

პ. ხუნდაძე,
ზ. ბობიაშვილი,
ბ. მურჯიანი

ტელეკომუნიკაციის სისტემები

ნაწილი მეორე

რადიოკავშირის სისტემები

(ლექციების კონსპექტი)

თ ბ ი ლ ი ს ი 2004

სარჩევი

1. რადიოკავშირის სისტემები

- 1.1. ძირითადი განსაზღვრებები
- 1.2. ტელეკომუნიკაციის რადიოსაზღვრები
- 1.3. რადიოგადამცემი მოწყობილობა
- 1.4. რადიომიმღები მოწყობილობა
- 1.5. ანტენები და ფიდერები
- 1.6. გადაცემის რადიოსარელო სისტემები
- 1.7. გადაცემის ტროპოსფერული რადიოსარელო სისტემები
- 1.8. დეკამეტრულ ტალღებზე მომუშავე გადაცემის სისტემები
- 1.9. რადიოტალღების იონოსფეროში გაბნევის და მეტეორიტების
ნაკვალევზე არეკვლის გამოყენებაზე დაფუძნებული გადაცემათა
სისტემები
- 1.10. კავშირის თანამგზავრული სისტემები

2. მოძრავი რადიოკავშირის სისტემები

- 2.1. მოძრავი რადიოკავშირის პროფესიონალური სისტემები
- 2.2. კავშირგაბმულობის ფიჭური სისტემები
- 2.3. პერსონალური რადიოგამოძახების სისტემები
- 2.4. უკაბელო ტელეფონების სისტემები

ლიტერატურა

1. რადიოკავშირის სისტემები

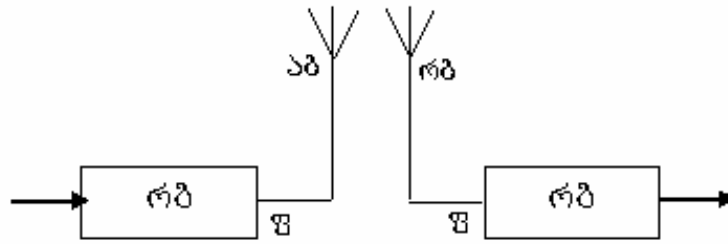
1.1. ძირითადი განსაზღვრებები

იმ დროს, როდესაც შეუძლებელი ხდება საკაბელო სისტემებით კავშირგაბმულობის ქსელის აგება, გამოიყენება რადიოხაზები. რადიოსისტემებით ინფორმაციის გადაცემის პრინციპიალური განსხვავება მდგომარეობს იმაში, რომ რადიოხაზში რადიოტალღების გავრცელების პირობები არასტანდარტულია ე.ი. განუწყვეტლივ ცვალებადია. ცვლილებები დამოკიდებულია დროზე და სიხშირეზე. თუმცა ხანდახან რადიოხაზებით ინფორმაციის გადაცემა ერთდერთი საშუალებაა კავშირგაბმულობის სისტემებს შორის (მაგალითად მოძრავ ობიექტებთან კავშირი).

კავშირგაბმულობის ურთიერთდაკავშირებულ ქსელებში (კშმ) გამოიყენება რადიოკავშირის სხვადასხვა სისტემები: პირდაპირი ხედვის რადიოსარულეო, ტროფოსფერული, თანამგზავრული, დეკამეტრულ ტალღებზე მომუშავე, იონოსფერული და სხვა.

ცალმხრივი რადიოკავშირის უზრუნველყოფისათვის (ნახ. 1.1.) წერტილიდან, საიდანაც ხორციელდება სიგნალის გადაცემა, განალაგებენ რადიოგადამცემ მოწყობილობას, რომელიც შეიცავს რადიოგადამცემს (რბ ("რკმ")) და გადამცემ ანტენას (ა.ბ.), ხოლო წერტილში, სადაც ხორციელდება სიგნალის მიღება - დგავენ მიმღებ მოწყობილობას, რომელიც შეიცავს მიმღებ ანტენას (ა.მ.) და რადიომიმღებს (რმ ("რპმ")). მიმღებ-გადამცემ მოწყობილობას ანტენები უერთდება ფიდერული ტრაქტების მეშვეობით (შ).

სიგნალების ორმხრივი გადაცემისათვის აუცილებელია ვიქონიოთ მაუწყებლობის ორი კომპლექტი. ორმიმართულებიანი რადიოკავშირი შეიძლება იყოს *სიმპლექსური* და *დუპლექსური*. სიმპლექსური მეთოდის დროს მიღება და გადაცემა ხორციელდება მიმდევრობით (რიგ-რიგობით). ამ შემთხვევაში დამაბოლოებელ სადგურებში (წერტილებში) რადიოგადამცემებს შეუძლიათ იმუშაონ ერთდღივივი სიხშირეზე, ამავე სიხშირეზე იმუშავენ რადიომიმღებები. რადიოგადამცემი ჩაირთვება მხოლოდ გადაცემის დროს. დუპლექსური რადიოკავშირის დროს გადაცემა და მიღება ერთდროულად ხორციელდება. კავშირისათვის გამოყოფილი უნდა იყოს ორი სხვადასხვა სიხშირე სხვადასხვა მიმართულებით გადაცემისათვის. აბონენტების რადიოგადამცემები და რადიომიმღებები ჩართულია კავშირის მთელი დროის განმავლობაში.

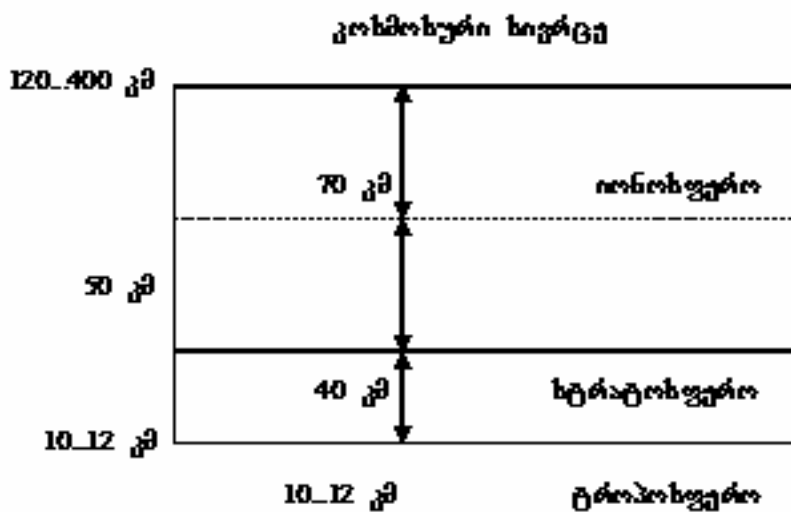


ნახ. 1.1. რადიოკავშირის სისტემის სტრუქტურა

12. ტელეკომუნიკაციის რადიოსახეები

ტელეკომუნიკაციის (ელექტროკავშირის) რადიოსახეებში (რადიოკავშირის ხაზებში) ელექტრომაგნიტური ტალღების გავრცელების არეს უმრავლეს შემთხვევაში (კოსმოსურ აპარატებს შორის კავშირის სახეობის გარდა) წარმოადგენს დედამიწის ატმოსფერო. 12 ნახაზზე ნაჩვენებია დედამიწის ატმოსფეროს გამარტივებული აგებულება.

დედამიწის ატმოსფეროს აგებულება რეალურად უფრო რთულია და ტროფოსფეროდ, სტრატოსფეროდ და იონოსფეროდ მისი დაყოფა საკმაოდ პირობითია. ფენების სიმაღლეები მიახლოებითაა და ისინი სხვადასხვა დედამიწის სხვადასხვა გეოგრაფიული წერტილისათვის. ატმოსფეროს მასის დაახლოებით 80% თავმოყრილია ტროფოსფეროში და 20% – სტრატოსფეროში. იონოსფეროში ატმოსფეროს სიმკვრივე ძალზე მცირეა და მასსა და კოსმოსურ სივრცეს შორის საზღვარი პირობითია, ვინაიდან ატმოსფეროს კვალი გვხვდება აგრეთვე 400 კმ სიმაღლეზეც კი. მიღებულია, რომ ატმოსფეროს მკვრივი ფენები მთავრდება დაახლოებით 120 კმ სიმაღლეზე.

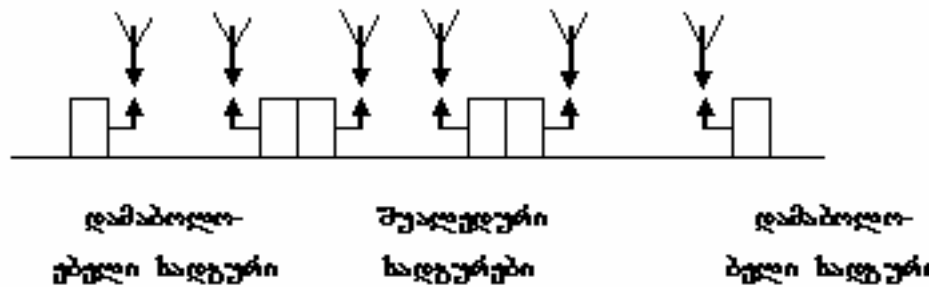


ნახ. 1.2. დედამიწის ატმოსფეროს აგებულება

რადიოკავშირის ხაზი შედგება გადამცემისაგან (იგი, თავის მხრივ, შეიცავს გადამცემ ანტენას, რომელიც გამოასხივებს რადიოტალღას), რადიოტალღების გავრცელების გარემოსაგან გადამცემიდან მიმდებამდე და მიმდებისაგან, რომელიც, თავის მხრივ, შეიცავს რადიოტალღების მიმღებ ანტენას.

რადიოტალღის სიგრძე $\lambda = 3 \times 10^8 / f$, სადაც f – რხევის სიხშირეა.

1.3 ნახაზზე წარმოდგენილია რადიოხაზის ტიპური სახე. ხაზი შეიძლება შეიცავდეს ორ დამაბოლოებელ სადგურს. ასეთი რადიოხაზების მაგალითია მასიური ხასიათის შეტყობინებათა გადაცემის ქსელები (სატელევიზიო და რადიომაუწყებლობის ქსელები). რადიოხაზი შეიძლება შეიცავდეს რამდენიმე შუალედურ მიმღებ-გადამცემ სადგურს (ასე აიგება გადაცემის რადიოსარეწო სისტემების ხაზები).



ნახ. 13. რადიოხაზის ტიპური სახე

რადიოტალღების კლასიფიკაცია და მათი გავრცელების ხერხები წარმოდგენილია 1.1 და 1.2 ცხრილებში. რადიოტალღების დიაპაზონებად დაყოფა დადგენილია რადიოკავშირის საერთაშორისო რეგლამენ-ტით (ITU-R). დეციმილიმეტრულ ტალღებს (იხ. ცხრილი 1.2) სხვანაირად **ობტიკურ ტალღებსაც** უწოდებენ და იგი იყოფა **ინფრაწითელ** (სიხშირეთა დიაპაზონი 300...400 გჰც, ტალღის სიგრძე 0,75...1 მმ), **ხილული სინათლის** (400...750 გჰც, 0,4...0,75 მმ) და **ულტრაისფერ** (750...3000 გჰც, 0,1...0,4 მმ) ტალღებად.

თავისუფალ სივრცეში რადიოტალღები სწორხაზოვნად ვრცელდება. გადამცემი სადგურის (იგი, როგორც წესი მდებარეობს დედამიწის ზედაპირზე) ანტენის მიერ გამოსხივებული რადიოტალღები მანამ, სანამ მიაღწევენ მიმღებ ანტენამდე, ზოგადად რთულ გზას გადის. მიღების წერტილში ველის დაძაბულობის მნიშვნელობაზე გავლენას ახდენს მრავალი ფაქტორი, რომელთაგან ძირითადია:

1. ელექტრომაგნიტური ტალღების არეკვლა დედამიწის ზედაპირიდან;

2. ატმოსფეროს იონიზირებულ ფენებში (იონოსფეროში) გარდატეხა (არეკვლა);

3. გაფანტვა ატმოსფეროს ქვედა ფენების (ტროპოსფეროს) დიელექტრიკულ არაერთგვაროვნებებში;

4. დედამიწის სფერული ფორმით გამოწვეული დიფრაქცია, რის გამოც გრძელი და საშუალო ტალღები გარს უვლიან დედამიწას ამობურცულობაზე.

გარდა ამისა, მიღების წერტილში ველის დაძაბულობა დამოკიდებულია ტალღის სიგრძეზე, დედამიწის ატმოსფეროს მზით განათებულობაზე და აგრეთვე რიგ სხვა ფაქტორებზე.

ცხრილი 11

რადიოტალღების სახეობა	რადიოტალღების გავრცელების ძირითადი ხერხები	კავშირის სიშორე, კმ
მითიამეტრული და კილომეტრული (ზეტა-ბელი და ჯიბელი)	დიფრაქცია. დედამიწიდან და იონოსფეროდან ატეკვლა	ათასეულებამდე, ათასეულები
ჰექტომეტრული (საშუალო სიხშირის)	დიფრაქცია გაბრუნება იონოსფეროში	ასეულები, ათასეულები
დეკამეტრული (მოკლე)	გაბრუნება იონოსფეროში და ატეკვლა დედამიწიდან	ათასეულები
მეტრული და უფრო მოკლე	თავისუფალი გავრცელება და დედამიწიდან ატეკვლა	ათეულები, ასეულები

რადიო-ტალღების სახე	რადიო-ტალღების ტიპი	რადიო-ტალღების დიაპაზონი (ტალღის სიგრძე)	დიაპაზონის ნომერი	სიხშირეთა დიაპაზონი	რადიო-სიხშირეთა სახეობა
მითრამეტრული	ზეტრძედი	10...100 კმ	4	3...30 კჰც	ძალზე დაბალი (ძრზ-ОНЧ)
კილომეტრული	ტრძედი	1...10 კმ	5	30...300 კჰც	დაბალი (რზ - НЧ)
ჰექტომეტრული	საშუალო	100...1000 მ	6	300...3000 კჰც	საშუალო (სზ - СЧ)
დეკამეტრული	მოკლე	10...100 მ	7	3...30 მჰც	მაღალი (ძზ-ВЧ)
მეტრული	ულტრა-მოკლე	1...10 მ	8	30...300 მჰც	ძალზე მაღალი (ძზ-ОВЧ)
დეციმეტრული		10...100 სმ	9	300...3000 მჰც	ულტრა-მაღალი (ზზ-УВЧ)
სანტიმეტრული		1...10 სმ	10	3...30 ტჰც	ზემაღალი (ზზ-СВЧ)
მილიმეტრული		1...10 მმ	11	30...300 ტჰც	უკიდურესად მაღალი (ზზ-КВЧ)
დეციმილიმეტრული		0,1...1 მმ	12	300...3000 ტჰც	ჰიპერმაღალი (კზ-ГВЧ)

შენიშვნა: **ОНЧ** – очень низкие частоты; **НЧ** – низкие частоты; **СЧ** – средние частоты; **ВЧ** – высокие частоты; **ОВЧ** – очень высокие частоты; **УВЧ** – ультравысокие частоты; **СВЧ** – сверхвысокие частоты; **КВЧ** – крайне высокие частоты; **ГВЧ** – гипер высокие частоты.

გრძელი და საშუალო ტალღების დიაპაზონებში მუშაობს რადიომაუწყებლობის სადგურები დიდი სიმძლავრის გადამცემებით (150...500 კვტ) დიდ მანძილზე გადაცემისათვის და შედარებით ნაკლები სიმძლავრის (30 კვტ-დე) გადამცემებით – რამდენიმე ასეულ კილომეტრზე მაუწყებლობისათვის.

რამდენიმე ათეული მეტრი სიგრძის მოკლე რადიოტალღებს შეუძლია არეკვლა ნახევრად გამტარი გარემოსაგან – იონოსფეროსაგან. მრავალჯერ აირეკლება რა იონოსფეროსაგან და დედამიწის ზედაპირისაგან, მოკლე ტალღებს შეუძლია გარს შემოუარონ დედამიწას, რის გამოც მათი გავრცელების სიშორე შეუზღუდავია. თუმცა მოკლე ტალღების გავრცელების პირობები ძალზე არასტაბილურია იონოსფეროს მდგომარეობის არამუდმივობის გამო, ვინაიდან მასში ელექტრონების კონცენტრაცია დამოკიდებულია მათი ფენის (შრის) სიმაღლეზე დედამიწის ზედაპირიდან და იგი იცვლება მზის სხივების ზემოქმედების ცვლილებასთან ერთად. იონოსფეროს სხვადასხვა ფენიდან არეკვლილი მოკლე ტალღები შეიძლება მიღების ადგილას (მიმღებში) ერთდროულად მოხვდეს სხვადასხვა გზით (სხვადასხვა სხივით). მრავალსხივიანობით გამოწვეული ინტერფერენციისა და გავრცელების პირობების ცვლილების შედეგად მიმღებში მოხვედრილი მოკლე ტალღები ძლიერ შესუსტებული იქნება.

მოკლე ტალღების დიაპაზონში მუშაობს დიდი რაოდენობის რადიომაუწყებლობის სადგურები, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს ურთიერთ-ხელშემღები სადგურებს შორის. მოკლეტალღიანი რადიოკავშირის ხაზების ორგანიზებისათვის შეიძლება გამოყენებულ იქნას სისხშირეთა შეზღუდული ზოლები (არაუმეტეს 5...6 კჰც-ისა). ასეთ ზოლებში შეიძლება 3 ან 4 ტელეფონისა და 6 ტელეგრაფის არხის ორგანიზება. მცირე გამტარუნარიანობისა და დაბალი საიმედოობის გამო რადიოკავშირის მოკლეტალღიანი ხაზები ძირითადად გამოიყენება ძნელად მისადგომ, დაშორებულ და მოძრავ (მობილურ) ობიექტებთან კავშირისათვის. მოკლეტალღიანი ხაზების ღირსებაა მათი ორგანიზების სიმარტივე და გადამცემების მცირე სიმძლავრე შორეული კავშირის განხორციელების შემთხვევაში.

რადიოკავშირისათვის გამოყენებულ ძირითად დიაპაზონებს წარმოადგენს დეციმეტრული და სანტიმეტრული ტალღების დიაპაზონები. ასეთი ტალღებისათვის იონოსფერო გამჭვირვალეა და ამიტომ ისინი ვრცელდება სწორხაზოვნად როგორც დედამიწის ზედაპირის გასწვრივ, ასევე კოსმოსურ სივრცეში, ოღონდ ამ დიაპაზონებში რადიოტალღების მდგრადი გავრცელება შესაძლებელია მხოლოდ პირდაპირი ხედვის ფარგლებში. ამიტომ ამ ტალღების შორ მანძილზე გადასაცემად აუცილებელია რეტრანსლატორების გამოყენება.

დეციმეტრული ტალღების გავრცელებაზე გავლენას ახდენს ტროპოსფეროს შრე, რომელიც არაერთგვაროვან გარემოს წარმოადგენს.

