ აღნიშნული მოწყობილობის გამოყენების ეფექტურობის ამაღლების მეთოდის შემუშავება და შესაბამისი მოდელის აგება. უკაბელო გადაცემის სისტემები, სამხედრო კომუნიკაციის ტაქტიკური მოთხოვნები, დრონის გამოყენების სპეციფიკა.

იმისათვის, რომ დასახული მიზნისთვის მიგვეღწია, წინამდებარე სამეცნიერო ნაშრომი დაფუძნებულ იქნა, როგორც თეორიულ ისე ემპირიულ კვლევებზე და რთული ობიექტების პროცესების შესწავლის ანალიზის მეცნიერულ საფუძვლებზე. საკითხზე მუშაობის პერიოდში შესწავლილი და გამოყენებული იქნა თანამედროვე მეცნიერებაში არსებული თეორიული და პრაქტიკული მიღწევები, შრომები და დაგროვებული ცოდნა. ნაშრომში გამოყენებულია თეორიული და ემპირიული კვლევების ზოგადი მეთოდები, როგორცაა: შედარება,

ინდუქცია და დედუქცია, მეცნიერული მტკიცებულებები, დაკვირვებები, გაზომვები, მოდელირება და სხვ.

✓ გამოკვლეული, გაანალიზებული და დადგენილია ის მთავარი ფაქტორები, რომლებიც ხელს შეუწყობს არასტანდარტულ, საგანგებო/საომარ სიტუაციებში საკომუნიკაციო საშუალებების კავშირის გაუმჯობესებას და მართვის ეფექტიანობას და აგებულია მათემატიკური მოდელი;

✓ გამოკვლეულია დისტანციურად ოპერირებადი დრონისთვის ეფექტიანობის შეფასების მთავარი მიდგომები. დამუშავებულია, უკაბელო კომუნიკაციის ტექნოლოგიებისა და ტექნიკის გამოყენებით ინფორმაციის შეგროვებისა და დისტანციური მარშრუტიზაციის პროცესი;

✓ შემუშავებულია ახალი პრაქტიკული გადაწყვეტა უკაბელო ტრანსპორტირებადი დამტენით აღჭურვილი დრონისათვის, რომელიც ხორციელდება MANET-IoT-ის შერწყმის საფუძველზე.

სადისერტაციო ნაშრომში წარმოდგენილია MANET-IoT-ის ტანდემი. დასმულია პრობლემები და მოცემულია მათი ეფექტურად გადაწყვეტის ახლებური მიდგომები. დრონი, რომელზეც ვაფუძნებთ MANET ტექნოლოგიას, აღჭურვილია მზის ენერჯიაზე მომუშავე უკაბელო დამუხტვის პლატფორმით, რომლის ტრანსპორტირებაც საფრენ აპარატს თავად შეეძლება.

მიღებული მოდელის საიმედოობისა და ეფექტიანობის წარმოსაჩენად შემუშავებულია მათემატიკური მოდელის გრაფიკული გამოსახულებები, რომელიც გვაძლევს საშუალებას თვალსაჩინოდ იქნას წარმოჩენილი მისი უპირატესობა, დროისა და მანძილის მიხედვით, არსებულ მოდელთან მიმართებაში, აღნიშნული გამოსახულებები მოცემულია ნაშრომის ძირითად ნაწილში.

უნდა აღინიშნოს, რომ ნაშრომში განხილული ერთ-ერთი ძირითადი კომპონენტის MANET-ის შესახებ რაიმე მნიშვნელოვანი ნარკვევები ქართულ ენაზე არ იძებნება, რაც დამატებით ღირებულებას ანიჭებს ნაშრომს და იძლევა იმის საშუალებას, რომ იგი გამოსადეგი იყოს როგორც ამ თემასთან პროფესიით ან სასწავლო მოდულით დაკავშირებული, ან უბრალოდ დაინტერესებული ქართველი მკითხველისთვის.

Abstract

The modern world requires even more capabilities from electronic devices and information systems. Technologies help people simplify life and make it safer and more comfortable. It is a glorious fact to invent a new, innovative way or approach, technique or technology, but no less important is their refinement and perfection. In the information age it is of the utmost importance to have information that must be timely, reliable and secure. Various modern means of communication and exchange of information help us in this matter. The issue we will address in the present paper is related to this very topic.

The aim of this study was to develop a method for increasing the reliability of long-distance communication, wireless and data-free means of transmission. Numerous scientific literatures were reviewed during the study and wireless transmission systems, tactical requirements of military communication, and specifics of drone use were examined. In addition, related topics and issues were explored during the study, which, in our opinion, may have been related to one of the topics of the study and therefore influenced the results of the study.

The aim of the presented dissertation is to study the concepts of MANET-IoT and to improve the means of data transfer using them in non-standard, emergency / war situations. Information collection-processing using wireless communication technologies and techniques. Providing a uninterrupted power supply for remotely operated drones, which will allow us to develop a method of increasing the efficiency of the use of this device and build an appropriate model. Wireless transmission systems, tactical requirements for military communication, specifics of drone use.

In order to achieve the set goal, the present scientific paper was based on both theoretical and empirical studies and the scientific basis for the analysis of the study of complex object processes. Theoretical and practical achievements, works and accumulated knowledge in modern science were studied and applied during the work on the topic. The paper uses general methods of theoretical and empirical research, such as: comparison, induction and deduction, scientific evidence, observations, measurements, modeling, etc.

The main factors that will help to improve the communication and management efficiency of the means of communication in non-standard, emergency / war situations have been researched, analyzed and established, and a mathematical model has been built;

The main approaches to performance evaluation for remotely operated drones are explored. Developed information gathering and remote routing process using wireless communication technologies and techniques;

სხვათა A new practical solution has been developed for a drone equipped with a wireless portable charger based on the MANET-IoT merger.

The colloquium presents the MANET-IoT tandem. Asking problems and solving them as effectively as possible with new approaches. The drone, on which we are based on MANET technology, is equipped with a solar-powered wireless charging platform, which can be transported by the aircraft itself.

To prove the reliability and usefulness of the final product, we have developed a mathematical model according to which we know how much time and distance we learn with the new approach compared to the old one. These images are given in the main part of the paper.

It should be noted that no significant essays on MANET, one of the main components discussed in the paper, are sought in the Georgian language, which adds value to the paper and allows it to be useful as a Georgian related to the topic or module, or simply interested in Georgian. For the reader.

The article explains the main features and criteria of MANET, what are the pros and cons of this type of network. The main focus is on energy efficiency and reliability, which are the key issues that play the role of the Achilles heel in the development of mobile networks (and not only) and determine the viability and reliability of the network. Not many people now what is MANET, but this type of network is widely used in many smart gadgets and different portable or stationed devices. in this paper and presentation there is explained details and shown in high accuracy of as MANET as IoT, also there is some Engineering novelty. connected to drones. Latest events have shown how important and strong either tool or weapon should be a simple drone. There are different kind of drones with different functions and capabilities. Portable wireless charger is a supply that allows the drone to take it with its and land where the operation area is located. This one gives us more economy of time and battery life. Important part of dissertation is energy-efficiency and reliability of the system. That platform is suitable for use, especially in the military field. The drone should be with two main functions: surveillance and re-transmitter or router which should be used for long distance arrangement of drones used for surveillance and other objectives. I think this topic should be interesting for not only scientific but for open society.

In the case of a drone, it is possible to create a wireless charging system on the drone and a drone portable, solar-powered, seating platform that will have a connection to the drone.

შინაარსი

შესავალი	14
თავი I - ლიტერატურის მიმოხილვა	18
1.1 მობილური მიზნობრივი ქსელის მიმოხილვა და ანალიზი.....	18
1.2 ქსელის გამართვა მობილური მიზნობრივი ქსელის გარეშე.....	25
1.3 ნივთების ინტერნეტის ანალიზი	27
1.4 მობილური მიზნობრივი ქსელისა და ნივთების ინტერნეტის ქსელის ენერგოეფექტურობა.....	32
1.5 მონაცემთა უკაბელო გადაცემის უზრუნველყოფა სამხედრო გამოყენების ქსელებში	37
თავი II - ძირითადი ნაწილი	51
2.1 მარშრუტიზაციის არლგორითმი MANET-ში.....	51
2.2 დისტანციურად კონტროლირებადი მოწყობილობების გამოყენების სპეციფიკა	58
2.2.1. დისტანციურად კონტროლირებადი საფრენი მოწყობილობების ტიპები 59	
2.2.3. დისტანციურად კონტროლირებადი საფრენი აპარატების პროგრამული უზრუნველყოფა	69
2.3. დისტანციურად კონტროლირებადი საფრენი აპარატების გამოყენება სამხედრო დანიშნულებით	71
2.3.1. მზის პანელის მახასიათებლები	73
2.4. AD HOC - ქსელი რადიო გადამცემებით.....	75
თავი III.	85
3.1. MANET-IoT-ის შერწყმის საფუძველზე უკაბელო ტრანსპორტირებადი დამტენით აღჭურვილი დრონის ახალი პრაქტიკული გადაწყვეტა	85
3.2. არასტანდარტულ, საგანგებო/საომარ სიტუაციებში საკომუნიკაციო საშუალებების კავშირის გაუმჯობესების და მართვის ეფექტიანობის.....	88
დასკვნა	98
გამოყენებული ლიტერატურა	100

ცხრილების ნუსხა

ცხრილი 1 სატელიტური ინტერნეტით სარგებლობის ტარიფები (2020 წლის მონაცემები)	26
ცხრილი 2 MANET-ის დაყოფა OSI მოდელზე.....	35
ცხრილი 3 კვლევის შედეგები სტანდარტული მოდელით.....	95
ცხრილი 4 კვლევის შედეგები ახალი მოდელით.....	95
ცხრილი 5 ეფექტურობის მაჩვენებელი.....	96

სურათების ნუსხა

სურათი 1 MANET - მობილური მიზნობრივი ქსელი	18
სურათი 2 ნივთების ინტერნეტის ტოპოლოგია.....	28
სურათი 3 MANET-IoT ქსელის კომპონენტები.....	30
სურათი 4 IoT მოწყობლობათა რაოდენობა წლების მიხედვით.....	31
სურათი 5 MANET-IoT ქსელის ენერგოეფექტურობის ალგორითმი.....	33
სურათი 6 სამხედრო კომუნიკაციის მონაცემთა გადაცემის შესაძლებლობები	38
სურათი 7 საშუალო და დეცენტრალიზებული არქიტექტურის მაუწყებლობა.....	40
სურათი 8 MANET-ის კვანძების რეპუტაციული მოდელი მათი ქცევის მიხედვით	42
სურათი 9 მონაცემთა მიწოდების ნიშნული, ქსელებისთვის რომლებიც იყენებენ თვითნებური კვანძების შედარებით მაღალ ოდენობას.....	48
სურათი 10 ინფომაციის გაცვლისა და მიწოდების კოეფიციენტი ქსელებისთვის, გაზრდილია კვანძების რაოდენობა.....	49
სურათი 11 დანიშნულების თანმიმდევრული მანძილის ვექტორი (DSDV)	53
სურათი 12 MPR კვანძი	54
სურათი 13 მარშრუტის აღმოჩენა TORA-ში QRY შეტყობინება.....	57
სურათი 14 მარშრუტის აღმოჩენა TORA-ში შეტყობინების განახლება.....	58
სურათი 15 მზის პანელის მახასიათებლები	75
სურათი 16 MANET ფუნქციის სამხედრო მოწყობილობების (რადიოსადგურები).....	76
სურათი 17 AES დიზაინრი	78
სურათი 18 დრონი გადასატანი მზის დამტენით ბაზირებისას.....	85
სურათი 19 დრონი გადასატანი მზის დამტენით ფრენის დროს.....	86
სურათი 20 სივრცეში მიმდევრობით განლაგებული დრონები	87
სურათი 21 დრონის ოპერირება არსებული მეთოდით.....	90
სურათი 22 დრონის გადაადგილების გრაფიკული გამოსახულება არსებული მეთოდით.....	90
სურათი 23 მზის ტრანსპორტირებადი დამტენით აღჭურვილი დრონით ოპერირება.....	92
სურათი 24 მზის ტრანსპორტირებადი დამტენით აღჭურვილი დრონით ოპერირების გრაფიკული გამოსახულება.....	93
სურათი 25 მათემატიკური მოდელის ეფექტურობის კვლევისათვის შერჩეული პირველადი ტოპოლოგია.....	94
სურათი 26 S1, S2 და S _{ევ} მნიშვნელობები კვანძებთან მიმართებაში.....	96

გამოყენებული აბრევიატურა

უსა - უპილოტო საფრენი აპარატი.

MANET (Mobile Ad-hoc Network) - მობილური მიზნობრივი ქსელი.

WANET (Wireless Ad-hoc Network) - უკაბელო მიზნობრივი ქსელი

IoT (Internet of Things) - ნივთების ინტერნეტი.

GPS (Global Positioning System)- გლობალური პოზიციონირების სისტემა.

UAV (Unmanned Aerial Vehicle) – უპილოტო საფრენი აპარატი.

მადლიერება

ულრმესი მადლობა მინდა გადავუხადო ჩემს ხელმძღვანელებს - პროფესორ ნანი არაბულს და პროფესორ თინათინ კაიშაურს. საკვლევო თემის ირგვლივ ჩატარებული სამუშაოების განხორციელებაში ქალბატონებმა ნანიმ და თინათინმა უდიდესი წვლილი შეიტანეს. მათი თანადგომით, ხელშეწყობით, კონსულტაციებით თუ რჩევებით დროულად ვახერხებდი იმ მასალის, სტატიებისა და გამოქვეყნებების მოძიებას თუ დამუშავებას, რომლებიც განხორციელდა სადისერტაციო კვლევის ირგვლივ.

ქალბატონი ნანის და თინათინის თანადგომა უანგარო და დაუზარელია იმ ადამიანებისადმი რომლებიც მიისწრაფვიან წარმატების მწვერვალებისკენ. ისინი საუკეთესო ხელმძღვანელები არიან, მათთვის სახასიათო ძლიერი პიროვნული თვისებებით. ჩემთვის ქალბატონი ნანი და ქალბატონი თინათინი ნამდვილად გახლავთ მისაბამი ადამიანები.

შესავალი

თემის აქტუალობა.

ინფორმაციულ საუკუნეში ტექნიკა და ტექნოლოგიები დღითიდღე ვითარდება და იხვეწება. რაც ადრე ფანტაზიის საგანს წარმოადგენდა, დღეს ხორცმესხმულად გვევლინება ყოველდღიურ ცხოვრებაში და ვინ იცის იქნებ იგივე მოელის დღევანდელ ფანტაზიებსა და ყველაზე საშინელ თუ საოცნებო ფიქრებს. ფრენა ადამიანისთვის ოდითგანვე წარმოადგენდა სანუკვარ ოცნებას, რომელიც მან, სულ რაღაც ერთი საუკუნეა რაც აიხდინა. ერთმანეთისგან შორს ყოფნა და სოციალური მანძილი კი ყოველთვის იყო ადამიანისთვის დიდი პრობლემა და ყოველი ფეხის ნაბიჯზე ცდილობდა მის გადაწყვეტას. ესენია ძირითადად კომუნიკაციისა და მანძილის სწრაფად დასაფარი საშუალებები. წინამდებარე ნაშრომი ეხება დრონის - საფრენი საშუალებების ყველაზე ახალგაზრდა და შეიძლება ითქვას მცირე გაბარიტების წარმომადგენელს, და MANET-IoT-ის (საკომუნიკაციო-მონაცემთა გაცვლის ერთერთი ყველაზე უახლესი საშუალებისა და ნივთების ინტერნეტის) ინტეგრაციას.

თემის აქტუალობას განსაზღვრავს მისი შემადგენელი არაერთი ნაწილი. პირველ მათგანად შეგვიძლია დავასახელოთ უკაბელო-დეცენტრალიზებული ქსელების ტენდენციურობა, რომელიც განმსჭვალულია თანამედროვე სამეცნიერო საზოგადოების დიდი ყურადღებით. ასევე ტექნოლოგიური საზოგადოების ყურადღების ქვეშაა ნივთების ინტერნეტი, რომლის მზარდი პოტენციალი ყველასათვის თვალსაჩინო და შესამჩნევია არამარტო სამეცნიერო წრეებში, არამედ ყოველდღიურ ცხოვრებაშიც. რაც შეეხება თემის ერთ-ერთ საკვანძო საკითხს - დრონებს, ხაზგასმით შეიძლება აღინიშნოს ამ მოწყობილობით მსოფლიოს დაინტერესება. დრონებმა გამოყენება ადამიანის ცხოვრებისა და მოღვაწეობის არაერთ სფეროში ჰპოვეს.

სულ რაღაც რამდენიმე ათეული წელია ტექნოლოგიური საზოგადოების ყურადღება მიიპყრო თანამედროვე ტენდენციით განმსჭვალულმა სისტემებმა, ესენია: IoT (Internet of Things) - ნივთების ინტერნეტი, რომელშიც საყოფაცხოვრებო-წვრილმან ობიექტებს აქვთ ქსელური კავშირი, რა დროსაც ისინი აგზავნიან და იღებენ მონაცემებს და MANET (Mobile Ad-hoc Network) - მობილური (უკაბელო) მიზნობრივი ქსელი - დეცენტრალიზებული ტიპის ქსელი, სადაც თითოეული კვანძი ასრულებს, როგორც ჰოსტის (Host), ისე მარშუტიზაციის ფუნქციას. ამ ორი სისტემის ტანდემი წარმატებით გამოიყენება ისეთ პროექტებში როგორცაა „ჭკვიანი სახლი“, მცირე ოფისი და ა.შ. ნაშრომში მოცემულია, თუ როგორ უნდა გვექონდეს სრულყოფილი უკაბელო ლოკალური ქსელი იქ, სადაც არანაირი ცენტრალიზებული ინფრასტრუქტურა არ არსებობს. მასში განხილულია თითოეული სისტემა და წარმოდგენილია მათი ერთობლივი გამოყენების გზა. დამუშავებული მასალა და კვლევებიდან მიღებული შედეგი გადმოგვცემს არსებული პრობლემის ეფექტურად გადაჭრის გზას და სწორ აქცენტებს გააკეთებს მომავალში საკვლევ საკითხებთან დაკავშირებით.

კვლევის მიზანი და ამოცანები.

წარმოდგენილი სადისერტაციო ნაშრომის კვლევის მიზანია MANET-IoT-ის კონცეპტების შესწავლა და მათი გამოყენებით მონაცემთა გადაცემის საშუალებების გაუმჯობესება არასტანდარტულ, საგანგებო/საომარ სიტუაციებში. ინფორმაციის შეგროვება-დამუშავება უკაბელო კომუნიკაციის ტექნოლოგიებისა და ტექნიკის გამოყენებით. დისტანციურად ოპერირებადი დრონისათვის უწყვეტი კვების წყაროთი უზრუნველყოფა, რაც საშუალებას მოგვცემს მოვახდინოთ აღნიშნული მოწყობილობის გამოყენების ეფექტურობის ამაღლების მეთოდის შემუშავება და შესაბამისი მოდელის აგება.

კვლევის საგანია - უკაბელო გადაცემის სისტემები საკომუნიკაციო ქსელები, მარშრუტიზაციის ალგორითმები, სამხედრო კომუნიკაციის ტაქტიკური მოთხოვნები, დრონის გამოყენების სპეციფიკა.

კვლევის მეთოდები.

იმისათვის, რომ დასახული მიზნისთვის მიგვეღწია, წინამდებარე სამეცნიერო ნაშრომი დაფუძნებულ იქნა, როგორც თეორიულ ისე ემპირიულ კვლევებზე და რთული ობიექტების პროცესების შესწავლის ანალიზის მეცნიერულ საფუძვლებზე. საკითხზე მუშაობის პერიოდში შესწავლილი და გამოყენებული იქნა თანამედროვე მეცნიერებაში არსებული თეორიული და პრაქტიკული მიღწევები, შრომები და დაგროვებული ცოდნა. ნაშრომში გამოყენებულია თეორიული და ემპირიული კვლევების ზოგადი მეთოდები, როგორცაა: შედარება, ინდუქცია და დედუქცია, მეცნიერული მტკიცებულებები, დაკვირვებები, გაზომვები, მოდელირება და სხვ.

კვლევის მეცნიერული სიახლეა:

✓ გამოკვლეული, გაანალიზებული და დადგენილია ის მთავარი ფაქტორები, რომლებიც ხელს შეუწყობს არასტანდარტულ, საგანგებო/საომარ სიტუაციებში საკომუნიკაციო საშუალებების კავშირის გაუმჯობესებას და მართვის ეფექტიანობას და აგებულია მათემატიკური მოდელი;

✓ გამოკვლეულია დისტანციურად ოპერირებადი დრონისთვის ეფექტიანობის შეფასების მთავარი მიდგომები. დამუშავებულია, უკაბელო კომუნიკაციის ტექნოლოგიებისა და ტექნიკის გამოყენებით ინფორმაციის შეგროვებისა და დისტანციური მარშრუტიზაციის პროცესი;

✓ შემუშავებულია ახალი პრაქტიკული გადაწყვეტა უკაბელო ტრანსპორტირებადი დამტენით აღჭურვილი დრონისათვის, რომელიც ხორციელდება MANET-IoT-ის შერწყმის საფუძველზე.

კვლევის პრაქტიკული მნიშვნელობა

ნაშრომში წარმოდგენილ ახლებურ მიდგომას და სამეცნიერო სიახლეს გააჩნია არა მხოლოდ თეორიული დასაბუთება, არამედ პრაქტიკული მნიშვნელობა შესაბამისი მიმართულებით მომუშავე ადამიანებისა თუ სფეროთათვის. აღსანიშნავია ადამიანის მოღვაწეობის რამდენიმე სფერო, სადაც ყველაზე მეტად იქნება გამოსაყენებელი წარმოდგენილი გადაწყვეტა, ესენია სამხედრო და უსაფრთხოების, ასევე სამაშველო სამუშაოების ჩატარების და სხვადასხვა ექსპედიციების მოწყობისა და საჭიროების სფეროები.

ნაშრომის აპრობაცია

ნაშრომის მნიშვნელოვანი საკითხები წარმოდგენილი იყო საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში, სასწავლო პროცესით გათვალისწინებულ ინფორმატიკის და მართვის სისტემების ფაკულტეტზე კოლოქვიუმებისა და თემატური სემინარების სახით. დისერტაციის ძირითადი შინაარსი მოხსენებული იყო საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე:

1. „საინფორმაციო საზოგადოება და განათლების ინტენსიფიკაციის ტექნოლოგიები“ სტუ, 2021წ. თბილისი;

2. შუა აღმოსავლეთის საერთაშორისო კონფერენცია თანამედროვე სამეცნიერო კვლევების შესახებ. 2021წ. თურქეთი, ანკარა.

პუბლიკაციები: დისერტაციის ძირითადი შედეგები გამოქვეყნებულია სამ სამეცნიერო ნაშრომში, რომელთა ჩამონათვალიც მოყვანილია დისერტაციის ავტორეფერატში.

ნაშრომის მოცულობა და სტრუქტურა:

დისერტაციის სრული მოცულობა შეადგენს 103 ნაბეჭდ გვერდს; შედგება რეზიუმეს (ორ ენაზე), სარჩევის, შესავლის, 2 თავის და დასკვნისგან. ახლავს 19 ნახაზი 4 ცხრილი და 104 გამოყენებული ლიტერატურის სია.

თავი I - ლიტერატურის მიმოხილვა

1.1 მობილური მიზნობრივი ქსელის მიმოხილვა და ანალიზი

მობილური მიზნობრივი ქსელი MANET (Mobile Ad-hoc Network) წარმოადგენს ისეთი სახის ქსელს, რომელსაც ქმნიან თანაბარუფლებიანი შესაბამისი უკაბელო საკომუნიკაციო არხის მქონე მოწყობილობები, რომლებიც ერთდროულად მოქმედებენ, როგორც მასპინძლები, ისე მარშრუტიზატორები. ასეთი ტიპის ქსელებს არ გააჩნიათ არანაირი ცენტრალური, მაკოორდინირებელი მოწყობილობა. მოქნილობისა და სხვა ქვემოთ მოყვანილი დადებითი მახასიათებლების გამო ისინი სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია უკაბელო ქსელების განვითარებისთვის.



სურათი 1 MANET - მობილური მიზნობრივი ქსელი

მობილურ მიზნობრივ ქსელს ასევე ხშირად მოიხსენიებენ როგორც უკაბელო მიზნობრივ WANET (Wireless Ad-hoc Network) ქსელსაც. როგორც უკვე აღვნიშნეთ მსგავსი ტიპის ქსელი შედგება თანაბარი კვანძებისგან, რომლებიც უკავშირდებიან ერთმანეთს დამატებითი ტექნიკური საშუალებების გარეშე, რომელთა ქსელში ჩართვა ან გამოთიშვა არ ახდენს გავლენას ქსელის სტრუქტურაზე. მობილური მიზნობრივი ქსელი

შეიძლება გამოყენებული იქნას პერსონალურ კომპიუტერულ მოწყობილობებში, მაგალითად: ლეპტოპი, სმარტფონი და ა.შ. რომლებსაც აქვთ ისეთი საკომუნიკაციო საშუალებები, როგორცაა Wi-Fi და Bluetooth და სხვა. MANET ტექნოლოგიის წარმოშობა მხარს უჭერს საკომუნიკაციო მოწყობილობების თვითორგანიზებულ უკაბელო ავტონომიური ქსელების შექმნას. არსებობენ სპეციალური აპლიკაციები (მაგ: FireChat), რომლის ინსტალაციისა და კონფიგურაციის შემდეგ ხდება MANET ქსელში ჩართვა. იგი ფუნქციონირებს როგორც ინტერნეტის ასევე მის გარეშე. ინტერნეტის გარეშე მისი გამოყენება შესაძლებელია თუ უახლოესი, მსგავსი მოწყობილობა წყაროდან იქნება მოწყობილობის საკომუნიკაციო არხის (Wi-Fi, Wi-Fi Direct, Bluetooth) რადიუსში. აღნიშნული კავშირის მეთოდის გამოყენების მასიური შემთხვევები დაფიქსირებულია რამდენიმე დემონსტრაციის დროს, მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყანაში:

- 2014 წელს - ერაყში, ინტერნეტის გამოყენებასთან დაკავშირებით მთავრობის შეზღუდვების შემდეგ.
- 2014 წელს - ჰონგ კონგის საპროტესტო გამოსვლების დროს დემონსტრანტები ერთმანეთთან FireChat-ით ამყარებდნენ კომუნიკაციას და სხვა.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ არსებობს MANET-ის არაერთი ტექნოლოგიური სახე Wi-Fi Direct, LTE Direct და სხვა. ამ უკანასკნელზე მუშაობა ბოლო პერიოდში მიმდინარეობს და მის წინამორბედთან შედარებით გამოირჩევა შორი დისტანციით (500მ), ენერგოეფექტურობითა და დაცული კავშირით. მისი განვითარება დამოკიდებულია სხვადასხვა ფაქტორზე, რომლებსაც შემდეგ უფრო დეტალურად შევხებით. არსებობს რიგი პრობლემებისა, რომლებიც უკავშირდება დიაპაზონის ოპტიმიზაციას, სიმძლავრის კონტროლს და გადაცემის ხარისხის გაძლიერებას. მას ასევე ახასიათებს მოწყვლადობა ისეთი საფრთხეების მიმართ, როგორცაა: მოსმენა, მომსახურების უარყოფა, ჩახშობის მიმართ მოწყვლადობა და ა.შ. მიუხედავად ამისა გამოყენების სიმარტივე და მოხერხებულობა აიძულებს

მეცნიერებსა და სხვადასხვა ტექნოლოგიურ ორგანიზაციებს თავიანთი რესურსები მიმართონ აღნიშნული ტექნოლოგიის განვითარებისკენ. MANET კომუნიკაციისას შეგვიძლია გამოვიყენოთ ზოლშიდა (ფიჭური სპექტრული სიხშირე) და ზოლგარეთა (Bluetooth, Wi-Fi Direct, Zigbee და ახვა) სპექტრული სიხშირეები. ისინი ერთმანეთს შესაბამისად - მანძილითა და გატარების ზოლით ჯობნიან [5].

MANET ტოპოლოგია არის დინამიური და მოუწესრიგებელი. ამის მთავარი მიზეზია კვანძების თვითორგანიზაციის უნარი, რაც მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ტოპოლოგიურ განაწილებაში. დინამიური ტოპოლოგიის გარდა, ასევე მათი უკაბელო გადაცემის გამო MANET-ზე უფრო მეტად მოქმედებს დანაკარგის მაღალი მაჩვენებელი, ვიდრე ფიქსირებულ ქსელებზე. გარდა ამისა, MANET-ში კვანძები ეყრდნობიან ბატარეებს ან სხვა ამოწურვად კვების წყაროებს, რომლებიც მობილური, პორტაბელური მოწყობილობებისთვის ენერჯის მთავარ წყაროს წარმოადგენენ. მობილური მიზნობრივი ქსელის ერთ-ერთი ყველაზე კრიტიკული ასპექტია ფიზიკური უსაფრთხოების შეზღუდვა უკაბელო კავშირის გამო. უსაფრთხოება, როგორც ყველა სხვა შემთხვევაში, მობილურ მიზნობრივ ქსელიშიც ძირითადად მოიცავს ინფორმაციის კონფიდენციალობისა და მთლიანობის უზრუნველყოფას, როგორც მოწყობილობაში შენახვა-დამუშავების და გადაცემის დროს, ასევე მის ლეგიტიმურ გამოყენებას და ხელმისაწვდომობას. ზოგიერთი დამახასიათებელი თავისებურებების გამო მობილური მიზნობრივი ქსელი მოწყვლადია სხვადასხვა საფრთხეების მიმართ, როგორცაა მოსმენა, მომსახურების უარყოფა, შეტევა ნაცრისფერი ხვრელი, შავი ხვრელი და ა.შ. [7,15].

ნაცრისფერი ხვრელის შეტევის დროს, მავნე კვანძი იქცევა კორექტულად, პერიოდულად აგზავნის ვარგისი მარშრუტის მოთხოვნებს დანიშნულების ადგილისთვის, თუ ეს მავნე კვანძი არჩეული იქნა როგორც უახლოესი კვანძი მოთხოვნილი მიმართულებაზე, მაშინ იგი იღებს

პაკეტებს და აღარ გადასცემს მათ საბოლოო დანიშნულების მოწყობილობას რასაც ეწოდება მომსახურების უარყოფის შეტევა. შავი ხვრელის შეტევის შემთხვევაში, მავნე კვანძი ელოდება მეზობელ კვანძებიდან მარშრუტის მოთხოვნის შეტყობინებას. იგი პასუხობს თხოვნას, თავად მიდის დანიშნულების ადგილისკენ მიმავალი მარშრუტით. ის საპასუხო შეტყობინებაში ასახელებს მაღალი რიგითობის რაოდენობას, რაც საშუალებას მისცემს მას მიჩნეულ იქნას, როგორც საუკეთესო მარშრუტი მოთხოვნილი დანიშნულების ადგილისთვის. მიიღებს რა მთლიან მარშრუტს, მავნე კვანძი მიმოფანტავს ყველა პაკეტს DoS შეტევის გაშვებით, რომლებიც მასზე გაივლის. შედწევის პრევენციის საუკეთესო მექანიზმია კრიპტოგრაფია ან აუთენტიფიკაცია, რომელიც მიმართულია მონაცემთა ინტეგრაციის და კონფიდენციალურობის შემცირებაზე. თუმცა ზემოთ ხსენებული საშუალებები უძლურია მავნე შიდა კვანძების წინააღმდეგ, რომლებიც ხელს უშლიან მონაცემთა მარშრუტიზაციას. გარდა ამისა, ჩვეულებრივი კრიპტოგრაფიის და აუთენტიფიკაციის მექანიზმები ვერ ახერხებენ ზემოხსენებულ საფრთხეების შემცირებას, რომლებიც გამოწვეულია MANET-ის უკაბელო მაუწყებლობით და საშუალო და დეცენტრალიზირებული არქიტექტურით. საშუალო და დეცენტრალიზებული არქიტექტურის მაუწყებლობა. ზოგადად, ცენტრალური ავტორიზაციის არქონა ღია და დაყოფილ კომუნიკაციის გარემოში უმთავრესი გამოწვევაა, განსაკუთრებით კოოპერაციული ქსელის ოპერაციების საჭიროებიდან გამომდინარე. განსაკუთრებით უკაბელო ქსელში, ნებისმიერ კვანძს შეუძლია საფრთხის ქვეშ დააყენოს მოახდინოს მარშრუტიზაციის პროტოკოლის ფუნქციონირება მარშრუტიზაციის აღმოჩენის პროცესის შეფერხებით.

