ტელეკომუნიკაციის ქსელებისა და კომუტაციის სისტემების კათედრა

პროფ. ჯემალ ბერიძე

ტელეკომუნიკაციური ქსელები

II კურსის II სემესტრის ლექციების კონსპექტი

სარჩევი

1. ტელეკომუნიკაციური ქსელები
2. ელექტროკავშირის სახეების კლასიფიკაცია
3. ელექტროკავშირის ქსელებით გადასაცემი სიგნალების სახეები
4. გადაცემის ციფრული მეთოდების უპირატესობები ანალოგურ მეთოდებთან შედარებით
5. გადაცემის მრავალარხიანი სისტემები
6. კაბელები ტელეკომუნიკაციურ ქსელებში
6.1. კაბელები ლითონის სადენებით
6.2. ოპტიკურ-ბოჭკოვანი კაბელები
7. რადიოკავშირი. რადიოკავშირის ხაზები
8. რადიოსარელეო ხაზები
9. მოძრავი კავშირის სისტემები და ქსელები
9.1 ტრანკინგული კავშირის ქსელი
9.2. პეიჯერული კავშირის ქსელი
9.3. ფიჭური მობილური კავშირის სტანდარტები, სისტემები და ქსელები
9.4. ფიჭური მობილური კავშირის ახალი თაობები
10. პაკეტური კომუტაცია. **IP** ტელეფონია
11. თანამგზავრული კავშირის სისტემები

12. უძრავი და მოძრავი გამოსახულებების გადაცემა. ტელეხედვა
12.1. უძრავი გამოსახულებების გადაცემა
12.2. ტელევიზიის ფიზიკური საფუძვლები
12.3. სატელევიზიო სიგნალის ფორმირება
12.4. გამოსახულების ჩამოყალიბება თანამედროვე მუხტითი გადატანის ხელსაწყოების გამოყენებით
12.5. სატელევიზიო მაუწყებლობის ორგანიზაცია
13. რადიომაუწყებლობა
14. კომპიუტერული ქსელების აგების პრინციპები
14.1. LAN ქსელები
14.2. MAN ქსელები
14.3. WAN ქსელები
15. ციფრული სატელეკომუნიკაციო სისტემების აგების იერარქიული პრინციპი
15.1. სინქრონული ციფრული იერარქია
16. ტელეკომუნიკაციების განვითარების ზოგადი ტენდენციები
17. ტელეკომუნიკაციის ქსელებისა და კომუტაციის სისტემების აგების პრინციპები
17.1. ტელეკომუნიკაციის ქსელები და სააბონენტო ტერმინალები
17.2. სატელეფონო ქსელის არსებული ტექნოლოგიების აღწერა
17.3. სააბონენტო შეღწევის ქსელების აგების ზოგადი პრინციპები
17.4. აბონენტის გამანაწილებელი ქსელის აგება
17.5. DSL ტექნოლოგიების ბაზაზე აგებული შემჭიდროვების აპარატურა
17.6. სააბონენტო ხაზების კლასიფიკაცია
17.7. რადიოშეღწევის ქსელები
17.8. ტელეფონის აპარატები
18. სატელეფონო კომუტაციის პრინციპები
18.1. ზოგადი ცნობები
18.2. ხელით კომუტაციის პრინციპი
18.3. ავტომატური კომუტაციის პრინციპი
18.4. საკომუტაციო კვანძის აგების მეთოდები
18.5. საკომუტაციო ბლოკების აგების მეთოდები
18.6. ციფრული კომუტაციის პრინციპი

19. ტელეკომუნიკაციის მომსახურების თანამედროვე სახეები
19.1. კავშირგაბმულობის ვიდეოსატელეფონო სამსახური
19.2. „ვიდეოტექსის“ სამსახური (საცნობარო კავშირგაბმულობა)
19.3. სამსახური „ტელექსი“ (ტელემომსახურება)
19.4. „ტელეტექსტი“ (საცნობარო მაუწყებლობა)
19.5. საკაბელო ტელევიზიის სამსახური
19.6. ფაქსიმილური კავშირის სამსახური
20. კომპიუტერული ტელეფონია. ინტერნეტ-ტელეფონია
20.1. კომპიუტერული ტელეფონიის არსი
20.2. კომპიუტერული ტელეფონიის ძირითადი მიმართულებები
20.3. ტელეფონისა და კომპიუტერის ინტეგრაცია
20.4. კომპიუტერული ტელეფონიის გამოყენების სფერო
20.5. ინტერნეტ-ტელეფონია

ტელეკომუნიკაციური ქსელები

(შესავალი კურსი)

1. ტელეკომუნიკაციური ქსელები

ტელეკომუნიკაცია გუშინ, დღეს, ხვალ . . .