ტროპოსფეროს არაერთგვაროვნება კი იწვევს მისგან არეკვლილი ტალღების გაფანტვას, რის გამოც მათ შეუძლია 1000 კმ-დე გავრცელება, რომელიც ბევრად აღემატება პირდაპირი ხედვის არეს.

ტელეკომუნიკაციის ძირითად რადიოხაზებს რადიოსარელეო ხაზები **(რსხ)** წარმოადგენს, რომლებიც მუშაობს სანტიმეტრული ტალღების (ზემაღალი სიხშირის – **ზმს**), ზოგიერთ შემთხვევაში კი დეციმეტრული ტალღების (ულტრამაღალი სიხშირის – **უმს**) დიაპაზონში. ტელეკომუნიკაციის რადიოხაზები (რადიოკავშირის ხაზები) იყოფა პირდაპირი ხედვის, ტროპოსფერულ, იონოსფერულ და მეტეორულ ხაზებად, აგრეთვე ტელეკომუნიკაციის ხაზებად დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრის **(ღსთ)** გამოყენებით. რადიოკავშირის ხაზებით ხორციელდება კავშირის დამყარება მოძრავი რადიოკავშირის, კერძოდ, პროფესიონალურ (ტრანკინგულ), ფიჭური კავშირის, პერსონალური რადიოგამოძახებისა და უმავთულო ტელეფონების სისტემებში.

13. რადიოგადამცემი მოწყობილობა

ფუნქციონალური თვალსაზრისით რადიოგადამცემი მოწყობილობის ქვეშ იგულისხმება მოწყობილობა, რომელიც განკუთვნილია რადიოსიხშირული სიგნალის ფორმირებისა და გადაცემისათვის. რადიოგადამცემის ფუნქციონალურ კვანძებში შედის გადამტანი სიხშირის გენერატორი და მოდულატორი. როგორც წესი გადამტანი სიხშირის გენერატორი და მოდულატორი აიგება მრავალარხიანი სქემის მიხედვით. გარდა ამისა, გადამცემი მოწყობილობები (განსაკუთრებით მძლავრი გადამცემების) შეიცავენ მრავალ სხვა სისტემებს (კვანძებს): კვების წყაროს, გაგრილების, ავტომატური და დისტანციური მართვის, სიგნალიზაციის, დაცვის, ბლოკირების და სხვა.

რადიოგადამცემი მოწყობილობების ძირითადი მონაცემები პირობითად შეიძლება დაიყოს ორ ჯგუფად: ენერგეტიკულ და ელექტრომაგნიტურ თავსებადობის მაჩვენებლებად.

რადიოგადამცემი მოწყობილობების მნიშვნელოვან ენერგეტიკულ მახასიათებლებს წარმოადგენენ *ნომინალური სიმძლავრე* და *სამრეწველო მარგი ქმედების კოეფიციენტი* (მჰპ). *ნომინალური* სიმძლავრის (P) ქვეშ იგულისხმება ანტენაზე მიწოდებული ენერგიის საშუალო მნიშვნელობა რადიოსიხშირული ცვლილებების მთელი პერიოდის განმავლობაში. *სამრეწველო მარგი ქმედების კოეფიციენტი* წარმოადგენს ნომინალური

სიმძლავრის ფარდობას რადიოგადამცემი მოწყობილობაზე მიწოდებულ სიმძლავრესთან $P_{სრ}=P/P_{სრ}*100\%$.

ელექტრომაგნიტური თავსებადობის ძირითად მაჩვენებელს წარმოადგენს მუშა სიხშირეების დიაპაზონი, სიხშირის მერყეობის არასტაბილურობა და სიხშირული ზოლის გარეთ გამოსხივება.

სიხშირეების მუშა დიაპაზონი ეწოდება სიხშირეებს, რომელშიც რადიოგადამცემი მოწყობილობა უზრუნველყოფს სიგნალების გადაცემას დადგენილი სტანდარტების მიხედვით.

სიხშირული არასტაბილურობის ქვეშ იგულისხმება გადამცემის მიერ სიხშირული დიაპაზონის საზღვრებს გარეთ გადაცემის განხორციელება დროის გარკვეულ მონაკვეთში, დადგენილ სიხშირესთან შედარებით. გადამცემი სისტემის მცირედი არასტაბილურობა (დიდი სტაბილურობა) საშუალებას იძლევა შევამციროთ ხელშემშლელი მიმღებ მხარეზე.

სიხშირული ზოლის გარეთა სიხშირეებს უწოდებენ ისეთ გამოსხივებებს, რომლებიც განთავსებულია სასარგებლო შეტყობინებისათვის გამოყოფილი ზოლის გარეთ. სიხშირული ზოლის გარეთა გამოსხივება წარმოქმნის (წარმოადგენს) დამატებით ხელშემშლელს მიმღებისათვის. სიხშირული ზოლის გარეთა გამოსხივებების ჩახშობა არ იწვევს მიღებული სიგნალის ხარისხის შემცირებას.

დანიშნულების მიხედვით რადიოგადამცემი მოწყობილობები იყოფა: კავშირგაბმულობის, რადიომაუწყებლობის და სატელევიზიო მოწყობილობებად. სამუშაო სიხშირეების დიაპაზონის მიხედვით რადიოგადამცემი მოწყობილობები იყოფიან რადიოტალღების კლასიფიკაციის მიხედვით. ნომინალური სიმძლავრის მიხედვით რადიოგადამცემი მოწყობილობები იყოფიან: მცირესიმძლავრიან (100 ვტ-მდე), საშუალო სიმძლავრის (10-დან 10000 ვტ-მდე), მძლავრ (10-დან 500 კვტ-მდე) და ზემძლავრ (500 კვტ-ს ზევით).

ექსპლუატაციის (გამოყენების) მიხედვით რადიოგადამცემი მოწყობილობები იყოფა სტაციონალურ და გადასატან მოწყობილობებად (საავტომობილო, თვითმფრინავის, ხელით გადასატანი და ა.შ.).

14. რადიომიმღები მოწყობილობა

რადიომიმღება - ესაა რადიოგამოსხივებიდან სიგნალის გამოყოფა. იმ ადგილზე, სადაც ხორციელდება რადიომიმღება, ერთდროულად არსებობს მრავალი რადიოგამოსხივება სხვადასხვა ხელოვნური თუ ბუნებრივი წყაროებიდან. სასარგებლო რადიოსიგნალის სიმძლავრე შეადგენს საერთო

გამოსხივების ძალიან მცირე ნაწილს. რადიომიმღების დანიშნულებაა გამოყოს სასარგებლო რადიოსიგნალი სხვა დანარჩენი რადიოსიგნალებისაგან და შესაძლო ხელშეშლებისაგან, აგრეთვე აღადგინოს გადაცემული შეტყობინება და მოახდინოს მისი აღწარმოება.

რადიომიმღები მოწყობილობის ძირითადი (უნივერსალური თვალსაზრისით) მაჩვენებლებია: სამუშაო (მუშა) სიხშირეების დიაპაზონი, მგრძობელობა (მგრძობიარობა), ამორჩევითობა და ხელშეშლამდგრადობა.

სამუშაო სიხშირეების დიაპაზონი განისაზღვრება მიღების შესაძლო სიხშირეების მიხედვით. სხვაგვარად რომ ვთქვათ, ეს არის სიხშირეები რომელთა ზღვარში რადიომიმღები მოწყობილობას შეუძლია სწორად და ნახტომისებურად გადაეწყოს ერთი სიხშირიდან მეორეზე.

მგრძობიარობა - ეს არის რადიომიმღების თვისება უზრუნველყოს სუსტი რადიოსიგნალის მიღება. მგრძობიარობა რაოდენობრივად ფასდება ელექტრომაგნიტური ძალის მინიმალური მნიშვნელობით, რომელიც მიეწოდება რადიომიმღები მოწყობილობის შესასვლელზე, რომლის დროსაც გვექნება მოთხოვნილი სიგნალ-ხმაურის ფარდობა გამოსასვლელზე გარეშე ხელშეშლების დროს.

ამორჩევითობა რადიომიმღების თვისებაა, რომელიც უზრუნველყოფს სასარგებლო რადიოსიგნალის გამორჩევას რადიოხელშეშლებისაგან გარკვეული ნიშანთვისებების მიხედვით, რომლებიც გააჩნია რადიოსიგნალს. სხვაგვარად რომ ვთქვათ, ეს არის რადიომიმღები მოწყობილობის თვისება ამოარჩიოს საჭირო სიგნალი ელექტრომაგნიტური რხევების სპექტრიდან არსებულ წერტილში ხელშეშლელი სიგნალების შემცირებით. განასხვავებენ სივრცულ და სიხშირულ ამორჩევითობას. სივრცული ამორჩევითობა მიიღწევა მიმართული ანტენის გამოყენებით, რომელიც უზრუნველყოფს საჭირო რადიოსიგნალების მიღებას გარკვეული მიმართულებიდან და სხვა სივრცითი მიმართულებიდან შემოსული სიგნალების შესუსტებას. სიხშირული ამორჩევითობა რაოდენობრივად ახასიათებს რადიომიმღები მოწყობილობის შესაძლებლობას გამოყოს ყველა რადიოსიხშირული სიგნალიდან და ხელშეშლებიდან, რომლებიც მოქმედებენ მის შესასვლელზე, სიგნალი რომელიც შეესაბამება რადიომიმღების მისაღებ სიხშირეს.

ხელშეშლამდგრადობა. რადიომიმღები მოწყობილობის ხელშეშლამდგრადობას უწოდებენ თვისებას მოახდინოს უკუქმედება ხმაურის ხელშეშლელ ქმედებებზე. ხელშეშლამდგრადობა რაოდენობრივად ფასდება ანტენაში

ხმაურის იმ მაქსიმალური მნიშვნელობით, რომლის დროსაც ჯერ კიდევ შესაძლებელია რადიოსიგნალის მიღება და დამუშავება.

რადიომიმღები მოწყობილობის კლასიფიცირება შესაძლებელია სხვადასხვა ნიშანთვისებების მიხედვით. მაგალითად - სქემური გადაწყვეტილების მიხედვით რადიომიმღები მოწყობილობები შეიძლება იყოს პირდაპირი გაძლიერების და სუპერგეტეროდული. დანიშნულების მიხედვით რადიომიმღები მოწყობილობები შეიძლება დაყვით რადიოსამაუწყებლო (ჩვეულებრივად მას უწოდებენ რადიომიმღებს ან მიმღებს), სატელევიზიო (ტელევიზორი), პროფესიონალურ და სპეციალურ მოწყობილობებად. პროფესიონალურ რადიომიმღებ მოწყობილობებს მიეკუთვნება დეკამეტრულ დიაპაზონზე მომუშავე მაგისტრალური მოწყობილობები, რომლებიც განკუთვნილია რადიოსარეგო და თანამგზავრული კავშირგაბმულობისათვის. სპეციალური დანიშნულების რადიომიმღებ მოწყობილობებს მიეკუთვნებიან მაგალითად: რადიოლოკაციური, რადიონავიგაციური, საავიაციო და სხვა.

1.5. ანტენები და ფიდერები

ანტენა ეს არის დამაკავშირებელი რგოლი მიმღებ ან გადამცემ მოწყობილობასა და რადიოგავრცელების გარემოს შორის. ანენები, რომელთაც გააჩნიათ მავთულის (სადენის) ან გამტარის ზედაპირის სახე, უზრუნველყოფენ ელექტრო-მაგნიტური რხევების გამოსხივებას გადაცემის შემთხვევაში, ხოლო მიღების შემთხვევაში "აგროვებენ" მათზე დაცემულ ენერგიას. ანტენებს, რომელთაც ტალღის სიგრძესთან შედარებით გააჩნიათ მცირე განივი კვეთა და წარგებლებული ფორმა აქვთ, ეწოდებათ *მავთულისებული*.

ანტენებს, რომლებიც ასხივებენ გახსნილი აპერტურის გავლით, უწოდებენ *აპერტურულს*. ხანდახან მათ უწოდებენ დიფრაქციულს, რეფლექტორებს ან სარკისებურს. ასეთ ანტენებში ელექტრონული დენი გაედინება გამტარ ზედაპირებში, რომელთაც გააჩნიათ რადიოტალღის სიგრძის დარი ან მათზე რამდენადმე მეტი ზომები.

ნებისმიერი სახის ანტენების თვისებების შედარება მოსახერხებელია მათი პარამეტრების მიხედვით. გადამცემი ანტენის, როგორც გენერატორის ან ფიდერის დატვირთვის ძირითად პარამეტრად განისაზღვრება მისი შემავალი წინააღობა. ანტენის როგორც ელექტრომაგნიტური ტალღების გამომსხივებელი

ხელსაწყოს პარამეტრებია *მარგი ქმედების კოეფიციენტი* და *მიმართულების ამპლიტუდური მახასიათებელი*.

ანტენის შემაჯავლი წინაღობა განისაზღვრება მის მომჭერებზე მაღალი სიხშირის ძაბვის ფარდობით ანტენის მკვებად დენთან.

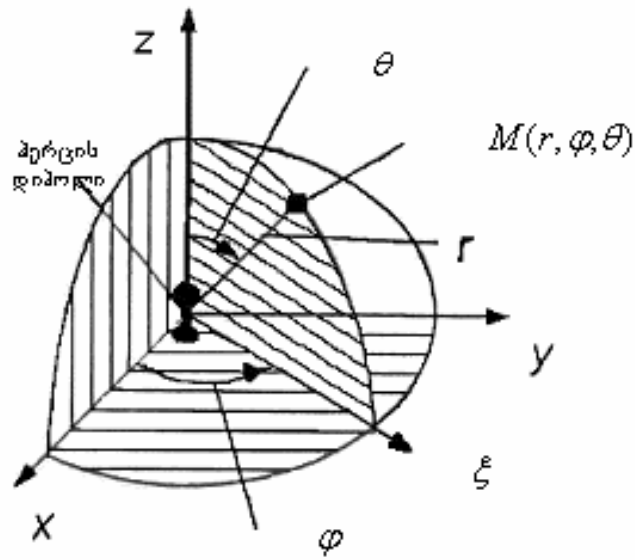
ანტენაზე მიწოდებული სიმძლავრე სრულად არ გარდაიქმნება ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებად. სიმძლავრის გარკვეული ნაწილი "იხარჯება" როგორც ანტენის, ასევე მის ახლოსმდებარე ნივთების გათბობაზე. ანტენის მიერ გამოსხივებული სიმძლავრის ფარდობას მასზე მიწოდებულ სიმძლავრესთან უწოდებენ *მარგი ქმედების კოეფიციენტს*, რომელიც პროცენტებში გამოისახება.

ანტენის მიერ ელექტრომაგნიტური ტალღების გამოსხივება სხვადასხვა მიმართულებით სხვადასხვა სიმძლავრით ხორციელდება. არ არსებობენ ისეთი ანტენები, რომლებიც ყველა მიმართულებით თანაბრად გამოასხივებენ.

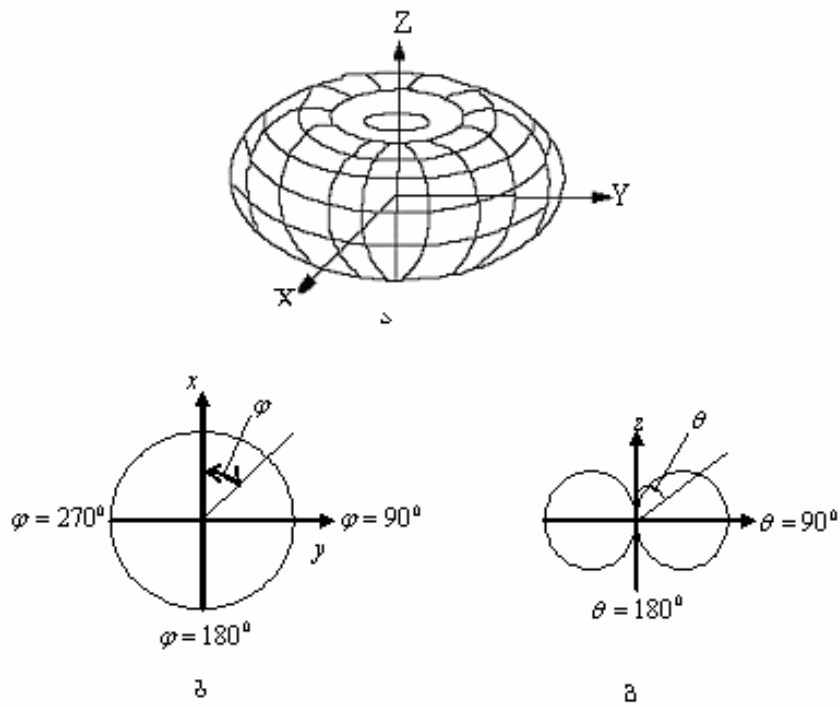
ელექტრული ველის დაძაბულობის სივრცეში განაწილება, რომელსაც წარმოქმნის ანტენა, ახასიათებს *მიმართულების ამპლიტუდური მახასიათებელი*. იგი განისაზღვრება ანტენის მიერ შექმნილი ველის (ან მისი პროპორციული სიდიდის) ამპლიტუდური დაძაბულობის დამოკიდებულობით სივრცეში დაკვირვების წერტილის მიმართულებიდან. დაკვირვების წერტილის მიმართულება განისაზღვრება φ აზიმუტის და θ მერიდიანული კუთხეებით სფერულ კოორდინატთა სისტემაში (ნახ. 1.2). ამასთან ელექტრული ველის დაძაბულობის ამპლიტუდა იზომება ანტენიდან ერთნაირი მანძილით დაშორებული "F" (საკმაოდ დიდ) მანძილზე. მიმართულების მახასიათებლის გრაფიკულ გამოსახულებას *მიმართულებლობის დიაგრამას* უწოდებენ.

მიმართულებლობის სივრცითი დიაგრამა გამოისახება $f()$ ზედაპირის სახით. ასეთი დიაგრამის აგება რთულია, ამიტომ პრაქტიკაში მიმართულებლობის დიაგრამას აგებენ ერთ-ერთ რომელიმე სიბრტყეში, რომელშიც იგი გამოსახულია $f(\varphi)$ ან $f(\theta)$ მრუდების სახით პოლარულ ან დეკარტის კოორდინატთა სისტემაში.

ნახ. 1.4–ზე კოორდინატთა სათავეში ნაჩვენებია უმარტივესი მავთულისებური ანტენა - ჰერცის დიპოლი, რომლის მიმართულებლობის სივრცითი დიაგრამა ნაჩვენებია 1.5 ნახაზზე. მიმართულებლობის აზიმუტური და მერიდიანული სიბრტყეები აგებულია პოლარულ კოორდინატთა სისტემაში და მოყვანილია 1.5ბ და 1.5გ ნახაზებზე.



ნახ. 14. გოორდინატთა სფერული სისტემა



ნახ. 15. მიმართულების დიაგრამა
 ა - მოცულობითი, ბ, გ - აზიმუტურ და შერიადიანულ სიბრტყეებში

ანტენის განხილული ძირითადი მახასიათებლების გარდა არსებობენ რიგი დამატებითი - ელექტრონული, ეკონომიკური, კონსტრუქციული, ექსპლუატაციური სპეციფიკური მახასიათებლები.