მობილური მიზნობრივი ქსელის მონაცემებზე წვდომის უზრუნველსაყოფად, დაახლოებით ათიოდე წლის წინ წარმოებულ პორტაბელურ კომპიუტერებში ჩაშენებულია აპარატურული მხარდაჭერა, რომელსაც შესაბამისი პროგრამული უზრუნველყოფა ეხმარება რათა

სრულყოფილად შეძლოს ამ კონცეპტით სარგებლობა - უკაბელო ქსელის შექმნა, რომლის ყველა კვანძმა უნდა იმოქმედოს როგორც მასპინძელმა, ისე მარშრუტიზატორმა, რათა უზრუნველყოფილი იყოს მონაცემთა პაკეტების გადაადგილება წყაროდან სასურველი მიმართულებით შესაბამისი მარშრუტის გავლით. აქედან გამომდინარე, მნიშვნელოვანია, რომ უკაბელო ქსელის ყველა კვანძი ერთდროულად მუშაობდეს ქსელის ეფექტური მუშაობისთვის. თუმცა, შეზღუდული ქსელის რესურსებისა და კვანძის შეზღუდული ენერჯის მოხმარების გამო, მოსალოდნელია, რომ ზოგიერთი მარშრუტიზაციის წერტილმა ანუ კვანძმა არასასურველი ქცევა გამოავლინოს. ეს ქცევა უარყოფითად იმოქმედებს ქსელის მთლიან მუშაობაზე და საფრთხეს უქმნის კვანძების კომუნიკაციას. ზოგადად, როგორც წესი, მოსალოდნელია, რომ კვანძები ასრულებენ ოპერაციებს პროტოკოლის სპეციფიკაციების შესაბამისად, თუმცა ეს მოლოდინები ყოველთვის არ სრულდება. ზოგჯერ კვანძები იღებენ ადგილობრივ გადაწყვეტილებებს იმის შესახებ, უნდა დაიცვან თუ არა ქსელის ძირითადი ოპერაციები. ამ ჰოსტებს შეუძლიათ თვითნებურად აირჩიონ მიიღონ თუ არა მონაწილეობა მარშრუტიზაციის პროცესში, ან უპასუხონ მარშრუტიზაციის ზოგიერთ მოთხოვნას შესაბამისი პაკეტების გაუქმებით. ასეთი კვანძების რაოდენობის ზრდა უარყოფითად იმოქმედებს ქსელის ეფექტურობაზე. მავნე და თვითნებური ქცევა უკაბელო ქსელში სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანი პრობლემაა რომელზეც შემდეგაც ვისაუბრებთ.

გარდა ზემოთ განხილული MANET-ის შესაძლო გამოყენების დადებითი მხარეებისა, იგი პერსპექტიულად მიიჩნევა ყოველდღიურ საკომუნიკაციო პროცესშიც, რომელსაც აქვს რიგი უპირატესობები:

- ✓ ქსელური კავშირის შექმნა ფიქური კავშირის დაფარვის ზონის მიღმა;
- ✓ კომუნიკაციის დამყარებისას ულტრა-მცირე დაყოვნება სიგნალის მიერ მოკლე გზის გავლის გამო;
- ✓ ნაკლები დანახარჯები;

✓ Hotspot ფუნქციის შესრულება და სხვა.

MANET-ს ზემოთ დასახელებულთან უარყოფით მხარეებთან ერთად ასევე ახასიათებს:

- × დანაკარგის მაღალი მაჩვენებელი - დინამიური ტოპოლოგიისა და უკაბელო გადაცემის გამო;
- × ენერჯის მოხმარების მაღალი მაჩვენებელი. სწრაფად ამოწურვადი ელექტრო კვების ძირითად საშუალებად ბატარეებით ელ. მომარაგების მომარაგება გამო;
- × უსაფრთხოება - ცენტრალური კოორდინაციისა და საერთო უკაბელო საშუალების ნაკლებობა მათ უფრო დაუცველს ხდის შეტევების მიმართ ვიდრე სადენიანი ქსელი;
- × განლაგების მახასიათებლები - სადენიანი ქსელისგან განსხვავებით, მას სჭირდება დაგეგმვა და სამომავლო ტრაფიკის ზრდის მასში გათვალისწინება.

MANET-ის ქსელზე შეიძლება ითქვას, რომ მასში იყენებენ სხვადასხვა სახის მარშრუტიზაციის პროტოკოლებს (Routing Protocol). კონკრეტული მარშრუტირების ოქმის გამოყენება აღნიშნული ტიპის მობილურ ქსელში დამოკიდებულია მთელ რიგ ფაქტორებზე, ესენია:

- ქსელის ზომა.
- დატვირთვა.
- მობილურობის მოთხოვნა მაგისტრალური მარშრუტიზაციისთვის.
- საბოლოო დანიშნულების ადგილებამდე (End-to-End) პაკეტის გადაცემის დაყოვნება.

დამატების უნდა აღინიშნოს, რომ ბოლო წლების განმავლობაში გაიზარდა მოთხოვნა მარშრუტიზაციის პროტოკოლებზე და მათ უფრო მეტი ყურადღება ეთმობა მობილური Ad-hoc ქსელებს სხვა მარშრუტიზაციის სქემებთან შედარებით, განლაგების პოტენციურ მოქნილობისა და გამტარუნარიანობის გამო, რაც გულისხმობს იმას, რომ მათ შეუძლიათ დინამიურად ორგანიზება, შედარებით მცირე მეხსიერების

გადატვირთვით და დაბალი გამტარობის მოთხოვნით ვიდრე ცხრილზე ორიენტირებულ პროტოკოლებს (ოქმებს) [66].

MANET ქსელს გააჩნია რამოდენიმე უნიკალური მახასიათებელი:

ავტონომიურობა და ინფრასტრუქტურა - თითოეული კვანძი მოქმედებს განაწილებულად თანასწორობის პრინციპით (Peer-to-Peer), სადაც მოქმედებენ დამოუკიდებელი მარშუტით და ქმნიან დამოუკიდებელ მონაცემებს. ქსელის მენეჯმენტი განაწილებულია სხვადასხვა კვანძებზე, რომელიც ართულებს შეცდომების გამოვლენას და მართვას.

მხტუნავი მარშუტიზაცია - არ აქვს განსაზღვრული მარშუტი, თითოეული კვანძი მოქმედებს როგორც როუტერი და აგზავნიან ერთმანეთის ინფორმაციას მობილურ ჰოსტებს შორის, რაც უფრო მეტ მოწყობილობას გამოიყენებს მით უფრო ამცირებს ჩარევას და ზრდის მთლიანი ქსელის გამტარუნარიანობას.

დინამიურად ცვლადი ქსელის ტოპოლოგიები - ქსელურ ტოპოლოგიას ყოველგვარი წინასწარ განსაზღვრის გარეშე შეუძლია შეიცვალოს მარშუტი, რაც ზრდის პაკეტის დაკარგვის შანსს.

ბმულები და კვანძების შესაძლებლობების ცვალებადობა - თითოეული კვანძი აღჭურვილია ერთი ან მეტი რადიო ინტერფეისით, რომლებსაც აქვთ სხვადასხვა გადაცემის და მიღების შესაძლებლობები და ფუნქციონირებენ განსხვავებული სიხშირის ზოლებით. ამ ჰეტეროგენულობამ კვანძის რადიოს შესაძლებლობაში, შეიძლება გამოიწვიოს ასიმეტრიული კავშირები. თითოეულ კვანძს აქვს განსხვავებული პროგრამული და აპარატურული კონფიგურირების შედეგი. ქსელის პროტოკოლების შექმნა და ალგორითმები ამ ჰეტეროგენური ქსელისთვის კომპლექსურია, რომელიც მოითხოვს დინამიურ ადაპტაციას ცვალებად პირობებში.

ენერჯის შეზღუდული მოქმედება - ეს MANET ქსელში მნიშვნელოვანი მახასიათებელია, რადგან თითოეული კვანძი მოქმედებს

როგორც ორი მოწყობილობა, მიმღები და მარშუტიზატორი ერთდროულად. დამატებით ენერჯიაა საჭირო პაკეტის გასაგზავნად სხვა კვანძიდან.

ქსელის გაფართოება - ბევრი MANET აპლიკაცია მოიცავს დიდ ქსელს, ათობით და ათასობით მობილურ კვანძს, როგორც სენსორული და ტექტიკური ქსელები. მასშტაბი კრიტიკულად მნიშვნელოვანია ასეთი ქსელის გამართვისათვის [69,66].

1.2 ქსელის გამართვა მობილური მიზნობრივი ქსელის გარეშე

ავილოთ ტერიტორია, სადაც საექსპედიციო ჯგუფი (მეცნიერ-მვლევარები, სამხედროები და სხვა.) აპირებენ გრძელვადიანი სამუშაოების ჩატარებას. ნაშრომში მყვანილი გადაწყვეტა შემუშავებულია სწორედ მსგავსი სიტუაციებისთვის. სანამ უშუალოდ გადაწყვეტის დეტალებში შევალთ, ორიოდ სიტყვით შევხვით სატელიტური კავშირის და ფიჭური კომუნიკაციის გამართვის ეკონომიკურ მაჩვენებლებს; ფიჭური საკომუნიკაციო ანძის მშენებლობა ან სატელიტური კავშირით სარგებლობა (როგორც ინტერნეტის ისე ხმოვანის ზარის) კოლოსალურ ხარჯებთანაა დაკავშირებული; საშუალოდ 1 ანძის მშენებლობა და გამართვა 300 000 ლარი ჯდება, ხოლო ზარის ღირებულება სატელიტური ტელეფონის გამოყენებით მერყეობს 0,5-5 ლარი/წთ. ზოგ შემთხვევაში 40-50 ლარი/წთ. რაც შეეხება სატელიტურ კავშირს, რომელიც როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ კოლოსალურ დანახარჯებთანაა დაკავშირებული და მოითხოვს დიდ დროსა და ენერჯიას, კვლევის პროცესში მივაგენით საქართველოში ოპერირებად კომპანიას და მისგან ამოვიღეთ არსებული ტარიფები რომლებიც წარმოდგენილია ქვემოთ:

სატელიტური ინტერნეტის აპარატურის მიწოდება/მონტაჟი

1. 74სმ დიამეტრის ანტენა + 1ვ ტრანსივერი - 3 000ლარი.
- 98სმ დიამეტრის ანტენა + 2ვ ტრანსივერი - 4 100ლარი.

ცხრილი 1. სატელიტური ინტერნეტით სარგებლობის ტარიფები (2020 წლის მონაცემები)

პაკეტის დასახელება	ჩამოტ/ატვირთვ. სიჩქარე (მბ/წ)	30 დღის განმავლობაში უფასო GB რაოდენობა	ყოველთვიური გადასახადი	დამატებითი GB ღირებულება
სამომხმარებლო 5	15/2	5	GEL 80	GEL 25
სამომხმარებლო 10	15/2	10	GEL 120	GEL 25
სამომხმარებლო 25	15/2	25	GEL 250	GEL 25
ბიზნეს პრო 50 *	25/6	50	GEL 470	GEL 25
ბიზნეს პრო 100	25/6	100	GEL 690	GEL 25
ბიზნეს პრო 200	25/6	200	GEL 1 100	GEL 25
ბიზნეს პრო 300	25/6	300	GEL 1 300	GEL 25

სავარაუდოდ ასეთი იქნება იმ ნივთების სია, რომლის ქსელში ჩართვა სხვადასხვა სიტუაციაში იქნება საჭირო: სათვალთვალო კამერები, გენერატორები, ამინდის ინფორმატორები (ტემპერატურა, ქარის სიჩქარე და მიმართულება და ა.შ.) ტექნიკის კონტროლი - სხვადასხვა ტექნიკა და მანქანა-დანადგარები, სარწყავი სისტემები, მობილური და კომპიუტერული მოწყობილობები, სენსორები (თერმული, მოძრაობის და ა.შ.), GPS კვალის მიმყოლები, (ცხოველზე, ტექნიკაზე და ა.შ.) და ბოლოს მომსახურე პერსონალის საკომუნიკაციო საშუალებები სპარტფონები, ლეპტოპები და

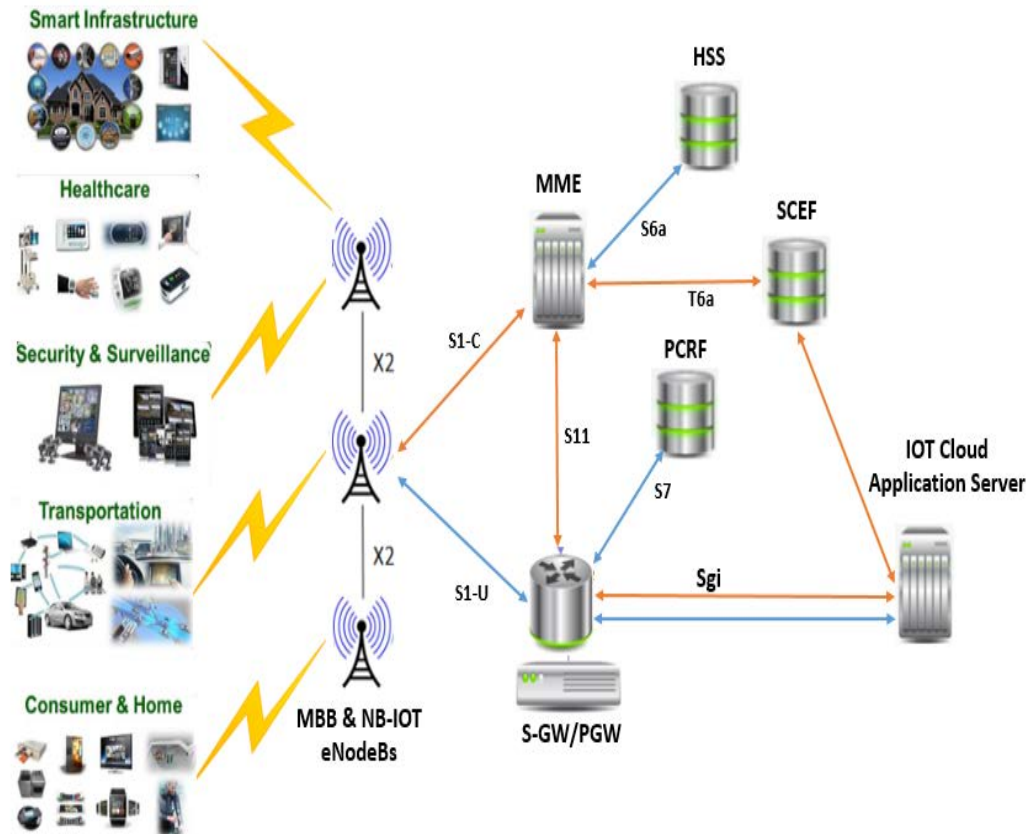
სხვადასხვა გაჯეტები. ჩვენი გამოთვლებით და ტერიტორიაზე მოწყობილობების მეტ-ნაკლებად ბუნებრივი განაწილებით შეიქმნება ქსელისათვის ის საჭირო რესურსი და ინფრასტრუქტურა, რაც სრულიად საკმარისი იქნება მისი გამართულად ფუნქციონირებისთვის. ამისთვის დამატებით დაგვჭირდება რამოდენიმე ახალი ტექნოლოგიური გადაწყვეტა, რაც გულისხმობს ყველა მოწყობილობისთვის ქსელის გამტარის ანუ რუტერის ფუნქციის დამატებას. მაგალითად, ჩვეულებრივი ვიდეო კამერა რომელიც გადმოგვცემს ინფომრმაციას ამავე დროს აპარატურული და პროგრამული ჩარევით, დამატებით შეითავსებს მარშრუტიზატორის ფუნქციას, რაც მოგვცემს დამატებითი მოწყობილობების გარეშე ქსელის გადაფარვის საშუალებას [83].

1.3 ნივთების ინტერნეტის ანალიზი

ნივთების ინტერნეტი (IoT - Internet of Things) არის სისტემა, სადაც ურთიერთდაკავშირებულია სხვადასხვა მოწყობილობები, მექანიკური თუ ციფრული აპარატები, ობიექტები, ასევე ცხოველებზე ან ადამიანებზე მიმაგრებული ან დამოუკიდებლად მყოფი სენსორული მოწყობილობები. IoT-ში ჩართულ თითოეულ ნივთს ეძლევა უნიკალური იდენტიფიკატორი (UID - Unique IDentifier) და მონაცემთა გადაცემის უნარი ქსელთან დასაკავშირებლად, ადამიანის ჩარევით ან მის გარეშე. ნივთების ინტერნეტის განმარტება განვითარდა მრავალი ტექნოლოგიის, რეალურ დროში ანალიზის, მანქანათმცოდნეობის, სასაქონლო სენსორების და ჩაშენებული სისტემების კონვერგენციის წყალობით[2, 71, 84].

ნივთების ინტერნეტის ქსელის არქიტექტურაზე რომ ვისაუბროთ უფრო ფართოდ მოგვიწევს ამ თემის განხილვა რაც არ წარმოადგენს ამ ნაშრომის ძირითად მიმართულებას, ამიტომ მას ზედაპირულად განვიხილავთ. როგორც მოგეხსენებათ, ინტერნეტი მოითხოვს ქსელის სივრცეში უზარმაზარ მასშტაბურობას, რომ გაუმკლავდეს მასში ჩართულ

უამრავ პატარა თუ შედარებით დიდ (როგორც მნიშვნელობით ისე გაზარიტებით) მოწყობილობებს. თუ გავიხსენებთ უახლოეს წარსულს, IPv4 სწორედ მისამართების უკმარისობის გამო ჩანაცვლდა IPv6-ით. მილიარდობით მოწყობილობის ინტერნეტ სივრცეში დამატებით, IPv6 დიდ როლს ასრულებს ქსელის ფენების მასშტაბურობის მართვაში.



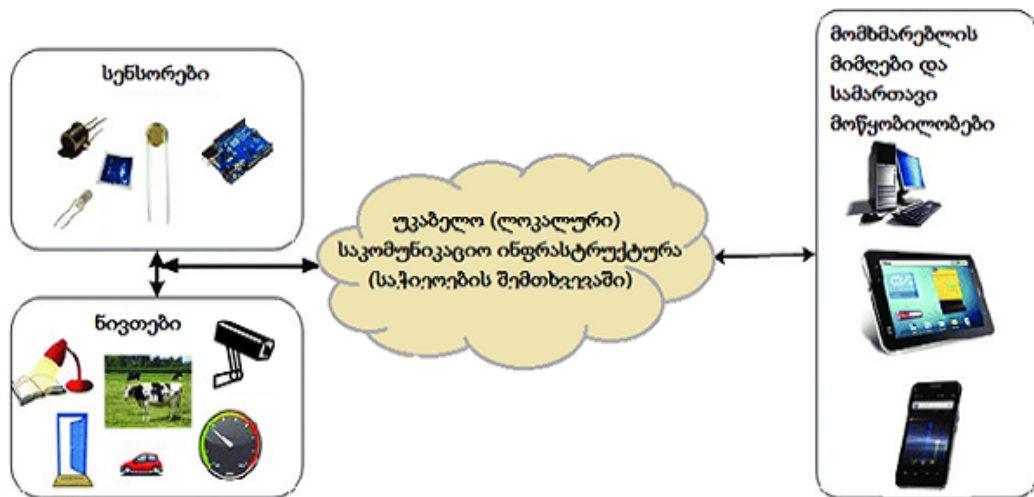
სურათი 2 ნივთების ინტერნეტის ტოპოლოგია

საგანთა ინტერნეტი, როგორც სახელწოდება პოპულარული გახდა 90 იანი წლების ბოლოს და ეს ტერმინი, ბრიტანელ მეცნიერს კევინ ენშტონს ეკუთვნის, თუმცა ამ კონცეფციას 70 იან წლებში ჩაეყარა საფუძვლები და იწოდებოდა, როგორც ჩანერგილი ინტენეტი (Embedded Internet). საგანთა ინტერნეტის გარდა, იმავე კონცეფცია შეიძლება შეგვხვდეს შემდეგი სახელწოდებებით:

1. M2M (Machine to machine) communication

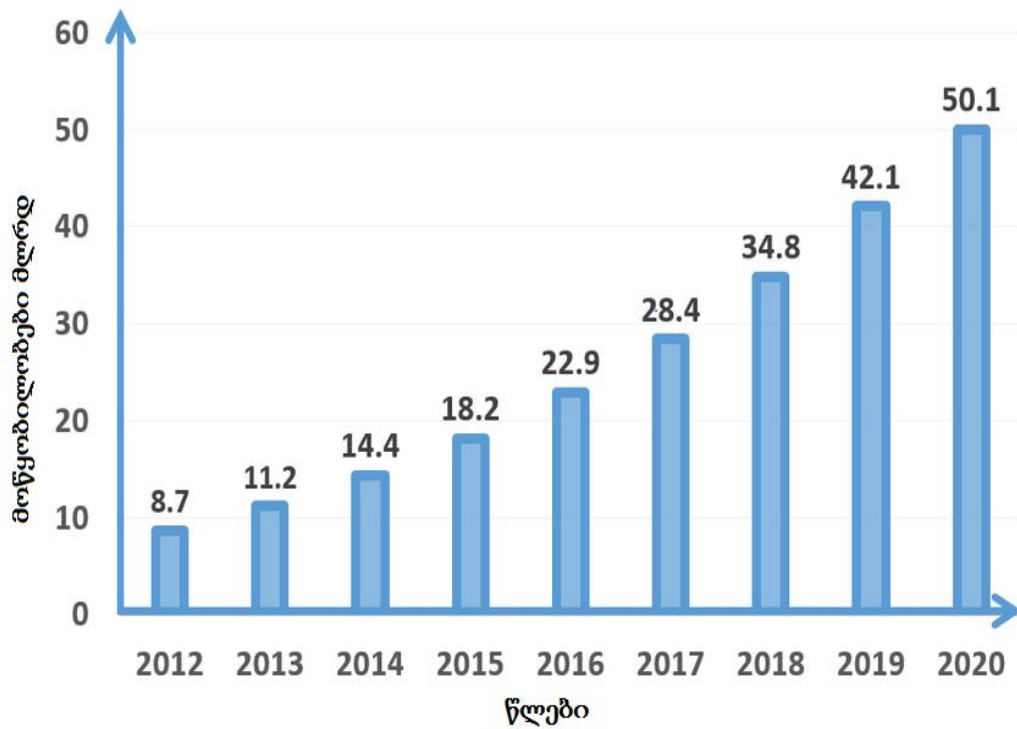
2. Web of Things
3. Industry 4.0
4. Industrial internet (of Things)
5. Smart systems
6. Pervasive computing
7. Intelligent systems

აღსანიშნავია, რომ საგანთა ინტერნეტმა მისი განვითარების ზენიტს 2011-14 წლებში მიაღწია რომლის ძირითად მამოძრავებელ მუხტად Google's StreetView service გახდა, რომელსაც მხოლოდ 360 გრადუსიანი კამერები არ აკმაყოფილებდა და შეიქმნა გუგლის ახალი სტრატეგია, რომლის მთავარი იდეა იყო „კავშირი არა მარტო ინტერნეტთან, კავშირი მთლიან ფიზიკურ სამყაროსთან“. შემდეგ ამას მოჰყვა ჩინეთის ბაზარზე უდიდესი ინვესტიაცია და ექსპერტთა ვარაუდით საგანთა ინტენეტში ჩართული მოწყობილობების ფინანსებმა 9 ტრილიონ ამერიკულ დოლარს მიაღწია. ექსპერტთა ვარაუდით 2020 წლისთვის 20 ტრილიონს უნდა გადააჭარბოს. მიუხედავად მსოფლიოში არსებული პანდემიისა, დარგის სპეციფიკიდან გამომდინარე ტექნოლოგიური სამყარო და მათ შორის, აგრო სექტორის მსოფლიო მაშტაბით გახდა ის მიმართულებები, რომელმაც მიუხედავად არსებული გამოწვევებისა პროგრესი არნახული ტემპით განიცადა, რაც ლოგიკურ არგუმენტს აძლევს ექსპერტებს ივარაუდონ, რომ საგანთა ინტერნეტში ჩართული მოწყობილობათა რაოდენობა 2020 წლის ბოლოსთვის 30 მილიარდს მიაღწევს, ხოლო 2025 წლისთვის დაახლოებით 75 მილიარდს. დღეს იმაში, რომ საგანთა ინტერნეტი მომავლის განუყოფელი ნაწილია არავინ ეჭვობს, თუმცა საზოგადოების მცირე ნაწილმა თუ იცის რომ საგანთა ინტერნეტის მთავარი მამოძრავებელი ბირთვი მიკროკონტროლერი და მიკროკომპიუტერებია. სწორედ მათი მეშვეობით ხდება ავტომატიზაცია და ნებისმიერი მოქმედება. თუმცა კაცობრიობამ ამ პროდუქტის მიღებამდე უდიდესი ტექნოლოგიური განვითარების გზა გაიარა.



სურათი 3 MANET-IoT ქსელის კომპონენტები

ჩაშენებული სისტემების, უსადენო სენსორული ქსელების, კონტროლის სისტემების, ავტომატიზაციის (მათ შორის სახლის და შენობის ავტომატიზაციის ჩათვლით) ტრადიციული სფეროები ხელს უწყობენ ნივთების ინტერნეტის შესაძლებლობების და გამოყენების სფეროს გაფართოებას. სამომხმარებლო ბაზარზე, IoT ტექნოლოგია ყველაზე მეტად გვახსენებს "ჭკვიანი სახლის" კონცეფციას, რომელიც თავის მხრივ ასოცირდება ურთიერთდაკავშირებულ მოწყობილობებთან და საყოფაცხოვრებო ტექნიკასთან (მაგალითად, განათების მოწყობილობები, თერმოსტატი, სახლის უსაფრთხოების სისტემები, მაცივარი, მიკროტალღური ღუმელი და სხვა). ყველა, სისტემაში ჩართული ნივთის გაკონტროლება კი შესაძლებელია სხვადასხვა ჩვენთვის სასურველი ჭკვიანი მოწყობილობებით: სმარტფონით, სმარტსაათით, კომპიუტერით და ა.შ. სიმანდვილემი IoT-ის გამოყენების არეალი ბევრად უფრო მრავალფეროვანია. მან მნიშვნელოვანი გამოყენება ჰპოვა ისეთ სფეროებში როგორცაა: ტრანსპორტირება, სოფლის მეურნეობა, ჯანდაცვა, სამხედრო სფერო და სხვა. დღეის მდგომარეობით ინტერნეტში ჩართულია დაახლოებით 50 მილიარდი მოწყობილობა და მათი უმეტესობა სწორედ IoT-ის ნაწილია[84].



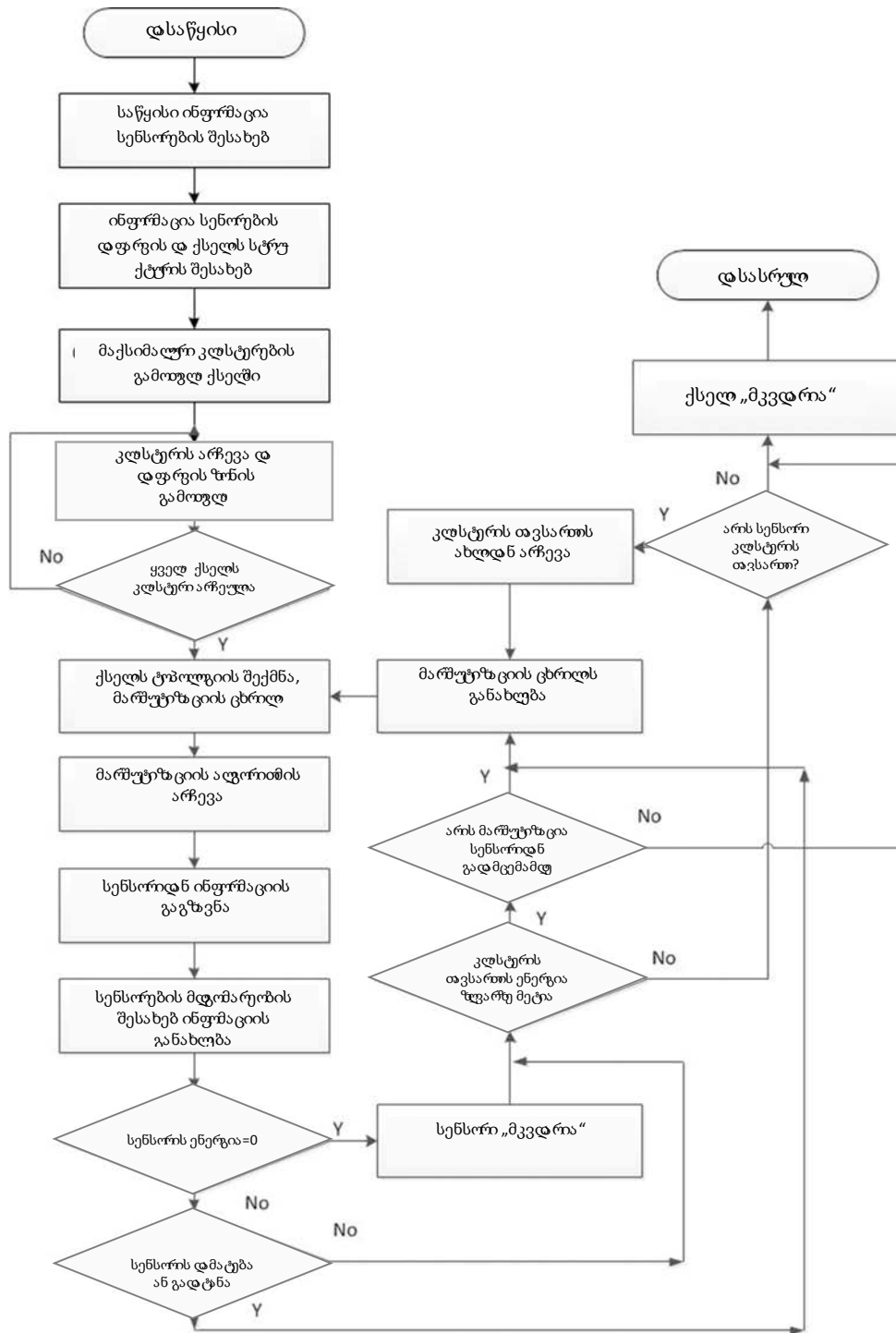
სურათი 4 IoT მოწყობლობათა რაოდენობა წლების მიხედვით

დღესდღეობით, საგანთა ინტერნეტის დაპროექტების და აგების, აგრეთვე მასში ჩართული მოწყობილობებისათვის პროგრამების შექმნის პროცესი თითქმის სრულიად ავტომატიზებულია. ამისათვის უამრავი პროგრამული უზრუნველყოფა არსებობს, რომლის მეშვეობითაც შეგვიძლია შექმნათ მოდელები ვირტუალურად რათა თავიდან ავიცილოთ რესურსის ხარჯვა. სიმულირებისათვის ერთ-ერთი საუკეთესო პროგრამული პროდუქტი არის Proteus-ის სიმულატორი, რომლის მეშვეობით შეგვიძლია გავაკეთოთ ნაბეჭდი დაფის პროექტირება, ასევე კონტროლერის პროგრამირება, გატესტვა, შესაძლებელია საგანთა ინტერნეტის პროექტის შექმნაც კი. ხოლო, პროგრამირების გარემო იმდენათ მომხმარებელზე მორგებულია, რომ ბოლო წლებში შექმნილი საპროგრამებელი გარემო არ მოითხოვს პროგრამირების პრონციპების ღრმა ცოდნას.