ტელეკომუნიკაცია –ეს არის ინფორმაციის გადაცემა მანძილზე. **ინფორმაცია** –ეს არის ცნობების ერთობლიობა რაიმე ფიზიკური ობიექტის ან პროცესის შესახებ. იმისათვის, რომ გადავცეთ ინფორმაცია საჭიროა ის გადავაქციოთ შეტყობინებად, ე. ი. **შეტყობინება** –ეს არის მანძილზე გადასაცემად მომზადებული ინფორმაცია. ინფორმაციის წყაროდან – ინფორმაციის მიმღებამდე არსებობს გარემო, რომელშიც უნდა გადავიდეს შეტყობინება. ამ გარემოს გავლისათვის შეტყობინება გარდაიქმნება ე.წ. სიგნალად. **სიგნალი** -ეს არის დროში და სივრცეში ცვლადი სიდიდე, რომელშიც ასახულია გადასაცემი შეტყობინება.

იმის მიხედვით, თუ რა გარემოში ხდება შეტყობინების გადაცემა არჩევენ სხვადასხვა სიგნალების სახეებს. მაგ: **ბგერითი, ოპტიკური, ელექტრული, რადიო** და ა.შ. ოპტიკური კავშირი ტელეკომუკნიკაციის ყველაზე ძველი ფორმაა. უძველესი დროიდან ადამიანები შეტყობინების გადასაცემად იყენებდნენ ოპტიკურ მოვლენებს (სიგნალებს), მაგალითად კოცონებს. ამ სიგნალების თანამედროვე სახეებია ოპტიკური სიგნალები, რომლებიც ოპტიკურ-ბოჭკოვანი კაბელებით გადაიცემა.

ელექტრობის აღმოჩენის შემდეგ შეტყობინებები გადაიცემა ელექტრული სიგნალების საშუალებით. ეს სიგნალები გაივლიან ელექტრულ სადენებს (კაბელებს). ამ სახის ტელეკომუნიკაციას ელექტრული კავშირი ეწოდება.

შეტყობინებების რადიო ტალღებით გადაცემის აღმოჩენის შემდეგ ჩამოყალიბდა ე.წ. "რადიოკავშირის" ცნება, რომელზედაც დაფუძნებულია ტელეკომუნიკაციის ისეთი თანამედროვე მიმართულება, როგორიცაა მობილური კავშირი. ამავე მეთოდებით ხდება რადიომაუწყებლობა და ტელემაუწყებლობა.

ოპტიკური, ელექტრული და რადიოკავშირების ერთობლიობა განსაზღვრავს თანამედროვე ტელეკომუნიკაციების დღევანდელ სახეს და ხვალინდელ დღეს. თუ ადრე ცალ-ცალკე განიხილებოდა სატელეფონო კავშირი, სატელეგრაფო კავშირი, რადიოკავშირი, სატელევიზიო კავშირი და სხვ. ამჟამად მიმდინარეობს კავშირების ინტეგრაციის პროცესი, ე.ი. იქმნება ტელეკომუნიკაციური ქსელები, რომლებითაც შესაძლებელია ნებისმიერი სახის შეტყობინების (ინფორმაციის) გადაცემა. მის ნათელ მაგალითს წარმოადგენს ახალი (მომავალი) თაობის მობილური კავშირის ქსელები, რომლებიც ტრადიციული სატელეფონო შეტყობინებების გადაცემასთან ერთად უზრუნველყოფენ კომპიუტერული ინფორმაციის გადაცემას (მობილური ინტერნეტ-ქსელი) და მრავალი სატელევიზიო პროგრამის გავრცელებას მობილური კავშირის ქსელებით(მე-4 და მე-5 თაობის მობილური კავშირის ქსელებით).

მცირე ისტორია: მსოფლიოში პირველი ტელეგრაფის აპარატი ელექტრული სიგნალების გადაცემით შეიქმნა 1832 წელს.

პირველი სატელეფონო გადაცემა შედგა 1875 წელს.

პირველი რადიოგადაცემა –1895 წელს.