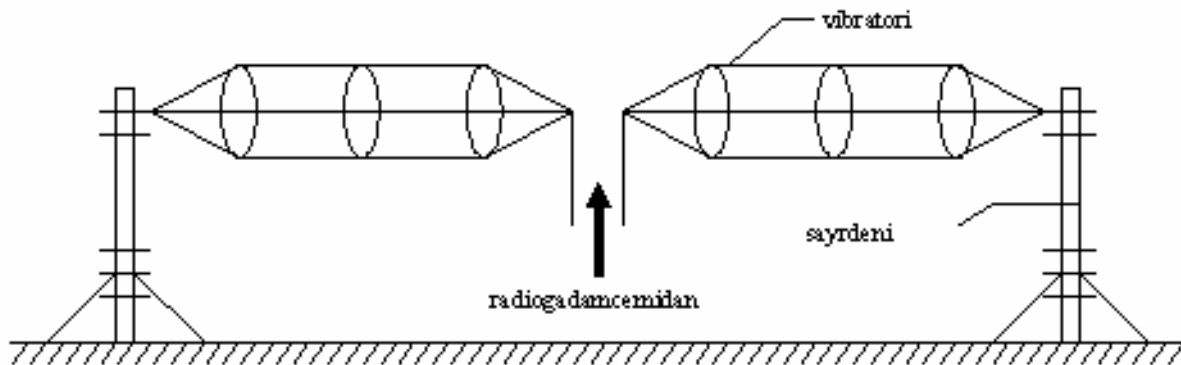
რაც შეეხება მიმღებ ანტენებს, აღმოჩნდა რომ რაოდენობრივად მიმღები და გადამცემი ანტენების ელექტრული პარამეტრები ერთნაირია, თუმცა აღნიშნულის ფიზიკური ახსნა მოცემულია მიმღებისთვის. მიმღებ ანტენას გააჩნია იგივე სიდიდის შემავალი წინაღობა, მარგი ქმედების კოეფიციენტი და იგივე სახის მიმართულებლობის დიაგრამა, რა სიდიდის და სახისაც ექნებოდა გადამცემი ანტენის შემთხვევაში. გადამცემ და მიმღებ ანტენებს შორის მნიშვნელოვან სხვაობას წარმოადგენს ის, რომ გადამცემ ანტენაში გამოიყენება დიდი ძაბვები და დენები, ხოლო მიმღებში - ძალიან მცირე ძაბვები და დენები.

სხვადასხვა დიაპაზონის რადიოტალღების გადამცემი ანტენების თავისებურებები. კილომეტრული და ჰექტომეტრული რადიოტალღები ფართოდ გამოიყენება ხმოვანი მაუწყებლობის ქსელის ორგანიზებისას. გადამცემი ანტენები, როგორც წესი, განთავსდებიან მომსახურების ზონის ცენტრში. ამის გამო მათ უნდა უზრუნველყონ დედამიწის ზედაპირის გასწვრივ არამიმართული გამოსხივება, ანუ უნდა იქონიონ ჰორიზონტალური სიბრტყის წრის ფორმის მიმართულებლობის დიაგრამა. ასეთ პირობებს აკმაყოფილებენ ანტენა-ანძები ან ატენა-კოშკები, რომელთა სიმაღლე ჩვეულებრივად შეადგენს 150-250 მ-ს, ხოლო ზოგიერთ შემთხვევაში 350 და 500 მ-საც კი.

შორ მანძილზე მოქმედი (ათასობით კილომეტრი) რადიოკავშირისა და რადიომაუწყებლობისათვის გამოიყენება დეკამეტრული ტალღები. ასეთი ანტენების თავისებურება მდგომარეობს იმაში, რომ ანტენებმა უნდა მოახდინონ ელექტრომაგნიტური ტალღების მიმართული გავრცელება დედამიწის ზედაპირის მიმართ გარკვეული კუთხით და უზრუნველყონ მაქსიმალური სიმძლავრის გამოსხივება. ყველაზე გავრცელებული ანტენების ტიპები, რომლებიც პასუხობენ ზემოთხამოთვლილ მოთხოვნებს, წარმოადგენენ მავთულისებული ანტენები: ვიბრატორული, რომბისებური და სინფაზური ვიბრატორებისაგან დამზადებული ცხაურის (გისოსების) მაგვარი, რომლებიც აგზნებულია თავისებური გზით. ნახ. 1.6-ზე ნაჩვენებია ამგვარი ანტენებისაგან აწყობილი ჰორიზონტალური სიმეტრიული ვიბრატორი.

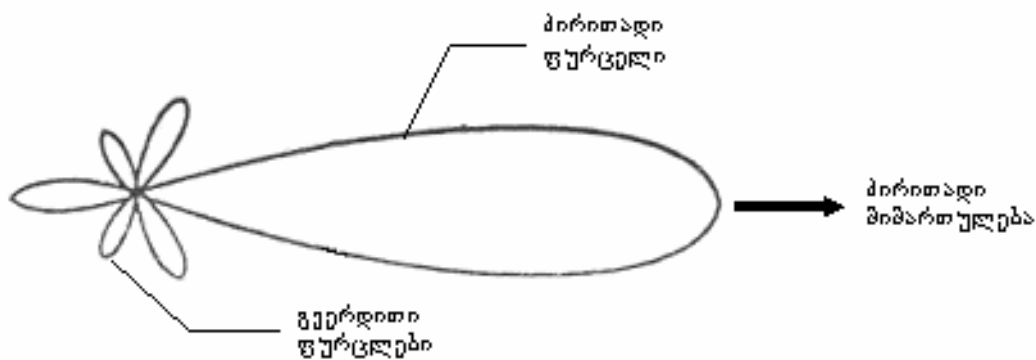
50...100 კმ ადგილობრივ რადიოხაზებზე აგრეთვე გამოიყენება ძირითადად დეკამეტრული რადიოტალღები და უბრალო T ან Γ ფორმის ვერტიკალურად დაკიდებული მავთულის ანტენები.

მეტრული დიაპაზონის ტალღები ძირითადად გამოიყენება სატელევიზიო და ხმოვანი მაუწყებლობის ორგანიზებისათვის, აგრეთვე მომსახურების გარკვეულ ზონაში მოძრავ ობიექტებთან კავშირის დამყარებისათვის. გადამცემმა ანტენებმა, როგორც წესი, უნდა წარმოქმნან არამიმართული გამოსხივება ჰორიზონტალურ სიბრტყეში.

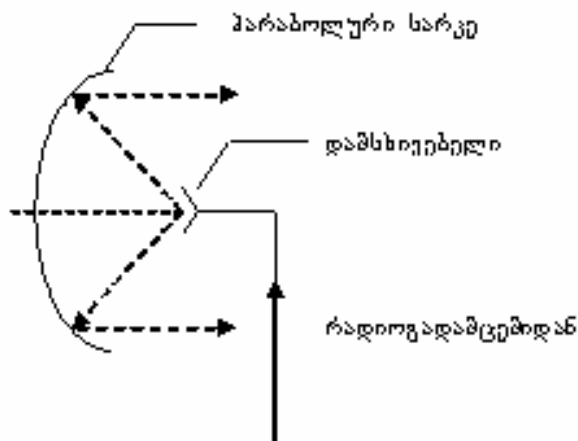


ნახ. 1.6. მავთულისებული ანტენა - ჰორიზონტალური დიაპაზონური ვიბრატორი

რადიოსარელო კავშირისათვის გამოიყენება დეციმეტრული, სანტიმეტრული და უფრო მოკლე ტალღების დიაპაზონი. ანტენებს, რომლებიც განთავსებულია რადიოსარელო ხაზებზე, უნდა გააჩნდეთ მაღალი მიმართულებიანობა, მათი მიმართულებიანობის დიაგრამას უნდა გააჩნდეთ "ნემსისებური" ფორმა (ნახ. 1.7). ყველაზე უფრო გავრცელებულია აპერტურული (სარკისებური) ანტენები. ყველაზე მარტივი - პარაბოლური ანტენის სქემა მოყვანილია 1.8-ნახაზზე.



ნახ. 1.7. "ნემსისებური ფორმის" მიმართულობის დიაგრამა



ნახ. 1.8. ერთსარკიანი პარაბოლური ანტენის აგების სქემა

მეტრული, დეციმეტრული, სანტიმეტრული და უფრო მოკლე ტალღების გავრცელების თავისებურება ისეთია (იმდაგვარია), რომ აუცილებელია ანტენები განთავსდეს ათეული და ზოგიერთ შემთხვევაში ასეული მეტრის სიმაღლის საყრდენებზე.

სხვადასხვა დიაპაზონის რადიოტალღების მიმღები ანტენების თავისებურებები. ანტენა ორმხრივი მოქმედების მოწყობილობაა. ანუ თუ ანტენა კარგად გამოასხივებს რადიოტალღებს, მაშინ იგი კარგად მიიღებს მათ. ანტენის მიმართულებლობის დიაგრამის ფორმა არ არის დამოკიდებული იმაზე, მუშაობს ანტენა გადაცემაზე თუ მიღებაზე. მიმღები ანტენის "მიმართულებლობის დიაგრამის" ცნების შინაარსი ცოტათი განსხვავდება ზემოთ მოყვანილი, გადამცემი ანტენის ცნებისაგან. ეს არის რადიომიმღებზე ძაბვის დამოკიდებულების გრაფიკი მიღებული ელექტრომაგნიტური ტალღის მოსვლის მიმართულებაზე.

კილომეტრული და ჰექტომეტრული დიაპაზონის ტალღების მისაღებად გამოიყენება ჩარჩოსებური ანტენები. დეკამეტრული ტალღების მიღებისთვის ყველაზე გავრცელებულია "მორბენალი ტალღის" სახის ანტენა. "ტალღის არხის" სახის ანტენა გამოიყენება მეტრული დიაპაზონის ტალღების მიღებისთვის, კერძოდ სატელევიზიო სიგნალების მისაღებად. დეციმეტრული და სანტიმეტრული დიაპაზონის ტალღების შემთხვევაში ანტენები მიმღებ-გადამცემებია. ასეთი ანტენის დამახასიათებელი სქემა მოყვანილია ნახ. 1.8-ზე.

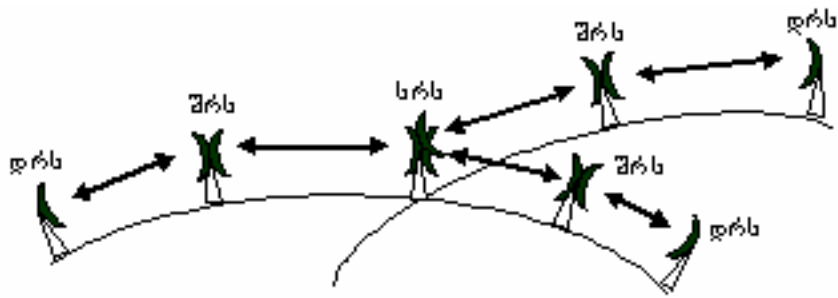
ელექტრულ წრედს და დამხმარე მოწყობილობას, რომელთა საშუალებითაც რადიოსიხშირული სიგნალის ენერგია რადიოგადამცემიდან მიეწოდება ანტენას, ან ანტენიდან - რადიომიმღებს, ეწოდება *ფიდერი*. გადამცემა ანტენები, რომლებიც გამოიყენება კილომეტრული და ჰექტომეტრული დიაპაზონის ტალღებისათვის, რადიოგადამცემ მოწყობილობას უერთდება მრავალგამტარიანი კოაქსიალური ფიდერების მეშვეობით. დეკამეტრულ დიაპაზონში ფიდერები ჩვეულებრივ მზადდება ორ ან ოთხგამტარიანი მავთულის გამტარებისგან. მეტრულ რადიოტალღებზე მომუშავე ანტენებამდე ენერგია როგორც წესი მიეწოდება კოაქსიალური კაბელის გამოყენებით. უფრო მოკლე ტალღებზე, კერძოდ სანტიმეტრულ დიაპაზონში, ფიდერი შესრულებულია ლითონის სწორკუთხა, მრგვალი ან ელიფსური ფორმის კვეთის მილისებრი გამტარებისგან.

დეკამეტრულ, ჰექტომეტრულ და კილომეტრულ დიაპაზონზე მომუშავე რადიოგადამცემა მოწყობილობების სიმძლავრის ზრდის ტენდენციასთან დაკავშირებით ძალიან მნიშვნელოვანია ანტენების და ფიდერების გაზრდილი ელექტრული სიმტკიცით კონსტრუირება, რათა მათ შეძლონ ზემოქმედონ რადიომოწყობილობებთან მუშაობა.

დეკამეტრული დიაპაზონის ტალღების მიღებისათვის პერსპექტიულია მოწყობილობების შექმნა, რომლებიც მოგვცემენ საშუალებას ვმართოთ მიმღები ანტენის მიმართულებლობის დიაგრამა რადიოტალღის მოსვლის მიმართულების კუთხის შესაბამისად. მოსალოდნელია, რომ ელექტრულად მართული მახასიათებლების ანტენები მომავალში შესაძლოა დაიკავებენ დომინანტურ ადგილს საანტენო ტექნიკის მრავალ დარგში. რადიოსარეგო კავშირის ანტენების დახვეწა ხორციელდება მთავარ მიმართულებაში ენერგიის კონცენტრაციით და სხვა მიმართულებით გამოსხივების შემცირების გზით.

1.6. გადაცემის რადიოსარეგო სისტემები

გადაცემის რადიოსისტემას, რომელშიც ელექტროკავშირის სიგნალები გადაიცემა სახმელეთო რადიორეტრანსლაციური სადგურების მეშვეობით, *გადაცემის რადიოსარეგო სისტემას* უწოდებენ.



ნახ. 1.9. რადიოსარელეო გავშორგაბმულობის აგებულება
 დრს - დამაბოლოებელი რადიოსადგური, შრს - შუალედური
 რადიოსადგური, სრს - საკვანძო რადიოსადგური.

ძალიან მაღალ სიხშირეებზე (ძმს) და ზემოდალ სიხშირეებზე მომუშავე რადიოსარელეო სისტემებში საიმედო მუშაობა ხელშეშლების დაბალი ალბათობით მიიღწევა მხოლოდ გადამცემ და მიმღებ ანტენებს შორის პირდაპირი ხედვის უზრუნველყოფის შემთხვევაში. ანტენებს შორის მანძილის სიდიდე დამოკიდებულია დედამიწის ზედაპირის სრტუქტურაზე და იმ ადგილზე დაყენებული ანძების სიმაღლეზე. კოშკებსა და ანძებს შორის მანძილი ჩვეულებრივად შეადგენს 40-50 კმს, ამ შემთხვევაში ანტენები დამაგრებულია დაახლოებით 100 მ სიმაღლეზე. პირდაპირი ხედვის მანძილის შეზღუდვა არ უდა განვიხილოთ როგორც ნაკლოვანება. უშუალოდ რადიოტალღების დიდ მანძილზე თავისუფალი გავრცელების არ არსებობის გამო აღმოიფხვრება ურთიერთხელშეშლები როგორც ქვეყნის შიგნით, ასევე სხვადასხვა ქვეყნებში მომუშავე რადიოსახებს შორის. გარდა ამისა აღნიშნულ დიაპაზონში პრაქტიკულად არ არსებობს ატმოსფერული და საწარმოო ხელშეშლები.

ანტენებს ერთდროულად შეუძლიათ იმუშაონ როგორც მიღებაზე, ასევე გადაცემაზე სხვადასხვა მიმართულებით ორი სხვადასხვა f_1 და f_2 სიხშირის გამოყენებით. ამასთან თუ სადგური სიგნალს გადასცემს f_1 სიხშირით და იღებს f_2 სიხშირით, მაშინ მასთან დაკავშირებული სადგურები გადასცემენ f_2 სიხშირით და მიიღებენ f_1 სიხშირით. სიხშირეების ასეთი ორმიმართულენიანი წყვილი, რომელიც შეესაბამება ITU-R სიხშირეთა დაგეგმარებას, წარმოქმნიან რადიოსიხშირულ ღულას.

ანალოგური რადიოსარელეო სისტემების ძირითადი დანიშნულებაა ანალოგურ ფორმაში გადასცენ მრავალარხიანი სატელეფონო სიგნალი და დაბალი და საშუალო სიჩქარის მონაცემები ტს არხების გამოყენებით. ასეთი სისტემებით აგრეთვე შესაძლებელია ანალოგური სატელეფონო სიგნალის

გადაცემაც. ციფრული რადიოსარელეო სისტემები გამოიყენება 2–დან 155 მბიტ/წმ–მდე სიჩქარის ციფრული ტრაქტების ორგანიზებისათვის.

რადიოსარელეო სისტემის სადგურების უმრავლესობა წარმოადგენს შუალედურ რადიოსადგურებს, რომლებიც თამაშობენ აქტიური რეტლანსლატორების როლს. ყველა სადგურზე მიზანშეწონილია ვიქონიოთ ერთი ტიპის, უნიფიცირებული მიმღებ-გადამცემი აპარატურა (მგა), რომელიც აკმაყოფილებს მოცემული სიხშირული გეგმის (ლულის) მოთხოვნებს. მგა–ს წარმოების პერსპექტიულ ვარიანტს წარმოადგენს ზმს გაძლიერებით და სიხშირეების გარდაქმნით მოწყობილობის აგება. ასეთი სქემის ნაკლოვანებას წარმოადგენს ზმს–ს სიგნალების დამუშავების აუცილებლობა. ყველაზე ხშირად გამოიყენება ისეთი მგა, რომელშიც სიგნალის დამუშავება ხორციელდება შუალედურ სიხშირეზე, რომლის ნომინალური მნიშვნელობის შერჩევა ხდება ITU-R რეკომენდაციების მიხედვით და იგი ჩვეულებრივად 70 მგჰც–ს შეადგენს. სიგნალის დამუშავებისათვის შუალედური სიხშირის გამოყენება სიგნალის გამაძლიერებელი მოწყობილობის უნიფიცირების, აგრეთვე შუალედური, საკვანძო და დამაბოლოებელ სადგურში საინფორმაციო სიგნალების შეყვანა-გამოყვანის საშუალებას იძლევა.

გადაცემის რადიოსარელეო სისტემების ძირითადი პარამეტრები მოყვანილია 1.3 და 1.4 ცხრილებში.

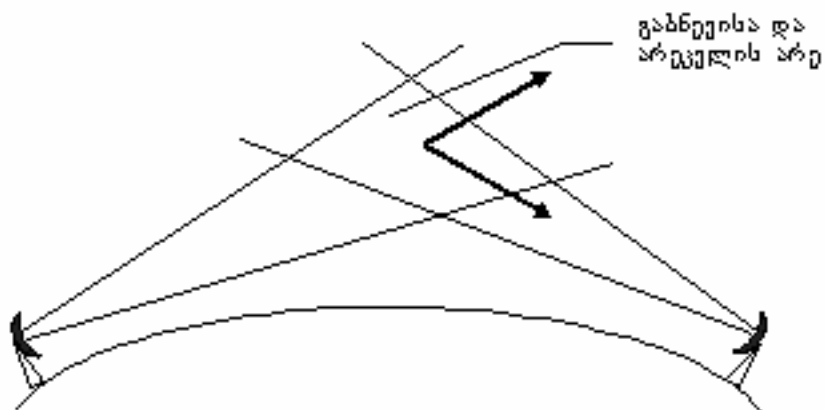
ცხრილი 1.3.