1.4 მობილური მიზნობრივი ქსელისა და ნივთების ინტერნეტის ქსელის ენერგოეფექტურობა

მობილური მიზნობრივი ქსელისა და ნივთების ინტერნეტის ქსელის (MANET-IoT) ქსელის ენერგოეფექტურობა მიიღწევა პროგრამული ცვლილებებით - კვანძები რომლებიც დაკარგავენ ენერგიას ან მცირე მარაგით იქნებიან ამოცნობილნი მიიღებენ ნაკლებ სამუშაო დატვირთვას და გატარების კოეფიციენტი იქნება შეზღუდული. ამის სიმულაცია შეგვიძლია MATHLAB- ში. რაც შეეხება აღნიშნული კვანძების ელექტრო ენერგიით მომარაგებას, ამისათვის დაგვჭირდება მზის ბატარეები და მძლავრი აკუმულატორები, რომლებიც იქნება შენაცვლებადი. მათ უნდა გააჩნდეთ დუბლირებული სოკეტი წყვეტის გარეშე გადართვის შესაძლებლობით იმისათვის, რომ შესაძლებელი იყოს მათი ამოღება და დამუხტვა (მანქანის ან გენერატორის დამტენის საშუალებით). ეს ყოველივე გამოსადეგია იმ შემთხვევისთვის როდესაც მათი მონტაჟი აუცილებელია მზის სხივებისგან მოფარებულ ადგილას[82].

ისეთი მობილური ტერმინალების და ჭკვიანი მოწყობილობების პოპულარიზაციით როგორცაა მობილური ტელეფონები და პლანშეტური კომპიუტერი, საგნების ინტერნეტი, სატრანსპორტო საშუალებების ინტერნეტი, ჭკვიანი ქალაქი და სხვა პროგრამებს უფრო მაღალი მოთხოვნები აქვთ უკაბელო ქსელის მიმართ.



სურათი 5 MANET-IoT ქსელის ენერგოეფექტურობის ალგორითმი

მსგავსი, უკაბელო ტიპის ქსელების აწყობა ხორციელდება ძირითადად ორი რეჟიმით ფიქსური ან ცენტრალიზებული და თვითორგანიზებული ქსელები. ფიქსური ქსელი შეიცავს საბაზო სადგურის ობიექტებს და ტერმინალებს. კომუნიკაცია ბაზის სადგურსა და ბაზას შორის სადგური

ხორციელდება სადენიანი ფორმით და ტერმინალი დაუკავშირდება საბაზო სადგურს დაფარვის ზონაში. თითოეული საბაზო სადგურის დაფარვის ზონაა რეგულარული ექვსკუთხედი. საბაზო სადგური განლაგებულია წინასწარ და მოიცავს მთელ ტერიტორიას იმის უზრუნველსაყოფად, რომ როდესაც ტერმინალი ტოვებს ერთი საბაზო სადგურის დაფარვის ზონას, მასში შესვლა შესაძლებელია შემდეგი საბაზო სადგურის საკომუნიკაციო დიაპაზონი. იმის გამო, რომ ბაზა-სადგურები განლაგებულია უჯრედების მსგავსად, მათ უწოდებენ ფიჭური ქსელებს. დროებითი ქსელი არის ერთგვარი უსიცოცხლო, ავტონომიური, მრავალდონიანი ქსელი, რომელიც არ არის საჭირო ნებისმიერი წინასწარ დადგენილი ინფრასტრუქტურა და მხოლოდ მისი საშუალებით შეიძლება ტერმინალებს შორის კომუნიკაცია. ტერმინალურ მოწყობილობებს შეუძლიათ თავისუფლად შეუერთდნენ და გამოდიან დროებითი სელი ქსელის მუშაობის დროს. გაწევრიანების შემდეგ ქსელის ნებისმიერ ტერმინალურ კვანძს აქვს გაგზავნის და მონაცემების მიღების საშუალება, ან მონაცემების გადაცემა არელო კვანძად. e კვანძი პოულობს გადამისამართების გზას სხვადასხვა მარშრუტის პროტოკოლის საშუალებით, ხოლო შუალედური კვანძი აგზავნის მონაცემებს დანიშნულების ადგილას. დროებითი ქსელი არის უპირატესობა იმისა, რომ სწრაფია და მოქნილი. მობილური ad hoc ქსელი, რომელიც ჩამოყალიბებულია მობილური კვანძებით და რომლებიც ატარებენ უკაბელო გადამცემ მოწყობილობებს, ხშირად გამოიყენება სამხედრო, სტიქიური უბედურებების აღმოფხვრის, სავლელე გამოკვლევის, ჭკვიანი ქალაქის, მანქანების ქსელი და სხვა სფეროებში. მობილობის გამო ტერმინალური კვანძების უკაბელო ქსელების ტოპოლოგიის სტრუქტურა გაურკვეველია; ანუ ტოპოლოგიის სტრუქტურა შეიძლება ნებისმიერ დროს შეიცვალოს, რაც ბევრ პრობლემებს იწვევს. ქსელის კვანძების და ბმულების მართვა მნიშვნელოვნად ზრდის მარშრუტიზაციის სირთულეს.

ამიტომ, MANET-ის კვლევა და ანალიზი გახდა ძალზედ მნიშვნელოვანი და პოპულარული დღესდღობით. თუ შევადარებთ შვიდი

დონის OSI მოდელს, მსგავსი სპეციფიკით MANET შეიძლება დაიყოს ხუთ შრედ, როგორც ეს ნაჩვენებია 2 ცხრილში.

ცხრილი 1 MANET-ის დაყოფა OSI მოდელზე

N	OSI მოდელი	MANET	როლი
1	გამოყენებითი დონე		
2	წარმოდგენის დონე	წარმოდგენის დონე	ფიზიკური დონე
3	სესიის დონე		
4	ტრანსპორტის დონე	მომსახურების სერვისის უზრუნველყოფა	მონაცემების ტრანსფერი
5	ქსელის დონე	ტრანსპორტის დონე	პაკეტის გადაგზავნა და მარშრუტიზაცია
6	მონაცემთა არხის დონე	ქსელის დონე	კავშირის კონტროლი/არხის სელექცია
7	ფიზიკური დონე	დაკავშირების დონე	საშუალო სიგნალი

MAC დონეზე, ზემოდან ქვემოთ არის გამოყენებითი დონე, სატრანსპორტო დონე, ქსელის დონე, კავშირის დონე და ფიზიკური დონე, შესაბამისად. გამოყენებითი დონე, როგორც სახელი გულისხმობს, უზრუნველყოფს კვანძებზე დაინსტალირებული პროგრამების მხარდაჭერას. სატრანსპორტო დონე გამოიყენება წყაროდან მიმღებამდე დასაკავშირებლად, ჩვეულებრივ, TCP ან UDP პროტოკოლების გამოყენებით. ქსელის დონე აცნობიერებს ქსელის ტოპოლოგიის ფუნქციას; მომსახურების ხარისხის მხარდაჭერა და ყველა საჭირო მარშრუტის არჩევანი დამოკიდებულია ქსელის დონეზე. კავშირის დონე ენკაფსულაციას ახორციელებს ფიზიკური ფენის ბიტების ფრეიმებად და

გადასცემს ქსელის დონის მონაცემებს დანიშნულების კვანძის ქსელის დონეზე. კავშირის დონე იყოფა ორ ნაწილად. MAC დონე ძირითადად გამოიყენება ფრეიმში შეცდომების კონტროლისთვის და ა.შ. LLC დონე ურთიერთქმედებს არხის ზედა დონესთან. ფიზიკური დონე განსაზღვრავს ისეთ პარამეტრებს, როგორცაა კოდირების წესები და უკაბელო სიგნალების სიხშირე. მნიშვნელოვანია არხის დონეზე შესწავლილ იქნას MAC დონესთან დაკავშირებული პრობლემები. MAC დონე ხასიათდება დამოუკიდებლობით და ავტონომიით, ქსელის ტოპოლოგიის დინამიური ცვლილებით, multihop ქსელით და ქსელის დინამიური კონფიგურაციით. დამოუკიდებლობა ნიშნავს, რომ MAC ფენა დეცენტრალიზებულია და თითოეული კვანძს ერთი და იგივე სტატუსი აქვს. არ აქვს ნიშვნელობა თუ არა თითოეული კვანძი ქსელი თავისუფლად ან იძულებულია მოულოდნელად გამოვიდეს ქსელიდან კვანძის უკმარისობის გამო, ეს არ უნდა მოქმედებდეს მთელი ქსელის ნორმალურ ფუნქციონირებაზე. MAC ფენა ასევე წარმოადგენს თვითორგანიზების ქსელს, რომელიც საშუალებას აძლევს თითოეულ კვანძს შეუერთდეს და დატოვოს სისტემა/ქსელი ნებისმიერ დროს. ამიტომ, ქსელს უნდა შეეძლოს მისცეს კვანძებს საშუალება დროულად განახორციელონ აღდგენის პროცესი. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, MAC დონის ქსელი ავტონომიურია. ქსელის ტოპოლოგიის დინამიური ცვლილება ხდება კვანძების მობილობით MAC დონის ქსელში და როცა კვანძების მდებარეობა იცვლება დრის განმავლობაში. ვინაიდან არ არსებობს საბაზო სადგურის მოწყობილობა, რომელსაც შეუძლია დაფაროს მთელი მსოფლიო ქსელი MAC დონეზე, იმისათვის რომ მიგვარდეს კომუნიკაციის პრობლემა ორ კვანძს შორის რომელიც დამოკიდებულია საკომუნიკაციო დისტანციაზე, სხვა შუალედური კვანძებია საჭიროა მონაცემთა გადაგზავნისთვის; ამიტომ MAC დონე იყენებს multihop ქსელის მეთოდს. მას შეუძლია შეასრულოს დინამიური ქსელის კონფიგურაცია, დინამიური ლოკალიზაცია და აღმოჩენა და ხელახლა დაკავშირების ფუნქციები. MAC დონე საშუალებას

ამლევს კვანძებს განახორციელონ დინამიური ნაკადის კონტროლი და დინამიური კონფიგურაცია, საშუალებას იძლევა კვანძები სწრაფად შეუერთდნენ, დატოვონ საჭირო ქსელს. დინამიური ქსელის კონფიგურაცია არის მიზეზი იმისა, თუ რატომ ვახორციელებთ MAC დონის იმპლემენტაციას და მის კვლევას.

1.5 მონაცემთა უკაბელო გადაცემის უზრუნველყოფა სამხედრო გამოყენების ქსელებში

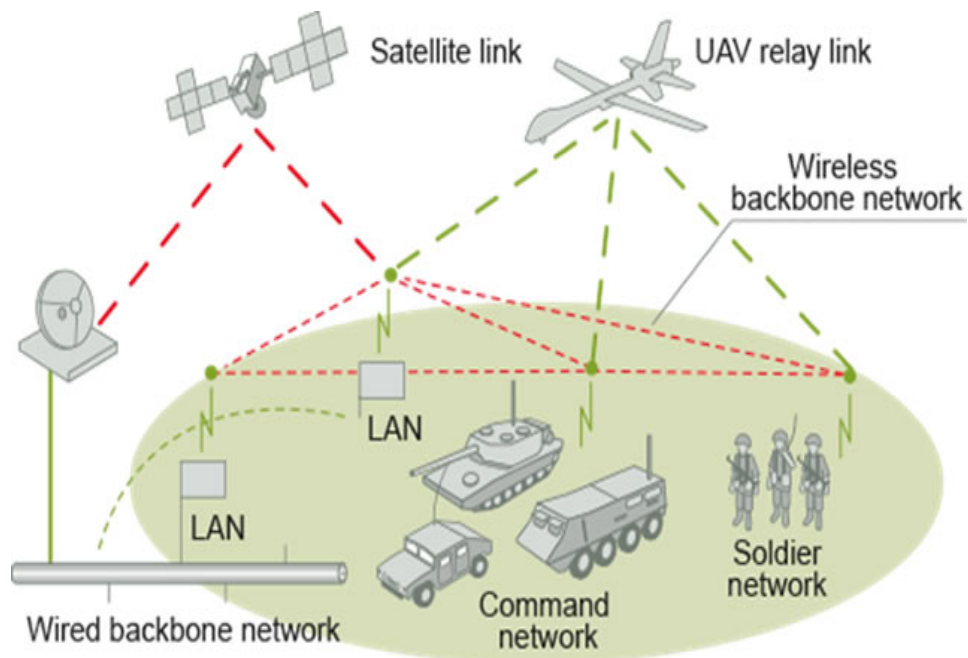
არავისთვის სიახლე არ იქნება თუ ვიტყვით, რომ კომუნიკაცია და მისი ხარისხი განსაზღვრავს ამათუიმ სფეროს განვითარებას და მის მდგომარეობას, და განსაკუთრებით ეს ეხება ქვეყნის უსაფრთხოებას. ამიტომ, ჩვენ განვიხილავთ სამხედრო კომუნიკაციის საკითხს საველე ანუ ტაქტიკურ დონეზე, მათ მნიშვნელობას და სხვადასხვა სისტემებს რომლებიც მასში მნიშვნელოვან ასპექტს წარმოადგენენ[1, 2].

ბრძოლის ველზე წარმატება დამოკიდებულია საჭირო და წარმოდგენილი ზუსტი ინფორმაციის დროულად მიღებაზე და გადაცემაზე, გამართული საიმედო და დაცული საკომუნიკაციო არხებით. თანამედროვე პერიოდში ინფორმაციის გადაცემა ჩვეულებრივ ხდება ელექტრონული საშუალებით.

სამხედრო ქსელებს აქვთ უნიკალური მახასიათებლები, რადგან ისინი უზრუნველყოფილნი უნდა იყვნენ უსაფრთხოების მაღალი მოთხოვნებით და აუცილებლობით, რომ ადაპტირდნენ ცვალებად გარემოებებთან და ლანდშაფტთან. სამხედრო ოპერაციების მოგება ძირითადად დამოკიდებულია დინამიური და ზუსტი გადაწყვეტილებების მიღებაზე, რომელიც დაფუძნებულია რეალურ დროში კრიტიკულ ინფორმაციაზე წვდომაზე. ეს ინფორმაცია შეიძლება მოდიოდეს თანამგზავრიდან, ბრძოლის ველის სენსორიდან ან სხვა სასაზღვრო მოწყობილობიდან. მეზობლები მიიღებენ ნამდვილ უპირატესობას მხოლოდ იმ შემთხვევაში,

თუ ინფორმაციის გადასაცემად გამოყენებული ქსელის ინფრასტრუქტურას ექნება გამართული პროგრამული უზრუნველყოფა, იქნება დინამიური და უსაფრთხო [1].

ციფრული ბრძოლის ველი აღნიშნავს სტანდარტს, სადაც პირდაპირ რეჟიმში მიმდინარეობს მონაცემების მიღება მართვის ცენტრებში ბრძოლის ველიდან რა დროსაც მეთაურები მიღებულ გადაწყვეტილებას სწრაფად და მარტივად გადასცემენ დაქვემდებარებულებს. ამისათვის გამოიყენება დეცენტრალიზებული და ცენტრალიზებული, ასევე უკაბელო და კაბელიანი ქსელების ჰიბრიდული ვარიანტი



სურათი 6 სამხედრო კომუნიკაციის მონაცემთა გადაცემის შესაძლებლობები

პირდაპირი უკაბელო კომუნიკაცია D2D (Device to Device) ანუ მოწყობილობებს შორის პირდაპირი კავშირი ცენტრალიზებული მოწყობილობების გარეშე უსაზღვრო შესაძლებლობებს გვაძლავს კომუნიკაციისას ცხოვრებისა და მოღვაწეობის ყველა სფეროში. განსაკუთრებით სამხედრო სფერო გამოირჩევა მათი გამოყენების ფართო არეალად და ითვისებს კიდევ მის პოტენციალს სრულად. D2D

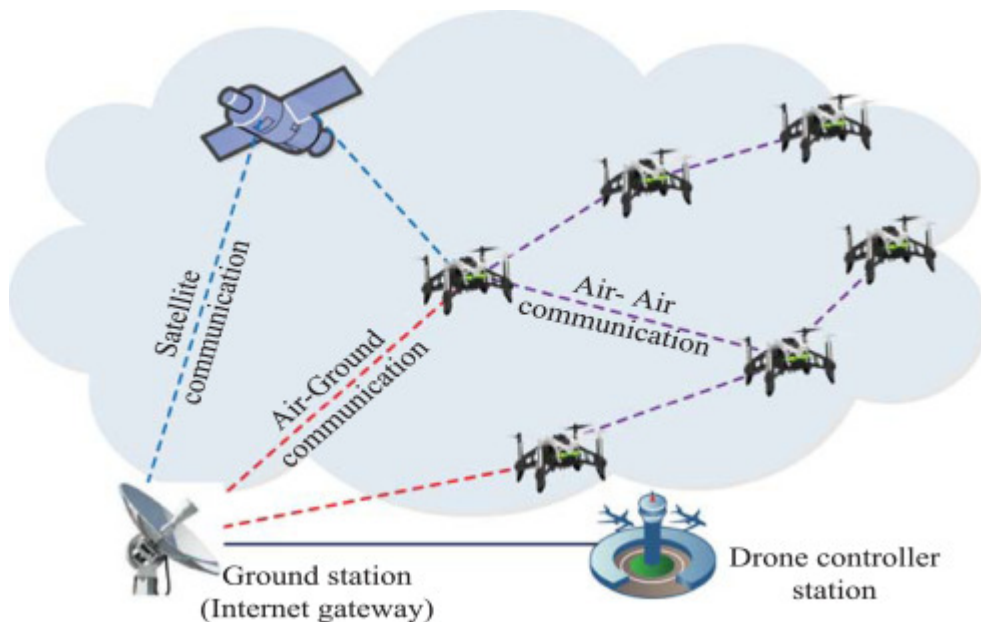
კომუნიკაციას ბევრი სახე გააჩნია V2V, WANET, და ა.შ. MANET ყველაზე გავრცელებული და პრაქტიკული ფორმაა ერთმანეთთან დამატებითი საშუალებების გარეშე კავშირისა. MANET ტექნოლოგიის წარმოშობა მხარს უჭერს საკომუნიკაციო მოწყობილობების თვითორგანიზებულ უკაბელო ავტონომიური ქსელების შექმნას. მისი განვითარება დამოკიდებულია სხვადასხვა ფაქტორებზე. არსებობს რიგი პრობლემები, რომლებიც უკავშირდება დიაპაზონის ოპტიმიზაციას, სიმძლავრის კონტროლს და გადაცემის ხარისხის გაძლიერებას. გარდა ამისა, მულტი-ჰოპის მახასიათებლები და ფიქსირებული ინფრასტრუქტურის არარსებობა წარმოშობს ახალ პრობლემებს, როგორცაა კონფიგურაციის განახლება, აღმოჩენა, ტექნიკური მომსახურება, აგრეთვე, უსადენო ქსელის გადამისამართება და თვით-მარშრუტიზაცია [1].

MANET ტოპოლოგია არის არაპროგნოზირებადი და მოუწესრიგებელი. გარდა ამისა, კვანძების განაწილება და მათი თვითორგანიზაციის უნარი მნიშვნელოვან როლს ასრულებს. მათი დინამიური ტოპოლოგიის გარდა, ასევე მათი უკაბელო გადაცემის გამო, MANET-ზე უფრო მეტად მოქმედებს დანაკარგის მაღალი მაჩვენებელი, ვიდრე ფიქსირებულ ქსელებზე. გარდა ამისა, MANET-ში კვანძები ეყრდნობიან ბატარეებს ან სხვა ამოწურვად კვების წყაროებს. MANET-ის ყველაზე კრიტიკული ასპექტია, რომ ფიზიკური უსაფრთხოება უკაბელო კავშირის გამო შეზღუდულია. უსაფრთხოება MANET-ში ძირითადად მოიცავს ინფორმაციის კონფიდენციალობას და მთლიანობას, ასევე მის ლეგიტიმურ გამოყენებას და მომსახურების ხელმისაწვდომობას. ზოგიერთი დამამახასიათებელი თავისებურებების გამო MANET-ი მოწყვლადია სხვადასხვა საფრთხეების მიმართ, როგორცაა მოსმენა, მომსახურების უარყოფა შეტევა რუხი ხვრელი, შავი ხვრელი და ა.შ.

ნაცრისფერი ხვრელის შეტევის დროს, მავნე კვანძი იქცევა კორექტულად, აგზავნის რა ვარგისი მარშრუტის მოთხოვნებს ნიშნულების ადგილისთვის პერიოდულად. თუ მავნე კვანძი არჩეული იქნა როგორც

უახლოესი კვანძი მოთხოვნილი მიმართულებაზე, მაშინ ის პერიოდულად ჩამოყრის მონაცემთა პაკეტებს მომსახურეობის უარყოფის შეტევითვის.

შავი ხვრელის შეტევის შემთხვევაში, მავნე კვანძი ელოდება მეზობელ კვანძებიდან მარშრუტის მოთხოვნის შეტყობინებას. იგი პასუხობს მოთხოვნას და თავად მიდის დანიშნულების ადგილისკენ მიმავალი მარშრუტით. ის საპასუხო შეტყობინებაში ასახელებს მაღალი რიგითობის რაოდენობას, რაც საშუალებას მისცემს მას მიჩნეულ იქნას როგორც საუკეთესო მარშრუტი მოთხოვნილი დანიშნულების ადგილისთვის. მიიღებს რა მთლიან მარშრუტს, მავნე კვანძი მიმოფანტავს ყველა პაკეტს DoS შეტევის გაშვებით, რომლებიც მასზე გაივლის. შედღწევის პრევენციის საუკეთესო მექანიზმია კრიპტოგრაფია, აუთენტიფიკაცია, რომელიც მიმართულია მონაცემთა ინტეგრაციის და კონფიდენციალურობის შემცირებაზე. თუმცა ზემოთ ხსენებული საშუალებები უძლურია მავნე შიდა კვანძების წინააღმდეგ, რომლებიც ხელს უშლიან მონაცემთა მარშრუტიზაციას. გარდა ამისა, ჩვეულებრივი კრიპტოგრაფიის და აუთენტიფიკაციის მექანიზმები ვერ ახერხებენ ზემოხსენებული საფრთხეების შემცირებას, რომლებიც გამოწვეულია MANET-ის უკაბელო მაუწყებლობით და საშუალო და დეცენტრალიზირებული არქიტექტურით.



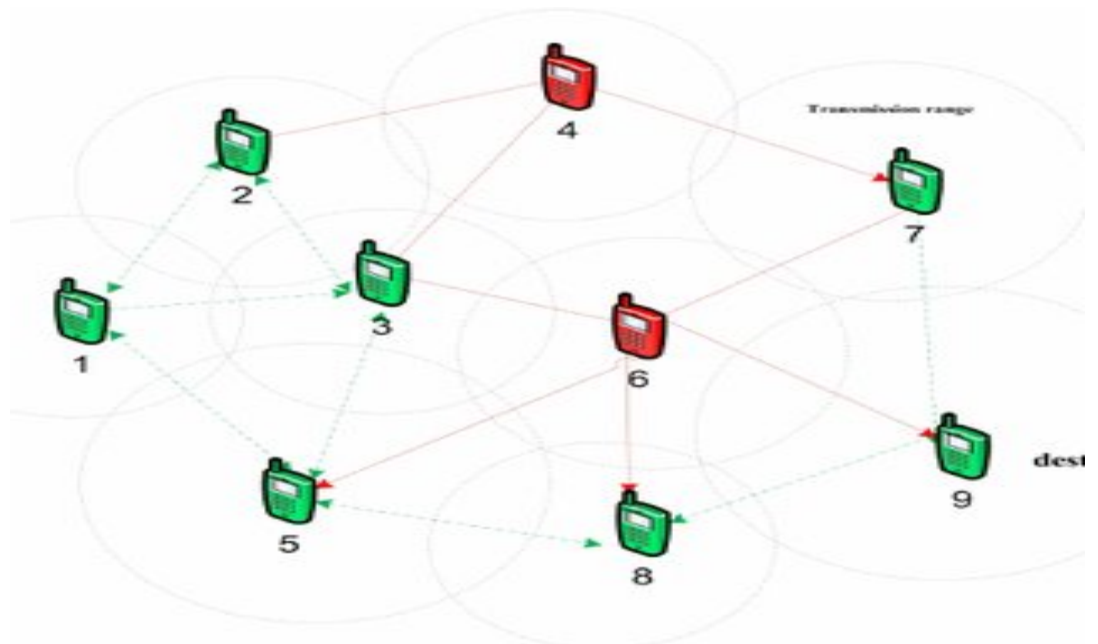
სურათი 7 საშუალო და დეცენტრალიზირებული არქიტექტურის მაუწყებლობა

სამხედრო კომუნიკაციისთვის წაყენებული მოთხოვნები:

- დაცულობა და უსაფრთხოება
- სისწრაფე.
- სიმარტივე
- მობილურობა
- შორი მანძილი.
- ჩახშობისადმი მდგრადობა.

ცენტრალური ავტორიზაციის არქონა, ღია კომუნიკაციის გარემოში უმთავრესი გამოწვევაა, განსაკუთრებით კოოპერაციული ქსელის ოპერაციების საჭიროებიდან გამომდინარე. განსაკუთრებით უკაბელო ქსელში, ნებისმიერ კვანძს შეუძლია საფრთხის ქვეშ დააყენოს მოახდინოს მარშრუტიზაციის პროტოკოლის ფუნქციონირება მარშრუტიზაციის აღმოჩენის პროცესის შეფერხებით. უკაბელო ინტერნეტ ქსელის მონაცემებზე წვდომის უზრუნველსაყოფად უკვე დაახლოებით 2015 წელს გამოშვებულ კომპიუტერებში, უკაბელო ქსელის ყველა კვანძი უნდა მოქმედებდეს როგორც მარშრუტიზატორები, რათა უზრუნველყონ მონაცემთა პაკეტების გადაადგილება წყაროდან სასურველი მიმართულებით. აქედან გამომდინარე, მნიშვნელოვანია, რომ უკაბელო ქსელის ყველა კვანძი ერთდროულად მუშაობდეს ქსელის ეფექტური მუშაობისთვის და გამართულად ფუნქციონირებისთვის. თუმცა აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ შეზღუდული ქსელის რესურსებისა და კვანძის ასევე შეზღუდული ენერჯის მოხმარების გამო, მოსალოდნელია, რომ ზოგიერთ კვანძს არასასურველი ქცევა გამოავლინოს. ეს ქცევა უარყოფითად იმოქმედებს ქსელის მთლიან მუშაობაზე და საფრთხეს უქმნის კვანძების კომუნიკაციას. გამოყოფილი პროტოკოლები გამოიყენება უკაბელო ქსელის ფენებზე საკვანძო წერტილებს შორის კომუნიკაციის უზრუნველსაყოფად. როგორც წესი, მოსალოდნელია, რომ ეს კვანძები ასრულებენ ოპერაციებს პროტოკოლის სპეციფიკაციების შესაბამისად, თუმცა ეს მოლოდინი ყოველთვის არ სრულდება. ზოგჯერ კვანძები იღებენ ადგილობრივ

გადაწყვეტილებებს იმის შესახებ, თვალყური ადევნონ თუ არა ქსელის ძირითად საქმიანობას. ამ ჰოსტებს შეუძლიათ თვითნებურად აირჩიონ არ მიიღონ მონაწილეობა მარშრუტიზაციის პროცესში, ან ყალბი უპასუხონ მარშრუტიზაციის ზოგიერთ მოთხოვნას შესაბამისი პაკეტების გაუქმებით. ეს გავლენას ახდენს ქსელის ეფექტურობაზე. არასათანადო ქცევისა და თვითნებური უკაბელო მოქმედების საწინააღმდეგო ზომები სავალდებულო და აუცილებელი მოთხოვნებია. საკუთარი განზრახვით ქცევა ანუ თვითნებობა, რომელიც იწვევს კვანძის ოპერაციების ნაკლებობას, ვერ გადაიჭრება უსაფრთხოების კლასიკური ინსტრუმენტებით, რომლებიც შექმნილია ოპერაციის სისწორისა და მთლიანობის შესამოწმებლად. ამიტომ ეფექტური მართვის სერვისი აუცილებელია ყველა კვანძის საიმედოობისა და ეფექტურობის შესამოწმებლად. ეს ყველაფერი რა თქმა უნდა ეხება უკაბელო ქსელს, რომელსაც შეიძლება ითქვას, სანდო მართვის ეფექტური სისტემა უზრუნველყოფს, რომ კვანძმა მიაღწიოს სანდოობის გარკვეულ დონეს, სანამ ის შეძლებს ეფექტურად მუშაობას ქსელში. ეს უზრუნველყოფს არასასურველი ქმედების შემცირებას ან აღმოფხვრას კვანძების მიერ, რომლებიც ცდილობენ დაარღვიონ ქსელის მუშაობა.



სურათი 8 MANET-ის კვანძების რეპუტაციული მოდელი მათი ქცევის მიხედვით

ნაშრომში აღწერილია მიდგომა კვანძების პაკეტების მობილური გადაცემისა და მონიტორინგისთვის. კვანძების რეპუტაცია ფასდება საშუალო შეწონილი მართული მონაცემთა მიდგომის გამოყენებით, რომელიც ეფუძნება წარმატებით გადაცემული მონაცემების რაოდენობას და პაკეტების კონტროლს, რომელსაც ესათუის კვანძი ქმნის სხვადასხვა კვანძებზე გადაცემული საკუთარი პაკეტების წინააღმდეგ. შემოთავაზებულ დინამიურ სისტემაში გამოიყენება პირდაპირი დაკვირვების და მონიტორინგის სპეციალური მეთოდი, იმისათვის, რომ შემცირდეს უკაბელო ქსელის საკვანძო წერტილების მიერ გამოვლენილი რეპუტაციის მართვის სისტემაში სხვადასხვა გადაცდომის შემცირება. კვანძების რეპუტაციის შესახებ უშუალოდ მიღებული ინფორმაციის გამოყენება უზრუნველყოფს, რომ საკვანძო წერტილები არ დაეყრდნონ მეორად ინფორმაციას მეზობელი კვანძების შეფასებამდე და მათ მიმართ ნაადრევი არ იყოს შეფასების დასკვნა.

გარდა ამისა, შეიძლება ითქვას, რომ უშუალოდ მიღებულ ინფორმაციაზე დაყრდნობა დაგვეხმარება მარშრუტის მანძილისა და ხარჯების შემცირებაში და დამატებითი ენერჯის მოხმარებაში (ან დაზოგვაში). თემის დარჩენილი ნაწილი ორგანიზებულია საკმაოდ თემატურად. იგი შეიცავს ინფორმაციას სამუშაოს მართვის სისტემის სანდოობისა და ქცევის შეფასების შესახებ. ასევე განვიხილავთ უკაბელო კომპიუტერულ მოწყობილობათა ქსელის კვანძების ცუდ, შეფასებით ქცევას. აქვე წარმოდგენილია სხვადასხვა რეპუტაციის მართვის დინამიური სისტემა.