მე-20 საუკუნის დასაწყისიდან იწყება ელექტროკავშირის უსწრაფესი განვითარება, ძირითადად სატელეფონო ქსელების შექმნით. იქმნება საკომუტაციო სისტემები ათობით და მილიონობით აბონენტის ერთმანეთთან დასაკავშირებლად. ასეთი დიდი რაოდენობის კავშირების მომსახურებისათვის იქმნება ავტომატური საკომუტაციო სისტემები, რომლებიც **ატს**-ების სახელით არის ცნობილი. ამჟამად ძირითადად ექსპლუატაციაში შედის ციფრული (ელექტრონული) საკომუტაციო სისტემები, რომელთა ძირითად ელემენტს წარმოადგენს ელექტრონული – გამომთვლელი მანქანა (კომპიუტერი). იგი გამომძახებელი აბონენტისაგან იღებს შეკვეთას (ნომრის აკრეფით) გამოსაძახებელ აბონენტთან შეერთებაზე, შემდეგ ეძებს ქსელში ყველაზე მოხერხებულ გზას, გამომძახებელი აბონენტიდან გამოსაძახებელ აბონენტამდე და ახდენს ამ აბონენტების დაკავშირებას ფიზიკური წრედებით (კაბელებით) ან რადიოარხებით. (მათ შორის თანამგზავრული არხებითაც).

1950-60 წ.წ. ელექტროკავშირის განვითარებაში იწყება ახალი ერა – **მონაცემების გადაცემის ერა**. ამ დროს შეიქმნა პირველი კომპიუტერები, რასაც მოჰყვა მათი ერთმანეთთან დაკავშირების აუცილებლობა. კომპიუტერების ურთიერთკავშირისათვის სპეციალური ქსელების აგება დიდ ეკონომიკურ დანახარჯებთან არის დაკავშირებული. ამიტომ იმთავითვე დაისვა საკითხი არსებული სატელეფონო ქსელების გამოყენებისა კომპიუტერული ქსელების ასაგებად. ასე შეიქმნა **ე.წ. "სიმბიოზი"**, ანუ კომპიუტერული და ტელეკომუნიკაციური ტექნიკის შერწყმა. ამჟამად, ტელეკომუნიკაცია

წარმოუდგენელია კომპიუტერული ტექნიკის გამოყენების გარეშე და პირიქით – კომპიუტერები ტელეკომუნიკაციური ქსელების გარეშე.

2. ელექტროკავშირის სახეების კლასიფიკაცია

ელექტროკავშირის თანამედროვე სახეები პირობითად იყოფა ინფორმაციის რეალურ დროში (მყისიერად) მიტანის მეთოდების გამოყენებით და მიტანის გადავადებით. შეტყობინებების მიმღებთა რაოდენობის მიხედვით ინდივიდუალური და მასიური მიმღებებისათვის. კლასიფიკაცია მოყვანილია ცხრილის სახით.

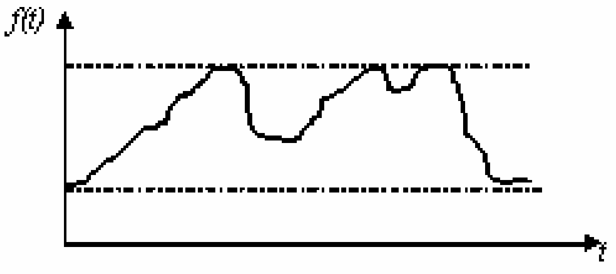
რეალურ დროში (მყისიერი) გადაცემა		შეტყობინების მიტანის დაყოვნება (გადავადება)
ინდივიდუალური შეტყობინებები	სატელეფონო კავშირი	ფაქსი, ტელეგრამა, ელექტრონული ფოსტა, პეიჯერი
	ვიდეოკონფერენციები ვიდეოთვალყური	ვიდეო მოთხოვნით
	აუდიო ტელეკონფერენციები	ბგერითი ფოსტა (ავტომოპასუხე)
შეტყობ. მასიური მომხმ.	ბგერითი მაუწყებლობა (რადიო)	სატელევიზიო მაუწყებლობა (ჩაწერილი პროგრამები)
	სატელევიზიო მაუწყებლობა	გაზეთების გადაცემა, ტელეტექსტი

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული ამჟამად არსებობს ტენდენცია ყველა სახის ინფორმაცია (შეტყობინება გადაცემული იქნას ერთი და იგივე ქსელით. ასეთ ქსელებს ეწოდებათ ქსელები მომსახურების ინტეგრაციით, კერძოდ ციფრული ქსელები ISDN (Integrated Services Digital Netvork - ციფრული ქსელები მომსახურების ინტეგრაციით).