პარამეტრი	ანალოგური რადიოსარელეო სისტემების მნიშვნელობების პარამეტრები							
	КУРС-4М	КУРС-6	Радуга - 4	Радуга - 6	Электроника-связь-6-1	КУРС-2М2	КУРС-8	КУРС-8-ОУ
სიხშირის დიაპაზონი გჰც	3,4...3,9	5,67...6,17	3,4...3,9	5,67...6,17	5,67...6,17	1,7...2,1	7,9...8,4	7,9...8,4
ტს არხების რაოდენობა	1020	1320	1920	1920	1020/1920	720	300	300
გადამცემის სიმძლავრე ვტ	1	7,5	0,5; 2; 4	1; 3	1; 3	0,4	0,3	0,4
მიმღების ხმაურის კოეფიციენტი	2,8	10	2,8	2,8	2,8	4,5	10	-
დუპლექსური ლულების რაოდენობა	8	8	8	8	8	4	4	4
პირველადი ქსელი	მაგისტრალური					შიდაზონური		

პარამეტრი	ციფრული რადიოსარელო სისტემების მნიშვნელობების პარამეტრები							
	Радан	Пихта-2	Электроника-М	Электроника-связь	Электроника-изогоп	КУРС-8-02	Ракига-8	Комплек-5 М
სიხშირის დიაპაზონი გჰც	10,7...11,7	1,7...2,1	10,7...11,7	10,7...11,7	1,7...2,1	7,9...8,4	7,9...8,4	10,7...11,7
ტს არხების რაოდენობა	15	30	120	120	120	120	480	30/60 120/240
გადაცემის ციფრული სისტ. ტიპი	იკმ-15	იკმ-30	იკმ-120	იკმ-120	იკმ-120	იკმ-120	იკმ-480	იკმ-30 იკმ-120
გადამტანი ზმს-ს მოდულაც. ტიპი	სიხშირ. მოდულ.	2-ფარდ. ფაზურ. მოდულ.	ამპლიტ. მოდულ.	ფარდობ. ფაზურ. მოდულ.	სიხშირ. მოდულ.	სიხშირ. მოდულ.	4-ფარდ. ფაზურ. მოდულ.	სიხშირ. მოდულ.
პირველადი ქსელი	ადგილობრივი		შიდაზონური				მაგის-ტრალ.	ადგილ. შიდა-ზონურ

1.7. გადაცემის ტროპოსფერული რადიოსარელო სისტემები

ტროპოსფერო - ატმოსფეროს ქვედა ფენაა. ტროფოსფეროში ყოველთვის წამოიქმნება ლოკალური მოცულობითი არაერთგვეროვნებები, რომლების გამოწვეულია ატმოსფეროში წარმოქმნილი სხვადასხვა ფიზიკური პროცესებით. 0,3...0,5 გჰც სიხშირის დიაპაზონის ტალღები გაიბნევა სწორედ ამგვარი არაერთგვეროვანი მასების მიერ. ტროპოსფერული რადიოტალღების წარმოქმნის მექანიზმი ნაჩვენებია 1.10 ნახაზზე.



ნახ. 110. ტროფოსფერული რადიოგავშირი

იმის გათვალისწინებით, რომ არაერთგვაროვანი მასები მნიშვნელოვან სიმაღლეზე მდებარეობენ, მათ მიერ გაბნეული რადიოტალღები ასეულობით კილომეტრზე შეიძლება გავრცელდეს. აღნიშნული საშუალებას იძლევა რადიოსადგურები ერთმანეთს დავაშორეთ 200...400 კმ-ით, რაც პირდაპირი ხედვის მანძილს ბევრად აღემატება.

ტროპოსფერულ რადიოსარელო სისტემებზე დაფუძნებული გადაცემის სისტემები, როგორც წესი აიგება ძნელადმისაღწევ და დაშორებულ რაიონებში.

სადგურებს შორის მნიშვნელოვანი მანძილის არსებობა, რა თქმა უნდა ხელსაყრელია შორ მანძილებზე კავშირის ორგანიზებისათვის, ვინაიდან ასეთ შემთხვევაში შუალედური სადგურების ნაკლები რაოდენობაა საჭირო. თუმცა ტროპოსფეროს სივრცულ-დროითი სტრუქტურის არასტაბილურობით გამოწვეული ღრმა ჩავარდნებისა და მიღებული სიგნალის სისუსტის გამო კარგი ხარისხის და არხების დიდი რაოდენობის ორგანიზება გართულებულია.

1.3. ცხრილში მოყვანილია რუსული ტროპოსფერული რადიოსარელო სისტემების პარამეტრები.

ცხრილი 1.5.

აპარატურის ტიპი	სიხშირეთა დიაპაზონი გჰც	სადგურებს შორის საშუალო მანძილი კმ.	ტს არხების რაოდენობა
Горизонт-М	0,8...1	300	60
ТП-120	0,8...1	300	120
ДТП-12	0,8...1	600	12

1.8. დეკამეტრულ ტალღებზე მომუშავე გადაცემის სისტემები

გადაცემის რადიოსისტემას, რომელშიც გამოიყენება იონოსფეროდან არეკლილი დეკამეტრული ტალღები, უწოდებენ დეკამეტრულ ტალღებზე მომუშავე გადაცემის იონოსფერულ სისტემებს.

იონოსფეროში, უფრო ზუსტად რომ ვთქვათ, ტალღები კი არ გარდატყდება, არამედ იონოსფეროს ვერტიკალურ პროფილში არაერთგვაროვნების გამო ბრუნდება. დედამიწის ზედაპირის ერთი წერტილიდან მეორე წერტილამდე რადიოტალღის გავრცელების ტრაექტორიას იონოსფეროდან ერთჯერადი არეკვლით იონოსფერულ ნახტომ უწოდებენ. ასეთ შემთხვევაში გადამცემ და მიმღებ პუნქტებს შორის მანძილი დედამიწის ზედაპირის გასწვრივ შეადგენს

დაახლოებით 2000 კმ-ს. რადიოტალღების გავრცელების ტრაექტორია შეიძლება შეიცავდეს რამდენიმე იონოსფერულ ნახტომს. რადიოტალღების გავრცელების პირობები, შესაბამისად რადიოკავშირის ხარისხი დამოკიდებულია იონოსფეროს მდგომარეობაზე, რომელსაც განსაზღვრავს წელიწადის დრო, დღე-ღამის დრო და მზის აქტივობა.

დეკამეტრულ ტალღებზე მომუშავე გადაცემის ციფრული სისტემები არ იძლევიან დიდი რაოდენობის კავშირგაბმულობის არხების ორგანიზების საშუალებას. ჩვეულებრივად, ასეთი სისტემების გამოყენებით შესაძლებელია მხოლოდ ერთი ან ორი სატელეფონო ან რამდენიმე სატელეგრაფო არხების ორგანიზება.

1.9. რადიოტალღების იონოსფეროში გაბნევის და მეტეორიტების ნაკვალევზე არეკვლის გამოყენებაზე დაფუძნებული გადაცემათა სისტემები

გადაცემის რადიოსისტემა, რომელშიც გამოიყენება იონოსფეროს არაერთგვაროვნებაზე მეტრული ტალღების გაბნევა, მეტრულ ტალღებზე მომუშავე გადაცემის იონოსფერულ სისტემას უწოდებენ. მეტრულ დიაპაზონში იონოსფერული ტალღების წარმოქმნა მნიშვნელოვანწილად მსგავსია ტროპოსფერული ტალღების წარმოქმნისა. განსხვავება მდგომარეობს იმაში, რომ ტალღების გაბნევა ხორციელდება არა ტროპოსფეროში, არამედ იონოსფეროში დაახლოებით 75...95 კმ სიმაღლეზე. ამ შემთხვევაში გადაცემის ზღვრული მანძილი შეადგენს 1000...3000 კმ-ს, ხოლო გადაცემისათვის ყველაზე შესაბამისი სიხშირეა 40...70 მჰც. იონოსფეროში გაბნევის შემდეგ მიმდებ პუნქტში მიიღება გამოსხივებული სიგნალის მხოლოდ უმნიშვნელო ნაწილი, რაც მძლავრი რადიოგადამცემებისა და დიდი ზომის ანტენების გამოყენების აუცილებლობას იწვევს. ასეთი სისტემებით სამი, დამაკმაყოფილებელი ხარისხის სატელეფონო არხის ორგანიზებაა შესაძლებელი.

დედამიწის ატმოსფეროში უწყვეტი ნაკადით შემოედინება კოსმოსური ნაწილაკები - მეტეორები. მათი უმრავლესობა 80...120 კმ სიმაღლეზე იწვეება, რაც იონიზირებულ კვალს წარმოქმნის. ასეთი კვალის სიგრძე 10...25 კმ-მდეა, ხოლო მათი არსებობის დრო შეადგენს 5 მწმ-დან 20 წმ-ნდე. მეტეორების კვალიდან არეკვლილ რადიოტალღებზე მომუშავე რადიოსისტემები მუშაობენ 30...70 მჰც სიხშირეზე, ხოლო "მეტეორიტული კავშირის" ხანგრძლივობა დღე-ღამეში მხოლოდ 2 - 4 სთ-ს შეადგენს.

ჩვეულებრივად ასეთი რადიოსისტემებით ხორციელდება სატელეგრაფო სიგნალების გადაცემა, ამასთან ისეთი ტელეგრაფისა, რომლის დროში დაყოვნებაც მნიშვნელოვან როლს არ თამაშობს. გადაცემის მეტეორიტული სისტემები გამოიყენება პოლარულ სარტყელში დეკამეტრულ ტალღებზე მომუშავე იონოსფერული სისტემების დუბლირებისათვის, მეტეოროლოგიურ სადგურებთან და სხვა ობიექტებთან კავშირისათვის.

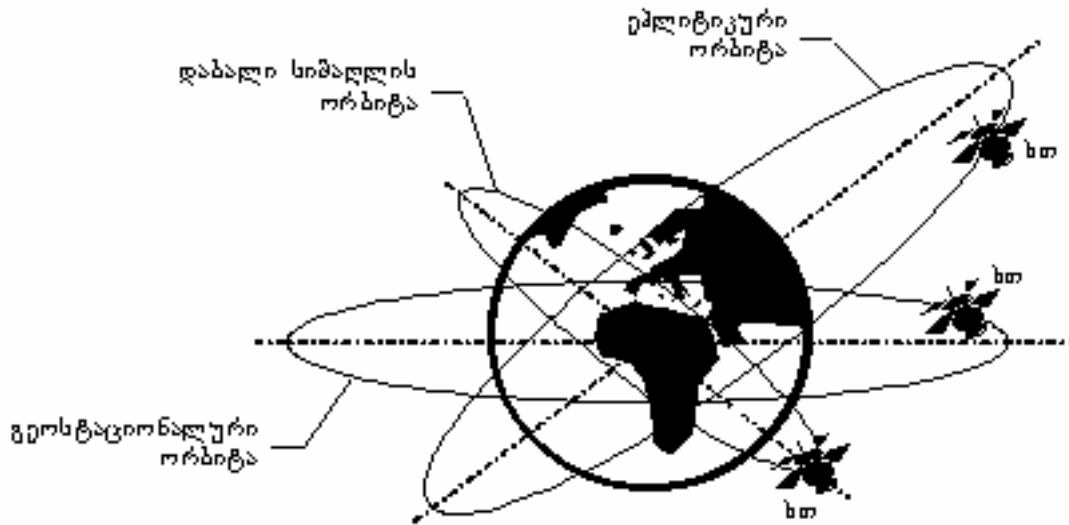
1.10. კავშირის თანამგზავრული სისტემები

1965 წლის 23 აპრილს ელიპტიკურ ორბიტაზე გაშვებული იქნა პირველი საბჭოთა კავშირგაბმულობის თანამგზავრი "ელვა-1". თითქმის იმავედროულად აშშ-მ გეოსტაციონალურ ორბიტაზე გაიყვანა კავშირგაბმულობის პირველი კომერციული თანამგზავრი "Intelsat-1". ამგვარად განხორციელებული იქნა მიმზიდველი იდეა რადიოკავშირის მანძილის მნიშვნელოვნად გაზრდისათვის რეტრანსლიატორის დედამიწის ზედაპირიდან ძალიან მაღალ სიმაღლეზე განთავსებისა, რაც დიდ ფართობზე განლაგებული რადიოსადგურების ერთდროული რადიოხედვის განხორციელების საშუალებას იძლევა. თანამგზავრული კავშირის (თკ) სისტემების უპირატესობას წარმოადგენს დიდი გამტარუნარიანობა, მოქმედების გლობალურობა და კავშირის მაღალი ხარისხი.

თკ სისტემის კონფიგურაცია დამოკიდებულია ხელოვნური თანამგზავრის (ხთ) ტიპზე, კავშირის სახეზე და სახმელეთო სადგურების პარამეტრებზე. თკ-ს აგებისას ძირითადად გამოიყენებენ სამი სახის ხელოვნურ თანამგზავრებს (ნახ. 1.11): მაღალ ელიპტიკურ ორბიტაზე (მეო), გეოსტაციონალურ ორბიტაზე (ბსო) და დაბალი სიმაღლის ორბიტაზე (დსო) მოძრავ თანამგზავრებს. თითოეულ ხელოვნურ თანამგზავრს გააჩნია თავისი დადებითი და უარყოფითი მხარეები.

მეო-ს მქონე ხთ-ს მაგალითს წარმოადგენს რუსული "ელვის" ტიპის თანამგზავრი, რომელსაც გააჩნია 12 სთ-იანი ბრუნვის პერიოდი, დახრის კუთხე 63° , აპოგეის სიმაღლე ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს თავზე შეადგენს 40 ათას კმ-ს. ხთ-ის სიჩქარე აპოგეაში მცირდება, ამასთან რადიოხედვის ხანგრძლივობა 6...8 სთ-მდე გრძელდება. ასეთი სახის თანამგზავრის უპირატესობას შეადგენს დიდი ფარდობის ზონის მომსახურება. მეო-ს უარყოფით მხარეს წარმოადგენს ანტენების მიერ ნელა მოძრავი

თანამგზავრის "თვალთვალის" აუცილებლობა და მათი ორიენტაციის შეცვლა "ჩამავალი" თანამგზავრიდან "ამომავალი" თანამგზავრისკენ.



ნახ. 1.11. სთ-ს ორბიტების ტიპები

უნიკალურ ორბიტას წარმოადგენს **ბსო** - წრიული ორბიტა **სთ**-ის ბრუნვის 24 სთ-იანი პერიოდით, რომელიც განთავსებულია ეკვატორის თავზე დედამიწის ზედაპირიდან 35875 კმ სიმაღლეზე. ორბიტა დედამიწის ბრუნვის მიმართ სინქრონულია, ამის გამო **სთ** დედამიწის ზედაპირის მიმართ უძრავად მდებარეობს (დგას ერთი წერტილის თავზე). **ბსო**-ს დადებითი მხარეებია: მომსახურების ზონა შეადგენს დედამიწის ზედაპირის დაახლოებით მესამედს; სამი თანამგზავრი საკმარისია თითქმის გლობალური კავშირის განსახორციელებლად; ხმელეთზე განლაგებულ ანტენებს პრაქტიკულად არ სჭირდებათ "თვალთვალის" სისტემები. თუმცა სამხრეთ და ჩრდილოეთ განედებზე თანამგზავრები პორიზონტთან მიმართებაში ძალიან მცირე კუთხით ჩანან და პრაქტიკულად არ ჩანან პოლარული განედების სიახლოვეს.

დაბალი სიმაღლის **სთ**-ბი მოძრაობენ წრიულ ორბიტაზე, რომელთა სიბრტყეც დახრილია ეკვატორული სიბრტყის მიმართ (პოლარულია და კვაზიპოლარული ორბიტები). ასეთი ორბიტების სიმაღლე დედამიწის ზედაპირიდან შეადგენს 200...2000 კმ-ს. მსუბუქი **სთ** **ფსო**-ზე გაშვება შესაძლებელია შედარებით იაფი გამწვები დანადგარებით (რაკეტებით). თუმცა **ფსო**-ზე მოძრავი **სთ**-ბის სიჩქარე დედამიწის ზედაპირის მიმართ საკმაოდ მაღალია, რის შედეგადაც კავშირის სეანსი თანამგზავრის ამოსვლიდან ჩასვლამდე გრძელდება მხოლოდ რამდენიმე ათეული წუთი.

ხ0–ბის სამუშაო სიხშირეები რეგლამენტირებულია ITU-R–ის მიერ, განსხვავდება დედამიწა-**ხ0** და **ხ0**-დედამიწისათვის და მოთავსებულია 2...40 გჰც ფარდლებში.

თანამგზავრული კავშირის სისტემებისათვის სიგნალების გადაცემის დროს აღსანიშნავია შემდეგი გარემოებები (თვისებები):

- სიგნალის დაყოფნა (**მს0**–სთვის დაახლოებით 250 მწმ), რაც სატელეფონო საუბრებისას ექოს წარმოქმნის ერთ-ერთი მიზეზია.

- დოპლერის ეფექტი - მოძრავი ობიექტიდან მიღებული სიგნალის ცვლილება. სინათლის სიჩქარეზე ბევრად ნაკლები სიჩქარეების დროს ($V_r/C \ll 1$) სიხშირის ცვლილება შეადგენს $f = f_0/1 \pm V_r/C$. ყველაზე მეტად დოპლერის ეფექტი გამოიყვანდება **ხ0**–თვის, რომლებიც იყენებენ არაგეოსტაციონალურ ორბიტებს.

0ბ - სისტემების დანიშნულების და სახმელეთო სადგურების ტიპების მიხედვით ელექტროკავშირის საერთაშორისო გაერთიანება (მსბ) რეგლამენტის მიხედვით გამოყოფს შემდეგ სამსახურებს:

- *ფიქსირებული თანამგზავრული სამსახური* აწესრიგებს სადგურებს შორის კავშირის დამყარებას, რომლებიც განლაგებულია გარკვეულ წერტილებში, აგრეთვე სატელევიზიო პროგრამების განაწილებას;

- *მოძრავი თანამგზავრული სამსახური* განკუთვნილია მოძრავის სადგურების კავშირის უზრუნველყოფისათვის, რომლებიც განთავსებულია სატრანსპორტო საშუალებებზე (ავტომობილებზე, გემებზე, თვითმფრინავებზე);

- *თანამგზავრული რადიოსამაუწყებლო სამსახური* განსაზღვრავს რადიო და სატელევიზიო პროგრამების გადაცემას უშუალოდ აბონენტების მიმდებარე ტერმინალებზე.