გარდა ამისა რეპუტაციის სქემები, მეორეს მხრივ, იყენებს სხვადასხვა ზედამხედველობის ტექნიკას ინფორმაციის მოსაგროვებლად და დასამუშავებლად, რომელიც გამოიყენება ქსელის კვანძების რეპუტაციისა და ნდობის გამოსათვლელად (საჭიროებისამებრ). პუბლიკაციების საკმაოდ მნიშვნელოვანი რაოდენობა გვთავაზობს აღნიშნული რეპუტაციის მართვის მრავალფეროვან ტექნიკას, საიდან გამომდინარეც იგი აკონტროლებს

მონაცემთა პაკეტების გადაცემას უახლოეს - მეზობელ კვანძებს შორის მობილური უკაბელო ქსელის ნაცნობ კვანძებში. თუ რაღა თქმა უნდა კვანძი მონაწილეობს პაკეტების გადაგზავნაში, აღნიშნული კვანძების რეპუტაცია მზარდი ხდება. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ კვანძების რეპუტაცია მცირდება პაკეტების შემცირებით. ამის გამო, თუ კვანძის რეპუტაცია გარკვეულ დონეზე შემცირდა, იგი ან ისჯება ან იზოლირებულია მთლიანი ქსელიდან. რა თქმა უნდა, ნდობისა და რეპუტაციის მართვის რამდენიმე შემოთავაზებული მეთოდი ეყრდნობა პირველად და მეორად რეპუტაციის ინფორმაციას რაღა თქმა უნდა მათი ქსელის კვანძის რეპუტაციის გაანგარიშებისას. შემდეგი გადამუშავების ანუ მეორადი რეპუტაცია მომდინარეობს უშუალოდ მათი მეზობელი კვანძებიდან, ხოლო ეს ინფორმაცია, რომელიც აქვე გამოიყენება კვანძების შეიძლება ითქვას პირველადი რეპუტაციის გამოსათვლელად, გამოიყენება ზედამხედველობის მექანიზმებით, რომელზეც საუბარია არაერთ ნაშრომში. უკვე აღვნიშნე, რომ შემოთავაზებულია რეპუტაციაზე დაფუძნებული ტექნიკა, სადაც საუბარი იქნება იმაზე თუ როგორ მოიხმარს მცველს და მეგზურს. მათი სისტემის ყველა კვანძი იყენებს მცველს პაკეტების გადაცემის მონიტორინგისა და ზედამხედველობისთვის და პაკეტების გადაცემის შესამოწმებლად შემდეგი საფეხურიანი ზედამხედველობის კვანძებით. მცველი ძალის მექანიზმი დაფუძნებულია უშუალოდ მეზობელი კვანძიდან გადასაცემი პაკეტების მიმოცვლის უწესრიგო მოსმენაზე და მიყურადებაზე. მონიტორინგის კვანძი ინახავს უკვე გაგზავნილი პაკეტების ბუფერს და ადარებს თითოეულ მოსმენილ პაკეტს აღნიშნულ ბუფერში არსებულ პაკეტს, იმისათვის, რომ ზემოთ აღნიშნული დადგინდეს ემთხვევა ისინი თუ არა ერთმანეთს. იმ შემთხვევაში თუ არის დამთხვევა ეს პაკეტი ამოღებული იქნება ბუფერიდან და კვანძი განისაზღვრება ასე ვთქვათ ნორმალური ქცევის მქონე და მიღებული იქნება სისტემისთვის შემდეგი მიმოცვლისათვის საჭიროებისამებრ.

როგორც მონაცემთა გადაცემის წამახალისებელს და დისციპლინებს თვითნებური კვანძების მიერ პაკეტების ჩამოყრას, რომლებიც სავარაუდოდ წარმოქმნილია ამავე კვანძებიდან . ავტორმა შემოგვთავაზა ნდობის მენეჯმენტის სისტემა (TMS), რომელიც შეიცავს რეპუტაციის სისტემას და მოდარაჯე ძალს. მოდარაჯე ძალები მონიტორინგს უწევენ მონაცემთა გადაგზავნის შემთხვევებს და ითვლიან გაცნობიერებულ პაკეტებს (ACKs) გადაგზავნილი მონაცემების გათვალისწინებით. მოდარაჯე ძალი თავიანთ მოდელში გამოიმუშავებს დადებითი შეფასების მესიჯს, როგორც თვითმხილველს კვანძის გადამისამართების ქცევისა. ნდობის შეფასება თავიანთ მოდელში არის კვანძების ქმედებებზე ორივე პირდაპირი და არაპირდაპირი დაკვირვების კომბინაცია. მათი მოდელი მიმართულია ბოროტგანზრახული შეღწევის აღმოსაჩენად ,მონაცემთა თვითნებური წაშლის თავიდან აცილებით. გონგი ყურადღებას ამახვილებს თვითნებურ და მავნე კვანძების იდენტიფიკაციის მნიშვნელობაზე, რათა უზრუნველყოფილი იყოს მობილური უკაბელო ქსელის სწორი ფუნქციონირება. ისინი ჩაატარეს ზოგიერთი არსებული დაცული მარშრუტიზაციის ტექნიკის მიმოხილვა და შემოგვთავაზეს მიდგომა რომელიც მოიცავს ნდობის ვექტორის ჩართვას არსებულ მარშრუტიზაციის პროტოკოლებში.

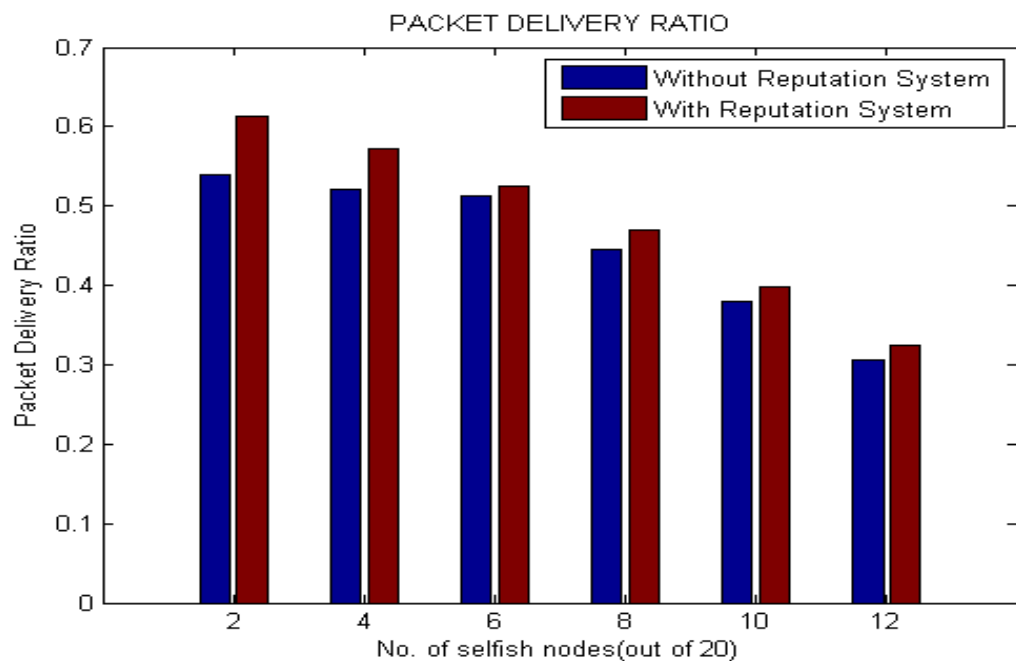
რეპუტაციულ მოდელში თითოეული კვანძი აკონტროლებს თავისი მეზობლის ტრაფიკს და აფასებს მის ლოკალურ ნდობის ვექტორს მისი მეზობლების შესახებ.

კვანძები თავიანთ მოდელში აკონტროლებენ პაკეტების გადაგზავნის ქმედებებს ტრაფიკის მოუწესრიგებელი მოსმენით. როცა კვანძი მოუსმენს მისი უახლოესი მეზობლის გადამისამართებას ის პირველ რიგში ამოწმებს პაკეტის მთლიანობას, რათა დარწმუნდეს რომ პაკეტი არ ყოფილა შეცვლილი. თუ შემოწმებული მეზობელი გაივლის ტესტს პაკეტის მთლიანობაზე და პაკეტი გადაგზავნილია მაშინ მისი ნდობის ვექტორი გამოთვლილია.

მათი სისტემის შეფასების შესრულება გვიჩვენებს, რომ მათმა მექანიზმმა წარმატებით აღმოაჩინა მავნე კვანძები და თავიდან აიცილა მათი მოხვედრა მარშრუტიზაციის გზებში. ბაკარი და ირვინი გვთავაზობს ახალ მექანიზმს თვითნებური კვანძების აღმოსაჩენად, რომელიც სპეციალიზირდება საკონტროლო პაკეტების ჩამოყრაში, რათა თავიდან აიცილოს მოთხოვნა მონაცემთა პაკეტების გადამისამართებაზე. თითოეული კვანძი თავის მოდელში მოქმედებს უწესრიგო რეჟიმში რათა აკონტროლოს მონაცემთა და საკონტროლო პაკეტები, რომლებიც გადაგზავნილი არიან მისი მიღების დიაპაზონში. მაკონტროლებელი კვანძი ინახავს მისი მეზობლების მიერ წარმატებით შესრულებულ ტრანზაქციებს. მათ შემოთავაზებულ მოდელში მოსალოდნელია რომ კვანძები მონაწილეობას მიიღებენ ქსელში გარკვეული დროის პერიოდში. ისინი, რომლებიც ვერ მიიღებენ მონაწილეობას ქსელის მოქმედებებში უნდა წავიდეს შესამოწმებლად თავიანთი საექვო საქციელის გამო. შეფასების შესრულება გვიჩვენებს რომ მათმა სქემამ შეძლო თვითნებური კვანძების აღმოჩენა ქსელში. [43]-ში ავტორები გვთავაზობენ 2ACK სქემას, რომელიც ფოკუსირებულია არაკორექტული კავშირის აღმოჩენაზე არაკორექტული კვანძების ნაცვლად, რათა აირიდოს რამდენიმე პრობლემა როგორცაა გაურკვეველი შეჯახება, მიმღების შეჯახება და შეზღუდული გადაცემის სიმძლავრე, რომელიც გავლენას ახდენს საერთო მოდარაჯე ძალის აღმოჩენის მექანიზმზე. 2ACK სქემა აღმოაჩენს არასათანადო საქციელს ახალი ტიპის დადასტურების პაკეტის მეშვეობით როგორცაა 2ACK. 2ACK პაკეტს განესაზღვრება ფიქსირებული მარშრუტი ორი გადასასვლელიდან (სამი კვანძი) მონაცემთა ტრაფიკის მარშრუტის მიმართულების საწინააღმდეგოდ. როცა კვანძი მოისურვებს სხვა კვანძთან დაკავშირებას მეთოდოლოგია შესრულებულია კვანძების მიღება-გადაცემით რომლებიც უზრუნველყოფს აუთენტიფიკაციას და მთლიანობას. მათ მოდელში უსაფრთხოება მიღწეულია კრიპტოგრაფიული ალგორითმების გამოყენებით. აიდეი და ფეკრი გვთავაზობს ნდობის გავრცელებაზე

დაფუნქციონირებს ნდობის და რეპუტაციის მართვას P2P ქსელებისთვის, რომელიც ასევე შეიძლება გამოყენებული იქნას სოციალური და მეშქსელებში. მათ შემოთავაზებულ ალგორითმში ქსელის კვანძების რეპუტაცია და საიმედოობა გამოთვლილია ნდობის გავრცელებაზე დაფუნქციონირებულ ქსელურ კვანძებს შორის მესიჯების განაწილების ალგორითმზე, რომელიც წარმოდგენილია არჩეული ფაქტორების გრაფიკით. კვანძების რეპუტაცია ეყრდნობა კვანძების მიღების სერვისის ხარისხს და საიმედოობა ეყრდნობა რეიტინგებს, რომლებიც შესრულებულია თითოეული კვანძის მიერ წარმატებული ტრანზაქციის შემდგომ. მათი შემოთავაზებული შეფასების შესრულება აჩვენებს, რომ შეცდომის განმეორებითი შემცირება კვანძების რეპუტაციის შეფასებაში მიიღწევა მანერ რეიტინგებით მაღალი ალბათობით. აიდეის და ფეკრის შემდგომ ნაშრომებში ისინი გვთავაზობდნენ ნდობის მენეჯმენტს და მოწინააღმდეგის გამოვლენის სქემას დაყოვნებისადმი მდგრადი ქსელებისთვის (DTNs). მათ შემოთავაზებულ სქემა კიდევ უფრო გახანგრძლივდა, რომელიც ადარებდა მათ მიერ შემოთავაზებულ მოდელის შედარებას სხვა კარგად ცნობილ და ფართოდ გამოყენებულ რეპუტაციით მართვად ტექნიკას. აქ არის პაკეტის მიწოდების მაჩვენებელი საინფორმაციო ქსელისთვის, სადაც თანდათან იზრდება თვითნებური ან ყალბი კვანძების რაოდენობა, ქსელში რეპუტაციის მოდელით ან მის გარეშე. მე-6 სურათზე ნაჩვენები ქსელის დიზაინის გაანალიზებისას ნაჩვენები იყო, რომ ქსელში თვითნებური კვანძების თანდათანობითმა ზრდამ გამოიწვია ის, რომ პაკეტის მიწოდების კოეფიციენტი შემცირდა. როგორც ნახაზი 6-ზეა ნაჩვენები, თვითნებური კვანძები არ მონაწილეობენ მარშრუტიზაციის გამოვლენის პროცესში (და თამამად შეიძლება ითქვას რომ არც უნდა მონაწილეობდნენ), რაც გამორიცხავს მათ არსებობას პაკეტებში, რომლებიც მონაწილეობენ ინფორმაციის გაგზავნაში ქსელის სხვა კვანძებისთვის. შესაბამისად, კარგ კვანძებზე მოთხოვნა პაკეტების სხვა კვანძებზე გადასატანად მნიშვნელოვნად გაიზრდება, ამიტომ კარგი

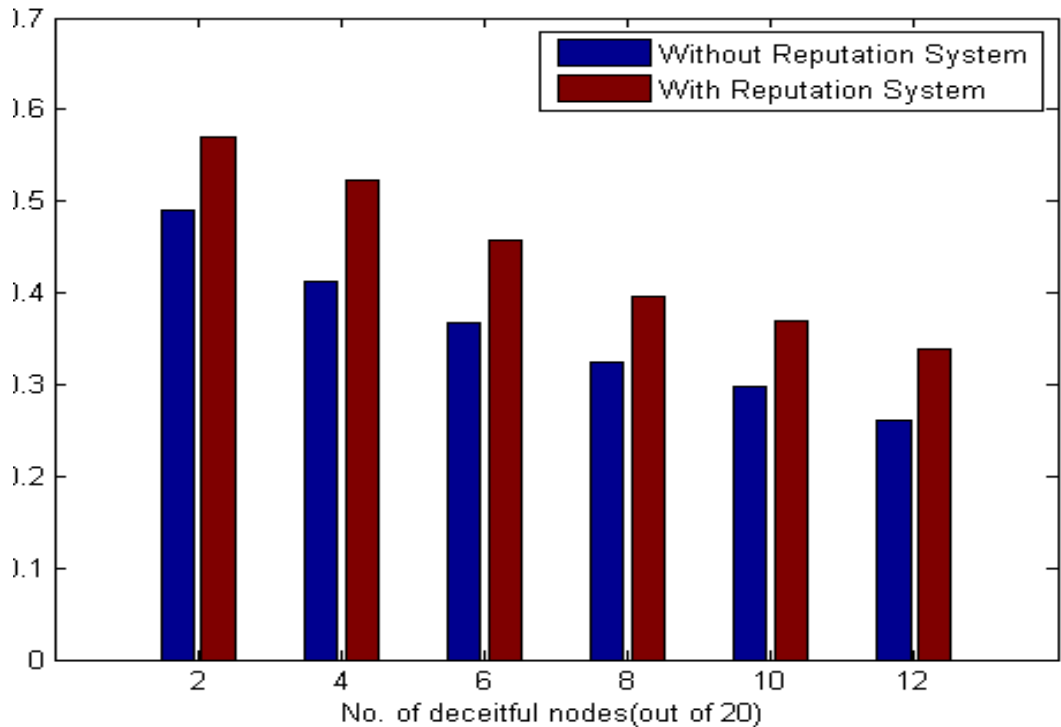
კვანძები დიდწილად იქნება დამოკიდებული მოთხოვნილ დანიშნულებამდე მონაცემების დროულ მიწოდებაზე. ეს არის მრავალი ამოცანის ჩამონათვალი, რომელიც კარგ ინტერნეტ კვანძებს შეუძლიათ შესთავაზონ. ამრიგად, არსებობს ნებისმიერი პაკეტის დაკარგვის ალბათობა, ასევე იზრდება მათი შეჯახების ალბათობა, რამაც შესაძლოა გამოიწვიოს ამანათის მიტანის ტარიფის შემდგომი შემცირება. ქსელზე დაფუძნებული რეპუტაციის მოდელის მიერ დაფიქსირებული პაკეტის მიწოდების სიჩქარის უმნიშვნელო გაუმჯობესება არის დასჯის მოდულის დამსახურება, რომელიც ამცირებს და გამოყოფს აღმოჩენილ თვითნებურ კვანძებს. ეს არის გარანტია, რომ მხოლოდ სანდო კვანძები (კარგი კვანძები) გამოიყენებენ ქსელის რესურსებს პაკეტების საჭირო მიმართულებით მიწოდებისთვის.



სურათი 9 მონაცემთა მიწოდების ნიშნული, ქსელებისთვის რომლებიც იყენებენ თვითნებური კვანძების შედარებით მაღალ ოდენობას

ანალოგიურად სურათი 1.9 გვიჩვენებს, რომ როდესაც შეინიშნება ცრუ კვანძების რაოდენობის ზრდა (2, 4, 6, 8, . . . 12), ქსელში პაკეტის მიწოდების კოეფიციენტი საპირისპიროდ იწყებს კლებას. ეს მოსალოდნელი იყო კარგი

კვანძების მცირე რაოდენობის გამო, რომლებიც ახორციელებენ პაკეტების გადამისამართებას და ასევე ცრუ კვანძების მიერ მეტი მონაცემთა პაკეტის შემცირებიდან გამომდინარე.



სურათი 10 ინფორმაციის გაცვლისა და მიწოდების კოეფიციენტი ქსელებისთვის, გაზრდილია კვანძების რაოდენობა

1 სურათი 1. 10 ასევე აჩვენებს, რომ ქსელის მოდელის გამოყენებამ გააუმჯობესა პაკეტების მიწოდების სიჩქარე ქსელში. პირველი ადგილის მიწოდების კოეფიციენტების ქსელი გამოწვეული იყო ცრუ კვანძების ზრდით და რეპუტაციის მოდელის მქონე ქსელმა აჩვენა გაუმჯობესება ყველა კოეფიციენტში, ზოგიერთ შემთხვევაში 15% -20%. შეკავების მოდელის გამოყენებით ჩაწერილი პაკეტების მიწოდების სიჩქარის გაუმჯობესებამ გამოიწვია შეზღუდული რესურსების ხელმისაწვდომობის უარყოფა, რის შედეგადაც გაიზარდა მიღებული მონაცემთა პაკეტების რაოდენობა. გარდა ამისა, პაკეტის მიწოდების სიჩქარე შეიძლება გაუმჯობესდეს ქსელში პაკეტების შეჯახების შედეგად, რაც ზღუდავს კარგი კვანძების დამუშავების უნარს.

მიმოხილვის შედეგად შეგვიძლია ვთქვათ რომ სამხედრო კომუნიკაციაში მნიშვნელოვანი ასპექტია უკაბელო, მობილური კომუნიკაციის ფორმა. იგი არის ინფორმაციის გადაცემის სწრაფი მეთოდი, რომელსაც მეცნიერები დღითიდღე აუმჯობესებენ და სრულყოფენ. მოცემული დიაგრამები გვიჩვენებს ქსელში თვითნებური და ცრუ კვანძების რაოდენობის გაზრდის ეფექტს, და ასევე თუ როგორ შეიძლება შემცირდეს ზემოაღნიშნული კვანძების უარყოფითი გავლენა კომპიუტერულ ქსელზე.

თავი II - ძირითადი ნაწილი

2.1 მარშრუტიზაციის ალგორითმი MANET-ში

როგორც უკვე აღვნიშნეთ მობილური მიზნობრივი ქსელი არის უკაბელო კვანძების მარშრუტიზატორებისა და ჰოსტების კოლექცია, რომლებიც ქმნიან დროებით ქსელს რაიმე ცენტრალიზებული წვდომის წერტილის, ინფრასტრუქტურის ან ცენტრალიზებული ადმინისტრაციის გამოყენების გარეშე. MANET-ები დიდ ინტერესს იწვევს დინამიური ტოპოლოგიისა და დეცენტრალიზებული ადმინისტრაციის გამო. არსებობს სხვადასხვა ასპექტები, რომლებიც მიღებულია კვლევისთვის, როგორცაა მარშრუტიზაცია, სინქრონიზაცია, ენერჯის მოხმარება, გამტარუნარიანობის მოსაზრებები და ა.შ. ეს ნაშრომი კონცენტრირებულია მარშრუტიზაციის ალგორითმზე, რომელიც ყველაზე რთული საკითხია ad hoc ქსელის დინამიური ტოპოლოგიის გამო. მარშრუტიზაცია მნიშვნელოვანი საკითხია მობილურ ad hoc ქსელში, რადგან ის ნაკლებად ინფრასტრუქტურაა. მობილური ad hoc ქსელში კვანძი მოქმედებს როგორც ჰოსტი და როუტერი. არსებობს MANET-ებისთვის შემოთავაზებული მარშრუტიზაციის სხვადასხვა ალგორითმები, რაც საკმაოდ ართულებს იმის დადგენას, თუ რომელი პროტოკოლი არის შესაფერისი სხვადასხვა ქსელის პირობებისთვის, რომლებიც შემოთავაზებულია მათი მომსახურების ხარისხის მიხედვით. ამ ნაშრომში ხდება მარშრუტიზაციის ალგორითმის გამოკვლევა.

მანეტის მარშრუტიზაციის ალგორითმების ტიპები შეიძლება კლასიფიცირდეს შემდეგნაირად:

1. მარშრუტიზაციის ცხრილებში გამოყენებული ინფორმაციის საფუძველზე:

ა. უმოკლესი დისტანციის ალგორითმები, არიან ალგორითმები, რომლებიც იყენებენ მანძილის ინფორმაციას მარშრუტიზაციის ცხრილების შესაქმნელად.

ბ. კავშირის მდგომარეობის ალგორითმები, არიან ალგორითმები, რომლებიც იყენებენ კავშირის ინფორმაციას რომ შექმნან ტოპოლოგიის დიაგრამა და შემდეგ ააგოს მარშრუტიზაციის ცხრილები.

2. იმის მიხედვით, თუ როდის არის აგებული მარშრუტიზაციის ცხრილები:

ა. პროაქტიული ალგორითმები არიან ალგორითმები, რომლებიც ინარჩუნებენ დანიშნულების მარშრუტებს მაშინაც კი, თუ ისინი არ არის საჭირო კონკრეტული მომენტისთვის.

ბ. რეაქტიული ალგორითმები არიან ალგორითმები, რომლებიც მხოლოდ მაშინ ინარჩუნებენ დანიშნულების მარშრუტებს თუ ისინი არიან საჭირონი კონკრეტული მომენტისთვის.

გ. ჰიბრიდული ალგორითმები არიან ალგორითმები, რომლებიც ინარჩუნებენ მარშრუტებს ახლომდებარე კვანძებისკენ, მაშინაც კი, თუ ისინი არ არის საჭირო, ხოლო შორეული კვანძებისთვის მხოლოდ საჭიროების შემთხვევაში.

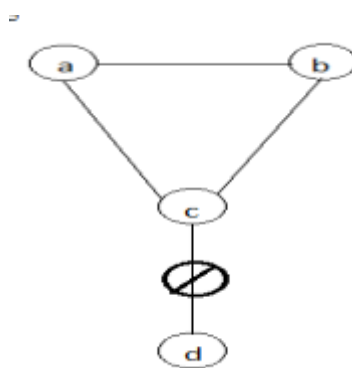
პროაქტიული ალგორითმი ასევე ცნობილია როგორც დროზე ორიენტირებული მარშრუტის ალგორითმი, სავარჯიშო მარშრუტები ფონზე, ტრაფიკის მოთხოვნებისგან დამოუკიდებლად. თითოეული კვანძი იყენებს მარშრუტიზაციის ინფორმაციას ქსელში სხვა კვანძების მდებარეობის ინფორმაციის შესანახად და შემდეგ ეს ინფორმაცია გამოიყენება ქსელის სხვადასხვა კვანძებს შორის მონაცემების გადასატანად.

პროაქტიული მარშრუტიზაციის ალგორითმების უკეთ გასაგებად და არსაქმელად შეიძლება მოვიყვანოთ მაგალითები და მოვახდინოთ მათ ჩამოთვლა:

1. დანიშნულების თანმიმდევრული მანძილის ვექტორი (DSDV) პროცედურა თითოეული კვანძი ინახავს ცხრილს, სადაც შესაძლებელია ჩანაწერი დანიშნულება [46]. თითოეული ჩანაწერი მიუთითებს:

1. დანიშნულების იდენტიფიკატორი.
2. შემდეგი გადახტომა მარშრუტზე დანიშნულების ადგილი.
3. მანძილი (ხტუნვის თვალსაზრისით) დანიშნულების ადგილამდე.
4. რიგითი ნომერი, რომელიც განსაზღვრავს როგორ მარშრუტი ახალია.

კვანძები ცვლიან თავიანთ მარშრუტულ ცხრილებს თავიანთ მეზობლებთან პერიოდულად. მიღებულ ცხრილებზე დაყრდნობით კვანძები განაახლებს საკუთარ მარშრუტიზაციის ცხრილებს.



სურათი 11 დანიშნულების თანმიმდევრული მანძილის ვექტორი (DSDV)

აღნიშნულ ალგორითმს გააჩნია შემდეგი ნაკლოვანებები:

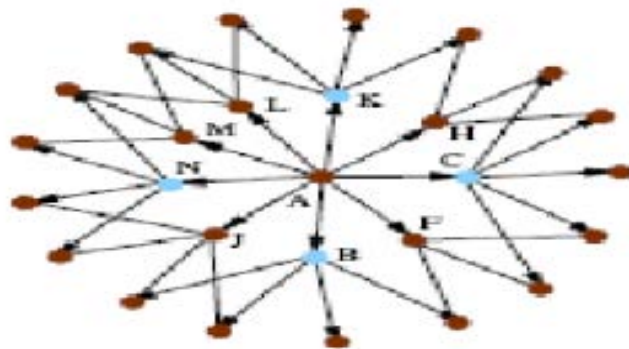
1. დიდი მარშრუტი ოვერჰედის.
2. იყენებს მხოლოდ ორმხრივ ბმულებს.

3. აწუხებს თვლიდან უსასრულობამდე პრობლემა.

OLSR არის ოპტიმიზებული ბმული მდგომარეობის მარშრუტიზაცია, ანუ მოდულური პროაქტიული ჰოპ მარშრუტიზაციის პროტოკოლი. ის უზრუნველყოფს მაგიდაზე ორიენტირებული მიდგომის დანიშნულების ბაზის ახალ გზას. ეს არის სუფთა ბმული მდგომარეობის ალგორითმის ოპტიმიზაცია ad hoc ქსელში [23]. მარშრუტები ყოველთვის ხელმისაწვდომია, როცა საჭიროა, მისი პროაქტიული ხასიათის გამო. საკვანძო პროტოკოლის კონცეფცია არის "მრავალწერტიანი რელეების" (MPR) გამოყენება. თითოეული კვანძი ირჩევს თავისი მეზობელი კვანძების კომპლექტს MPR-ად.

1. ყოველი კვანძი ქმნის თავისი ერთი ჰოპ მეზობლის სიას.
2. მეზობელი კვანძი ცვლის მათ სიებს ერთმანეთთან.
3. მიღებული სიების საფუძველზე თითოეული კვანძი ქმნის თავის MPR-ს.
4. MRP-ის წევრები არიან ერთადერთი კვანძები, რომლებსაც შეუძლიათ ბმულის მდგომარეობის ხელახალი გადაცემა ე.წ. წყალდიდობის შეზღუდვის მცდელობაში.

ქვემოთ მოცემულ სურათზე გამოსახულია MPR კვანძი, თუ როგორ არის განაწილებული დარჩენილი კვანძები მის მიმართწევრები. უკვე აღვნიშნეთ, რომ MRP-ის წევრები არიან ერთადერთი კვანძები, რომლებსაც შეუძლიათ ბმულის მდგომარეობის ხელახალი გადაცემა ე.წ. წყალდიდობის შეზღუდვის მცდელობაში.



სურათი 12 MPR კვანძი

რეაქტიული მარშრუტიზაციის ალგორითმი რეაქტიული პროტოკოლები, რომლებიც ასევე ცნობილია როგორც მოთხოვნილ მარშრუტიზაციის პროტოკოლები, ადგენენ მარშრუტებს კვანძებს შორის მხოლოდ მაშინ, როდესაც მათ მოეთხოვებათ მონაცემთა პაკეტების მარშრუტირება[23]. ქსელში ყველა შესაძლო მარშრუტის განახლება არ ხდება, სამაგიეროდ, ის ყურადღებას ამახვილებს მარშრუტებზე, რომლებიც გამოიყენება ან დაყენებულია. როდესაც მარშრუტი მოითხოვს წყაროს კვანძს დანიშნულების ადგილამდე, რომლისთვისაც მას არ აქვს მარშრუტის ინფორმაცია, ის იწყებს მარშრუტის აღმოჩენის პროცესს, რომელიც გადადის ერთი კვანძიდან მეორეში, სანამ არ მივა დანიშნულების ადგილზე, ან შუალედურ კვანძს აქვს მარშრუტი. დანიშნულების ადგილამდე.

რეაქტიული ალგორითმის მაგალითი შეიძლება იყოს შემდეგი დასახელების საკითხები - AD HOC მოთხოვნაზე მანძილის ვექტორი (AODV) AODV-ის ფილოსოფია, ისევე როგორც ყველა რეაქტიული პროტოკოლი, არის რომ ტოპოლოგიის ინფორმაცია მხოლოდ კვანძებით გადაიცემა მოთხოვნით [25]. როდესაც კვანძს სურს გადაცემა ტრაფიკი მასპინძელამდე, რომლის მარშრუტიც მას არ აქვს, ის წარმოქმნის მარშრუტის მოთხოვნის (RREQ) შეტყობინება, რომელიც დაიტბორება შეზღუდული გზა სხვა კვანძებისკენ. ეს იწვევს მოძრაობის კონტროლს ზედნადები იყოს დინამიური და ეს გამოიწვევს საწყისს შეფერხება ასეთი კომუნიკაციის დაწყებისას.