ფიქსირებული თანამგზავრული სამსახური (შ0ს). დასაწყისში **შ0ს** ვითარდებოდა მაგისტრალური კავშირის სისტემების შექმნის მიმართულებით, რომლებშიც გამოიყენება მსხვილი სახმელეთო სადგურები 12...30 მ დიამეტრის ანტენის ამრეკლავი სარკით. დღეს-დღეისობით ფუნქციონირებს დაახლოებით 50 **შ0ს**. მაგალითის სახით შეგვიძლია მოვიყვანოთ რუსული **0ბ** სისტემები "ელვა 3", "ცისარტყელა", "ჰორიზონტი" და საერთაშორისო სისტემები "Intelsat" და "Eutelsat". ამჟამად **შ0ს**–ს განვითარებამ აიღო მიმართულება: **ხ0**–ის ორბიტაზე მუშაობის დროის გახანგრძლივებისაკენ; **ხ0**–ის ორბიტაზე მოძრაობის სიზუსტის გაზრდისაკენ; მრავალსიხივიანი ანტენების შემუშავების და გაუმჯობესებისაკენ; აგრეთვე მცირე ზომის (1,2...2,4 მ) სახმელეთო ანტენებზე მუშაობის შესაძლებლობისკენ (VSAT სისტემა).

მოძრავი თანამგზავრული სამსახური (მოს). სატრანსპორტო მომსახურების საერთაშორისო ხასიათიდან გამომდინარე, მათი უკეთ მართვისათვის იქმნება თანამგზავრული კავშირის გლობალური სისტემები, მაგალითად საზღვაო თანამგზავრული კავშირის სისტემა "Inmarsat", რომელიც მოქმედებაში შევიდა 1982 წელს. იგი შეიცავს გეოსტაციონალურ თანამგზავრებს, რომლებიც განთავსებულია ატლანტიკის, წყნარი, და ინდოეთის ოკეანეების ზემოთ; სანაპირო სადგურებს, რომლებიც განთავსებულია სხვადასხვა კონტინენტებზე; სხვადასხვა სტანდარტის სადგურების განშტოებულ ქსელს. დღესდღეისობით "Inmarsat" სისტემის მომსახურებით სარგებლობს დაახლოებით 15 ათასი გემი. "Inmarsat" ორგანიზაციის ფარგლებში ხორციელდება საავიაციო თანამგზავრული კავშირის პრობლემის გადაწყვეტა.

ბოლო წლებში კოსმოსურ ტექნოლოგიებში მიღწეულმა წარმატებებმა, პარამეტრული კომპანდირებით ხმოვანი სიგნალების ეფექტური კოდირების ალგორითმების გამოჩენამ, თანამგზავრთშორისი ლაზერული ხაზების დამუშავებამ გამოიწვია დაბალსიმაღლეზე მოძრავი მსუბუქი ხომალტების შესაძლებლობის განხილვა მოძრავი თანამგზავრული სამსახურის შექმნის დროს. უწყვეტი კავშირის უზრუნველსაყოფად დაბალსიმაღლეზე მოძრავი დიდი რაოდენობის (რამდენიმე ათეული) ხომალტების გამოყენება ეკონომიურად მიზანშეწონილია ძირითადად ორი მიზეზის გამო: პირველი, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, თანამგზავრის მსუბუქი გაყვანის ღირებულება მცირეა და მეორე, შესაძლებელი გახდა იზოტროპული ანტენების მქონე სააბონენტო სადგურების აგება.

განასხვავებენ მსოფლიო-სივრცით მოძრავ ორი ტიპის ხომალტებს. უმარტივეს შემთხვევაში ინფორმაციის პაკეტი გადაიცემა ხომალტ - რეტრანსლიატორის გავლით პირდაპირ (უშუალოდ) ან იმ დროის დაყოვნებით, რაც საჭიროა გადასაფრენი ტრასის (მანძილის) დასაფარად. მეორე ტიპის სისტემები უზრუნველყოფენ უწყვეტ კავშირს. ცალკეული ხომალტების რადიოხედვის ზონები ერთიანდებიან ერთიან ინფორმაციულ სივრცეში. ასეთი სისტემის მაგალითს წარმოადგენს საერთაშორისო პროექტი "Iridium"-ი, რომელსაც ხელმძღვანელობს ფირმა "Motorola". სისტემა დაფუძნებულია 66 (68958 წონის) მსუბუქ ხომალტებზე, რომლებიც თანაბრად არიან განაწილებულები 6 პოლარულ ორბიტაზე (თითოეულ ორბიტაზე 11 თანამგზავრია) რომელთა სიმაღლეა 780 კმ, ხოლო მათი სიბრტყეები გადახრილია 30° და მოძრაობის ფაზები ერთმანეთს ემთხვევა. თითოეული თანამგზავრი დაკავშირებულია 4 მეზობელ

თანამგზავრთან. რეტრანსლიატორები მუშაობენ მრავალსიხვიან ანტენებზე, რომლებსაც გააჩნიათ 48 სხივი, რაც სისტემაში ერთდროულად 2100 აქტიური გამოსხივების ორგანიზების საშუალებას იძლევა, ე.ი. შესაძლებელი ხდება დედამიწის მთელ ზედაპირზე ფიჭვური კავშირის ორგანიზება. სისტემა მუშაობს მრავალსადგურიან შეღწევაზე არხების სიხშირულ-დროითი დაყოფით, სადგურთშორისი კავშირისთვის გათვალისწინებულია სიხშირეთა დიაპაზონი KA 19...29 გჰც, ხოლო სააბონენტო ხაზებისთვის, "დედამიწა - ხმ" და "ხმ - დედამიწა" - გამოიყენება ორი ზოლი დიაპაზონში L 1610 - 1625 მჰც. "Iridium"-ის სისტემა განკუთვნილი იყო 1,5 მილიონი აბონენტის მომსახურებაზე. სისტემის კომერციული ექსპლუატაცია დაიწყო 1998 წელს. სისტემაში გამოიყენება ორრეჟიმიანი სააბონენტო ტერმინალები, რომელშიც შეიძლება გაერთიანებული იყოს "Iridiumis" და მოძრავი ფიჭვური კავშირის ერთ-ერთი სტანდარტის (მაგ. GSM) რეჟიმები. თუ აბონენტი მდებარეობს მობილური ოპერატორების მოქმედების ზონაში, მაშინ მას მოემსახურება არსებული ოპერატორი, ფიჭვური კავშირის მომსახურების ზონის დატოვების შემთხვევაში ავტომატურად ხდება მისი გადართვა ოპ-ის "Iridium" სისტემაზე. თუმცა აღნიშნულ სისტემას არ ქონია კომერციული წარმატება და მისი შემდგომი ექსპლუატაციის საკითხი ჯერ-ჯერობით გარკვეული არ არის.

რადიოსამაუწყებლო თანამგზავრული სამსახური (რმს). რელიზებას უკეთებს ტელეკომუნიკაციის განვითარების ერთ-ერთ მიმართულებას - პერსონალიზაციას. ე.ი. სატელევიზიო პროგრამები მიიღება უშუალოდ ინდივიდუალურ მიმღებ ანტენებზე. ITU-R-მ დაამტკიცა თანამგზავრული **ტმ** მაუწყებლობის საერთაშორისო გეგმა 12 გჰც (უშუალო სატელევიზიო მაუწყებლობა **შსმ-12**) დიაპაზონში. გეგმაში დაფიქსირებულია **ხმ**-ბის **ბსრ**-ზე დგომის წერტილები, სიხშირული არხების ნომრები, საბორტე გადამცემი მოწყობილობების პარამეტრები. ყოფილი საბჭოთა კავშირის თანამგზავრებისათვის გამოყოფილია **ბსრ**-ზე "დგომის" 5 წერტილი, რომლებიც შეადგენს 23°, 44°, 74°, 110°, 140°-ს. აღსანიშნავია, რომ ისტორიულად ჩამოყალიბებული ტექნიკური განვითარების შედეგად "უშუალო" ტელევიზიაში აგრეთვე გამოიყენება 11 გჰც-ის დიაპაზონი, რომელიც გამოყოფილია ფიქსირებული თანამგზავრული სამსახურისთვის. **შსმ-12**-თვის გამოიყენება 100 **ხმ**-ზე მეტი, რომელთა შორისაა TV-SAT-1, TV-SAT-2, TDF-1, TDF-2, TELE-X და სხვა.

შსმ-ის ფართო დანერგვისთვის საჭიროა მრავალპროგრამიანი თანამგზავრები რამდენიმე ათეული სატელევიზიო პროგრამით, იმისათვის, რომ

აბონენტს, რომელიც შეიძენს შედარებით ძვირადღირებულ მოწყობილობას, შეეძლოს მნიშვნელოვნად გააფართოვოს თავისი სატელევიზიო არჩევანი. გამომდინარე აღნიშნულიდან აქტიურად მიმდინარეობს მუშაობა ციფრული სატელევიზიო გამოსახულებების შეკუმშვის მეთოდების დამუშავების მხრივ, რაც საშუალებას მოგვცემს ერთ სიხშირულ არხში გადავცეთ 6...10 სატელევიზიო პროგრამა.

გრძელდება **ხ0**-ის ორბიტაზე გაყვანის სისტემების და ტექნოლოგიების განვითარება. ერთ-ერთი საინტერესო საერთაშორისო პროექტია ე.წ. "საზღვაო სტარტი". პროექტის მიხედვით თანამგზავრის გაშვება ხორციელდება მოძრავი საზღვაო პლატფორმიდან, რომელიც რაკეტა-მატარებელს გაუშვებს ეკვატორიდან. ამ შემთხვევაში რაკეტების გაშვებისას გამოიყენება დედამიწის თავისი ღერძის გარშემო ბრუნვის სიჩქარე, შესაბამისად **ხ0**-ის გაყვანა მარტივდება, ანუ რაკეტა-მატარებლის იგივე პარამეტრების შემთხვევაში შესაძლებელია უფრო მეტი სასარგებლო ტვირთის გატანა ორბიტაზე.

2. მოძრავი რადიოკავშირის სისტემები

2.1. მოძრავი რადიოკავშირის პროფესიონალური სისტემები

მოძრავი რადიოკავშირის განვითარების გლობალურ სტრატეგიას წარმოადგენს ერთიანი საერთაშორისო სტანდარტების დანერგვა და მათ საფუძველზე საერთაშორისო და საერთო მოხმარების გლობალური ქსელების შექმნა (აგება).

დღეისათვის მოძრავი რადიოკავშირის სისტემებში დომინირებენ:

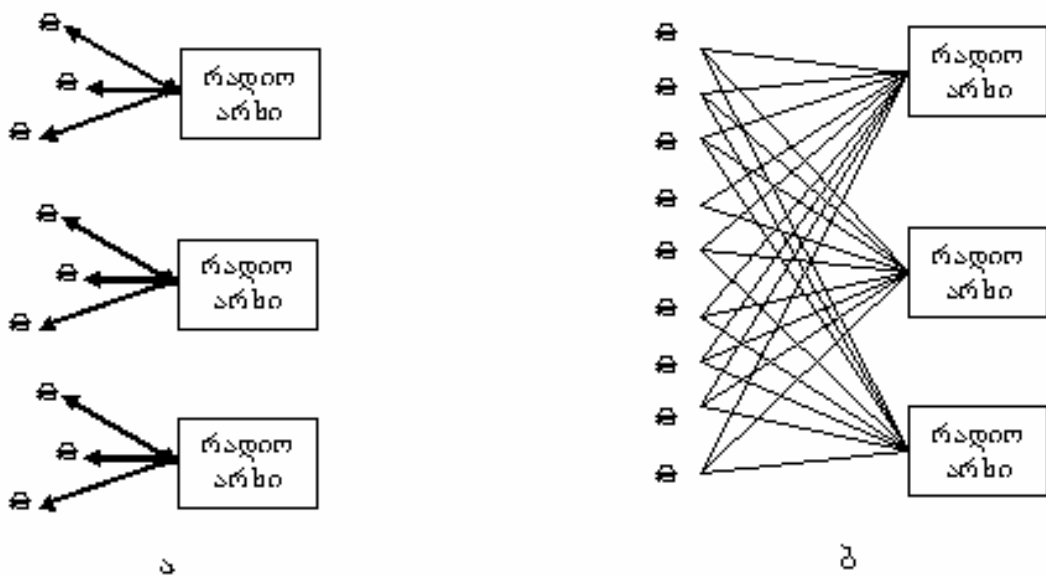
- მოძრავი რადიოკავშირის პროფესიონალური (კერძო) სისტემები (Professional Mobile Radio - PMR, Public Access Mobile Radio - PAMR);
- რადიოგამოძახების პროფესიონალური სისტემები (Paging System);
- მოძრავი ფიჭვური რადიოკავშირის სისტემები (Cellular Radio Systems);
- უკაბელო ტელეფონების სისტემა (Cordless Telephon).

თავდაპირველად შემუშავებული იქნა პროფესიონალური (კერძო) მოძრავი რადიოკავშირის სისტემები. სისტემებმა, რომლებმაც უზრუნველყვეს საერთო მოხმარების ქსელებთან შეერთება, მიიღეს *კერძო ქსელის* დასახელება (PAMR), ხოლო რომლებიც არ უზრუნველყოფენ - პროფესიონალური (PMR) ე.ი. ემსახურებიან აბონენტების შეზღუდულ ჯგუფს.

პირველ პროფესიონალურ სისტემებში მიმღები და გადამცემი პროექტირდებოდა გარკვეულ, ფიქსირებულ სიხშირეზე. თითოეული რადიო-არხი მიმაგრებული იყო აბონენტების შედარებით მცირე ჯგუფზე (ნახ. 2.1.ა) თუ აბონენტების რაოდენობა გადააჭარბებს ერთი არხის შესაძლებლობას, მაშინ წარმოიქმნება მეორე ჯგუფი, რომელიც მიბმული იქნება მეორე (სხვა) რადიოარხზე.

საერთო მიღწევის არხების კონის სისტემაში (ნახ. 2.1.ბ) თითოეულ აბონენტს შეუძლია ისარგებლოს ერთდროულად რადიოხაზის კონით. გამომასხების შემთხვევაში აბონენტების წყვილს მიემაგრება (მიეკუთვნება) ერთ-ერთი თავისუფალი რადიოარხი. გათიშვის შემდეგ არხი თავისუფლდება და შეიძლება გადაეცეს ნებისმიერ სხვა აბონენტთა წყვილს. ტექნიკურად ეს ხორციელდება:

- რადიოსადგურის მიერ თავისუფალი არხის თანმიმდევრული მოძებნით (მაგალითად, დაუკავებლობის სპეციალური სიგნალის მეშვეობით), თმცა ასეთი სისტემები ხასიათდებიან კავშირის დამყარების მნიშვნელოვანი დროით და გამოიყენებიან შედარებით მცირე რაოდენობის არხებით (5...8—მდე);
- სპეციალურად გამოყოფილი საერთო არხით სიგნალიზაციის სისტემით, რომელზეც მომართულია (მიერთებულია) ქსელის ყველა რადიოსადგური მორიგე მიღების რეჟიმში. ასეთი სისტემები ყველაზე გავრცელებულია.



ნახ. 2.1. მოძრავი რადიოკავშირის პროფესიონალური (კერძო) სისტემების სტრუქტურა

საერთო მიღწევადობის არხების კონის სისტემის გატარების უნარი მნიშვნელოვნად მეტია მიმაგრებული არხების გატარების უნარზე. მაგალითად, 10%-იანი ბლოკირების ალბათობის მქონე ერთადერთ არხს, უდიდესი დატვირთვის საათის დროს ერთი აბონენტისათვის საუბრის საშუალო ხანგრძლივობით 2,5 წთ, შეუძლია მოემსახუროს ორ-სამ აბონენტს. ოცი ასეთი არხი, ცალ-ცალკე გამოყენებისას, დაახლოებით 50 აბონენტის მომსახურების საშუალებას იძლევა. იგივე პირობების შემთხვევაში საერთო მიღწევის არხებისათვის, იგივე 20 არხის გამოყენების შემთხვევაში, სისტემას შეუძლია მოემსახუროს 420 აბონენტამდე, ე.ი. გამტარუნარიანობა იზრდება 8-ჯერ და უფრო მეტჯერ.

პროფესიონალური კავშირის ქსელები პროექტირდება სამაუწყებლო ქსელების მსგავსად: საკმაოდ მძლავრი გადამცემი ჩამოკიდებულია მაღალ ანტენაზე, შედეგად იგი მოიცავს 40-50 კმ რადიუსის მქონე ფართს პირდაპირი ხედვის შემთხვევაში, ამასთან ერთი ასეთი ანტენა ემსახურება (ასხივებს) 5...8 ათას კვადრატულ კოლომეტრს. აბონენტებისათვის მიღწევადია რამოდენიმე ათეული რადიოარხი.

ზემოთ მოყვანილ ტრანკულ სისტემებზე საბჭოთა კავშირში მოქმედებდა მოძრავი კავშირის სისტემა "ალტაი", რომელიც დღესაც გამოყენებაშია რუსეთში და მუშაობს 330 მჰც სიხშირეზე.

ტრანკული სისტემების ყველაზე გავრცელებულ სისტემებს წარმოადგენს სისტემები გამოყოფილი მმართველი არხით, რომლებიც იყენებენ MTP1317, MTP1327, MTP1343, და MTP1347 სტანდარტებს. აღნიშნული სისტემები თავდაპირველად მუშაობდნენ დიდ ბრიტანეთში 174...225 მჰც სიხშირეზე, შემდგომში გავრცელდნენ სხვა დიაპაზონებზეც.

აგრეთვე ცნობილია ტრანკული სისტემები შეთავსებული მმართველი არხებით, რომლებშიც მმართველი სიგნალების გადასაცემად გამოიყენება ხმის გადაცემის სიხშირის ზოლის საინფორმაციო ნაწილი, რომელიც განლაგებულია ხმის სიგნალის სიხშირის სპექტრის ქვევით - 150 ჰც-მდე ველში. ასეთი ტიპის სისტემები გამოგონებული და დამუშავებული იყო E.F. Johnson-ის (აშშ) მიერ და მიიღო LTR აღნიშვნა.

პროფესიონალური მოძრავი რადიოკავშირის სისტემების განვითარების ტენდენცია მიმართულია ანალოგური კორპორატიული ან ეროვნული სტანდარტებიდან გადასვლა საერთაშორისო ციფრულ სტანდარტებზე საუბრების

საიდუმლოების და მომხმარებლისათვის როუმინგის უზრუნველყოფით. ეს ტენდენციები ურთიერთკავშირშია საერთოევროპული მოძრავი რადიოკავშირის ტრანკინგული სისტემის TETRA-ს სტანდარტის დანერგვასთან, რომელიც დამუშავებულია ETSI-ს ფარგლებში. TETRA სტანდარტის სისტემები გამოიყენება ციფრულ ფორმატში სალაპარაკო სიგნალების გადაცემისათვის, მონაცემთა გადაცემისათვის და ა.შ. სისტემა TETRA უზრუნველყოფს აბონენტებს შორის პირდაპირ კავშირს საბაზო სადგურების მონაწილეობის გარეშე. TETRA სტანდარტის სისტემების დანერგვა ევროპაში დაიწყო 90-იანი წლების ბოლოს, თავდაპირველად უშიშროების სამსახურებისათვის, პოლიციისათვის და მესაზღვრეებისათვის.

თუმცა რადიალური სტრუქტურის ტრანკული სისტემების ეფექტურობა არ არის საკმარისი მჭიდროდ დასახლებული რაიონების მოძრავი კავშირის უზრუნველყოფისათვის. მაგალითად: მოსკოვის შემთხვევაში მისი 10 მილიონიანი მოსახლეობიდან ასეთი სისტემით უზრუნველყოფა მოხერხდება მოსახლეობის მხოლოდ 0.1%-ის სტანდარტული ხარისხით მომსახურების დროს (საუბრების საშუალო ხანგრძლივობა 1.5 წთ, ბლოკირებების ალბათობა 5%) და მოითხოვს გამოვიყენოთ 6...25 მჰც სიხშირის ორ ზოლიანი 25 კჰც სიხშირის 250 რადიოარხი.

მჭიდროდადასახლებული ადგილებისათვის მოძრავი რადიოკავშირის აღნიშნული პრობლემის აღმოფხვრა მოხერხდა ფიჭური პრინციპით მოძრავი რადიოკავშირის ქსელის აგებით.

2.2. კავშირგაბმულობის ფიჭური სისტემები



ნახ. 2.2. ფიჭური სტრუქტურის მაგალითი

მოძრავი რადიოკავშირის ფიჭური სისტემა (მრშს) იყენებს მცირე სიმძლავრის დიდი რაოდენობის გადამცემებს, რომელთა დანიშნულებაა შედარებით მცირე ზომის, 1...2 კმ რადიუსის, ფართის (ზონის) მომსახურება. აღნიშნულ მცირე ზომის ზონებს ფიჭებს უწოდებენ. რომ მივხვდეთ თუ როგორ იცვლება საერთო სურათი, დავეუშვათ რომ, ყველა არსებული სიხშირული არხი შეიძლება განმეორებით (აგრეთვე) გამოყენებული იყოს ფიჭური სტრუქტურის ყველა უჯრედში. მაშინ

მოსკოვის მცხოვრებთა 0.1% მომსახურებისათვის შეიძლება გამოყენებული იყოს 250 სიხშირული არხი, კერძოდ, 50 კმ რადიუსის მქონე მოსამსახურებელი ტერიტორიის 10 კმ რადიუსის მქონე 25 ფიჭად დაყოფით, თითოეულ ფიჭაში შეიძლება გამოვიყენოთ მხოლოდ 10 ერთი და იგივე სიხშირეების მქონე არხები (მაგალითი მოყვანილია მხოლოდ ფიჭური აგების პრინციპის ასახსნელად).

იმის გამო, რომ არ უნდა იქნეს დაშვებული უჯრედებს შორის ურთიერთ-ხელშეშლების დიდი რაოდენობა, რომელთაც გააჩნიათ ერთნაირი სამუშაო სიხშირეები, აუცილებელია განვაღვათ სხვა სამუშაო სიხშირეების მქონე ბუფერული უჯრედები. მომსახურების არეში სხვადასხვა სამუშაო სიხშირეების მქონე უჯრედების ჯგუფს *კლასტერებს* უწოდებენ. ნახ. 2.2–ზე მოყვანილია ანალოგური ქსელის $n=7$ კლასტერის ზომის სტრუქტურის ნიმუში. მაგალითად, თუ ერთი უჯრედის აბონენტების მომსახურებისათვის საჭიროა 10 სამუშაო სიხშირისაგან შემდგარი კონა (ჯგუფი), მაშინ, $n=7$ კლასტერის ზომის ფიჭური სტრუქტურის ასაგებად საჭირო იქნება 70 სიხშირე, და ამგვარი აგებულების ქსელი მოემსახურება ნებისმიერი ზომის ტერიტორიას.

ფიჭური ქსელის აგების ძირითადი პოტენციური მდგომარეობს იმაში, რომ ფიჭებს შორის ურთიერთხელშეშლების დონე დამოკიდებულია არა ფიჭებს შორის მანძილზე, არამედ ფიჭებს შორის მანძილის მათი მოქმედების რადიუსთან ფარდობის სიდიდეზე. ფიჭის რადიუსი დამოკიდებულია რადიოგადამცემის სიმძლავრეზე და განისაზღვრება სისტემის შემმუშავებლების მიერ, რომლებმაც პროექტირების დროს უნდა განსაზღვრონ კლასტერის შესაბამისი ზომა. ჯრედის შემცირებასთან ერთად იზრდება 1 კვადრატულ კილომეტრზე განლაგებული საბაზო სადგურების რაოდენობა და გამოყენებული სიხშირეების 1 მჰც.

ფიჭური ქსელის თავიდანვე სრულმაშტაბიანი აგება და ექსპლუატაციაში შეყვანა მოითხოვს საკმაოდ დიდ დანახარჯებს. ჩვეულებრივად თავდაპირველად იწყება მცირე რაოდენობის დიდი ზომის უჯრედების აგება, რომლებიც გარკვეული დროის განმავლობაში თანმიმდევრულად გარდაიქმნება დიდი რაოდენობის შედარებით მცირე უჯრედებად. გარდაქმნის ასეთ მეთოდს *გახლეჩვას* უწოდებენ. როდესაც რომელიმე უჯრედში დატვირთვა მიაღწევს ისეთ დონეს, რომლის დროსაც მასში არსებული არხები ვერ უზრუნველყოფენ აბონენტების მომსახურების დადგენილ ხარისხს (ე.ი. გამოძხების მიღებისას არხის არ მიერთების ალბათობა მეტია დადგენილ მნიშვნელობაზე,

როგორც წესი 5%-ზე), ეს უჯრედი გაიხლიჩება უფრო მცირე ზომის შედარებით დაბალი სიმძლავრის გადამცემების მქონე უჯრედებად. ამასთან გახლეჩილი უჯრედის ტერიტორიაზე ქსელის გატარების უნარი იზრდება იმდენჯერ, რამდენჯერაც გაიხლიჩა, ანუ გაიზარდა უჯრედების რაოდენობა. ეს პროცედურა შეიძლება განმეორდეს მანამდე, სანამ ქსელი არ მიაღწევს ქსელის გატარების უნარის საპროექტო მნიშვნელობას.

მცირე ზომის უჯრედები აუცილებელია მხოლოდ აბონენტების მნიშვნელოვანი რაოდენობის მქონე ქალაქის ცენტრალურ ნაწილებში. გარეუბნებთან ახლოს აბონენტების სიმკვრივე მცირდება, შესაბამისად უჯრედების ზომა შეიძლება გაიზარდოს. უჯრედების გახლეჩვა შეიძლება საკმაოდ მოქნილად განხორციელდეს როგორც სივრცეში ასევე დროში. ასეთი მოქნილობა განსაკუთრებით მოსახერხებელია დამპროექტებლებისათვის, ვინაიდან შესაძლებელია გაიზარდოს ქსელის გამტარუნარიანობა იმ ადგილზე და იმ დროს, სადაც და რა დროსაც ეს არის აუცილებელი.

შედარებით მცირე უჯრედების გამოყენება წარმოქმნის კავშირის უწყვეტობის უზრუნველყოფის პრობლემას. მოძრაობისას ფიჭური ქსელის აბონენტმა საუბრის ერთი სეანსის დროს შეიძლება გაიაროს რამოდენიმე უჯრედი. ამ შემთხვევაში სისტემის უწყვეტობა უზრუნველყოფილი არის სისტემის შესაძლებლობით ობიექტთან კავშირი გადასცეს იმ საბაზო სადგურს, რომლის მოქმედების ზონაშიც მოცემულ მომენტში მდებარეობს აღნიშნული ობიექტი.

სიგნალის დონის მუდმივი გაზომვის გამო, რომელიც მიეწოდება მოძრავი ობიექტიდან უახლოესი საბაზო სადგურიდან მოძრავი კავშირის საკომუტაციო ცენტრს, სისტემას შეუძლია განსაზღვროს ობიექტის მიერ ორ უჯრედს შორის საზღვრის გადაკვეთის მომენტი და სალაპარაკო არხი გადართოს პირველი უჯრედიდან მეორესკენ საკმაოდ მცირე, იმ დროის განმავლობაში, რომელიც არ გამოიწვევს საუბრის გაწყვეტას. ასეთი პროცედურა, რომელსაც *ესტაფეტურ გადაცემას* (Handover) უწოდებენ, მოითხოვს საკმაოდ რთულ ალგორითმს, რომელმაც უნდა განსაზღვროს რამოდენიმე მეზობელი უჯრედიდან უშუალოდ ის უჯრედი, რომლისკენაც მოძრაობს ობიექტი, აგრეთვე მოითხოვს სწრაფქმედ ალგორითმებს და სქემოტექნიკურ გადაწყვეტილებებს, რომლებიც უზრუნველყოფენ პირველ უჯრედში დაკავებული სალაპარაკო არხის განთავისუფლებას და მეორე უჯრედში თავისუფალი არხის მოძებნას კავშირის აღდგენის შესაძლებლობით.

ფიჭური არქიტექტურის აღწერილი ძირითადი პრინციპების რეალიზაცია:

- მცირე ზომის ფართის ფიჭის რადიოდაფარვის მქონე მცირესიმ-ძლავრიანი რადიოგადამცემების გამოყენება;
- მომსახურების ზონის ფარგლებში სიხშირეების განმეორებითი გამოყენება;
- ფიჭის გახლეჩის ხარჯზე გამტარუნარიანობის თანმიმდევრული გაზრდა.

ობიექტის ერთი უჯრედიდან მეორესკენ მოძრაობის უწყვეტი კავშირის უზრუნველყოფამ ევროპის რიგ განვითარებულ ქვეყნებში და ჩრდილოეთ ამერიკაში 80-იანი წლების დასაწყისში გამოიწვია მოძრავი ფიჭური რადიოკავშირის სისტემის შექმნა, რაც საფუძვლად დაედო მთელს მსოფლიოში მოძრავი რადიოკავშირის სისტემის შექმნას.

80-იან წლებში აგებული მოძრავი ფიჭური რადიოკავშირის სისტემები მიეკუთვნებიან პირველი თაობის სისტემებს, რომლებიც აღიწერებიან შემდეგი სტანდარტებით: AMPS (აშშ); HCMTS (იაპონია); NMT-450 და NMT-900 (ჩრდილოეთ ევროპა); C-450 (გერმანია); TACS (დიდი ბრიტანეთი); TACS (ინგლისი, ლონდონი); RTMS-101H (იტალია) და Radio-200 (საფრანგეთი). ეს სისტემები ძირითადად განკუთვნილი იყო გარკვეული ქვეყნის საზღვრებს შიგნით აბონენტთა მომსახურებაზე, ხმის გადასაცემად იყენებდნენ ანალოგურ-სიხშირულ მოდულაციას და შიდასიხშირულ მოდულაციას (in-band) სააბონენტო ტერმინალსა და დანარჩენ ქსელს შორის კავშირის დასამყარებლად. გამონაკლისს შეადგენდა NMT-450 და NMT-900 სტანდარტის სისტემა, რომელიც ექსპლუატაციაში გაშვებული იქნა 1981 წელს როგორც საერთაშორისო სისტემა და ემსახურებოდა ჩრდილოეთ ევროპის ოთხ ქვეყანას: დანია, ფინეთი, ნორვეგია, შვედეთი. თუმცა ანალოგური მოძრავი კავშირის ფიჭური სისტემები არ აკმაყოფილებენ კავშირგაბმულობის განვითარების თანამედროვე მოთხოვნილებებს. თუმცა ერთ-ერთი ანალოგური სტანდარტი (NMT-450) მიღებულია რუსეთის ფედერალურ სტანდარტად.

მეორე თაობის სისტემები პროექტირდებოდა მსხვილმაშტაბიანი ქსელების შესაქმნელად საერთაშორისო როუმინგის გათვალისწინებით (საკუთარი ტერმინალით სხვა ქვეყნიდან ჩამოსული აბონენტის ავტომატური მომსახურება). დღეს-დღეისობით დამუშავებულია 4 სტანდარტი:

- პანევროპული GSM;
- ურთიერთკონკურენციაში მყოფი ორი ჩრდილოამერიკული სტანდარტი: TIA IS-54 სტანდარტის ADS (D-AMPS) სისტემა და TIA IS-54 სტანდარტის CDMA სისტემა;
- იაპონური JDC.

GSM სტანდარტი ყველაზე პროგრესულია და მისი მახასიათებლები განხილულია ქვემოთ.

D-AMPS სტანდარტი აშშ-ში მუშავდებოდა 1987 წლიდან. ფედერალურმა საკომუნიკაციო კომისიამ (FCC) ვერ შეძლო გამოენახა ცალკე სისწორული ზოლი 900 მჰც დიაპაზონში აშშ-ს პერსპექტიული ციფრული მოძრავი რადიოკავშირის ფიჭური სისტემისათვის (მრფს). ფიჭური კავშირის მწარმოებელთა ასოციაციამ (CTIA) კავშირგაბმულობის მწარმოებელ ასოციაციასთან (ITA) ერთად მიიღეს გადაწყვეტილება შეეთავსებინათ ანალოგური AMPS სტანდარტის სისწორეები სამომავლო ციფრულ მრფს-თან, AMPS-ში არსების სხვაობის (დაშორების) შენარჩუნებით, რომელიც 30 კჰც-ს ტოლია, გამოიყენეს 8 კბიტ/წმ-იანი საუბრის გარდაქმნის სიჩქარის მქონე VSELP კოდერი. მრფს-ს TIA IS-54 სტანდარტის D-AMPS სისტემა მიღებული იყო 1990 წელს. მიუხედავად იმისა, რომ D-AMPS სრულად ციფრული სისტემა არ არის (მართვის არხები ანალოგურია), იგი უფრო პროგრესული აღმოჩნდა, ვიდრე AMPS სისტემა.

არხების კოდური დაყოფით CDMA სისტემის მრფს დამუშავებული იყო აშშ-ში ფირმა Qualcomm-ის მიერ და განვითარება ხორციელდებოდა ფირმა Motorola-ში.

1991 წელს მიღებული იყო მრფს-ს იაპონური სტანდარტი JDC. JDC სტანდარტი გათვალისწინებულია 800/900 მჰც და 1400/1500 მჰც დიაპაზონში სამუშაოდ, ისევე როგორც D-AMPS, იყენებს დროითი დაყოფის არხებს სამი დროითი ფანჯრით და ერთი გადამტანი სისწორით. JDC სისტემას, განსხვავებით სხვა სისტემებისაგან, გააჩნია ISDN-თან პირდაპირი კავშირი, გადასაცემი მონაცენების ციფრულ ფორმაში გადაყვანის შესაძლებლობა, 11,2 კბიტ/წმ სიჩქარის მქონე VSELP ხმის კოდერი, სისწორეების გაბნევის D-AMPS-ზე ნაკლები მნიშვნელობა (25 კჰც). მთლიანობაში იაპონური მრფს ევროპული მრფს-ის GSM სტანდარტს და ზოგიერთი პარამეტრით ჯობია ამერიკულ D-AMPS სტანდარტს.

განვიხილოთ GSM სტანდარტის მახასიათებლები. ევროპის ფოსტისა და ტელეგრაფის კონფერენციამ (CEPT) 1982 წელს საერთოევროპული ფიჭური კავშირის სისტემის შექმნის შესაძლებლობის შესწავლის მიზნით შექმნა ჯგუფი, რომელსაც GSM (Groupe Special Mobile) ეწოდა. 1989 წელს GSM-ზე მუშაობა გადაეცა ETSI-ს (European Telecommunication Standards Institute), ხოლო 1990 წელს გამოქვეყნებული იყო GSM სისტემის სტანდარტის სპეციფიკაციის პირველი ფაზა. მიუხედავად იმისა, რომ GSM სისტემა სტანდარტიზებულია ევროპაში, იგი არ არის სრულად ევროპული, ხოლო აბრევიატურამ GSM - მიიღო ახალი მნიშვნელობა - Global System for mobile Communications (მოძრავი კავშირის გლობალურის სისტემა).

GSM სისტემა აგებულია უახლოესი ციფრული ტექნოლოგიების და პროგრამული უზრუნველყოფის საფუძველზე, თავსებადია ინტეგრალური მომსახურების ქსელთან (ISDN). მასში გამოყენებულია:

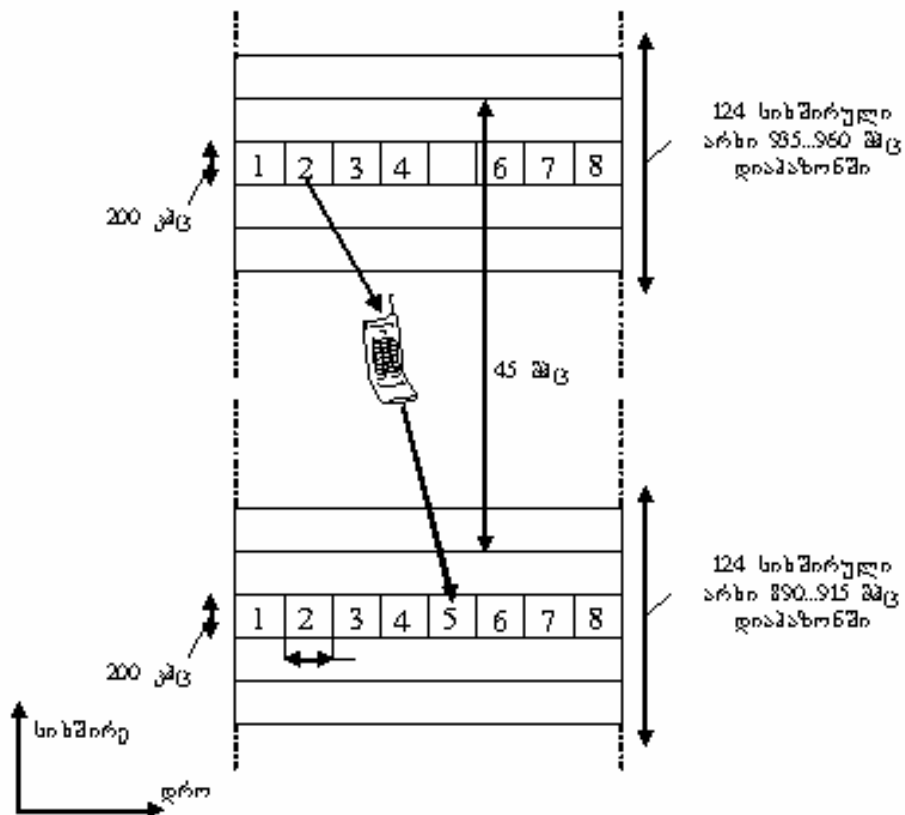
- ღია სისტემების ურთიერთქმედების ეტალონური მოდელი;
- SS7 (Signaling System 7) სასიგნალო სისტემა;
- ინტეგრალური ქსელის აგების პრინციპები IN/1.