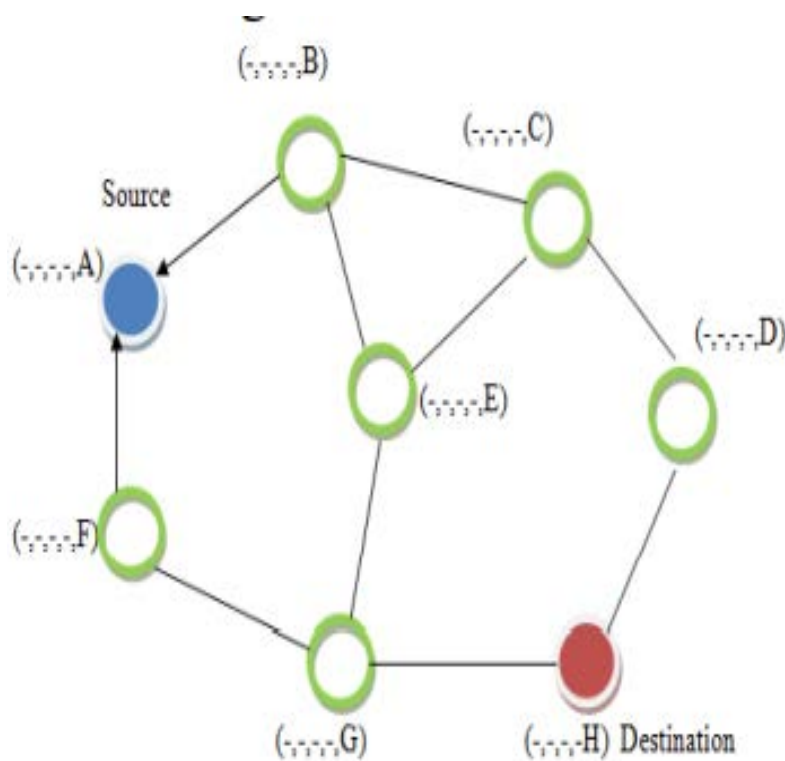
AODV განსაზღვრავს სამი ტიპის საკონტროლო შეტყობინებებს მარშრუტისთვის მოვლა:

1. RREQ - მარშრუტის მოთხოვნის შეტყობინება გადაიცემა აკვანძი, რომელიც საჭიროებს მარშრუტს კვანძისკენ. როგორც ოპტიმიზაცია AODV იყენებს გაფართოების რგოლის ტექნიკას დატბორვისას ეს შეტყობინებები. ყოველი RREQ ატარებს დროს ცხოვრებას(TTL) მნიშვნელობა, რომელიც ასახელებს ამ გზავნილის რამდენი ჰოპის რაოდენობას უნდა გადაეგზავნოს. ეს მნიშვნელობა დაყენებულია წინასწარ

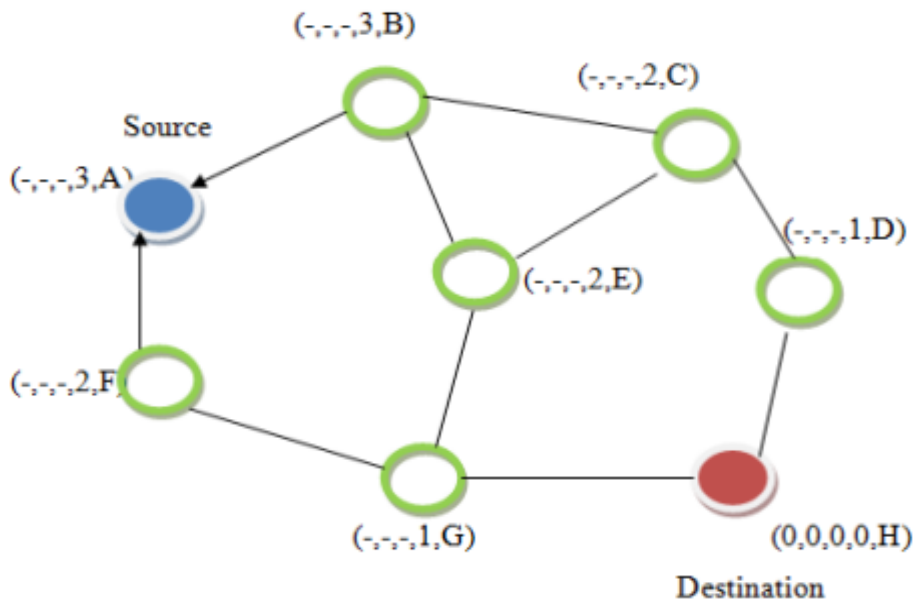
განსაზღვრულზე ღირებულება პირველი გადაცემისას და გაიზარდა ხელახალი გადაცემები. ხელახალი გადაცემა ხდება, თუ პასუხი არ არის მიღებული. მონაცემთა პაკეტები, რომლებიც ელოდება გადაცემას ლოკალურად ბუფერული და გადაცემული FIFO-ს მიერ ძირითადი მარშრუტის დადგენისას. RREP - მარშრუტის საპასუხო შეტყობინება უბრუნდება RREQ-ის დამფუძნებელს, თუ მიმღები არის ან კვანძი, რომელიც იყენებს მოთხოვნილ მისამართს, ან მას აქვს სწორი მარშრუტი მოთხოვნილ მისამართამდე. მიზეზი, რის გამოც შესაძლებელია შეტყობინების უკან დაბრუნება, არის ის, რომ RREQ-ის გადამისამართების ყველა მარშრუტი ინახავს მარშრუტს უკან დამწყებამდე. iii. RERR – კვანძები მონიტორინგს უწევენ შემდეგი ჰოპების სტატუსს აქტიურ მარშრუტებში. როდესაც აქტიურ მარშრუტზე ბმული გატეხილია გამოვლენილი, RERR შეტყობინება გამოიყენება დანაკარგის ბმულის შესახებ სხვა კვანძების გასაცნობად. ამ ანგარიშგების მექანიზმის გასააქტიურებლად, თითოეული კვანძი ინახავს „წინამორბედების სიას“, რომელიც შეიცავს IP მისამართს თითოეული მეზობლისთვის, რომლებიც, სავარაუდოდ, გამოიყენებენ მას, როგორც მომდევნო სვლას თითოეული დანიშნულების მიმართულებით.

დროებით მოწესრიგებული მარშრუტიზაციის ალგორითმი (TORA) TORA არის მარშრუტიზაციის ალგორითმი და ძირითადად გამოიყენება MANET-ებში მასშტაბურობის გასაუმჯობესებლად [69]. TORA არის ადაპტური მარშრუტიზაციის პროტოკოლი. ამიტომ იგი გამოიყენება მრავალ ჰოპ ქსელებში. დაყენებულია დანიშნულების კვანძი და წყაროს კვანძი. TORA ადგენს მასშტაბურ მარშრუტებს წყაროსა და დანიშნულების ადგილს შორის დანიშნულების კვანძში ჩაშენებული მიმართული აციკლური გრაფიკის (DAG) გამოყენებით. ეს ალგორითმი არ იყენებს უმოკლესი გზის თეორიას, იგი ითვლება მეორად. TORA აშენებს ოპტიმიზებულ მარშრუტებს ოთხი შეტყობინების გამოყენებით. ის იწყება შეკითხვის შეტყობინებით, რასაც მოჰყვება განახლების შეტყობინება, შემდეგ გასუფთავებული შეტყობინება და ბოლოს ოპტიმიზაციის

შეტყობინება. 4-ში კვანძი A არის წყარო და კვანძი H არის დანიშნულება. კვანძი a ავრცელებს მოთხოვნის შეტყობინებას ქსელში. დანიშნულების ადგილის მხოლოდ ერთი ჰოპ მეზობლები პასუხობენ შეკითხვას. როდესაც მოთხოვნა მიაღწევს კვანძს დანიშნულების შესახებ ინფორმაციის შესახებ, ეს კვანძი აგზავნის განახლებას. ამ შემთხვევაში, კვანძი D და კვანძი G დანიშნულების ადგილიდან ერთი ჰოპით არის დაშორებული. ამიტომ, ისინი გაავრცელებენ განახლებებს, როგორც ნაჩვენებია სურათი 13 -ში.



სურათი 13 მარშრუტის აღმოჩენა TORA-ში QRY შეტყობინება



სურათი 14 მარშრუტის აღმოჩენა TORA-ში შეტყობინების განახლება

2.2 დისტანციურად კონტროლირებადი მოწყობილობების გამოყენების სპეციფიკა

ფართოდ გავრცელებული შეხედულების მიხედვით დისტანციურად კონტროლირებადი მოწყობილობები - დრონები აღიქმება როგორც მოწყობილობები, რომლებიც შთამბეჭდავი ფოტო თუ ვიდეო კადრების გადასაღებად იგზავნება ცაში. საჰაერო ფოტოსურათები და მაღალი ხარისხის ვიდეოჩანაწერები გასაოცარ შთაბეჭდილებას ახდენენ მნახველსა და მომხმარებელზე. მიუხედავად იმისა, რომ ისინი ხშირად გამოიყენება გასართობად, ასევე დრონები არიან სერიოზული ბიზნეს პროექტებისა თუ სხვადასხვა მნიშვნელოვანი საქმიანობის ნაწილი. ბიზნეს ინდუსტრიაში დრონების როლის მნიშვნელოვანი ზრდის გამო, არსებობს მოსაზრებები რომელთა მიხედვითაც მოსალოდნელია ექსპონენციალური ზრდა მათი გამოყენების სფეროსა და საქმეში ჩართულობის მიხედვით. როგორც მაჩვენებლები გადმოგვცემენ, ეს განვითარებადი ტექნოლოგიების განსაკუთრებით მიმზიდველი ასპექტია. დრონის ფოტო და ვიდეო შესაძლებლობები ფართოდ გამოიყენება მედიაში, გასართობ და საზოგადოებაში და კერძო უსაფრთხოების სექტორები; პროგრამები

ბევრად უფრო ფართოა, როდესაც სენსორებით აღჭურვილი თვითმფრინავები კომბინირებულია მონაცემთა ანალიზთან და მანქანურ სწავლებასთან, რათა გამოიყენონ დიდი რაოდენობით ინფორმაციული დრონების უზრუნველყოფა. ეს კომბინაცია ქმნის თვითმფრინავების გამოყენებას ისეთი ინდუსტრიებისთვის, როგორცაა ენერჯის წარმოება, კომუნალური მომსახურება, ლოგისტიკა და სოფლის მეურნეობა, რაც საშუალებას იძლევა მონაცემების აღება და ანალიზი გზით განხორციელდეს ისეთი ამოცანები, რომლებიც ადრე რთული ან შეუძლებელი იყო.

2.2.1. დისტანციურად კონტროლირებადი საფრენი მოწყობილობების ტიპები

უპილოტო საფრენი აპარატების ტექნოლოგიებში არსებული მიღწევები იძლევა ასიმეტრიული მიდგომების გამოყენების შესაძლებლობას თავდასხმების, ინფორმაციის შეგროვებისა და საფრთხის შემცველი ღონისძიებების დაწყების მიზნით. ამიტომ ხელახლა უნდა გადავხედოთ ინფორმაციას მოწინააღმდეგის ტაქტიკის შესახებ, რომელიც ეხება დაბალ სიმაღლეზე, ნელი სიჩქარით მოძრავი და მცირე ზომის უპილოტო საფრენი აპარატის გამოყენებას. ეს პრობლემა შეიძლება გაღრმავდეს იმ შემთხვევაში, თუ უპილოტო საფრენი ტექნოლოგიები გაიფადა, გახდა მეტად ხელმისაწვდომი და ადაპტირებადი. მოწინააღმდეგის მიერ უპილოტო საფრენი აპარატის მასიურმა გამოყენებამ შეიძლება სერიოზული ზეგავლენა მოახდინოს მანევრის ძალებზე.

მცირე ზომის ქვედანაყოფებმა, რომლებიც მოქმედებენ საბრძოლო რაიონში ან მის გარშემო, უნდა გაითვალისწინონ, რომ მათ შეიძლება უთვალთვალებდეს მოწინააღმდეგე და არ გააჩნდეთ საჰაერო და სარაკეტო თავდაცვის ქვედანაყოფების მხარდაჭერა საკუთარი ძალების ოპერაციების რაიონში შეღწევის საწყის ეტაპზე შესაძლებელია უფრო

დიდი ზომის მოწინააღმდეგის საჭაერო ძალების (შვეულმფრენები და თვითმფრინავები, ბალისტიკური და ფრთოსანი რაკეტები, მე-4 და მე-5 ჯგუფების უპილოტო საფრენი აპარატები) აღმოჩენა, დადგენა, დამუშავება და განადგურება. იმის გათვალისწინებით, რომ ყველა საჭაერო საფრთხე არ მოითხოვს საჭაერო და სარაკეტო თავდაცვის ქვედანაყოფის მიერ აქტიური საჭაერო თავდაცვის ზომების გატარებას, აუცილებელია ყველა კლასის უპილოტო საფრენი აპარატის გამოვლენა (დადგენა, იდენტიფიკაცია და გასანადგურებლად მზადყოფნა). თანამედროვე სენსორები, როგორებიცაა: სხვადასხვა შორ და ახლო მანძილზე მოქმედი რადიოლოკაციური სადგურები, ოპტიკური მოწყობილობები, უსადენო და ხმოვანი გამაფრთხილებელი სისტემები, აწყდება სირთულეს დაბალ სიმაღლეზე, ნელი სიჩქარით მოძრავი და მცირე ზომის უპილოტო საფრენი აპარატის დადგენისას (პირველი და მეორე ჯგუფი) ზემოქმედების შემცირების მიზნით.

დაბალ სიმაღლეზე, ნელი სიჩქარით მოძრავ და მცირე ზომის უცნობ უპილოტო საფრენ აპარატთან შეხება ყოველთვის არ ნიშნავს იმას, რომ ქვედანაყოფს ემუქრება საფრთხე ან მოსალოდნელია მასზე თავდასხმა. ახლომახლო ამოუცნობი მცირე ზომის უპილოტო საფრენი აპარატის აღმოჩენა, რომელიც გადაადგილდება დაბალ სიმაღლეზე და ნელი სიჩქარით, ქვედანაყოფს შეიძლება მიუთითებდეს მოსალოდნელ თავდასხმაზე. მოწინააღმდეგის მიერ თვალთვალისა და თავდასხმის ნიშნების აღმოჩენისას საერთო-საჯარისო ქვედანაყოფებმა სწრაფად და შესაბამისად უნდა იმოქმედონ (რეაგირება და მოხსენება). იმისდა მიხედვით, შესაძლებელია თუ არა საპასუხო მოქმედებების შესრულება, ქვედანაყოფმა უნდა მიიღონ პასიური საჭაერო თავდაცვის ზომები, რომლებიც მოიცავს კამუფლაჟს, დაფარვას, შენიღბვასა და გაძლიერებას ჯარისკაცებისა და აღჭურვილობის დაცვის მიზნით. დაბალ სიმაღლეზე, ნელი სიჩქარით მოძრავი და მცირე ზომის უპილოტო საფრენი აპარატის ჯგუფები უპილოტო საფრენი აპარატი კატეგორიების მიხედვით იყოფა

ჯგუფებად პირველიდან (მოიცავს მინი და მიკრო სისტემებს) მეხუთემდე (სტრატეგიული დონის საშუალებები). ჩვეულებრივ, ჯგუფები განისაზღვრება წონიდან, მოქმედების სიმალიდან და სიჩქარიდან გამომდინარე. რაც უფრო დიდია პლატფორმა, მით უფრო მრავალფეროვანია მისი შესაძლებლობები. ამ გამოცემაში ყურადღება გამახვილებულია დაბალ სიმაღლეზე, ნელი სიჩქარით მოძრავი და მცირე ზომის უპილოტო საფრენი აპარატის საფრთხის კატეგორიებზე.

უპილოტო საფრენი აპარატების ჯგუფები 1-დან 5-მდე (ყურადღება გამახვილებულია დაბალ სიმაღლეზე, ნელი სიჩქარით მოძრავ მცირე ზომის სისტემებზე)

ჯგუფი 1 - მიკრო/მინი - იწონის 20 გირვანქას ან ნაკლებს. მოქმედებს ხმელეთიდან 1200 ფუტამდე სიმაღლეზე 100 კვამზე დაბალი სიჩქარით.

ამ სისტემების გაშვება ხდება ხელით, როგორცაა Hobby ტიპის უპილოტო საფრენი აპარატები. ისინი უზრუნველყოფენ რეალურ დროში ვიდეო გამოსახულებასა და მართვას, თუმცა გააჩნიათ მცირე ზომის სასარგებლო ტვირთის გადატანის შესაძლებლობა. მოქმედებენ გამშვები პირის მხედველობის არეში.

ჯგუფი 2 – მცირე ზომის ტაქტიკური - იწონის 21-55 გირვანქას და ჩვეულებრივ, მოქმედებს ხმელეთიდან 3500 ფუტამდე სიმაღლეზე. 250 კვანძზე დაბალი სიჩქარით. მცირე ზომის კორპუსი, მცირე ამრეკლი ფართობი. მოქმედებს საშუალო მანძილზე და გამძლეა. საჭიროებს მხედველობის არესახმელეთო მართვის სადგურებთან დასაკავშირებლად.

ჯგუფი 3 - ტაქტიკური - იწონის 55 გირვანქაზე მეტს, თუმცა 1320-ზე ნაკლებს. ჩვეულებრივ, მოქმედებს ზღვის დონიდან 18000 ფუტ სიმაღლეზე, 250 კვანძზე დაბალი სიჩქარით.

პლატფორმების მოქმედების მანძილი და გამძლეობა მნიშვნელოვნად განსხვავდება ერთმანეთისგან. საჭიროებს უფრო დიდ ლოგისტიკური მომსახურების ზონას ვიდრე 1-ლი და მე-2 ჯგუფები.

ჯგუფი 4 - ხანგრძლივი - იწონის 1320ზე მეტ გირვანქას და ჩვეულებრივ, გადაადგილდება ხმელეთის ზედაპირიდან 18000 ფუტზე ნაკლები სიჩქარით.

შესაბამისად დიდი ზომის სისტემები მოქმედებენ საშუალოდან მაღალ სიმაღლეზე. ამ ჯგუფს გააჩნია მოქმედების უფრო დიდი მანძილი და უფრო დიდი გამძლეობა (შეიძლება საჭიროებდეს მანძილს გაშვებისთვის ან აღდგენისთვის).

ჯგუფი 5 - შემღწევი - იწონის 1320ზე მეტ გირვანქას და ჩვეულებრივ, გადაადგილდება ხმელეთის ზედაპირიდან 18000 ფუტზე მეტ სიმაღლეზე ნებისმიერი სიჩქარით.

მოქმედებს საშუალოდან მაღალ სიმაღლეზე, შეუძლია მოქმედება უფრო დიდ დისტანციაზე, გააჩნია უკეთესი გამძლეობა და ფრენის სიჩქარე. საჭიროებს დიდ ტერიტორიას ლოგისტიკური უზრუნველყოფისთვის ისევე, როგორც მართვადი საფრენი აპარატებისთვის უპილოტო საფრენი აპარატის 1-ლი და მე-2 ჯგუფი ბრძოლის ველზე არის დიდი რაოდენობით და რთულად აღმოსაჩენია. ისინი წარმოადგენენ ერთ-ერთ მნიშვნელოვან საფრთხეს საკუთარი თავდაცვის ძალებისთვის არაპირდაპირი ცეცხლის შესაძლებლობებთან ინტეგრირების შემთხვევაში. დაბალ სიმაღლეზე, ნელი სიჩქარით მოძრავი და მცირე ზომის უპილოტო საფრენი აპარატის ტექნოლოგიური წინსვლა, ადვილად მისაწვდომობა და ეკონომიკური მიზანშეწონილობა აქცევს მათ ინტერესის რაიონად პოტენციური მოწინააღმდეგეებისათვის. საფრთხის შესახებ დაგეგმვისას უპილოტო საფრენმა აპარატებმა უნდა გაითვალისწინონ, რომ ყველა უპილოტო საფრენი აპარატის პლატფორმა შეიძლება აღჭურვილი იყოს შესაძლებლობების კომპლექტით. ამაში შეიძლება მოიაზრობოდეს სადაზვერვო, სათვალთვალო, რეკოგნოსცირებისა

და მიზანზე ზემოქმედების შესაძლებლობები. უპილოტო საფრენი აპარატების ტვირთამწეობამ/საბრძოლო მუხტმა შეიძლება გამოიყენოს რაიმე ფორმის ელექტრო-ოპტიკური ან ინფრაწითელი ოპტიკური, სარადარო, კავშირგაბმულობით დაზვერვა ან ლაზერული მიზანმიმართვის მხარდაჭერით მიწოდება, ელექტრონული ომის წარმოება, `ჰაერი-ხმელეთი` კლასის იარაღი ან ერთმხრივი ლეტალური ტვირთამწეობა/საბრძოლო მუხტი.

ტექნოლოგიური წინსვლა და ინოვაციები დაბალ სიმაღლეზე, ნელი სიჩქარით მოძრავი და მცირე ზომის უპილოტო საფრენი აპარატის განვითარების პროცესში უფრო მცირე 1-ლი ჯგუფის უპილოტო საფრენ აპარატებს ყოფს ორ ქვეკატეგორიად – მიკრო და მინი. ეს ჯგუფი შედგება კომერციულად ხელმისაწვდომი რადიო კონტროლირებადი პლატფორმებისგან. სტრუქტურის, მოქმედების მანძილის, ღირებულებისა და მოქმედების მიხედვით ეს მინი და მაკრო უპილოტო საფრენი აპარატების მუშაობა შესაძლებელია `გაუშვი და დაივიწყე` ტაქტიკის გამოყენებით. ეს ტაქტიკა საშუალებას იძლევა, რომ ერთმა ოპერატორმა ჩაატაროს შეზღუდული რეკოგნოსცირების, სათვალთვალო და სადაზვერვო ინფორმაციის შეგროვების ოპერაციები. იმის გათვალისწინებით, რომ 1-ლი ჯგუფის უპილოტო საფრენი აპარატები კონსტრუირებულია მცირე კორპუსის გამოყენებით და აქვს შეზღუდული მოქმედების მანძილი, უნდა ვივარაუდოთ, რომ მათი შესაძლებლობების კომპლექტი შეიძლება შემოიფარგლოს ვიდეო ან ფოტოგამოსახულების ოპტიკის საშუალებებით. ამ პლატფორმისთვის იარაღის დამატება, მართალია, შეუძლებელი არ არის, მაგრამ მოწინააღმდეგეზე არ ახდენს ზეგავლენას ან ახდენს შეზღუდულ გავლენას. უპილოტო საფრენი აპარატების საწინააღმდეგო მოქმედებების დამგეგმავებმა მხედველობაში უნდა მიიღონ, რომ ეს ჯგუფი ორიენტირებულია რეკოგნოსცირების, სათვალთვალო და სადაზვერვო მონაცემების შეგროვების დავალებებზე.

მე-2 და მე-3 ჯგუფის დაბალ სიმაღლეზე, ნელი სიჩქარით მოძრავი და მცირე ზომის უპილოტო საფრენი აპარატები, მიუხედავად იმისა, რომ ოდნავ დიდია 1-ლი ჯგუფის ვერსიებზე, კონსტრუირებულია მცირე ზომის, მსუბუქქონიანი საფრენი აპარატის კორპუსის მიხედვით. მე-2 და მე-3 ჯგუფის კონსტრუირების შეზღუდვების გაგება დაეხმარება უპილოტო საფრენი აპარატის საწინააღმდეგო მოქმედების დამგეგმავებს იმის გაგებაში, რომ მათი ზომის, მოქმედების მანძილისა და ტვირთამწეობის გამო შესაძლებლობების კომპლექტი, უპირველეს ყოვლისა, შეიძლება ფოკუსირებული იყოს რეკონოსცირების, თვალთვალისა და დაზვერვის მონაცემთა შეგროვების ოპერაციებზე. მე-2 და მე-3 ჯგუფის დაბალ სიმაღლეზე, ნელი სიჩქარით მოძრავ და მცირე ზომის უპილოტო საფრენ აპარატებს ექნება გავრცელების დაბალი ეფექტურობის ზედაპირი, რომელიც ხელს უწყობს ამ პლატფორმას გვერდის ავლის, საკუთარი ძალების ადრეული გაფრთხილებისა და აღმოჩენის შესაძლებლობებთან ერთად. მათი ზომისა და ლოგისტიკური ნაკვალევის გამო, მე-2 და მე-3 ჯგუფები შეიძლება გაშვებული იყოს ხელოვნური მყარი ზედაპირის მქონე რაიონიდან ოპერაციაში ჩართული მცირე რაოდენობის პირადი შემადგენლობით.

უპილოტო საფრენი აპარატის საწინააღმდეგო მოქმედების დაგეგმვის პროცესში შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ მე-2 და მე-3 ჯგუფების ორიენტირი იქნება რეკონოსცირების, სათვალთვალო და სადაზვერვო მონაცემების შეგროვების ოპერაციები. ნებისმიერ ამ პლატფორმაზე იარაღის დამატების საფრთხე გასათვალისწინებელი ფაქტორია უპილოტო საფრენის აპარატების საწინააღმდეგო მოქმედების დაგეგმვის პროცესში.

მე-4 ჯგუფის უპილოტო საფრენ აპარატებს აქვს უფრო დიდი ნაკვალევი და საჭიროებს მეტ ლოგისტიკურ მხარდაჭერას. ეს აპარატები საჭიროებს ასაფრენ-დასაჯდომ ზოლს გასაშვებად და დასაბრუნებლად, ისევე როგორც პილოტიანი საფრენი აპარატები. მე-4 ჯგუფის აპარატები არის უფრო დიდი, მოქმედებს გაცილებით მაღალ სიმაღლეზე და აქვს

მოქმედების გაზრდილი მანძილი მე-3 ჯგუფთან შედარებით. მე-4 ჯგუფის აპარატები ითვლება უპილოტო საფრენი აპარატის პირველ ჯგუფად, რომელთა გამოყენებაც სტრატეგიულადაც შეიძლება და ტაქტიკურადაც. მე-4 ჯგუფისათვის უპილოტო საფრენი აპარატის საწინააღმდეგო დაგეგმვის ჩატარებისას გასათვალისწინებელი შესაძლებლობების კომპლექტი არის რეკოგნოსცირების, სათვალთვალო და სადაზვერვო მონაცემთა შეგროვებისა და `ჰაერი-ხმელეთი` კლასის შეიარაღების საბრძოლო მუხტი. მისი ზომისა და მოქმედების მანძილის გამო, მე-4 ჯგუფის უპილოტო საფრენ აპარატებს აქვს იმის პოტენციალი, რომ უზრუნველყონ საკმარისი განივი კვეთა და დრო სადგურებზე ადრეული გაფრთხილებისათვის, სარადრო სისტემების აღმოსაჩენად და საკუთარი ძალების უპილოტო საფრენი აპარატის საწინააღმდეგო საშუალებებისთვის ცეცხლის გასახსნელად.

მე-5 ჯგუფის უპილოტო საფრენი აპარატები არის სტრატეგიული დონის საშუალებები და ჯგუფებს შორის ყველაზე დიდი ზომის. უპილოტო საფრენი აპარატების ეს ჯგუფი საჭიროებს გაუმჯობესებულ ასაფრენ-დასაჯდომ ზოლს გაშვებისა და დაბრუნების ოპერაციებისთვის. უპილოტო საფრენი აპარატი

ფუნქციონირებს ხედვის ხაზის ან რეტრანსლაციის სისტემებით. მე-5 ჯგუფის უპილოტო საფრენი აპარატის საწინააღმდეგო მოქმედებების დაგეგმვისას გასათვალისწინებელია თუ რა ზომის დატვირთვას გაუძლებს ეს პლატფორმები. ამაში შეიძლება შედიოდეს ოპტიკური საშუალებების კომპლექტი, რომელიც

იძლევა მიზანზე ზემოქმედების შესაძლებლობას, ისევე როგორც შეიარაღებას დადგენილ მიზანზე დაუყოვნებელი ცეცხლის გახსნისთვის.

არსებული დრონების ძირითადი ტიპები, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ორ ძირითად და მნიშვნელოვანი ტექნიკურ მახასიათებელზეა დამოკიდებული და შესაბამისად ვიღებთ ორი ტიპის უპილოტო საფრენ აპარატს: ფიქსირებული ფრთის სისტემებით და მულტიროტორული

სისტემებით. არსებული საფრენი აპარატების უმეტესობა შეიძლება განისაზღვროს ამ ორი ტიპის მიხედვით. ფიქსირებული ფრთის სისტემები ანუ ფიქსირებული ფრთა არის ტერმინი, რომელიც ძირითადად გამოიყენება საავიაციო ინდუსტრიაში თვითმფრინავების განსაზღვრის მიზნით გამოიყენეთ ფიქსირებული, სტატიკური ფრთები წინსვლის სიჩქარის კომბინაციაში ლიფტის წარმოქმნისთვის. ამ ტიპის თვითმფრინავების მაგალითებია ტრადიციული თვითმფრინავები, ქაიტები, რომლებიც თან ერთვის ზედაპირზე და სხვადასხვა სახის პლანზე, როგორცაა ჩამოკიდებული პლანერები ან პარაპლანერები. მაგალითად, ფიქსირებული ფრთის დრონი ფართოდ არის გამოყენებული Raven, რომელზეც უფრო დეტალურად მოგვიანებით ვისაუბრებთ. მულტიტორული სისტემები მულტიტორული სისტემები როტორკრაფტის ქვეჯგუფია. ტერმინი Rotorcraft გამოიყენება ავიაცია თვითმფრინავების დასადგენად, რომლებიც იყენებენ მბრუნავ ფრთებს ლიფტის წარმოქმნისთვის. პოპულარული მაგალითი Rotorcraft არის ტრადიციული ვერტმფრენი. Rotorcraft– ს შეიძლება ჰქონდეს ერთი ან მრავალი როტორები. თვითმფრინავები მბრუნავი სისტემების გამოყენებით თითქმის ყოველთვის მრავლდებიან მცირე მბრუნავები, რომლებიც აუცილებელია მათი სტაბილურობისთვის, აქედან გამომდინარეობს მულტიტორული სახელი სისტემები ჩვეულებრივ, ეს თვითმფრინავები მინიმუმ ოთხ როტორს იყენებენ, რომ მათ ფრენა არ ჰქონდეთ. ამ მულტიტორული თვითმფრინავების პოპულარული მაგალითია ფართოდ გამოყენებული Phantom თვითმფრინავი დამზადებულია ჩინური კომპანიის DJI მიერ. მნიშვნელოვანია განსხვავება ფიქსირებული ფრენის დრონებსა და მულტიტორულ დრონებს შორის სხვადასხვა პროგრამებისთვის მომხმარებლებს სჭირდებათ დრონის გამოყენება. მაგალითად, მულტიტორულ დრონებს არ სჭირდებათ სადესანტო ზოლი, ნაკლებად იღებენ ხმაურს ვიდრე მათი ფიქსირებული ფრთა კოლეგებს და შეუძლიათ ჰაერში ტრიალი. ფიქსირებული ფრენის თვითმფრინავებს

უფრო სწრაფად შეუძლიათ ფრენა და შესაფერისად შორ მანძილზე, ვიდრე მათი მულტიმოტორული ანალოგებს. ეს მახასიათებლები განსაზღვრავს რომელი თვითმფრინავის ტიპებიდან გამოვიყენოთ კონკრეტული პროგრამა. სხვა სისტემები ზოგიერთ ტიპის თვითმფრინავს არ შეუძლია შეაფასოს, როგორც ფიქსირებული ფრთის ან მულტიმოტორული თვითმფრინავის. ზოგჯერ იმიტომ, რომ თვითმფრინავი არც ფიქსირებული ფრთაა და არც მულტიმოტორული, ზოგჯერ იმიტომ, რომ თვითმფრინავს ორივე ტიპის მახასიათებლები აქვს. ჰიბრიდული სისტემებია სისტემები, რომლებსაც აქვთ როგორც მულტიმოტორული, ისე ფიქსირებული ფრთის სისტემების მახასიათებლები. ჰიბრიდული კვადრაკოპი ასეთი თვითმფრინავის მაგალითია.

1. ეს თვითმფრინავი იყენებს მრავალ როტორს ვერტიკალურად ასაფრენად და დასაფრენად, მაგრამ აქვს ფრთებიც, რომ უფრო მეტ მანძილზე ფრენა შეძლოს. თვითმფრინავები, რომლებიც არც ფიქსირებული ფრთის და არც მულტიმოტორული სისტემაა, გაცილებით ნაკლებია. ასეთი თვითმფრინავის მაგალითია ორნიტოპტერი. ეს თვითმფრინავები მიბაძვით დაფრინავენ მწერების ან ფრინველების ფრთების მოძრაობები. ამ ორნიტოპტერების უმეტესობა მასშტაბურია ფრინველებზე ან მწერები, რომლებსაც ისინი წარმოადგენენ. ეს პატარა დრონები ძირითადად ჯერ კიდევ დამუშავების პროცესშია და პრაქტიკაში ფართოდ არ გამოიყენება. ორნიტოპტერების მაგალითებია Delfly Explorer.

2. მუშავდება დრონი, რომელიც საბოლოოდ აპირებს ბუზის წარმოდგენას ორივე ზომით და მოძრაობა. თვითმფრინავების კიდევ ერთი მაგალითია, რომლებიც არც ფიქსირებული და არც მულტიმოტორულია თვითმფრინავები რეაქტიული ძრავების გამოყენებით. T-Hawk თვითმფრინავი ასეთი თვითმფრინავის მაგალითია.