ამ სისტემის ელემენტებს გადაცემის პროცესში შეუძლიათ მართონ და აკონტროლონ სიგნალის ყველა მახასიათებელი. სისტემა ფლობს საკმარის "ინტელექტს" მუშაობაში გადახრების აღმოსაჩენად, გამოსაკვლევად და საჭირო კორექციის (შესწორების, გამოსწორების) ჩასატარებლად. მასში განხორციელებულია ISDN-ის შესაძლებლობების დიდი ნაწილი და სხვა შესაძლებლობებიც, რომლებიც დაკავშირებულია მოძრავ რადიოქსელთან: რადიოქსელის მართვა, მოძრავი ობიექტის ადგილმდებარეობის თვალთვალი, ესტაფეტური გადაცემის ფუნქციის უზრუნველყოფა, გადაცემული ინფორმაციის დაცვა და ა.შ. ქსელის ინფრასტრუქტურა წარმოქმნის და მუდმივად განაახლებს დიდი მოცულობის მონაცემთა ბაზებს, შეიცავს აბონენტის ადგილმდებარეობის და მდგომარეობის შესახებ ინფორმაციას, აღმოფხვრის ყველა წარმოქმნილ უწყესრიგობებს, თავის კონფიგურაციას მოდიფიცირებას უკეთებს დატვირთვის ცვლილების შესაბამისად და ასრულებს ქსელის მომსახურების და ექსპლუატაციის სხვა ბევრ ფუნქციას, აკეთებს ხარჯთაღრიცხვას (ტარიფიკაციას), ურთიერთქმედებს სხვა სადგურებთან და ქსელებთან.

GSM სისტემისათვის დასაშვებია 9 დბ-ის ტოლი სიგნალ-ხმაურის ფარდობა, როგორც ცნობილია ანალოგურ სისტემებში ეს მაჩვენებელი

დაახლოებით 18 დბ-ია. 9 დბ-ს სხვაობა გამოწვეულია სიგნალის ციფრული დამუშავების ცნობილი უპირატესობით, კერძოდ შემდეგი ტიპის მოწყობილობების გამოყენების გამო:

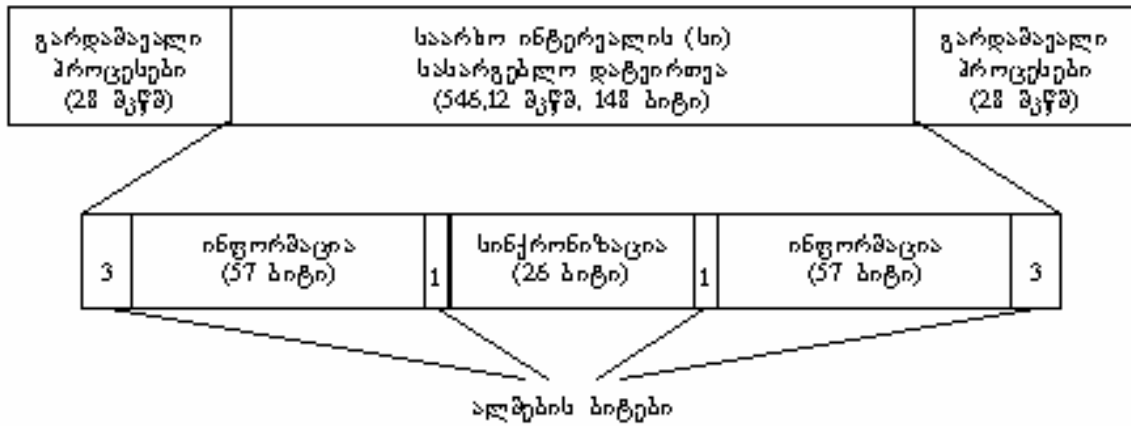
- კავშირის არხში არსებული ხმაურისადმი მდგრადი ხმის კოდეკების;
- ეფექტური ციფრული მოდულების გამოყენების გამო, რომელთა მეშვეობითაც რადიოსიგნალის ძირითადი ენერჯია თავმოყრილია კავშირის არხის სიხშირის ზოლში;
- ხელშეშლამდგრადი კოდეკების გამოყენების;
- კორექტორების, რომელთაც შეუძლიათ უზრუნველყონ სისტემის მუშაობა სიგნალების გავრცელების მრავალსიხვიანობის პირობებში არეკვლილი სიხვის 16 მკწმ დამატებითი დაყოვნების ზღვრული მნიშვნელობის დროს;
- სიხშირეების გადართვადი სინთეზატორის, რომელიც აუმჯობესებს მუშაობის ხარისხს სიგნალების გავრცელების მრავალსიხვიანობის პირობებში.



ნახ. 2.3. GSM სისტემის დროითი და სიხშირული სტრუქტურა

GSM სისტემა მუშაობს 900 მჰც დიაპაზონში, რომელიც გაყოფილია ორ 25 მჰც-იან ქვედიაპაზონად (ნახ. 2.3): 890...915 მჰც განკუთვნილია პორტატული (მობილური) მოწყობილობიდან საბაზო სადგურისაკენ გადაცემისათვის და 935...960 მჰც - მიღებისათვის. ე.ი. გამოიყენება დუპლექსური კავშირი სიხშირული დაყოფით (FDD - frequency Division Duplex). თითოეული ქვედიაპაზონი დაყოფილია 124 სიხშირულ არხად. მეზობელ სიხშირულ არხებს შორის სხვაობა 200 კჰც-ია (თითოეული სიხშირული არხის სიგანე არ აღემატება 200 კჰც-ს). GSM სისტემის ხმის გადაცემის არხი იყენებს ორ სიხშირულ არხს, რომელთა საერთო ფართი შეადგენს 45 მჰც-ს მიუხედავად ორივე დიაპაზონში გადამტანი სიხშირეების აბსოლიტური მნიშვნელობებისა. მიღებასა და გადაცემას შორის სხვაობის არსებობა ხელს უშლის ამ მიმართულებებს შორის ურთიერთხელშეშლების წარმოქმნას. დღეს-დღეისობით GSM სისტემა აგრეთვე მუშაობს 1800 და 1900 მჰც სიხშირეებზე.

თითოეულ სიხშირულ არხში მონაცემები გადაიცემა 8 საარხო ინტერვალით (სი), ე.ი. გამოიყენება არხების დროითი დაყოფა. 8 სი ერთიანდება ციკლში, ხოლო 26 ციკლი - 120 მჰმ-იანი ხანგრძლივობის განმეორებად ზეციკლში. სი-ს ხანგრძლივობა შეადგენს დაახლოებით 600 მკწმ-ს. სი-ს სტრუქტურა ნაჩვენებია 2.4 ნახაზზე. კონკრეტული პორტატული მოწყობილობა საბაზო სადგურზე ინფორმაციის გადაცემას აწარმოებს ერთ-ერთ სი-ით. სხვა დანარჩენი სი-ების განმავლობაში გადაცემა არ მიმდინარეობს (გადამცემი გათიშულია). სი-ს თავში და ბოლოში გამოყოფილია 28 მკწმ-იანი ინტერვალის გარდამავალი პროცესებისთვის, რომლის დროსაც გადაცემის სიმძლავრე იცვლება (იზრდება სი-ს დასაწყისში და მცირდება მის ბოლოში) 70 დბ-ით. სი-ს სასარგებლო ხანგრძლივობა შეადგენს 546,12 მკწმ-ს და უზრუნველყოფს 148 ბიტ გადაცემას ერთ-ერთი საარხო ინტერვალიდან, რომელშიც გადაცემა არ მიმდინარეობს, ხორციელდება საბაზო სადგურიდან სიგნალის მიღება. ე.ი. გამოიყენება ერთიდაიგივე ანტენა, რომლის გადაცემა და მიღება დროში არის დაყოფილი.



ნახ. 2.4. GSM-ის საარსო ინტერვალის სტრუქტურა

ფიჭის საზღვრებში საბაზო სადგურსა და პორტატულ მოწყობილობას შორის მანძილი შეიძლება შეადგენდეს 30 კმ-ს, შედეგად სიგნალის გავრცელების დაყოვნება შეიძლება შეადგენდეს 100 მკწმ-ს. ასეთი დაყოვნება სერიოზულად მოქმედებს საბაზო სადგურის მუშაობაზე, რადგან გადაცემული სი შეიძლება გადავიდეს მეზობელ სი-ზე, ასეთ შემთხვევაში საბაზო სადგური პორტატულ მოწყობილობაზე გადაცემაზე ბრძანებებს აგზავნის წინსწრებით, რათა საბაზო სადგურის სიგნალი მიეწოდოს "თავის" სი-ში. საბაზო სადგურს, მასსა და პორტატულ მოწყობილობას შორის მანძილის მიხედვით, ამ უკანასკნელის ენერგორესურსის ხარჯვის შემცირების მიზნით შეუძლია არეგულიროს გადაცემის სიმძლავრე.

ფიჭური სისტემის მუშაობის ერთ-ერთი ნიშანთვისება არის მრავალსიხვიანი გავრცელების პირობებში სიგნალის მიღება (მიმღების შესასვლელზე მოქმედებს ჯამური სიგნალი, და სიგნალები, რომლებიც არეკვლილია რელიეფის და შენობების ზედაპირებიდან). მრავალსიხვიანი გავრცელება იწვევს ისეთ არასასურველ მოვლენებს, როგორცაა სიგნალის დაყოვნების მზარდი მნიშვნელობა, რელევსკური შესუსტება და ა.შ. მრავალსიხვიანი გავრცელების უარყოფითი მხარეების თავის დაღწევა შესაძლებელია სიგნალების გამათანაბრებელი მექანიზმის გამოყენებით. იგი ხორციელდება სი-ს სასარგებლო დატვირთვის სამ ნაწილად გაყოფით, რომლებიც თავის მხრივ ერთმანეთისაგან გამოყოფილია აღმებით (ნახ. 2.4). შუაში განლაგებულია სპეციალური, ადვილად ამოსაცნობი სინქროთანმიმდევრობა (სინქროსიგნალი), რომლითაც ხორციელდება მიღებული სი-ს გათანაბრება (გასწორება). სინქროთანმიმდევრობამდე და მის შემდეგ განთავსებულია 57 ბიტისანი საინფორმაციო დატვირთვა.

ცენტრალიზებული მართვისაგან განსხვავებით, რომელიც დამახასიათებელია პირველი თაობის სისტემებისათვის, GSM სისტემაში მიღებულია მოძრავი კავშირის საკომუტაციო ცენტრის, საბაზო სადგურებსა და გადასატანი ტერმინალებს შორის განაწილებული მართვის პრინციპი. კავშირის სეანსის მთელი დროის განმავლობაში გადასატანი ტერმინალები ზომავენ მეზობელი საბაზო სადგურებიდან სიგნალის დონეს და გაზომვის შედეგებს გადასცემენ მათ მომსახურე საბაზო სადგურს. აღნიშნული საბაზო სადგური განსაზღვრავს ესტაფეტური გადაცემის განხორციელების აუცილებლობას და მოძრავი კავშირის საკომუტაციო ცენტრის მართვის სისტემას გადაუგზავნის ინფორმაციას ყველაზე უფრო უპირატესი საბაზო სადგურის შესახებ. მართვის განაწილების ასეთი ალგორითმის გამოყენების დროს სამომსახურეო სამუშაოების დიდი ნაწილი სრულდება საბაზო სადგურებისა და გადასატანი ტერმინალების მიერ, რაც ცენტრალური მართვის სისტემის გადატვირთვის თავიდან აცილების საშუალებას იძლევა.

GSM სისტემა მომხმარებელს სთავაზობს როგორც ხმოვანი, ასევე არახმოვანი ხასიათის მომსახურებების ფართო ასორტიმენტს. სატელეფონო შეტყობინებების გარდა ხმოვანი შეტყობინებების მომსახურებას მიეკუთვნება სპეცსამსახურების გამოძახება (სასწრაფო, სახანძრო, პოლიცია და ა.შ.), როგორც წესი აღნიშნული ხორციელდება 112 ნომრის აკრეფით, რომელიც ევროპაში მიღებულია სტანდარტად, აგრეთვე ასეთი სახის მომსახურებაში შედის ხმოვანი ფოსტით მომსახურებაც.

არახმოვანი ხასიათის მომსახურების ნაკრები დაფუძნებულია ISDN-ის მომსახურებაზე და GSM სტანდარტის აბონენტებისათვის შეადგენს 30-ზე მეტ დასახელებას. მონაცემთა გადაცემის მომსახურებები განსხვავებულია და დამოკიდებულია: პოტენციალურ კორესპონდენტებზე (საერთო მოხმარების სატელეფონო ქსელის აბონენტები, ISDN-ის აბონენტები ან სპეციალური ქსელის აბონენტები); გადაცემული ინფორმაციის ხასიათზე (მონაცემები, ფაქსიმილე და სხვა); კომუტაციის რეჟიმზე (პაკეტური კომუტაცია, გამჭოლი ციფრული არხი, სატელეფონო მოდემების გამოყენებით კომუტაცია და ა.შ.), ტერმინალების ტიპზე და ა.შ. მოძრავი კავშირის სისტემების სპეციფიკურ ნაწილს წარმოადგენს მოკლე შეტყობინებების სამსახური (SMS - Short Message Service) (შემავალი, გამავალი და სამაუწყებლო), რომლებიც თავისთავად წარმოადგენს პერსონალური გამოძახების (პეიჯერის) ნაირსახეობას.

მოძრავი ფიჭური კავშირის შემდგომი განვითარება მიმდინარეობს მესამე თაობის **მრშს**-ს განვითარების ფარგლებში (3G). ევროპაში მესამე თაობის

მრფს-ის განვითარების კომპანიამ მიიღო *მოდრავე კავშირის უნივერსალური სისტემის* სახელი (UMTS - Universal mobile Telecommunication System), რომელიც ხორციელდება CEPT-ის (Conference of European Posts and Telegraphs) RACE-ს გამოკვლევების ფარგლებში. UMTS-ის შექმნის კონცეფცია ითვალისწინებს კავშირგებულობის არსებული ციფრული სისტემების (ფიჭური, პერსონალური გამოძახების და ა.შ.) ფუნქციონალური შესაძლებლობების გაერთიანებას მოძრავე კავშირის სტანდარტიზირებული მომსახურების შეთავაზებით (მიწოდებით).

მესამე თაობის ერთიანი საერთაშორისო **მრფს**-ს შექმნისათვის პროექტის დამუშავებას აწარმოებს ITU FPLMTS-ის სახელწოდებით.

2.3. პერსონალური რადიოგამოძახების სისტემები

მომსახურების თანამედროვე ბაზარი ხასიათდება რადიოგამოძახების პერსონალური სისტემების (**რბპს**) განვითარების მაღალი ტემპებით, რომელიც ჰარმონიულად ერწყმის რადიოკავშირის და მონაცემთა გადაცემის სისტემებს.

პერსონალური გამოძახება (პეიჯინგი) - ელექტროკავშირგაბმულობის მომსახურებაა, რომელიც უზრუნველყოფს მომსახურების ზონაში უკაბელოდ ცალმხრივი ინფორმაციის გადაცემას. დანიშნულების მიხედვით **რბპს** იყოფა კერძო (დაწესებულების) და საერთო მოხმარების ქსელებად.

კერძო რბპს-ბი შეტყობინებების გადაცემას უზრუნველყოფენ ლოკალურ ზონებში ან შეზღუდულ ტერიტორიაზე გარკვეული ჯგუფების მოსამსახურებლად. როგორც წესი, ასეთ სისტემებში შეტყობინების გადაცემა ხორციელდება მართვის პულტიდან დისპეჩერების მიერ საერთო მოხმარების სატელეფონო ქსელებთან ურთიერთქმედების გარეშე.

საერთო მოხმარების რბპს-ის ქვეშ იგულისხმება ტექნიკური საშუალებების ერთობლიობა, რომელთა საშუალებითაც საერთო მოხმარების ქსელების გავლით რადიოარხში გადის შეზღუდული ზომის შეტყობინება. **რბპს**-ის განვითარება ხორციელდება: საერთო მოხმარების ქსელებთან ავტომატური ურთიერთქმედების ტექნიკის დანერგვის გზით, გამოძახებების (მისამართების) და შეტყობინებების ანბანურ-ციფრული კოდის ციფრული მეთოდებით გადაცემის გამოყენების გზით; ხელშეშლამდგრადობის და გამტარუნარიანობის გაზრდით; დამაბოლოებელი მოწყობილობების მინიატურიზაციის და ელექტროენერჯის მოხმარების შემცირებით.

დღეს-დღეისობით აშშ-ს, დიდი ბრიტანეთის, იაპონიის და სხვა ქვეყნების სხვადასხვა ფირმების მიერ მუშავდება კერძო და ეროვნული **რბპს**-ს სხვადასხვა მრავალრიცხოვანი ტიპები. **რბპს**-ს განვითარების საკვანძო ფაქტორს წარმოადგენს რადიონტერფეისის სტანდარტიზაცია.

1978 წელს პირველად იყო გამოქვეყნებული სტანდარტი POCSAG (Post Office Code Standardization Group) კოდზე და გაცემული იყო მისი ფართო დანერგვის წინადადებები ტონალური გამოძახებების ფარგლებში. 1979 წელს გამოქვეყნებული იყო 512 ბიტი/წმ სიჩქარის ციფრული და ანბანურ-ციფრული შეტყობინებების გადაცემის POCSAG კოდი, შემდგომში გადაცემის სიჩქარე გაიზარდა 1200 და 2400 ბიტ/წმ-მდე. POCSAG კოდი ITU-R-ის მიერ დამტკიცებული იყო 1982 წელს (რეკომენდაცია 584). დღეს-დღეისობით POCSAG კოდი გამოიყენება **რბპს**-ბის უმრავლესობაში.

რბპს ქსელის ფუნქციონალურ განვითარებაზე, სიჩქარის გაზრდაზე, აგრეთვე ნაციონალური **რბპს**-ბის ტრანსნაციონალური ქსელებში ინტეგრაციაზე წარმოქმნილმა მოთხოვნებებმა ETSI-ის ფარგლებში გამოიწვია საერთოევროპული სტანდარტის შემუშავება, რომელსაც ERMES (European Radio Messaging System) ეწოდა. აღნიშნული სტანდარტი დამტკიცდა 1992 წელს.

ERMES სტანდარტის ძირითადი დადებითი მხარეებია (ძირითადი ღირებულებები):

- ყველა ევროპული ქვეყნისათვის საერთო ქსელი და საერთოევროპული როუმინგი;
- საერთო ინტერფეისი, რომელიც უზრუნველყოფს ქსელის მაღალ ტევადობას სხვადასხვა სახის შეტყობინებების გაგზავნისას, ტექსტური შეტყობინებების ჩათვლით, რომლებიც გადაიცემა სისშირეთა ვიწრო ზოლში;
- პერსონალური რადიო გამოძახების მიმღებების საერთო (ერთიანი) სპეციფიკაცია.

POCSAG სტანდარტში აგრეთვე გათვალისწინებული არის **რბპს**-ის ინტეგრირების შესაძლებლობა.

რბპს-ბის განვითარების ახალ მიმართულებას წარმოადგენს ფირმა "Motorola"-ს მიერ დამუშავებული FLEX კოდი და მასზე დაფუძნებული **რბპს**. FLEX-ზე დაფუძნებული **რბპს**-ის ძირითად უპირატესობებს POCSAG-ზე დაფუძნებულ **რბპს**-თან შედარებით წარმოადგენს: შეტყობინებათა გადაცემის

გაზრდილი სიჩქარე, სისტემის დიდი მოცულობა, არხების ხელშეშლამდგრადობის გაზრდილი მახასიათებლები და პეიჯერის უფრო ეკონომიური მუშაობის უზრუნველყოფა. "Motorola"-ს მიერ წარმოდგენილია პეიჯერები, რომლებიც მუშაობენ სამივე სტანდარტზე: POCSAG, ERMES და FLEX.

2.4. უკაბელო ტელეფონების სისტემები

საერთო მოხმარების უკაბელო ტელეფონების (უტ) სისტემები (Cordless Telephony - CT) მნიშვნელოვან კონკურენციას უწევენ ფიჭური კავშირის სისტემებს. თავდაპირველად უტ-ბი განკუთვნილი იყო შეზღუდული ფართის მქონე ბინებში და ოფისებში ექსპლუატაციისათვის. შემდგომში მათი განვითარება მოხდა როგორც საერთო მოხმარების სისტემების.

1985 წელს CEPT-მა წარმოადგინა CT1 სტანდარტი უკაბელო ტელეფონებისათვის, რომელიც მუშაობდა 900 მჰც დიაპაზონში 40 დუპლექსური არხით, არხების დროითი დაყოფით. ანალოგურ სისტემებში კავშირის დაბალი ხარისხი და საუბრების საიდუმლოებლობის დაცვის არ არსებობამ გამოიწვია ციფრული უკაბელო სისტემების შემუშავების დაწყება. ახალი სტანდარტი, რომელმაც CT2-ის სახელწოდება მიიღო, შემუშავებული იყო დიდ ბრიტანეთში, რომელიც უკეთ ვიდრე CT1 უზრუნველყოფდა საუბრების კონფიდენციალობას და ხმოვანი შეტყობინებების მიღების ხარისხს. CT2 სტანდარტში გამოყენებულია 864...868 მჰც სიხშირეთა დიაპაზონი და დუპლექსური გადაცემა არხების დროითი დაყოფით. CT2 სტანდარტი საფუძვლად იქნა მიღებული Telepoint სისტემის შექმნისას, რომელიც განკუთვნილია ნებისმიერი აბონენტის მომსახურებისათვის ქალაქში დაყენებული რადიოპორტების გავლით, რომლებიც ჩართულია საერთო მოხმარების სატელეფონო ქსელში. რადიოინტერფეისის CT2 პროტოკოლი დამტკიცებულია ETSI-ის მიერ და მიიღო ETS-300131 აღნიშვნა.

1992 წელს ETSI-მ საერთოევროპული უკაბელო ტელეფონის DECT სისტემაზე მიიღო სტანდარტი ETS-300175, რომელიც განკუთვნილია მონაცემების და ხმოვანი შეტყობინებების გადაცემისათვის 1880...1900 მჰც დიაპაზონში.

აშშ-ში კომპანია Bellcore-ს მიერ დამუშავებული იქნა საერთო მიღწევის უკაბელო ტელეფონების PACS სტანდარტის სისტემა, რომელიც მუშაობს

FCC-ს მიერ პერსონალური ქსელებისათვის გამოყოფილ სიხშირეთა მონაკვეთში - 1850...1910 და 1930...1990 მჰც სიხშირეებზე. ფუნქციონალური დანიშნულების მიხედვით PACS სტანდარტი DECT-ის ანალოგიურია, მაგრამ განკუთვნილია აშშ-ში მიღებულ სტანდარტზე სამუშაოდ რომლის სიხშირეების განაწილება და განვითარების კონცეფცია განსხვავებულია ევროპულისაგან.

უკაბელო კავშირის სისტემა დაფუძნებულია პორტატული ტელეფონების გამოყენებაზე, რომელსაც PHS-ს უწოდებენ და რომელიც გამოგონებულია და წარმატებით არის დანერგილი იაპონიაში. PHS უზრუნველყოფს ქსელის მიკროფიჭური არქიტექტურის ფარგლებში ორმხრივ უკაბელო კავშირს. PHS-ის ინტერფეისი დაფუძნებულია არხების ორმხრივ დაყოფაზე და დუბლექსურ, დროში დაყოფილ მიღებისა და გადაცემის რეჟიმზე. აღნიშნული სტანდარტის სამუშაო სიხშირის დიაპაზონია 1895...1918 მჰც.

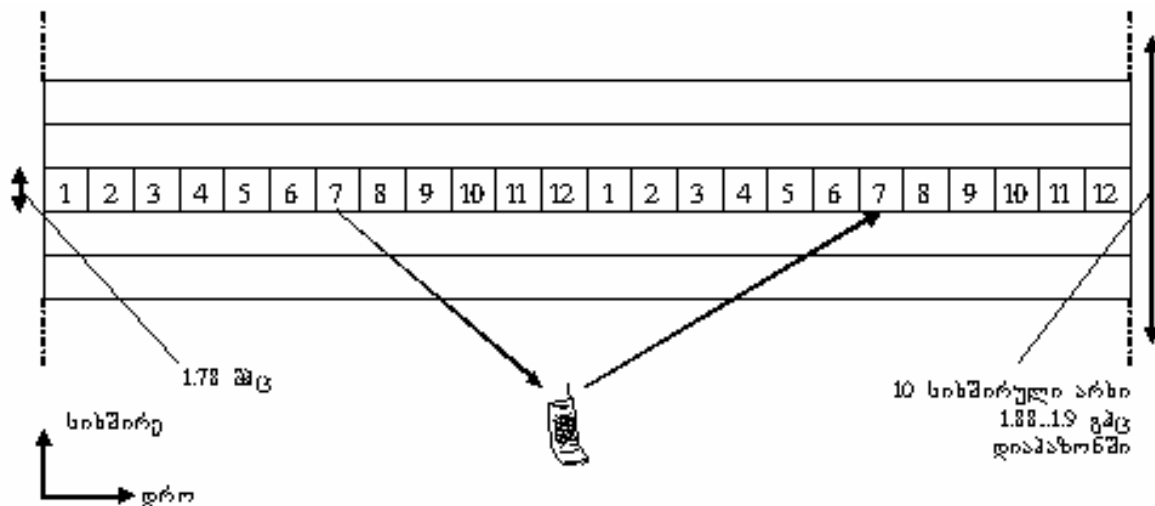
დაწერილებით განვიხილოთ საერთოევროპული უკაბელო DECT სისტემის სტანდარტი. DECT (Digital European Cordless Telecommunications) სტანდარტი ETSI-ს მიერ გამოქვეყნებული იყო 1992 წელს, ხოლო პირველი კომერციული ნაწარმი, რომელიც ამ სტანდარტს შეესაბამება, გამოჩნდა 1993 წელს. თავდაპირველად ისინი ძირითადად წარმოადგენდნენ დაწესებულების **სსს**-ბის ქსელის აგების საშუალებას, აგრეთვე სახლის უკაბელო ტელეფონებს. შემდგომში გამოჩნდა DECT-ის სხვა "გაფართოებები", რომლებიც მუშავდებოდა ჯერ კიდევ სტანდარტის შექმნის პროცესში. მათ შემადგენლობაში შედის: ადგილობრივი რადიოკავშირის სისტემების საშუალებები (Radio in the Local Loop - RLL); სისტემები რომლებიც უზრუნველყოფენ საერთო მოხმარების ქსელებთან უკაბელო მიღწევას შეზღუდული მობილურობის მქონე აბონენტებისათვის (Cordless Terminal Mobility - CTM); საშუალებები, რომლებიც DECT აპარატურას ფიჭურ სისტემებთან მუშაობის საშუალებას აძლევს (მაგ: GSM).

DECT სტანდარტი დამუშავებულია ღია სისტემების ურთიერთქმედების ეტალონური მოდელის შესაბამისად. სტანდარტის თავისებურებას წარმოადგენს კავშირის სისტემების ერთ ტერიტორიაზე "ურთიერთარსებობის" არსებობის გარანტიის შესაძლებლობა მათი მუშაობისას კოორდინაციის არ არსებობის დროს და სიხშირეთა დაგეგმვის აუცილებლობის არ არსებობა, რაც აუცილებელია ჩვეულებრივი ფიჭური ქსელების შემთხვევაში. DECT სტანდარტი იქმნებოდა დაწესებულების **სსს**-ბის უკაბელო რადიოკავშირის სისტემების აგებისათვის. დაწესებულების **სსს**-ს უკაბელო ტელეფონის

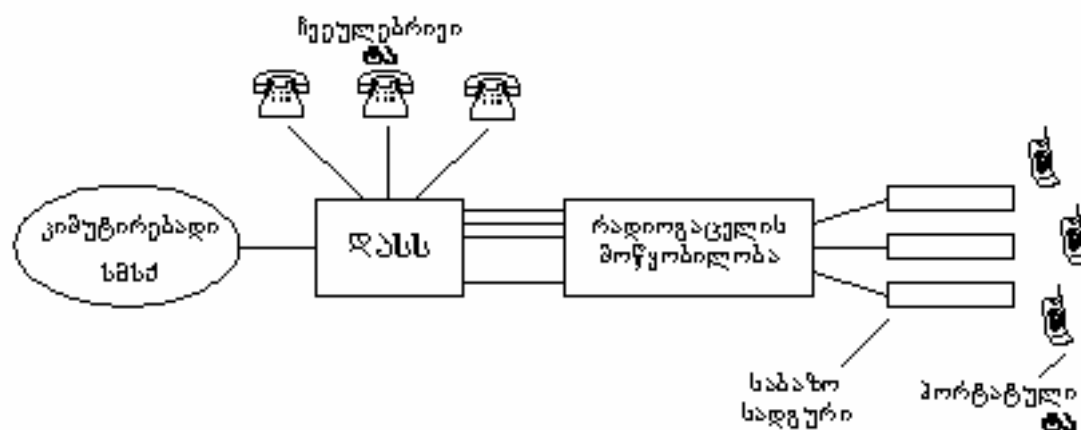
სივრცე ხასიათდება ტრაფიკის მაღალი სიმკვრივით და კონფენდენცი-
ალობისადმი მკაცრი მოთხოვნით. სიგნალი ციფრულ ფორმაში გადასაყვანად
DECT სისტემა გარდაქმნის ალგორითმად იყენებს ადაპტურ **დოპლერ-ს**, რომლის
სიჩქარეა 32 კბიტ/წმ, რაც უზრუნველყოფს ხმის გადაცემის ისეთივე
ხარისხს, როგორც აქვს სტანდარტულ სტაციონალურ ქსელს.

1880...1900 დიაპაზონზე მომუშავე DECT სტანდარტის სისტემა მუშაობს 10
სიხშირულ არხზე. თითოეულ სიხშირულ არხში მონაცემები გადაიცემა
ციკლურად 24 საარხო ინტერვალში, ე.ი. გამოიყენება არხების დროითი
დაყოფა. საარხო ინტერვალის პირველ ნახევარში ხორციელდება საბაზო
სადგურიდან პორტატული მოწყობილობისაკენ გადაცემა, მეორე ნახევარში კი
- პირიქით მიმართულებით, მიღება. ე.ი გამოიყენება დროითი დაყოფით
დუპლექსური კავშირის ორგანიზება (TDD). თითოეული სალაპარაკო არხი
იყენებს **ს0**-ების წყვილს, რაც გულისხმობს 120 სალაპარაკო არხის
ორგანიზების საშუალებას (ნახ. 2.5).

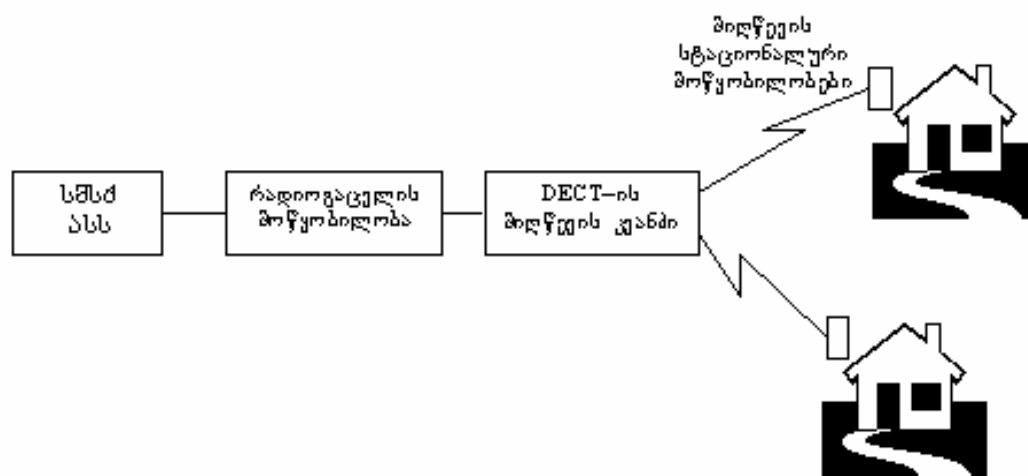
არხების არჩევის მექანიზმი, რომელიც ცნობილია როგორც არხების
უწყვეტი დინამიური ამორჩევა (Continuous Dynamic Chanel Selection - CDCS),
სისტემას საშუალებას აძლევს "გვერდი-გვერდ" იმუშაონ სხვადასხვა
სისტემებმა მათი მუშაობის კოორდინაციის გარეშე. DECT სტანდარტის
ნებისმიერ პორტატულ მოწყობილობას გააჩნია 120-ვე არხი დაკავების
საშუალება. როდესაც საჭიროა დამყარდეს შეერთება, DECT-ის პორტატული
მოწყობილობა ირჩევს ისეთ არხს, რომელიც უზრუნველყოფს ყველაზე უფრო
მაღალი ხარისხის მომსახურებას. მას შემდეგ რაც შეერთება დამყარებულია,
მოცემული მოწყობილობა განაგრძობს დიაპაზონში არსებული არხების
ანალიზს და თუ აღმოჩნდება ისეთი არხი, რომელიც უზრუნველყოფს
კავშირის უკეთეს ხარისხს, მაშინ იგი გადაერთვება აღნიშნულ ხაზზე. ძველი
და ახალი შეერთებები გადაფარულია დროში, რაც უზრუნველყოფს
შეუმჩნეველ გადართვას ერთი არხიდან მეორეზე. CDSC პროტოკოლის
გამოყენების გამო DECT სისტემა არ მოითხოვს სიხშირეების დაგეგმარებას,
ამ პრობლემის მოგვარებას უზრუნველყოფს პორტატული მოწყობილობა.



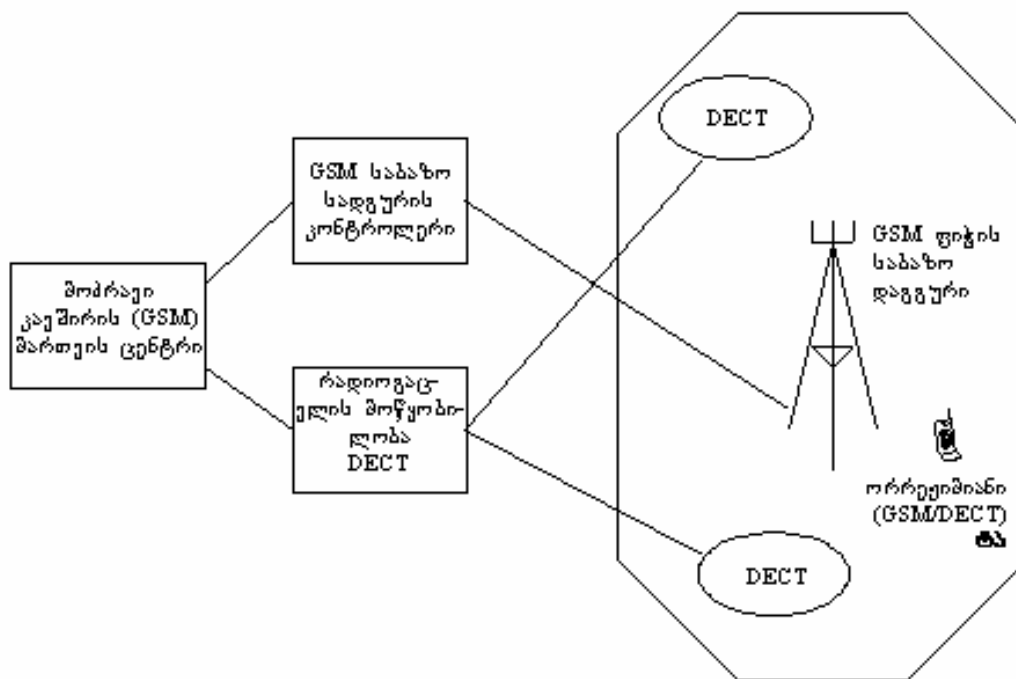
ნახ. 2.5. DECT სისტემის კადრის სტრუქტურა



ნახ. 2.6. DECT სტანდარტის უკაბელო დასს-ს არქიტექტურა



ნახ. 2.7. DECT სტანდარტის RLL სისტემის არქიტექტურა



ნახ. 2.8. GSM და DECT სტანდარტების ურთიერთქმედების სქემა. DECT-ის "კუნძულები" განთავსებულია GSM ფიჭის შიგნით.

ლიტერატურა

1. Баева Н.Н. Многоканальная электросвязь и РРЛ. – М.: Радио и связь, 1988. – 312 с.
2. Гаранин М.В., Журавлёв В.И., Кунегин С.В. Системы и сети передачи информации. – М.: Радио и связь, 2001. – 336 с.
3. ჯ. ხუნწარია, ვ. აბულაძე. მრავალარხიანი ელექტროკავშირგაბმულობა. – თბილისი, სტშ, 1994. – 100 გვ.
4. Многоканальные системы передачи/ Н.Н. Баева, В.Н. Гордиенко, С.А. Курицын и др. – М.: Радио и связь, 1997. –560 с.
5. ჯ. ხუნწარია, ვ. აბულაძე. ტელეკომუნიკაციის მრავალარხიანი ციფრული სისტემები. – თბილისი, სტშ, 1998. – 82 გვ.
6. ჯ. ხუნწარია, ვ. აბულაძე. ტელეკომუნიკაციის სისტემები ნ. 1. ლექციების კონსპექტი. – თბილისი, სტშ, 2001. – 121 გვ.
7. ჯ. ხუნწარია. ტელეკომუნიკაციის სისტემები. ნ. 2. ლექციების კონსპექტი. – თბილისი, სტშ, 2002. – 53 გვ.