3. ეს თვითმფრინავი იყენებს ტურბო გულშემატკივარს, რაც თვითმფრინავს უფრო ჰგავს უპილოტო (ჰიდრო) რეაქტიული პაკეტი ვიდრე ფიქსირებული ფრთა ან მულტიმოტორი უფრო სრულყოფილი

სურათის შესაქმნელად, უპილოტო ბუმტები (მაგალითად შევსებული) ცხელი ჰაერი, ჰელიუმი ან წყალბადის) აქ ასევე არის ნახსენები. ამ ბუმტებს შეუძლიათ ფრენა შიგნით ჰაერის გათბობით. უპილოტო ბურთები განსაკუთრებული სახის უპილოტოა თვითმფრინავები, მაგრამ ისინი არ განიხილება, როგორც თვითმფრინავები. იგივე ეხება რაკეტებს. იმისათვის რომ უკეთ გაეცნოთ დრონებს, მნიშვნელოვანია მათი განსხვავებული განხილვა ტექნიკური მახასიათებლები ამ ნაწილში განხილულია ეს მახასიათებლები და, ამ ტექნოლოგიური მახასიათებლების ვიზუალიზაციის მიზნით, არსებული მაგალითები აღწერილია ამ მახასიათებლების თვითმფრინავები. ყველაზე თვალსაჩინო მახასიათებელია ის, რასაც თვითმფრინავის ტიპს დავარქმევთ. ეს ტერმინი გამოიყენება ფიქსირებული ფრთის სისტემებს შორის განსხვავების დასადგენად, მულტიტორული სისტემები და სხვა სისტემები. სხვა სისტემების მაგალითები ე.წ. ჰიბრიდული სისტემები, რომლებიც არიან მულტიმტორული და ფიქსირებული ფრთის სისტემები, ორნიტოპტერები. ტექნოლოგია, რომელიც გამოიყენებოდა თვითმფრინავის ფრენის შესანარჩუნებლად განსაზღვრავს თვითმფრინავის ტიპს. ეს მახასიათებელი ასევე განმსაზღვრელი ფაქტორია თვითმფრინავის ფორმა და სახე. მეორე მახასიათებელია თვითმფრინავის ავტონომიურობის დონე. ავტონომია შეიძლება განსხვავდებოდეს სრული ავტონომიური ოპერაციიდან სრულად აკონტროლებს დისტანციური მფრინავი. კიდევ ერთი საყურადღებო მახასიათებელია განსხვავება ზომა თვითმფრინავებს შორის. ზომა შეიძლება განსხვავდებოდეს დრონების ზომით მწერების ზომით თვითმფრინავებით კომერციული თვითმფრინავის ზომა. წონა ასევე მნიშვნელოვანი მახასიათებელია. თვითმფრინავების წონა შეიძლება შეიცვალოს რამდენიმე გრამიდან ასობით კილოგრამამდე. ფინალი ამ განყოფილებაში განხილული მახასიათებელი არის ენერჯის წყაროს განსხვავება. ენერჯის წყაროების მაგალითებია ბატარეის უჯრედები,

მზის ელემენტები და ტრადიციული თვითმფრინავი საწვავი. მახასიათებლების მნიშვნელობა მდგომარეობს იმაში, რომ თვითმფრინავების სხვადასხვა ანაზღაურება და მასთან დაკავშირებული პროგრამები დამოკიდებულია (მახასიათებლების მიხედვით) ამ მახასიათებლებზე. ასევე, თვითმფრინავების კლასიფიკაცია ხდება, როგორც წესი, აღნიშნული მახასიათებლების გამოყენებით. ასევე, თვითმფრინავების კლასიფიკაცია ხდება, როგორც წესი, აღნიშნული მახასიათებლების გამოყენებით.

2.2.3. დისტანციურად კონტროლირებადი საფრენი აპარატების პროგრამული უზრუნველყოფა

დრონის პროგრამა არის ერთგვარი ინსტრუქცია და ეუბნება საფრენ აპარატს თუ სად უნდა წავიდეს და რა უნდა გააკეთოს, A- და B- მდე ფრენის დროს. საფრენი აპარატის მოქმედების აღქმა და მასთან ურთიერთ კავშირი ხდება წინასწარ გაწერილი ალგორითმის შესაბამისად და მისი კომპონენტების დაკავშირება ჩატვირთული ინფორმაციის მიხედვით. დაინსტალირებული პროგრამა საფრენ აპარატში არის რთული და მუშაობს ფენის მსგავს სისტემაში. ფენები თავად იყოფა იარუსებად, რომლებიც სრულდება სხვადასხვა დროის სლოტებში. ფენები სწორად უნდა გაერთიანდეს გააკონტროლოს ფრენის სიხშირე, სიმაღლე და სხვა მნიშვნელოვანი ინფორმაცია. მრავალმა კვლევამ აჩვენა, რომ მნიშვნელობა არა აქვს თვითმფრინავებს განსხვავებული ენერგოეფექტურობა აქვთ თუ მისიის სირთულეები, მათ ყველას სჭირდებათ ეფექტური ოპერაციული კომპონენტები. მიღებული ინფორმაცია უნდა იყოს გაანალიზებული ფრენის დროსაც კი. ერთიანი კომპონენტის მისაღწევად კომუნიკაცია, ზოგადი არქიტექტურა უნდა იყოს დაპროექტებული და აწინაურებული. მხოლოდ საბორტო სისტემა არ არის საკმარისი: გარე middleware და პერაციული სისტემა აუცილებელია [ოთხოვნები firmware და middleware

არიან დროის მგრძობიარე Firmware მუშაობს მანქანის კოდიდან პროცესორამდე შემდეგ კი ეხსიერების წვდომაზე. Middleware ახორციელებს ფრენის კონტროლს, ნავიგაცია და ელექტრომუნიკაცია. ოპერაციული სისტემა აკონტროლებს ოპტიკას შემოვა და თავიდან ცილებს ჩარევას ერთდროული ლოკალიზაცია და რუკების შედგენა (SLAM) ეძებს ადაწყვეტილებებს და გადაწყვეტს შესაბამის მოქმედებას მიღებული ინფორმაციის შესახებ. საჭიროა დიდი ინტეგრაციის უნარი დააკმაყოფილოს სპეციფიკის მზარდი მოთხოვნა "თვითმფრინავების, როგორც მომსახურების" შეთავაზებები. ბელგია აქვს მნიშვნელოვანი ყოფნა ამ სფეროში, კარგი თანამშრომლობით მრეწველობა და კვლევა. უსაფრთხო პროგრამა კრიტიკულია სპეციფიკური პროგრამული უზრუნველყოფისთვის მოსალოდნელი ზრდის მართვა კომერციული თვითმფრინავების გამოყენებაა მოძრაობის ერთიანი მენეჯმენტი (UTM). UTM პლატფორმა აკავშირებს ხელისუფლებას მფრინავებთან ერთად თვითმფრინავების უსაფრთხოდ ინტეგრირებისთვის საჰაერო სივრცეში. ხელისუფლებას შეუძლია ვიზუალიზაცია და დამტკიცება თვითმფრინავების ფრენების შესახებ და მართოთ ფრენის აკრძალვის ზონები რეალურ დროში. თვითმფრინავების მფრინავებს შეუძლიათ მართონ თავიანთი თვითმფრინავები და დაგეგმეთ და მიიღეთ ფრენის ებარტვები საერთაშორისო და ადგილობრივი რეგულაციები. ევროპა ძალიან ფრთხილობს თვითმფრინავების მოძრაობის მნიშვნელობას მენეჯმენტი და ბევრს მუშაობს კონცეფციები და მათი განხორციელება U- სივრცე 4 . ბელგია გამოირჩევა ძირითადი მოთამაშეებით UTM გადაწყვეტილებები, ძირითადად Unifly⁵ და IDronect⁶ . BCAA და Belgocontrol, ავტონომიური საზოგადოებრივი კომპანია პასუხისმგებელია ჰაერის უსაფრთხოებაზე ნავიგაცია ბელგიის სამოქალაქო საჰაერო სივრცეში და შესაბამისად მისი მგზავრებისაც და გადატვირთული მოსახლეობა, ერთად დაიწყო ტენდერი პროგრამულ უზრუნველყოფაზე

გადაწყვეტა თვითმფრინავის უსაფრთხო ფრენის დაგეგმვისთვის ბელგიაში.

2.3. დისტანციურად კონტროლირებადი საფრენი აპარატების გამოყენება სამხედრო დანიშნულებით

დრონებმა მნიშვნელოვანი როლი შეასრულეს კონტრტერორისტულ და ფართომასშტაბიან სამხედრო მოქმედებებში. ახლაც ისინი მზად არიან დაგეგმილი თუ დაუგეგმავი კონფრონტაციის ბედი გადაწყვიტონ თავისი ტაქტიკური მოქმედებით სტრატეგიული მნიშვნელობის ობიექტებზე შეტევითა და მათი მწყობრიდან გამოყვანის გზით. დრონებს მზარდი მნიშვნელობა აქვთ სამომავლო სამხედრო ოპერაციებში. დაბალი ღირებულება და მაღალი სიზუსტე აქცევთ მათ უნიკალურ იარაღად ყველა მცოდნე და გონიერი მომხმარებლის ხელში. დრონები და კუადროპტერები იდეალურია ძალზე საშიში და პოლიტიკურად მგრძნობიარე მისიებისთვის. თუმცა, ტექნიკური შეზღუდვები, ასევე კონკურენტული ტექნოლოგიების სავარაუდო გაუმჯობესება, განსაკუთრებით საჰაერო თავდაცვის სისტემები, უნდა ახასიათებდეს თვითმფრინავების სამხედრო როლს. თუმცა განუყოფელი სამომავლო ომის ნაწილი, ისინი ნაკლებად სავარაუდოა, რომ სრულად ჩაანაცვლონ დაკომპლექტებული თვითმფრინავები და ამის ნაცვლად, ავსებენ მათ. ბოლო წლების განმავლობაში თვითმფრინავების პოპულარობა ხდებოდა მათი ფართო გამოყენების გამო საწინააღმდეგო ამბოხება. ზოგი ანალიტიკოსი ამტკიცებს რომ ისინი ახდენენ ტრანსფორმაციის სიმბოლოს ომი, მასშტაბის მსგავსი დენტის რევოლუცია ზოგი ჰიპოთეზადაც კი დგება დრონებმა შესაძლოა ერთ დღეს შეცვალონ დაკომპლექტებული თვითმფრინავები საბრძოლო და ლოგისტიკურ როლებში. ამასთან, ეს პროგნოზები სავარაუდოდ დაამტკიცებს არარეალურია, თვითმფრინავების ფუნდამენტური შეზღუდვების გათვალისწინებით.

ასეთი შეზღუდვები არ არის უბრალოდ ტექნოლოგიური, არამედ დოქტრინალური.

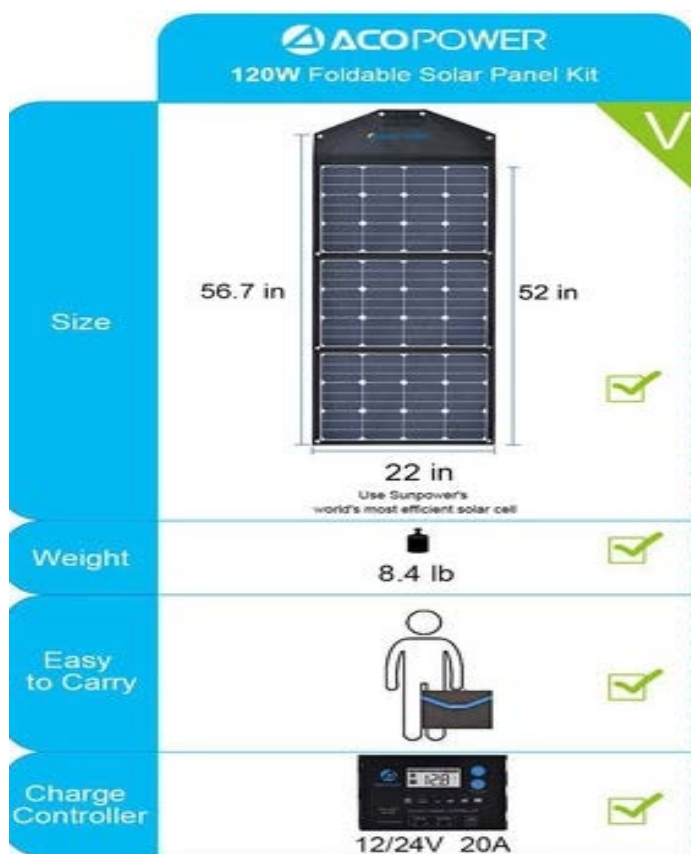
იმისათვის რომ გავიგოთ დრონის ეფექტურობა სამხედრო კომფლიქტებში შეგვიძლია განვიხილოთ უახლოეს წარსულში ჩვენს სამეზობლოში მომხდარი სამხედრო დაპირისპირების დეტალები. აღნიშნულ თემას რადიო თავისუფლებამ ვრცელი სტატია მიუძღვნა. მთიანი ყარაბაღის კონფლიქტის ზონაში სომხეთსა და აზერბაიჯანს შორის შეიარაღებული კონფლიქტის ზონიდან ასობით კილომეტრის მოშორებით, აღმოსავლეთ საქართველოს საკაერო სივრცეში აფეთქდა ორი ე.წ. დრონი. ერთის ნაწილები აზერბაიჯანის საზღვართან, სოფელ უდაბნოში, ხოლო მეორე უფრო მოშორებით - ყვარლის მუნიციპალიტეტში აღმოაჩინეს. 7 ოქტომბერს სადამოს, დაახლოებით 18:30 საათზე სოფელ კუჭატანის მცხოვრებ თემურ კანდელაკს ხმაური, შემდეგ კი აფეთქება მოესმა. თემურმა თავის ვენახში უპილოტო საფრენი აპარატის ნაშთები იპოვა. მის ირგვლივ დამწვარია დაახლოებით 100 მეტრის ფართობი. "ის ძირითადად პლასტმასისგან შედგება და ერთი პატარა ძრავისგან", - უთხრა თემურ კანდელაკმა რადიო თავისუფლებას. შემთხვევის შედეგად არავინ დაშავებულა. ჯერჯერობით არ არსებობს ოფიციალური ინფორმაცია, კონკრეტულად რა მოწყობილობები ჩამოვარდა საქართველოს ტერიტორიაზე. შინაგან საქმეთა სამინისტრომ უპილოტო საფრენი აპარატების ჩამოვარდნის ფაქტზე გამოძიება სისხლის სამართლის კოდექსის 280-ე მუხლით დაიწყო, რაც საერთაშორისო ფრენის წესების დარღვევას გულისხმობს. კამიკამის დრონი? სამხედრო ექსპერტმა თემურ ჩაჩანიძემ რადიო თავისუფლებას განუცხადა, რომ ტექნიკა იმდენად დაზიანებულია, რომ კონკრეტულად რასთან გვეკონდა საქმე, ვერ ვიტყვი. დანამდვილებით შეუძლებელია იმის თქმა, ეკუთვნის თუ არა ისინი საქართველოს რომელიმე მეზობელ სახელმწიფოს, რომელიც ომშია. სამხედრო-ანალიტიკური ჟურნალის „არსენალის“ მთავარმა რედაქტორმა ირაკლი ალადაშვილმა რადიო თავისუფლებას უთხრა: „ეს მიუთითებს

იმაზე, რომ ეს არის კამიკაძე დრონი „ჰაროპი“. მისი მართვა შესაძლებელია დისტანციურად ან სამიზნის პოვნა ავტონომიურად, რადარის ან რადიო სიხშირეების საფუძველზე...ძრავა, პროპელერი და ფრთის ნაწილი ვიზუალურად არფას ჰგავს. ისრაელის წარმოების სამხედრო დრონები აზერბაიჯანულმა მხარემ პირველად გამოიყენა მთიანი ყარაბაღის კონფლიქტში 2016 წელს, სომხეთთან 4-დღიანი ომის დროს. წლევეანდელი ეფექტურობა: "ჩვენ გვაქვს რეგიონში ერთ-ერთი უძლიერესი დრონების პარკი." გვაქვს სხვა დრონი დამზადებული. "ისრაელში, მაგრამ განსაკუთრებით ის, რაც დამზადებულია ისრაელში, მათ შორის სადაზვერვო და თავდასხმის თვითმფრინავები და Kamikaze Harop თვითმფრინავები, რომლებიც ძალიან ეფექტურია", - განაცხადა ჰაჯიევმა. ისინი განმარტავენ, რომ საქართველოს თავდაცვის სისტემა განსაკუთრებით ართულებს უფრო დიდ თვითმფრინავებს - ვერტმფრენებს თუ თვითმფრინავებს - ჰაროპის დრონის "გამოვლენას". დაფიქსირდა რადარებით", - განაცხადა ალადაშვილმა. სომხეთის თავდაცვის სამინისტროს წარმომადგენელმა ნაცუნ ხოჰანისიანმა განაცხადა, რომ მას ჯერ არ აქვს ოფიციალური ინფორმაცია, მაგრამ "აზერბაიჯანის აგრესიული ქმედებები საფრთხეს უქმნის საქართველო-ირანის საზღვარს".

2.3.1. მზის პანელის მახასიათებლები

მზის პანელი ანუ ფოტო-ვოლტაური (PV) მოდული არის ფოტო-ვოლტაური უჯრედების აწყობა, რომელიც დამონტაჟებულია ჩარჩოში. მზის პანელები იყენებენ მზის სინათლეს, როგორც ენერჯის წყაროს, პირდაპირი ელექტროენერჯის წარმოქმნის მიზნით. PV მოდულების კრებულს PV პანელი ეწოდება, ხოლო PV პანელების სისტემას მასივი ეწოდება. ფოტო-ელექტრონული სისტემის მასივები მოწყობილობებს ამარაგებენ მზის ელექტროენერჯით.

ჩვენი საჭიროების შესაბამისად განვიხილავთ მზის პანელის ერთ-ერთ პროტოტიპს, რომელიც კომერციულად ხელმისაწვდომია ონლაინ შესყიდვის საიტებზე. „ACOPower HY-3X40W1HY-LTK-3X40WPX20A (PX20A)“ არის მზის პანელი რომელიც შეგვიძლია გამოვიყენოთ ნებისმიერი მიზნობრიობით იქნება ეს ციფრული მოწყობილობა თუ მანქანის აკუმულატორი. მისი მიმოხილვისას ასევე შეგვიძლია ვთქვათ, რომ განახლებადი ენერჯია თქვენი 12/24V ელემენტის ან მზის გენერატორების დასატენად ACOPower- ის LTK 120W დასაკეცი მზის პანელის ნაკრებით. ეს პორტატული დანადგარი მოიცავს სამ დასაკეცი პანელს, რომლებიც იკეტება 22 x 17.3 x 0.8 "და იწონის მხოლოდ 3,8 კილოგრამს. ის აღჭურვილია ProteusX 20A დამუხტვის კონტროლერით LCD წაკითხვით, MC4 კონექტორებით მზის დამტენებისთვის ან სისტემის გასაფართოებლად დამატებითი პანელებით, ალიგატორის ბატარეით. ტერმინალის კლიპები და SAE to SAE გადამყვანები პირდაპირ თქვენს RV-სთან დასაკავშირებლად. SunPower მონოკრისტალური უჯრედები იძლევა 25%-იან კარგ კონვერტაციის მაქსიმალურ სიჩქარეს. გაშლის ფეხები საშუალებას აძლევს პანელს განლაგდეს ოპტიმალური დატენვისთვის.



სურათი 15 მზის პანელის მახასიათებლები

2.4. ad hoc - ქსელი რადიო გადამცემებით

ამ თავში განვიხილავთ რადიო კომუნიკაციის თანამედროვე საშუალებას რომელშიც ჩაშენებულია Ad hoc ფუნქცია. მოცემულია ინფორმაცია ფართო დიაპაზონიანი რადიოგადამცემის ფუნქციონალური მახასიათებლებისა და მისი გამოყენების პირობების შესახებ. რადიო გადამცემი მუშაობს გარკვეულ სიხშირულ დიაპაზონში მაქსიმალური დაახლოებით 10 ვატამდე სიმძლავრით. ასევე წინა თაობის მოწყობილობებთან თავსებადობის მიზნით, მასში შენარჩუნებულია გამოსხივების ძირითადი ფორმები და სიხშირული დიაპაზონი. მოწყობილობას აქვს შემდეგი შესაძლებლობები:



სურათი 16 MANET ფუნქციის სამხედრო მოწყობილობების (რადიოსადგურები)

სიხშირული ინტერფეისი - გააჩნია რამდენიმე მოდულაციის მახასიათებელი (FM, AM და ა.შ.), სხვადასხვა სიხშირულ დიაპაზონში. გადაცემა 2300 ბტ/წმ მონაცემების გადაცემის სიჩქარით. ასევე უსაფრთხოებისა და ჩაჭერის გართულებისათვის აქვს დაცვის საშუალება - სიხშირული ხტუნვა გამოყენებულ მოდულაციის ტიპებით. ესენი წარმოადგენენ რადიოელექტრონული ბრძოლისგან დაცვის ზომებს. მოწყობილობას შეუძლია ფოტო- ან ვიდეოკამერის შეერთების შესაძლებლობა. მონაცემთა გადაცემის მაღალი სიჩქარე _ 64 ან 192კბ/წმ IP მონაცემთა გადაცემის შესაძლებლობა. მონაცემთა ინტერფეისი არეგულირებს USB/ethernet ან RS-232 არასიმეტრიულ ინტერფეისს.

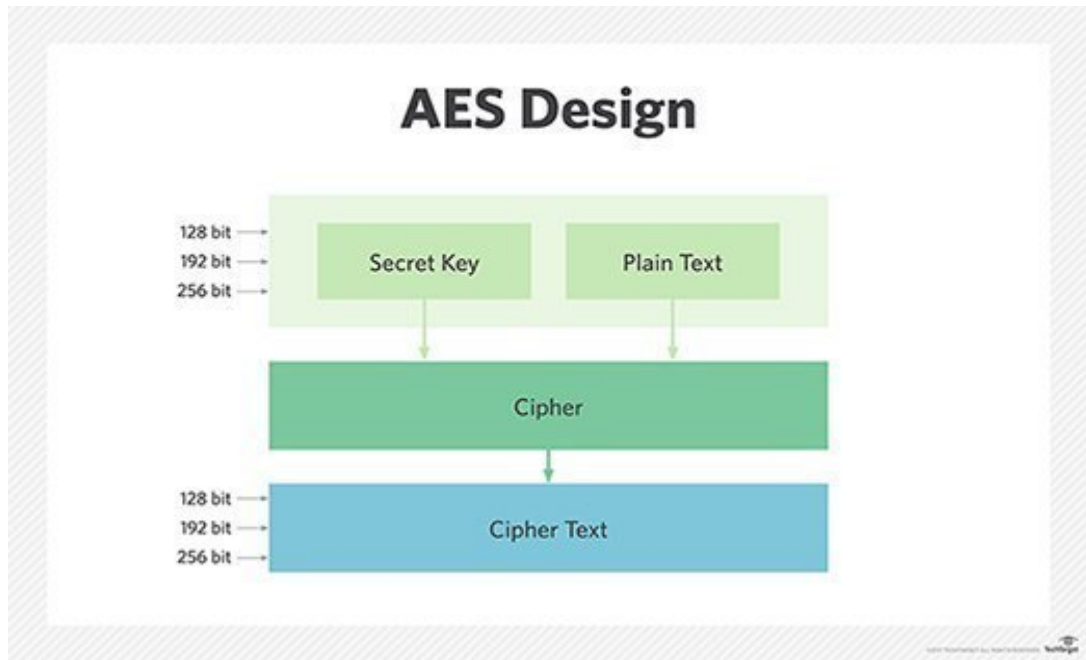
მოწყობილობას შესაძლებლობა აქვს IP ქსელის შექმნის და ინტერნეტთან პირდაპირი მიერთების DHCP სერვერის მეშვეობით რადიოსადგურის კონფიგურაციის გარეშე და ასევე შესაძლებელია ჰქონდეს წვდომა ნებისმიერი ქსელური რესურსის მეშვეობით, როგორცაა კომპიუტერი, რომელსაც გააჩნია დაყენებული რადიო დრაივერები.

IP-ზე დაფუძნებული რეტრანსლაცია – იძლევა მრავალჯერადი რეტრანსლაციის ნახტომებსა და მრავალი რეტრანსლიატორი რადიოსადგურების მიერთების შესაძლებლობას როგორც ეზერნეტით ასევე შესაბამისი მოწყობილობის დამაგრებით Wi-Fi მოწყობილობიდან უკაბელო გადაცემის მეშვეობით.

მოწყობილობა აღჭურვილია გლობალური პოზიციონირების სისტემის (GPS) მიმღებით საკუთარი ადგილმდებარეობის შესახებ ინფორმაციის მიღების, ვითარების შეტყობინების მოხსენების ან სხვა მოწყობილობებიდან მიღებული ადგილმდებარეობის მოხსენების უზრუნველყოფად. მას შეუძლია KML File Server ფორმატით Web ბრაუზერში დედამიწის გეოგრაფიული მონაცემების გრაფიკული ჩვენება, რომლის მეშვეობითაც იგი უზრუნველყოფს ადგილმდებარეობის მოხსენებას (Google Earth და სხვა KML-ზე დაფუძნებული ვითარების შეტყობინების აპლიკაციის ინტეგრირებით). KML ფორმატირებული ადგილმდებარეობის მონაცემები უზრუნველყოფილია რადიოსადგურის ვებსერვერის ან UDP/IP პაკეტების მეშვეობით.

კავშირის უსაფრთხოება უზრუნველყოფილია სპეციალური H.C. დაშიფვრის მოწყობილობით. ხმისა და მონაცემთა გადაცემა შესაძლებელია დაიშიფროს ჩიტადელ 128/256 ბიტით ან AES 6 128/256 ბიტით. აგრეთვე, შესაძლებელია მომხმარებლის ალგორითმის მოდიფიკაციის (CAM) გამოყენება.

მოგეხსენებათ, მოწინავე შიფრაციის სტანდარტი ანუ AES არის სიმეტრიული ბლოკის შიფრი, რომელსაც აშშ მთავრობა იყენებს საიდუმლო ინფორმაციის დასაცავად. AES დანერგილია პროგრამულ და ტექნიკურ სისტემაში მთელ მსოფლიოში, მგრძნობიარე მონაცემების დასაშიფრად. იგი აუცილებელია მთავრობის კომპიუტერის უსაფრთხოების, კიბერ უსაფრთხოების და მონაცემთა ელექტრონული დაცვისთვის.



სურათი 14 AES დიზაინი

გაუმჯობესებული მახასიათებლები - თავდაპირველად, მოწყობილობა დაყენებულია სტანდარტულ მახასიათებლებზე, თუმცა შესაძლებელია გაუმჯობესებული ფუნქციების ინტეგრირება. გარკვეული ფუნქციების დამატება იძლევა ეზერნეტით IP მონაცემების გაგზავნისა და სატელეფონო ზარების განხორციელების საშუალებას. ფუნქციათა მახასიათებლების განხილვისას შეგვიძლია ვთქვათ რომ, USB ეზერნეტკავშირი მიერთებულ მოწყობილობას

აძლევს შესაძლებლობას, რომ იმოქმედოს, როგორც ჰოსტმა. ასეთი კავშირი გამორიცხავს დამატებითი ეზერნეტ/უკაბელო IP მისამართების კონფიგურირების საჭიროებას. აკუმულატორის მუშაობის ხანგრძლივობა აკუმულატორის მუშაობის ხანგრძლივობა არის დროის ის დაახლოებითი მოცულობა, რომლის გამოყენებაც აკუმულატორს შეუძლია, ვიდრე მას დასჭირდება ხელმეორედ დამუხტვა.

აკუმულატორის მუშაობის ხანგრძლივობა განისაზღვრება რადიოსადგურის გადაცემის სიმძლავრითა და გამოყენების ხანგრძლივობით. აკუმულატორის მაქსიმალურად გამოყენებისთვის,

ვითარებიდან გამომდინარე, უნდა გამოვიყენოთ გადაცემის სიმძლავრის დაბალი დონე. ზოგადად, აკუმულატორის მუშაობის ხანგრძლივობა განისაზღვრება შემდეგნაირად: +20°C ტემპერატურაზე 10% გადაცემაზე, 10% მიღებაზე, 80% მომლოდინე რეჟიმში (ხმაურჩამხშობით) მუშაობის ციკლით. რეალურ ვითარებაში შედეგები შეიცვლება, კერძოდ, აკუმულატორის მუშაობის ხანგრძლივობა დამოკიდებულია მისი მოხმარების დროზე, გარე ტემპერატურაზე, დამუხტვის ხანგრძლივობასა და ფონური განათების გამოყენების მოცულობაზე. აკუმულატორის მუშაობის ვადა მცირდება დაახლოებით 20-25%-ით.

რადიოსადგურის განულება შესაძლებელია, როგორც მასთან ფიზიკური კონტაქტით, ასევე უსაფრთხოების კიდევ ერთი დამატებითი საშუალებით - რადიოსადგურის დისტანციურად, რადიოეთერით განულებით (ყველა არსებული მონაცემის წაშლა) ან წინასწარ მითითებულ სიხშირეზე მოწყობილობის გააქტიურება. რაც საშუალებას იძლევა იმისას, რომ მოწინააღმდეგის მხრიდან მისი ხელში ჩაგდების შემთხვევაში დისტანციურად წავშალოთ მონაცემები რათა არასასურველ მხარეს ხელში არ ჩაუვარდეთ ისინი ამ თავში განვიხილავთ რადიო კომუნიკაციის თანამედროვე საშუალებას რომელშიც ჩაშენებულია Ad hoc ფუნქცია. მოცემულია ინფორმაცია ფართო დიაპაზონიანი რადიოგადამცემის ფუნქციონალური მახასიათებლებისა და მისი გამოყენების პირობების შესახებ. რადიო გადამცემი მუშაობს გარკვეულ სიხშირულ დიაპაზონში მაქსიმალური დაახლოებით 11 ვატამდე სიმძლავრით. ასევე წინა თაობის მოწყობილობებთან თავსებადობის მიზნით, მასში შენარჩუნებულია გამოსხივების ძირითადი ფორმები და სიხშირული დიაპაზონი. მოწყობილობას აქვს შემდეგი შესაძლებლობები:

სიხშირული ინტერფეისი - გააჩნია რამდენიმე მოდულაციის მახასიათებელი (FM, AM და ა.შ.), სხვადასხვა სიხშირულ დიაპაზონში. გადაცემა 2300 ბტ/წმ მონაცემების გადაცემის სიჩქარით. ასევე უსაფრთხოებისა და ჩაჭერის გართულებისათვის აქვს დაცვის საშუალება -

სიხშირული ხტუნვა გამოყენებულ მოდულაციის ტიპებით. ესენი წარმოადგენენ რადიოელექტრონული ბრძოლისგან დაცვის ზომებს. მოწყობილობას შეუძლია ფოტო- ან ვიდეოკამერის შეერთების შესაძლებლობა. მონაცემთა გადაცემის მაღალი სიჩქარე _ 64 ან 192კბ/წმ IP მონაცემთა გადაცემის შესაძლებლობა. მონაცემთა ინტერფეისი არეგულირებს USB/ethernet ან RS-232 არასიმეტრიულ ინტერფეისს.

მოწყობილობას შესაძლებლობა აქვს IP ქსელის შექმნის და ინტერნეტთან პირდაპირი მიერთების DHCP სერვერის მეშვეობით რადიოსადგურის კონფიგურაციის გარეშე და ასევე შესაძლებელია ჰქონდეს წვდომა ნებისმიერი ქსელური რესურსის მეშვეობით, როგორცაა კომპიუტერი, რომელსაც გააჩნია დაყენებული რადიო დრაივერები.

IP-ზე დაფუძნებული რეტრანსლაცია _ იძლევა მრავალჯერადი რეტრანსლაციის ნახტომებსა და მრავალი რეტრანსლიატორი რადიოსადგურების მიერთების შესაძლებლობას როგორც ეზერნეტით ასევე შესაბამისი მოწყობილობის დამაგრებით Wi-Fi მოწყობილობიდან უკაბელო გადაცემის მეშვეობით.

მოწყობილობა აღჭურვილია გლობალური პოზიციონირების სისტემის (GPS) მიმღებით საკუთარი ადგილმდებარეობის შესახებ ინფორმაციის მიღების, ვითარების შეტყობინების მოხსენების ან სხვა მოწყობილობებიდან მიღებული ადგილმდებარეობის მოხსენების უზრუნველყოფად. მას შეუძლია KML File Server ფორმატით Web ბრაუზერში დედამიწის გეოგრაფიული მონაცემების გრაფიკული ჩვენება, რომლის მეშვეობითაც იგი უზრუნველყოფს ადგილმდებარეობის მოხსენებას (Google Earth და სხვა KML-ზე დაფუძნებული ვითარების შეტყობინების აპლიკაციის ინტეგრირებით). KML ფორმატირებული ადგილმდებარეობის მონაცემები უზრუნველყოფილია რადიოსადგურის ვებსერვერის ან UDP/IP პაკეტების მეშვეობით.

კავშირის უსაფრთხოება უზრუნველყოფილია სპეციალური H.C. დაშიფვრის მოწყობილობით. ხმისა და მონაცემთა გადაცემა შესაძლებელია

დაიშიფროს ჩიტადელ 128/256 ბიტით ან AES 6 128/256 ბიტით. აგრეთვე, შესაძლებელია მომხმარებლის ალგორითმის მოდიფიკაციის (CAM) გამოყენება.

გაუმჯობესებული მახასიათებლები - თავდაპირველად, მოწყობილობა დაყენებულია სტანდარტულ მახასიათებლებზე, თუმცა შესაძლებელია გაუმჯობესებული ფუნქციების ინტეგრირება. გარკვეული ფუნქციების დამატება იძლევა ეზერნეტით IP მონაცემების გაგზავნისა და სატელეფონო ზარების განხორციელების საშუალებას. ფუნქციათა მახასიათებლების განხილვისას შეგვიძლია ვთქვათ რომ, USB ეზერნეტკავშირი მიერთებულ მოწყობილობას აძლევს შესაძლებლობას, რომ იმოქმედოს, როგორც ჰოსტმა. ასეთი კავშირი გამორიცხავს დამატებითი ეზერნეტ/უკაბელო IP მისამართების კონფიგურირების საჭიროებას. აკუმულატორის მუშაობის ხანგრძლივობა აკუმულატორის მუშაობის ხანგრძლივობა არის დროის ის დაახლოებითი მოცულობა, რომლის გამოყენებაც აკუმულატორს შეუძლია, ვიდრე მას დასჭირდება ხელმეორედ დამუხტვა. აკუმულატორის მუშაობის ხანგრძლივობა განისაზღვრება რადიოსადგურის გადაცემის სიმძლავრითა და გამოყენების ხანგრძლივობით. აკუმულატორის მაქსიმალურად გამოყენებისთვის, ვითარებიდან გამომდინარე, უნდა გამოვიყენოთ გადაცემის სიმძლავრის დაბალი დონე. ზოგადად, აკუმულატორის მუშაობის ხანგრძლივობა განისაზღვრება შემდეგნაირად: +20c ტემპერატურაზე 10% გადაცემაზე, 10% მიღებაზე, 80% მომლოდინე რეჟიმში (ხმაურჩამხშობით) მუშაობის ციკლით. რეალურ ვითარებაში შედეგები შეიცვლება, კერძოდ, აკუმულატორის მუშაობის ხანგრძლივობა დამოკიდებულია მისი მოხმარების დროზე, გარე ტემპერატურაზე, დამუხტვის ხანგრძლივობასა და ფონური განათების გამოყენების მოცულობაზე. აკუმულატორის მუშაობის ვადა მცირდება დაახლოებით 20-25%-ით. მოწყობილობის განულება შესაძლებელია, როგორც მასთან ფიზიკური კონტაქტით, ასევე უსაფრთხოების კიდეც ერთი დამატებითი საშუალებით - რადიოსადგურის დისტანციურად, რადიოეთერით

განულებით (ყველა არსებული მონაცემის წაშლა) ან წინასწარ მითითებულ სიხშირეზე მოწყობილობის გააქტიურება. რაც საშუალებას იძლევა იმისას, რომ მოწინააღმდეგის მხრიდან მისი ხელში ჩაგდების შემთხვევაში დისტანციურად წავშალოთ მონაცემები რათა არასასურველ მხარეს ხელში არ ჩაუვარდეთ ისინი

უპილოტო საფრენი აპარატის საწინააღმდეგო მეთოდები ხელს უწყობს საჯარისო ქვედანაყოფებს უპილოტო საფრენი აპარატის საწინააღმდეგო ტაქტიკის, მეთოდებისა და პროცედურების შემუშავებაში. იგი ეხება დაბალ სიმაღლეზე, ნელი სიჩქარით მოძრავი და მცირე ზომის უპი-ლოტო საფრენი აპარატის, როგორც არა კონვენციური საჰაერო საფრთხისა და თვალთვალისა და მიზანზე ზემოქმედების მოქმედებების მოდიფიკატორის გამოყენებას. უპილოტო საფრენი აპარატისგან დაცვა რთული დავალებაა და არ არსებობს ერთი კონკრეტული გამოსავალი დაბალ სიმაღლეზე, ნელი სიჩქარით მოძრავი და მცირე ზომის საფრთხის თავიდან ასაცილებლად. სენსორებისა და გამაფრთხილებელი შესაძლებლობების ერთობლივი და ინტეგრირებული დაგეგმვა, ისევე როგორც სადაზვერვო ინფორმაციის გაცვლა ემელონებს შორის, არსებითი მნიშვნელობისაა. საჰაერო-სახმელეთო ინტეგრაციის ან საჰაერო სივრცის მართვის პირად შემადგენლობასთან კოორდინაციამ განახლებული სადაზვერვო ინფორმაციისა და თავდაცვითი მხარდაჭერისთვის შეიძლება მინიმუმამდე შეამციროს საჰაერო საფრთხის ზემოქმედება, ზიანი და დაიცვას პირადი შემადგენლობა და აღჭურვილობა, ისევე როგორც საკუთარი ძალების უპილოტო საფრენი აპარატები, რომლებიც ოპერაციის რაიონის ფარგლებში მოქმედებენ. ეს პუბლიკაცია შედგება ოთხი თავისა და ერთი დანართისაგან, რომელშიც ყურადღება გამახვილებულია არაპროგნოზირებადი მოწინააღმდეგის გარემოს დაგეგმვაზე, რომელსაც აქვს დაბალ სიმაღლეზე, ნელი სიჩქარით მოძრავი და მცირე ზომის უპილოტო საფრენი აპარატის დახმარებით კოორდინირებული თავდასხმის შესრულების პოტენციალი.

დრონების გამოყენების ოპერატიული გარემო საჭიროებს სახმელეთო ქვედანაყოფებს ყველა დონეზე უპილოტო საფრენი აპარატის საწინააღმდეგო მოქმედებების დასაგეგმად, კოორდინაციისა და სინქრონიზებისთვის. უპილოტო საფრენი აპარატები გასული ათწლეულის განმავლობაში ტექნოლოგიურად გაუმჯობესდა და მათი რაოდენობის მაჩვენებელიც გაიზარდა. ტექნოლოგიური პროგრესის პარალელურად, იმდენად დაიხვეწა რეკოგნოსციებისა და თავდასხმის შესაძლებლობები, რომ უპილოტო საფრენი აპარატები მნიშვნელოვან საფრთხეს წარმოადგენს თავდაცვის ძალების, ერთობლივი და მრავალ-ეროვნული პარტნიორების ოპერაციებისთვის როგორც სახელმწიფო, ისე არასახელმწიფო აქტორებისგან. ამ პუბლიკაციის ძირითადი მიზანია, დაეხმაროს სამანევრო ძალებს დაბალ სიმაღლეზე მფრენი, ნელი და მცირე ზომის უპილოტო საფრენი აპარატის ეფექტების შემცირებაში. ამ თავში აღწერილია ძალების მიმდინარე შესაძლებლობები დაბალ სიმაღლეზე, ნელი სიჩქარით მოძრავი და მცირე ზომის უპილოტო საფრენი აპარატის შესაძლებლობათა აღმოსაჩენად, იდენტიფიცირებისთვის და დასამარცხებლად.

მოწინააღმდეგის უპილოტო საფრენი აპარატი - დაბალ სიმაღლეზე, ნელი სიჩქარით მოძრავი და მცირე ზომის უპილოტო საფრენი აპარატი არის დაბალ სიმაღლეზე, ნელი სიჩქარით მოძრავი და მცირე ზომის ტაქტიკური დონის უპილოტო საფრენი აპარატი, რომელიც მოქმედებს შედარებით დაბალ სიმაღლეზე. ასეთ დაბალ სიმაღლეზე მოქმედების უნარი ამცირებს საკუთარი ძალების მხრიდან საფრთხის დროულად აღმოჩენის შესაძლებლობას. დაბალ სიმაღლეზე, ნელი სიჩქარით მოძრავი და მცირე ზომის უპილოტო საფრენი აპარატი არის რენტაბელური, მაღალი მნიშვნელობის სათვალთვალო და რეკოგნოსციების საშუალება. ინტეგრირებულ საჰაერო და სარაკეტო თავდაცვის შესაძლებლობებს შეუძლია ეფექტური წინააღმდეგობა გაუწიოს უფრო დიდი კლასის უპილოტო საფრენ აპარატს, მაგრამ უჭირთ დაბალ სიმაღლეზე, ნელი სიჩქარით მოძრავი და მცირე ზომის უპილოტო საფრენი აპარატის კვალზე

მიდევნება, იდენტიფიცირება და დამარცხება. ბრიგადისა და უფრო დაბალ დონეზე გამოწვევა არის დაბალ სიმალეზე, ნელი სიჩქარით მოძრაობა და მცირე ზომის უპილოტო საფრენი აპარატის საფრთხეების თავიდან არიდება და დაგეგმვა.

თავი III

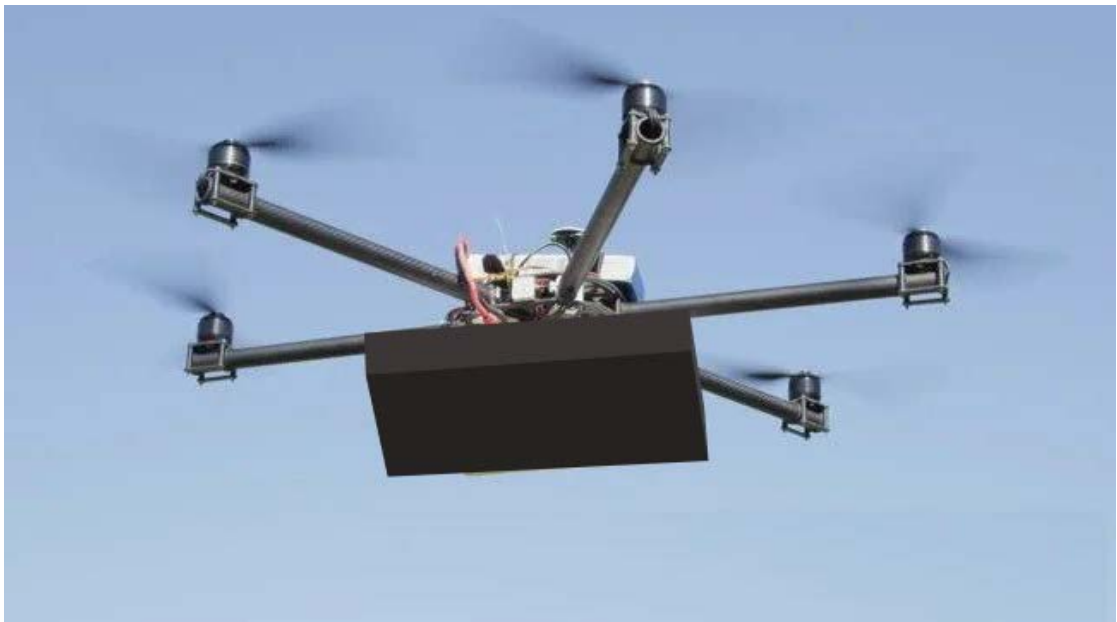
3.1. MANET-IoT-ის შერწყმის საფუძველზე უკაბელო ტრანსპორტირებადი დამტენით აღჭურვილი დრონის ახალი პრაქტიკული გადაწყვეტა

ელექტრო მოწყობილობისთვის უმთავრესია კვებით უზრუნველყოფის პრობლემის მოგვარება. წინამდებარე ნაშრომში საუბარია სადაზვერვო და მარშრუტიზატორის ფუნქციით აღჭურვილ დრონზე, რომელსაც თვითონვე გადააქვს მზის უკაბელო დამტენი პლატფორმა, რაც მას მისცემს საშუალებას მართვის წერტილში დაბრუნების გარეშე შეასრულოს ამოცანა გრძელვადიან პერსპექტივაში. ცნობილია რომ დრონებს აქვთ ფრენის შეზღუდული სწორედ კვების ბლოკის ლიმიტირებული მოცულობით, რაც დღეს დღეობით გადაუჭრელ პრობლემად რჩება. ისეთი პლატფორმის შექმნით რომლის გადაადგილებაც იმავე დრონით იქნება შესაძლებელი რომლითაც ამოცანას ვასრულებთ, მოგვცემს საშუალებას რომ გავზარდოთ დრო და მანძილი ჩვენი მოქმედებისა.



სურათი 18 დრონი გადასატანი მზის დამტენით ბაზირებისას

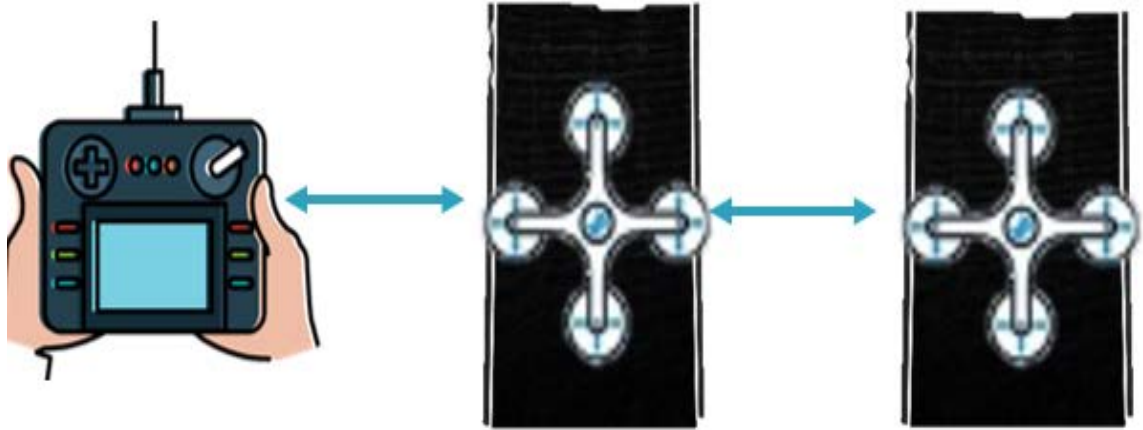
მოქმედების სპეციფიკა მდგომარეობს შემდეგში: დრონს შეუძლია გადაადგილდეს საკომუნიკაციო საზღვრის კიდისკენ მაქსიმალურად. განათავსოს საკუთარი დამმუხტავი პლატფორმა მოსახერხებელ ადგილას და დაიწყოს ამოცანის შესრულება, ავტონომიურად ან დისტანციური მართვით. მაშინ როდესაც ბატარიის მუხტი მიუახლოვდება მინიმუმს იგი შესაბამის სამუშაო რეჟიმში (ავტონომიური ან ცენტრალური) დაუბრუნდება იმ ლოკაციას სადაც განთავსებულია უკაბელო დამუხტვის პლატფორმა. დამუხტვის შემდეგ დრონი შეიძლება დავტოვოთ როგორც აქტიურ ასევე მოლოდინის (standby) რეჟიმში.



სურათი 19 დრონი გადასატანი მზის დამტენით ფრენის დროს

აღნიშნული გადაწყვეტა წარმოადგენს სიახლეს და დრონი აღჭურვილი იქნება შუალედური გადამცემის/გამამლიერებლის ან მარშრუტიზატორის (router) ფუნქციით. რომელიც დაგვეხმარება მოქმედების არეალი გავზარდოთ უსასრულოდ. როგორც სწორხაზოვნად მოქმედების სიღრმეში ასევე სექტორულად და წრიულად. აღნიშნული სიახლე გადაწყვეტს იმ პრობლემას რომელსაც შეიძლება დავარქვათ ენერგოდეფიციტი სამუშაოს შესრულების დროს, რომელიც გვზღუდავდა სივრცეში მოქმედების დროს. იმ შემთხვევაში როდესაც საჭიროა უწყვეტი

მოქმედება, ერთიდაიგივე პლატფორმა შეიძლება გამოყენებულ იქნას 2 დრონის მიერ და შენაცვლების მეთოდით უზრუნველყოს უწყვეტად მუშაობა.



სურათი 20 სივრცეში მიმდევრობით განლაგებული დრონები

ამ მიდგომას და გადაწყვეტას გააჩნია გარკვეული შეზღუდვები და ხელშემლები ამოცანის შესრულებისათვის, ესენია:

1. უამინდობა - განსაკუთრებით ქარი. ძლიერი ან სულაც საშუალო სიმძლავრის ქარი პირობებში შეუძლებელი იქნება დრონით ოპერირება. ასევე აღნიშნული პრობლემის გამო დასამუხტი პლატფორმა უნდა განთავსდეს რაც შეიძლება მყუდრო ადგილას, რათა არ მოხდეს ქარის მიერ მისი გატაცება და დაზიანება. ამავე დროს შეიძლება შენობის ან ხეობისთვის თავის დროებით შეფარება პლატფორმასთან ერთად.
2. ობიექტის აღმოჩენა/მოპარვა - მიუხედავად დრონის არც თუ ისე დიდი ზომისა იგი შეიძლება იყოს აღმოჩენილი მოწინააღმდეგის ან სულაც ვანდალების მიერ, რის შემდეგაც დიდი ალბათობით მოხდება მისი დაზიანება ანდა მოპარვა. ამ პრობლემის გარკვეულწილად მოგვარება შეიძლება მოწყობილობის შენიღბვით

და ხმაურისა და სინათლის მაქსიმალური შეზღუდვით გამოყენებით. სამხედრო მოქმედებების დროს მნიშვნელოვანია რადიო გამოსხივების კონტროლი და მაქსიმალური შეზღუდვა, რათა არ მოხდეს მოწინააღმდეგის რადიოელექტრონული ბრძოლის საშუალებებისა და ქვედანაყოფების მიერ მისი აღმოჩენა და ადგილმდებარეობის დადგენა რადიო გამოსხივებით ან სულაც აქტიური რადიოლოკაციური სადგურების მიერ დაფიქსირება.

3. ტექნიკური შეფერხებისა და გაუმართა ოპერირებისას - მსგავს შემთხვევაში ერთადერთ გამოსავლად რჩება ფიზიკურად დაზიანებულ დრონთან მისვლა ან სხვა დრონის მიერ გაუმართავი მოწყობილობის გამოტანა.

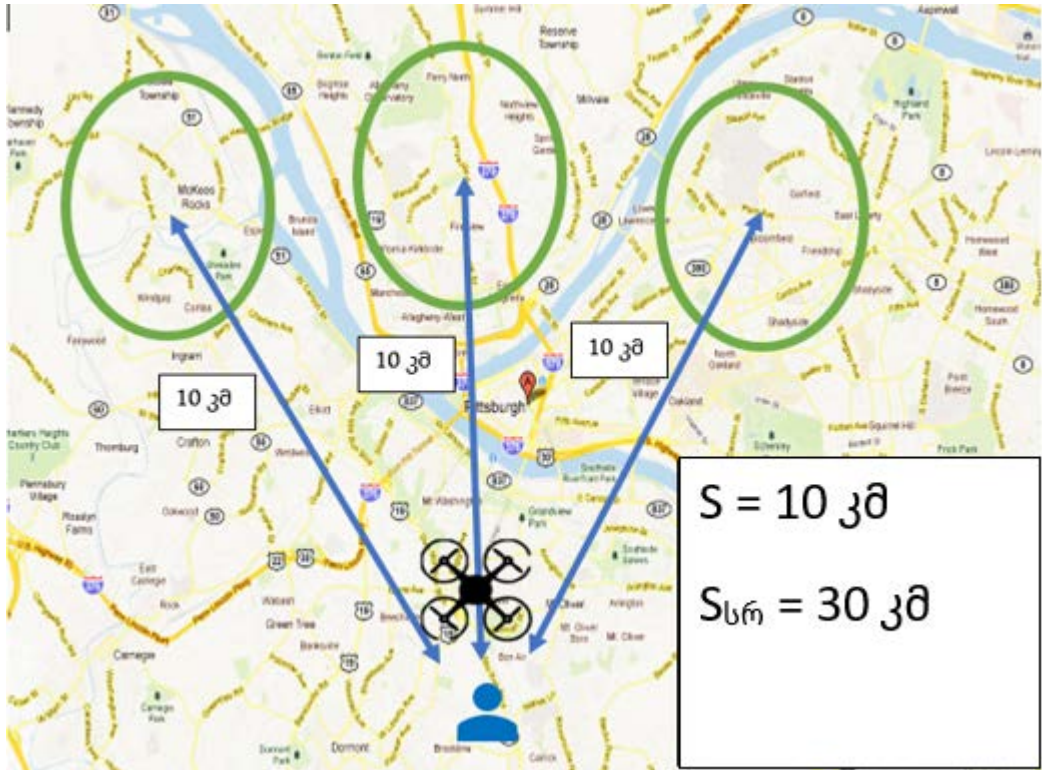
3.2. არასტანდარტულ, საგანგებო/საომარ სიტუაციებში საკომუნიკაციო საშუალებების კავშირის გაუმჯობესების და მართვის ეფექტიანობის მათემატიკური მოდელი

საკვლევი თემის თეორიულ სიახლეს წარმოადგენს მზის დამტენით ტრანსპორტირებადი დრონის ახლებური გადაწყვეტის სარგებლიანობის გამოსახვა მათემატიკური მოდელის მეშვეობით.

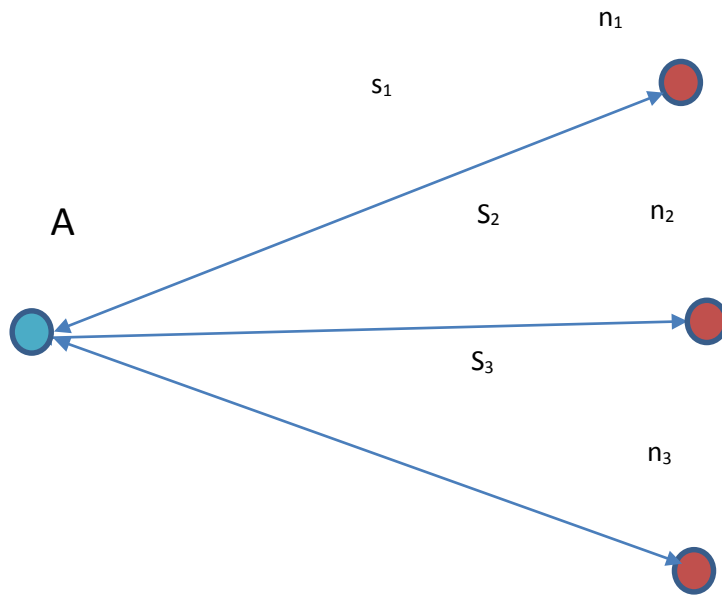
ჩვენ შემთხვევაში მნიშვნელოვანია ძირითადი მახასიათებლები:

2. მანძილი - s კმ/სთ, რომელსაც გადის დრონი მართვის A ცენტრიდან დანიშნულების ადგილამდე, სხვადასხვა რეკონოსცირებად ობიექტებამდე ან სათადარიგო პოზიციებამდე და პირიქით უკან დასაბრუნებლად სურათი 15
3. დრო - t სთ, რომელიც სჭირდება მართვის A წერტილიდან დანიშნულების ადგილამდე, სხვადასხვა რეკონოსცირებად ობიექტებამდე ან სათადარიგო პოზიციებამდე და პირიქით უკან დასაბრუნებლად.

სურათ 1. 16- ზე გამოსახულია დრონის გადაადგილების ვექტორული მანძილი (S კმ/სთ), რომელსაც გადის დრონი საწყის A წერტილიდან დანიშნულების ადგილამდე, შესასრულებელი დავალებიდან გამომდინარე, რეკოგნოსცირებად ობიექტებამდე ან სათადარიგო პოზიციებამდე და პირიქით უკან დასაბრუნებლად. აღნიშნული სურათ 1. 17 გვიჩვენებს იმ არსებულ მიდგომას - დრონს ტრანსპორტირებადი მზის დამტენის გარეშე საწყისი წერტილიდან უხდება პირობითად 3 ობიექტის არსებობის შემთხვევაში გარკვეული მანძილით დაშორებულობის დროს, 3-ჯერ მისვლა საწყის წერტილზე იმისათვის რომ დაიტენოს ან ელემენტი შეიცვალოს და შემდეგ გააგრძელოს ამოცანის შესრულება. გამოსახულება გვიჩვენებს რომ, პირობითად 10 კმ მანძილის დაფარვა 3-ჯერ უხდება და ეს მოქმედება ზრდის ამოცანის შესრულების დროსა მანძილს. სარეკოგნოსცირო ზონების გაზრდილი რაოდენობა პროპორციულად ზრდის ზედმეტად გაღებულ ხარჯს დროსა და სივრცეში ახალ მიდგომასთან შედარებით, რომელიც როგორც უკვე აღვნიშნეთ მოიცავს დრონის აღჭურვას საკუთარი გადასატანი დამტენით. გარდა ამისა, საომარ სიტუაციებში, სამხედრო ტაქტიკური საჭიროებისას, მოწინააღმდეგის ფრონტის სიღრმეში მოქმედების დროს დრონის მიერ ფრონტის გადაკვეთა გაცილებით მაღალი რისკის შემცველია აღმჩენის და განადგურების თვალსაზრისით, ვიდრე მის სიღრმეში მოქმედება. სწორედ ამიტომ, ფრონტის ხაზის გადაკვეთის რაოდენობაში შემცირება პირდაპირპროპორციულად შეამცირებს მოწყობილობის აღმოჩენის და დაკარგვის ალბათობას, რადგან საომარი მოქმედებების დროს ძირითადი ყირადღება ბუნებრივია ფრონტის ხაზზეა მიმართული.



სურათი 21 დრონის ოპერირება არსებული მეთოდით



სურათი 18 დრონის გადაადგილების გრაფიკული გამოსახულება არსებული მეთოდით

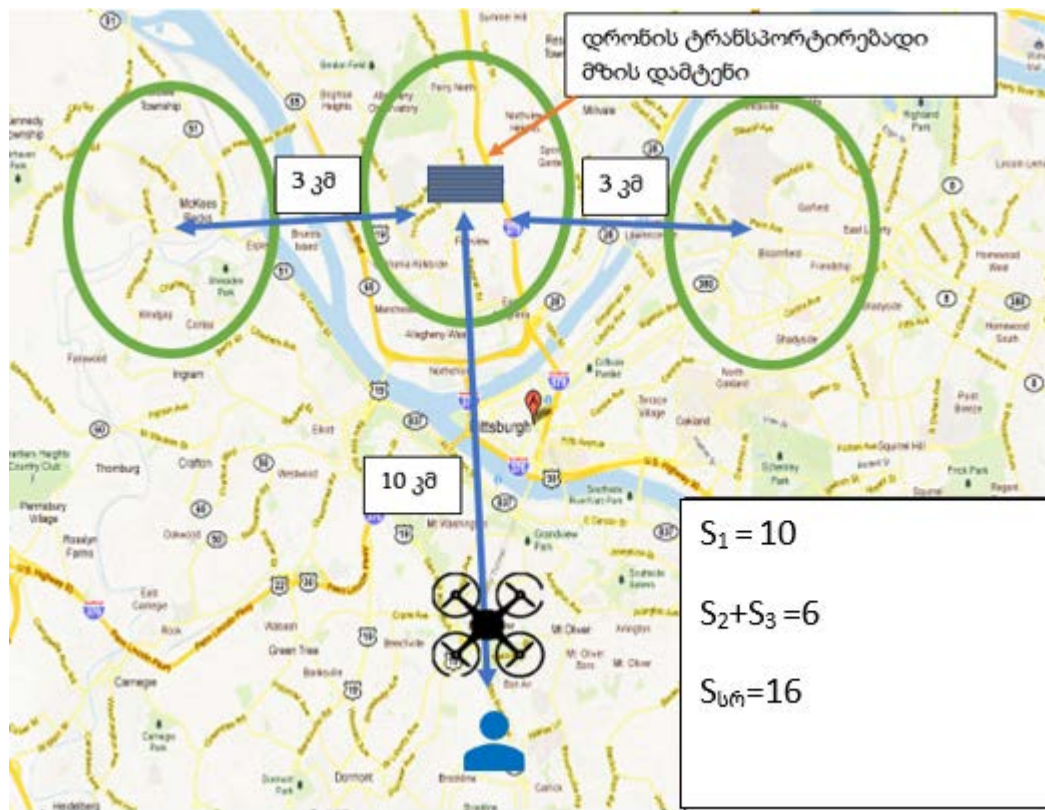
თუ მანძილს ავლნიშნავთ თითოეული n -ისთვის S_1, S_2, S_3 , მაშინ დრონის მიერ ჯამურად გავლილი მანძილი შეგვიძლია გამოვსახოთ შემდეგი ფორმულით:

$$S_1 = 2(t_1 * n_1 + t_2 * n_2 + t_3 * n_3) = 2n_{საშ}t_{საშ}$$

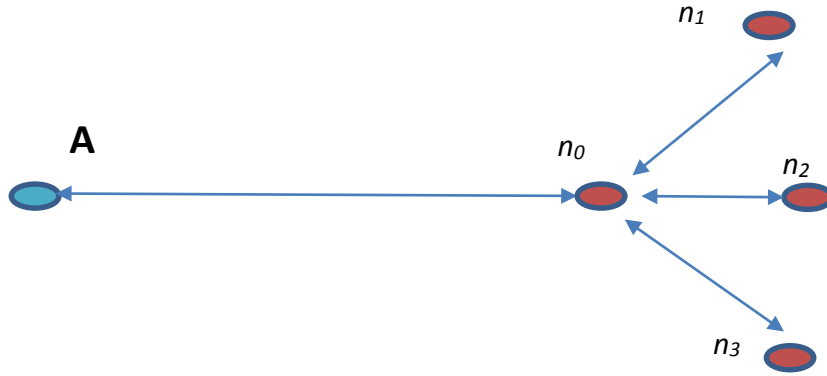
სადაც: $n_{საშ} - n_1, n_2, n_3$ წერტილების საშუალო მნიშვნელობის ტოლია, ხოლო $t_{საშ} - t_1, t_2, t_3$ დროის საშუალო მნიშვნელობაა. აქედან გამომდინარე რაც უფრო მეტი სამუშაო/დასაზვერი წერტილი გვექნება მით მეტი მანძილი იქნება დასაფარი საწყისი წერტილიდან დანიშნულების ადგილამდე და შესაბამისად მისი პროპორციული სიდიდე - დრო, მეტი იქნება საჭირო.

მზის ტრანსპორტირებადი დამტენით აღჭურვის შემთხვევაში აღნიშნული გამოსახულებას ექნება სურათზე 7 - ზე მოცემული სახე. დრონის გადაადგილების ვექტორული მანძილი (S კმ/სთ), რომელსაც გადის დრონი პირველი პუნქტიდან დანიშნულების ადგილამდე, შესასრულებელი დავალებიდან გამომდინარე, რეკოგნოსცირებად ობიექტებამდე ან სათადარიგო პოზიციებამდე და პირიქით უკან დასაბრუნებლად. აღნიშნული გამოსახულება გვიჩვენებს ახალ მიდგომას - მზის ტრანსპორტირებადი დამტენით აღჭურვილ დრონს, რომელსაც საწყისი წერტილიდან უხდება მხოლოდ ერთხელ გადაადგილება (და უკან დაბრუნება მისი ბოლოს) და დანარჩენი, პირობითად 3 ობიექტის რეკოგნოსცირება უკვე, იქვე ახლოს, ხელსაყრელ შუალედურ პოზიციაზე ბაზირებული დამტენიდან. ასეთ შემთხვევაში მოვიგებთ დროს და მანძილს გამომდინარე იქიდან, რომ მას აღარ მოუწევს 3-ჯერ მისვლა საწყის წერტილზე იმისათვის რომ დაიტენოს ან ელემენტი შეიცვალოს და შემდეგ გააგრძელოს ამოცანის შესრულება. სურათ 1. 19 ახლებური მიდგ გამოსახულება გვიჩვენებს რომ, პირობითად 10 კმ მანძილის დაფარვა 3-ჯერ აღარ უხდება, რაც ამცირებს ამოცანის შესრულების დროსა და შესაბამისად მანძილს. ოპერაციის რაიონებში მისასვლელი მანძილის შემირების გამო პროპორციულად მცირდება ზედმეტად გაღებული ხარჯიც დროსა და სივრცეში ახალი მიდგომით, რომელიც როგორც უკვე აღვნიშნეთ მოიცავს

დრონის აღჭურვას საკუთარი გადასატანი დამტენით. ასევე მნიშვნელოვანია აღვნიშნოთ, რომ საომარ სიტუაციებში, სამხედრო საომარი მოქმედებების დროს, მოწინააღმდეგის ფრონტის სიღრმეში მოქმედებისას დრონის მიერ ფრონტის გადაკვეთა გაცილებით მაღალი რისკის შემცველია აღმჩენის და განადგურების თვალსაზრისით, ვიდრე მის სიღრმეში მოქმედება. სწორედ ამიტომ, ფრონტის ხაზის გადაკვეთის რაოდენობის შემცირება პირდაპირპროპორციულად შეამცირებს მოწყობილობის აღმოჩენის და შესაბამისად განადგურების ალბათობას, რადგან ბრძოლის დროს ძირითადი ყირადღეა ბუნებრივია ფრონტისკენაა მიმართული.



სურათი 20 მზის ტრანსპორტირებადი დამტენით აღჭურვილი დრონით ოპერირება



სურათი 21 მზის ტრანსპორტირებადი დამტენით აღჭურვილი დრონით ოპერირების გრაფიკული გამოსახულება

მზის დამტენით ტრანსპორტირებადი დრონის მანძილზე დამოკიდებულების მათემატიკური მოდელი მიიღებს შემდეგ სახეს:

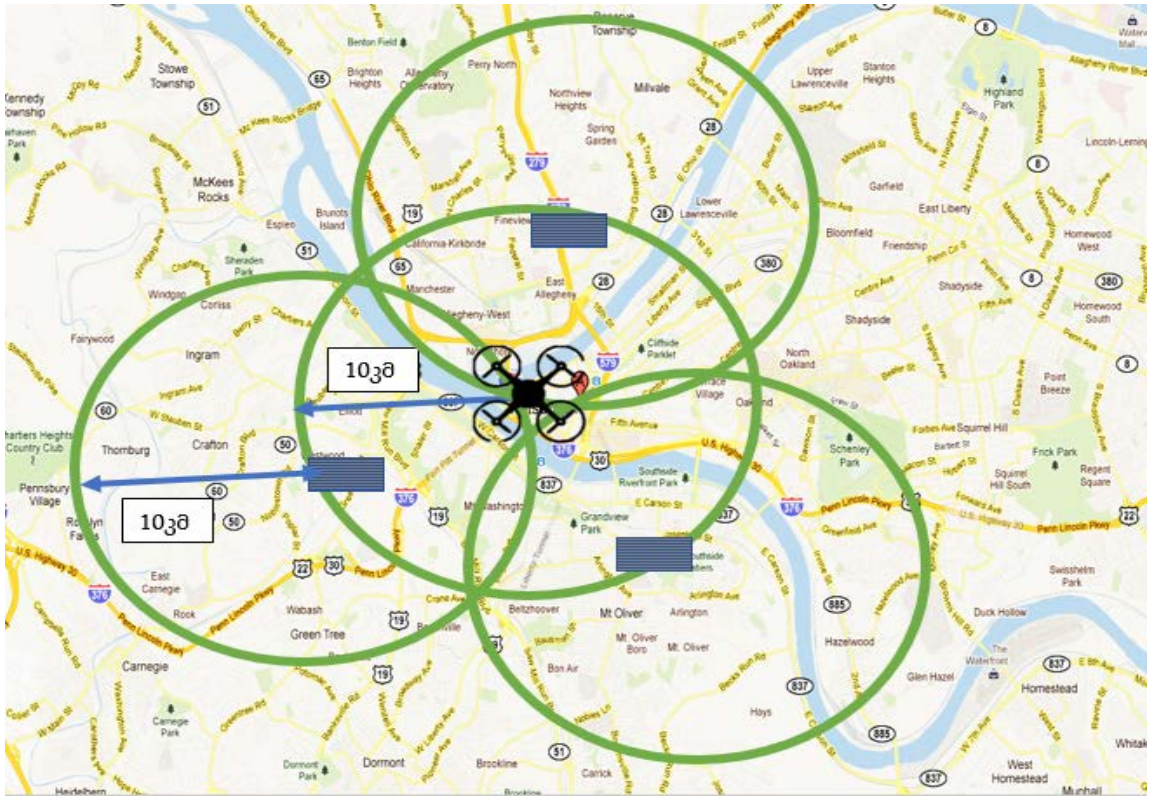
$$S_2 = 2t_0 * n_0 + 2t_1 * n_1 + 2t_2 * n_2 + 2t_3 * n_3 = 2n_{0საშ}t_{0საშ} + 2n_{საშ}t_{საშ}$$

სადაც: $n_{0საშ}$ - დრონის ნულოვან წერტილში გადაადგილების საშუალო მნიშვნელობაა n_0 წერტილიდან, ხოლო $n_{საშ}$ - n_1, n_2, n_3 წერტილებს შორის საშუალო მნიშვნელობის ტოლია. შესაბამისად $t_{0საშ}$ - A წერტილიდან n_0 წერტილში დროის საშუალო მნიშვნელობაა, ხოლო $t_{საშ}$ - n_0 წერტილიდან n_1, n_2, n_3 წერტილებში გადაადგილების დროის საშუალო მნიშვნელობა.

ორივე მოდელის გათვალისწინებით, მანძილის ეფექტურობა გამოისახება შემდეგი ფორმულით:

$$S_{ეფ} = S_1 - S_2$$

თვალსაჩინოებისთვის მოვიყვანთ აღნიშნული მათემატიკური მოდელების სხვადასხვა მახასიათებლებით შედარებას და ვაჩვენებთ რამდენად ეფექტურია მეორე მოდელი პირველთან შედარებით.



სურათი 22 მათემატიკური მოდელის ეფექტურობის კვლევისათვის შერჩეული პირველადი ტოპოლოგია

კვლევა განვახორციელეთ სხვადასხვა რაოდენობის კვანძებზე და სხვადასხვა დისტანციაზე. კვანძების რაოდენობა არის 3-დან ექვსის ჩათვლით. გადაცემის მანძილი 10კმ-დან 150კმ დიაპაზონში. ცხრილი 3 გვიჩვენებს მიღებულ შედეგებს, სადაც მუქი სტრიქონებით აღნიშნულია სტანდარტული მოდელით ნაჩვენები შედეგები.

ცხრილი 2 კვლევის შედეგები სტანდარტული მოდელით

კვანძების რაოდენობა n	$s0$	$s1$	$s2$	$s3$	$s4$	$s5$	$s6$	S_1
3		100	120	90				620
4	110	10	10	20	30			360
5		100	120	90	80	130		1040
6		100	120	90	80	130	150	1340
საერთო ჯამი								3360

ცხრილი 3 კვლევის შედეგები ახალი მოდელით

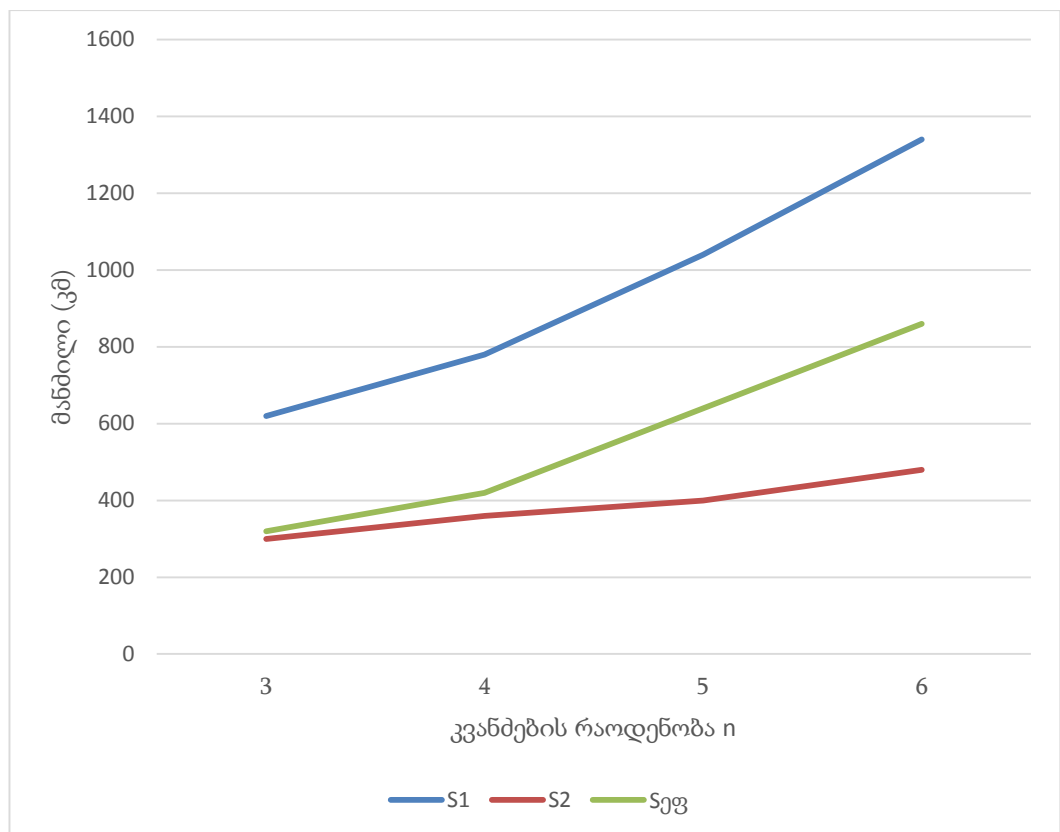
კვანძების რაოდენობა n	$s0$	$s1$	$s2$	$s3$	$s4$	$s5$	$s6$	S_2
3	110	10	10	20				300
4	110	10	10	20	30			360
5	110	10	10	20	30	20		400
6	110	10	10	20	30	20	40	480
საერთო ჯამი (კმ)								1540

თუ გავითვალისწინებთ, რომ $S_{ევ} = S_1 - S_2$, მაშინ აღნიშნული ცხრილიდან შეგვიძლია მივიღოთ ეფექტურობის მაჩვენებელი.

ცხრილი 4 ეფექტურობის მაჩვენებელი

კვანძების რაოდენობა N	S1	S2	სეფ
3	620	300	320
4	780	360	420
5	1040	400	640
6	1340	480	860

აღნიშნული ცხრილების შესაბამისად გრაფიკული გამოსახულება ნაჩვენებია სურათი 26-ზე



სურათი 26 S1, S2 და სეფ მნიშვნელობები კვანძებთან მიმართებაში

ჩვენს მიერ შემუშავებული მათემატიკური მოდელის ანალიზიდან შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ რაც უფრო იზრდება ტრანსპორტირებადი

დრონის მიერ დასაზვერი წერტილების (n) რაოდენობა, მით მეტად იზრდება ეფექტურობის მაჩვენებელი, რაც ნიშნავს, რომ ბევრად მცირდება მანძილი და შესაბამისად დროც, რომელიც საჭირო იქნება აღნიშნული მოწყობილობის ოპერირებისთვის.

დასკვნა

წარმოდგენილ დისერტაციაში ჩვენ განვიხილეთ უსადენო Ad-hoc ქსელები, MANET-IoT-ის ტანდემი და საგანგებო/საომარ სიტუაციებში დისტანციურად ოპერირებადი მოწყობილობები.

გამოვიკვლიეთ მთავარი ფაქტორები, რომლებიც ხელს შეუწყობს არასტანდარტულ, საგანგებო/საომარ სიტუაციებში დისტანციურად ოპერირებადი დრონის ეფექტიანობის გაზრდას და საკომუნიკაციო საშუალებების კავშირის გაუმჯობესებას და მართვის ეფექტიანობას.

შევიმუშავეთ მოდელი, რომელიც უზრუნველყოფს დისტანციურად ოპერირებადი დრონის ენერგიით უზრუნველყოფას ნებისმიერ რელიეფურ პირობებში იქაც კი სადაც ადამიანი ვერ ან არ მივა, შექმნილი საგანგებო ან საომარი სიტუაციიდან გამომდინარე. აღნიშნული მოდელი დამყარებულია სადაზვერვო და მარშრუტიზატორის ფუნქციით აღჭურვილ დრონზე, რომელსაც თვითონვე გადააქვს მზის უკაბელო დამტენი პლატფორმა, რაც მას მისცემს საშუალებას მართვის წერტილში დაბრუნების გარეშე შეასრულოს ამოცანა - დაიმუხტოს და გააგრძელოს ოპერირება თუნდაც გრძელვადიან პერსპექტივაში. ასეთი მიდგომა საშუალებას გვაძლევს გადავწყვიტოთ პრობლემა, რომელსაც შეიძლება დავარქვათ ენერგოდეფიციტი სამუშაოს შესრულების დროს, რომელიც გვზღუდავდა სივრცეში შორ ან მიუწვდომელ ადგილას მოქმედება. დრონისთვის ზემოთ აღნიშნული ფუნქციებისა და მახასიათებლების დამატება კიდევ უფრო საჭიროს და გამოსაყენებელს გახდის მას, როგორც სამხედრო ასევე სამოქალაქო მიმართულებით, მაგრამ ვინაიდან სამხედრო სპეციფიკა მოითხოვს ფარულ, გრძელვადიან, ხშირად ჩასაფრებულ და შეუმჩნეველ მოქმედებებს მიზანშეწონილი იქნება მივიჩნიოთ მისი გამოყენების ფართო არეალად.

შემუშავებულია ახალი პრაქტიკული გადაწყვეტა უკაბელო ტრანსპორტირებადი დამტენით აღჭურვილი დრონისათვის, რომელიც

ხორციელდება MANET-IoT-ის შერწყმის საფუძველზე და აგებულია მათემატიკური მოდელი, რომლის ანალიზიც გვიჩვენებს, რომ რაც უფრო იზრდება ტრანსპორტირებადი დრონის მიერ დასაზვერი წერტილების (n) რაოდენობა, მით მეტად იზრდება ეფექტურობის მაჩვენებელი მანძილისა და დროის მახასიათებელი, რაც ნიშნავს, რომ ბევრად მცირდება მანძილი და შესაბამისად დროც, რომელიც საჭირო იქნება აღნიშნული მოწყობილობის ოპერირებისთვის.

თამად შეიძლება ითქვას, რომ აღნიშნული ნარკვევი წინ გადადგმული ნაბიჯია ამ მიმართულებით მომუშავე და დაინტერესებული ქართულ ენოვანი აუდიტორიისთვის, რადგან MANET-ზე ქართულად მასალები თითქმის არ მოიპოვება, შესაბამისად წარმოდგენილი დისერტაცია დაეხმარება ყველა დაინტერესებულ ადამიანს ინფორმაციის მიღებაში.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. არაბული ნ., გალდავა რ. „მარშუტიზაციის პროტოკოლების ანალიზი სამხედრო ქსელებში“. NDADSP. Defence & Security Publications. 2021წ. 8გვ.
2. არაბული ნ., ადამია ვ. „სამხედრო სფეროში IoT გამოყენება“. NDADSP.
3. Alexander M. Wyglinski, Maziar Nekovee, Thomas Hou. Cognitive Radio Communications and Networks. Academic Press San Diego USA, 2009, 736 p
4. Al-Sakib Khan Pathan, Muhammad Mostafa Monowar, Shafiullah Khan. Simulation Technologies in Networking and Communications. Taylor & Francis Group 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300 Boca Raton, FL 33487-2742 , USA 2014, 648p
5. Andrea Goldsmith. Wireless Communications. Cambridge University Press UK, 2005, 644p
6. A.Mercy Rani, J.Sivaranjani, “a state of art of clustering schemes in manet” International Journal of Innovative Research in Science
7. Algorithm in MANET” International Journal of Advanced Research in Computer Engineering 2016.
8. Benny Bing. Emerging Technologies in Wireless LANs: Theory, Design, and Deployment. Cambridge University Press England, 2008, 853 pages
9. Bernhard H. Walke, Stefan Mangold, Lars Berlemann. IEEE 802 Wireless Systems. John Wiley & Sons, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, PO19 8SQ, England, 402p
10. Byeong Gi Lee, Sunghyun Choi. Broadband Wireless Access and Local Networks. Artech House Inc. 685 Canton Street Norwood USA, 2008, 618p
11. Byrav Ramamurthy, George N. Rouskas, Krishna Moorthy Sivalingam. Next-Generation Internet: Architectures and Protocols. Cambridge University Press England, 2011, 405p
12. Casimer DeCusatis, Ivan P. Kaminow. The Optical Communications Reference. Academic Press Oxford UK, 2009, 464 p
13. CCNA Wireless Official Exam Certification Guide Person Education. Brandon James Carroll. Published by: Cisco Press 800 East 96th Street Indianapolis, IN 46240 USA, 2008, 505p
14. Cedric F. Lam. Passive optical networks : principles and practice, Academic Press in an imprint of Elsevier 30 Corporate Drive, Suite 400, Burlington, MA 01803, USA, 2007, 323p

15. Chilamkurti Naveen, Security, Design, and Architecture for Broadband and Wireless Network Technologies, information science reference 701 E. Chocolate Avenue Hershey PA 17033 USA, 2013, 384p
16. Ching-Hsien Hsu, Laurence T. Yang, Jianhua Ma, Chunsheng Zhu. Ubiquitous Intelligence and Computing. Springer-Verlag Berlin Germany, 2011, 592p
17. D. Aloise, A. Deshpande, P. Hansen, and P. Papat, "NP-hardness of euclidean sum-of-squares clustering," Mach. Learn., vol. 75, May 2009, 245-248 pp.
18. Dave Hood, Elmar Trojer. Gigabit-Capable passive optical networks. John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, PO19 8SQ, United Kingdom, 2012, 431p
19. David R. Smith. Digital Transmission Systems. Kluwer Academic Publishers Norwell USA, 2004, 808 p
20. David T. Wong, Peng-Yong Kong, Ying-Chang Liang, Kee C. Chua. Wireless Broadband Networks. John Wiley & Sons, New Jersey USA, 2009, 500p
21. Dharma Agrawal, Qing-An Zeng. Introduction to Wireless and Mobile Systems. Cengage Learning Boston USA, 2015, 640p
22. Dipankar Raychaudhuri, Mario Gerla, Emerging Wireless Technologies and the Future Mobile Internet, Cambridge University Press UK, 2011, 320p
23. Eduard Säckinger. Broadband Circuits for Optical Fiber Communication. John Wiley & Sons New Jersey USA, 2005, 440 p
24. Ekram Hossain, Kin K. Leung. Wireless Mesh Networks. Springer Science+Business Media, LLC, 233 Spring Street, New York, NY 10013, USA, 2008, 225p
25. Ekram Hossain, Vijay K. Bhargava. Cognitive Wireless Communication Networks. Springer Science+Business Media, LLC, 233 Spring Street, New York, NY 10013, USA , 2007, 440 p
26. Eldad Perahia, Robert Stacey. Next Generation Wireless LANs: 802.11n and 802.11ac. Cambridge University Press UK, 2013, 452p
27. Elzbieta Beres-Pawlik, Grzegorz Budzyn, Grzegorz Lis. Multimode Passive Optical Network for LAN Application. INTECH Open Access Publisher Rijeka Croatia, 2012, 500p
28. Elzbieta Beres-Pawlik, Grzegorz Budzyn, Grzegorz Lis. Multimode Passive Optical Network for LAN Application. INTECH Open Access Publisher Rijeka Croatia, 2012 312p
29. Evgeny Osipov, Andreas Kassler, Thomas Michael Bohnert. Wired/Wireless Internet Communications. Springer Science & Business Media, London UK, 2010, 400p

30. Fan Li. Load Balancing Routing in Multi-hop Wireless Networks. ProQuest Information and Learning Company 300 North Zeeb Road P.O. Box 1346 1346, 2008, 128p
31. George Aggelou. Wireless Mesh Networking. McGraw Hill Professional USA, 2008, 432p
32. Guohui Lin, Computing and Combinatorics, Computing and Information Technology, Springer Science & Business Media, London UK, 2007, 570p
33. Hector C. Weinstock. Focus on Cognitive Radio Technology. Nova Publishers New York USA, 2006, 95p
34. Hongyi Wu, Yi Pan. Medium Access Control in Wireless Networks. Nova Publishers New York USA, 2008, 644 p
35. Ian Akyildiz, Xudong Wang, Wireless Mesh Networks. John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, PO19 8SQ, United Kingdom, 2009, p324
36. Ian F. Akyildiz. NETWORKING 2007. Ad Hoc and Sensor Networks, Wireless Networks, Next Generation Internet. Springer Science & Business Media, , London UK, 2007, 1252p
37. Ivan Kaminow, Tingye Li, Alan E. Willner. Optical Fiber Telecommunications Volume VIB. Academic Press Oxford UK, 2013,1148p
38. J. Chen, J. Jia, Y. Wen, D. Zhao, and J. Liu, "A genetic approach to channel assignment for multi-radio multi-channel wireless mesh networks," in GEC Summit, 2009, 39-46 pp.
39. John Terry, Juha Heiskala. OFDM Wireless LANs: A Theoretical and Practical Guide. Sams Publishing USA, 2002, 315p
40. John Zyskind, Atul Srivastava. Optically Amplified WDM Networks. Academic Press Oxford UK, 2011,512p
41. Johnson I. Agbinya. Wireless Power Transfer. River Publishers Aalborg Denmark, 2012, 416p
42. Jonathan Loo, Jaime Lloret Mauri, Jesús Hamilton Ortiz. Mobile Ad Hoc Networks: Current Status and Future Trends. Taylor & Francis Group 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300 Boca Raton, FL 33487-2742 USA, 2011,538 p
43. K. Daniel Wong. Fundamentals of Wireless Communication Engineering Technologies. John Wiley & Sons New Jersey USA, 2011, 568p
44. K. Das, H. M. K. Alazemi, R. Vijayakumar, and S. Roy, "Optimization model for _xed channel assignment in wireless mesh networks with multiple radios," in In SECON, 2005, 463-474 pp.

45. K.R. Rao, Zoran S. Bojkovic, Bojan M. Bakmaz. *Wireless Multimedia Communication Systems*, Taylor & Francis Group 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300 Boca Raton, FL 33487-2742 USA, 2014, 492p
46. K.R. Rao, Zoran S. Bojkovic, Bojan M. Bakmaz, *Wireless Multimedia Communication Systems*, CRC Press 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300 Boca Raton, FL 33487 USA, 2014, 492p
47. Kai Zeng, Wenjing Lou, Ming Li, *Multihop Wireless Networks: Opportunistic Routing*, John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, PO19 8SQ, United Kingdom, 2011, 304p
48. Kavian, Yousef S. *Intelligent Systems for Optical Networks Design: Advancing Techniques*. IGI Global Hershey USA, 2013, 325p
49. Ke-Lin Du, M. N. S. Swamy. *Wireless Communication Systems*. Cambridge University Press UK, 2010, 985 pages
50. Ken-ichi Kitayama, Francesco Masetti-Placci, Giancarlo Prati. *Optical Networks and Technologies*. Springer Science & Business Media, London UK, 2005, 610p
51. Kui Ren, Xue Liu, Weifa Liang, Ming Xu, Jia Xiaohua, KAI XING. *Wireless Algorithms, Systems, and Applications*. Springer-Verlag Berlin Germany, 2013, 536 p
52. L. Song and Z. bing Xia, "An anycast routing protocol for wireless mesh access network", *Information Engineering, International Conference on*, vol. 2, 2009, 82-85 pp.
53. Leonid G. Kazovsky, Ning Cheng, Wei-Tao Shaw, David Gutierrez, Shing-Wa Wong. *Broadband Optical Access Networks*. John wiley & Sons, Inc. New Jersey USA, 2011, 300 p
54. Leonid G. Kazovsky, Ning Cheng, Wei-Tao Shaw, David Gutierrez, Shing-Wa Wong. *Broadband Optical Access Networks*. *Wireless Internet and Mobile Computing*. John Wiley & Sons Inc. New Jersey USA, Apr 20, 2011, 300p
55. M. Kodialam and T. Nandagopal, "Characterizing the capacity region in multiradio multi-channel wireless mesh networks," in *ACM MobiCom*. ACM Press, 2005, 73-87 pp.
56. Marco Conti, Jon Crowcroft, Andrea Passarella. *Multi-hop Ad Hoc Networks from Theory to Reality*. Nova Publishers New York USA, 2007, 306p
57. Mark Crovella, Laura Marie Feeney, Dan Rubenstein. *NETWORKING 2010*. Springer Science & Business Media, London UK, 2010, 410p
58. Martin Maier, Navid Ghazisaidi. *FiWi Access Networks*. Cambridge University press UK, 2011, 253p

59. Mohamed Ibnkahla. *Adaptation and Cross Layer Design in Wireless Networks*. Taylor & Francis Group 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300 Boca Raton, FL 33487-2742 USA, 2008, 528p
60. Mohammad M. Rad. *Passive Optical Network (PON) Monitoring Using Optical Coding Technology*. Université Laval outskirts Canada, 2010, 282 pages
61. Molish F. *Wireless Communication*. Published John Wiley & Sons Ltd. First edition published 2005 Registered office John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, PO19 8SQ, United Kingdom, 2011, 884p
62. Natarajan Meghanathan, Dhinaharan Nagamalai, Nabendu Chaki. *Advances in Computing and Information Technology* Springer Science & Business Media, London UK, 2012, 836p
63. International Conference on Networking and Computer Application July 15-16, 2015, ISBN:9788193137314.
64. M. Ni, Z. Zhong and D. Zhao. "MPBC: A Mobility Pre-diction-Based Clustering Scheme for Ad Hoc Networks," IEEE TVT, Vol. 60, No. 9, 2011.
65. M. Ni, Z. Zhong and D. Zhao. "MPBC: A Mobility Pre-diction-Based Clustering Scheme for Ad Hoc Networks," IEEE TVT, Vol.
66. Madhvi Saxena Neelam Phata, K. J. Mathai and M.A.Rizvi "Clustreing Based Energy Efficient Algorithm using Max-Heap tree for MANET". IEEE fourth International conference on communication system and network Technologies, 978-1-4799-3070-8/4,2014.
67. Madhvi Saxena Neelam Phata, K. J. Mathai and M.A.Rizvi "Clustreing Based Energy Efficient Algorithm using Max-Heap tree for".
68. Madhvi Saxena Neelam Phata, K. J. Mathai and M.A.Rizvi "Clustreing Based Energy Efficient Algorithm using Max-Heap tree for MANET". IEEE fourth International conference on communication system and network Technologies, 978-1-4799-3070-8/4,2014.
69. MANET". IEEE fourth International conference on communication system and network Technologies, 978-1-4799-3070-8/4,2014.
70. Munisha Devi, Nasib Singh Gil. " Novel Algorithm for Enhancing MANET Protocol in Smart Environment." International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, 8, August 2019. 2-3pg.
71. Niranjan Suri, Mauro Tortonesi Military Internet of things(IoT), Autonomy, and Things to Come, ICCRTS-KSCO-2016.
72. Naranjan Shury, Mauro Tortonesi Military Internet of things(IoT), Autonomy, and Things to Come, ICRTS-KSC-2018.

73. Priya sexana, Amit Gound “Energy Efficient cluster based routing protocol for Mobile ad hoc Networks” International research Journal of Engineering and Technology (IRJET) 2016.
74. Priya sexana, Amit Gound “Energy Efficient cluster based routing protocol for Mobile ad hoc Networks” International research.
75. Priya sexana, Amit Gound “Energy Efficient cluster based routing protocol for Mobile ad hoc Networks” International research Journal of Engineering and Technology (IRJET) 2016.
76. Sanehi Sirohi, Manoj Yadav “Comparative Analysis of Novel Weight Based Cluster Algorithm Energy Efficient Cluster Based”.
77. Sarvesh Arora, Naveen Bilandi “A New Technique for Weight based Clustering Algorithm in Mobile Ad hoc Networks”.
78. Suchita Baxla, Cajesh Nema “A Review Paper on Performance Analysis of AODV, OLSR, DSR and GRP Routing Protocols of Ad hoc Networks” International Journal of Science and Research (IJSR), Volume 2 Issue 5, May 2017.
79. Suchita Fuxla, Rajesh Nema “A Review Paper on Performance Analysis of AODV, ELSR, DSR and GRP Routing Protocols of Ad hoc Networks” International Journal of Science and Research (IJSR), Volume 3 Issue 5, May 2018.
80. Suchita Baxla, Rajesh Nema “A Review Paper on Performance Analysis of AODV, OLSR, DSR and GRP Routing Protocols of Ad hoc Networks” International Journal of Science and Research (IJSR), Volume 2 Issue 5, May 2018.
81. International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT) Volume 3, Issue 9, March 2014. Routing Algorithm in MANET
82. Sunil pathak, sonal jain “A novel weight based clustering algorithm for routing in MANET”, 2016 Springer.
83. <https://www.intechopen.com/books/ad-hoc-networks/manet-network-in-internet-of-things-system>
84. <http://global-erty.ge/ka/services/3-სატელიტური-ინტერნეტი>
85. <https://spectrum.ieee.org/tech-talk/telecom/internet/popular-internet-of-things-forecast-of-50-billion-devices-by-2020-is-outdated>.
86. <http://events.windriver.com/wrcd01/wrcm/2016/08/WP-IoT-internet-of-things-for-defense.pdf>
87. <http://events.windriver.com/wrcd01/wrcm/2016/08/WP-IoT-internet-of-things-for-defense.pdf>.

88. <https://www.intechopen.com/books/ad-hoc-networks/manet-network-in-internet-of-things-system>
89. <http://global-erty.ge/ka/services/3-სატელიტური-ინტერნეტი>
90. https://www.bhphotovideo.com/c/product/1583745-REG/acopower_hy_3x40w1hy_ltk_3x40wp20a_px20a_hy_ltk_3x40wp20a_foldable_solar_panel.html/overview?gclid=Cj0KCQjwxJqHBhC4ARIsAChq4asfGnDmUz-ZuvJePGfaKS-wZkT58oGBG1NgK4yAx_ChZn5YSEmVRWkaAvBoEALw_wcB
91. <https://www.brookings.edu/research/drones-and-aerial-surveillance-considerations-for-legislatures/>
92. www.radiotavisupleba.ge/a/სამხედრო-დრონები-საქართველოში-რა-არ-ვიციოთ-მათზე/30882857.html
93. <https://spectrum.ieee.org/tech-talk/telecom/internet/popular-internet-of-things-forecast-of-50-billion-devices-by-2020-is-outdated>.
94. <https://strij.tech/publikatsii/tehnologiya/chto-takoe-internet-veschey.html>.
95. IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering (IOSR-JECE) e-ISSN: 2278-2834,p- ISSN: 2278-8735.Volume 12, Issue 4, Ver. III (Jul.-Aug. 2017), PP 49-55 www.iosrjournals.org
96. <http://events.windriver.com/wrcd01/wrcm/2016/08/WP-IoT-internet-of-things-for-defense.pdf>
97. <https://www.intechopen.com/books/ad-hoc-networks/manet-network-in-internet-of-things-system>
98. https://www.bhphotovideo.com/c/product/1583745-REG/acopower_hy_3x40w1hy_ltk_3x40wp20a_px20a_hy_ltk_3x40wp20a_foldable_solar_panel.html/overview?gclid=Cj0KCQjwxJqHBhC4ARIsAChq4asfGnDmUz-ZuvJePGfaKS-wZkT58oGBG1NgK4yAx_ChZn5YSEmVRWkaAvBoEALw_wcB
99. <https://www.brookings.edu/research/drones-and-aerial-surveillance-considerations-for-legislatures/>
100. <https://spectrum.ieee.org/tech-talk/telecom/internet/popular-internet-of-things-forecast-of-50-billion-devices-by-2020-is-outdated>.
101. <https://strij.tech/publikatsii/tehnologiya/chto-takoe-internet-veschey.html>.
102. IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering (IOSR-JECE) e-ISSN: 2278-2834,p- ISSN: 2278-8735.Volume 12, Issue 4, Ver. III (Jul.-Aug. 2017), PP 49-55 www.iosrjournals.org
103. <http://events.windriver.com/wrcd01/wrcm/2016/08/WP-IoT-internet-of-things-for-defense.pdf>

104. <https://www.intechopen.com/books/ad-hoc-networks/manet-network-in-internet-of-things-system>
105. <https://www.brookings.edu/research/drones-and-aerial-surveillance-considerations-for-legislatures/>