3. ელექტროკავშირის ქსელებით გადასაცემი სიგნალების სახეები

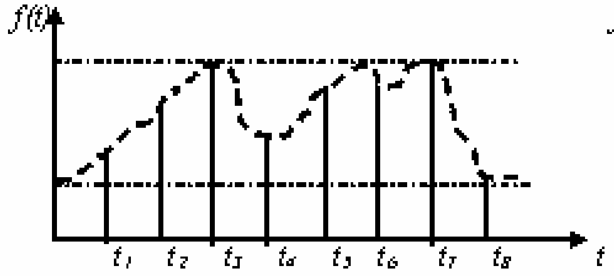
ელექტროკავშირის ქსელებით გადასაცემი შეტყობინებები და მათი შესაბამისი სიგნალები შეიძლება იყოს **უწყვეტი** (ანალოგური და **დისკრეტული** (ციფრული).

უწყვეტი სიგნალი –აღიწერება როგორც დროის უწყვეტი ფუნქცია (ნახ. 1). მისი თავისებურება იმაშია, რომ იგი არსებობს დროის ნებისმიერ მომენტში და ნებისმიერ მომენტში შეუძლია მიიღოს მნიშვნელობების უსასრულო სიმრავლე. ანუ დროის მომენტში შეიძლება მიიღოს ერთ-ერთი მნიშვნელობა უსასრულო სიმრავლიდან.

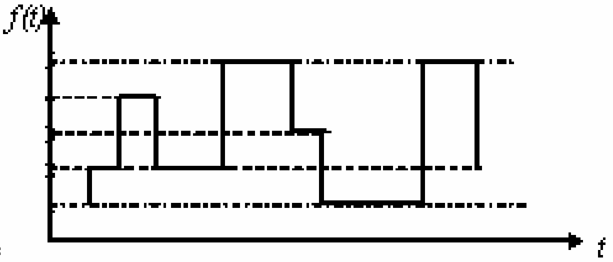


ნახ. 1. უწყვეტი

დისკრეტული სიგნალი – შეიძლება იყოს ორი სახის: **დისკრეტული დროში** და **დისკრეტული ამპლიტუდის (დონის) მიხედვით. დროში დისკრეტული სიგნალები** - მნიშვნელობას ღებულობენ მხოლოდ დროის გარკვეულ მომენტში t_1, t_2,… . დროის სხვა შუალედებში მათი მნიშვნელობა ნულის ტოლია (ნახ. 2).



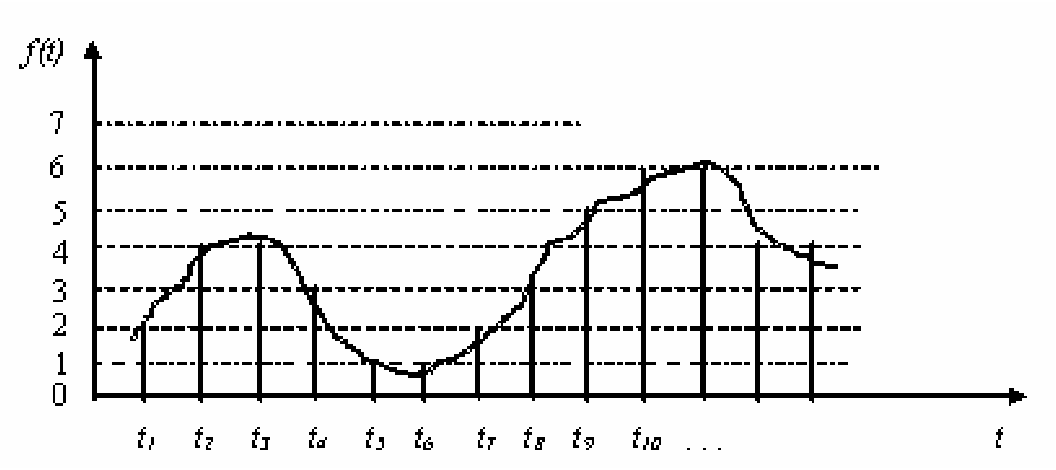
ნახ. 2.



ნახ. 3.

დონეების მიხედვით - დისკრეტული სიგნალები არსებობენ დროის ნებისმიერ მომენტში, მაგრამ შეუძლიათ მიიღონ მხოლოდ გარკვეული წინასწარ ცნობილი დონეები 1,2,3 (ნახ. 3). სიგნალს სხვა მნიშვნელობის მიღება ამ დონეებს შორის არ შეუძლია.

სრულიად დისკრეტულად ითვლება სიგნალი, რომელიც დისკრეტულია როგორც დროში, ასევე დონის მიხედვით (ნახ. 4).



ნახ. 4.

ასეთი სიგნალის თავისებურება იმაში მდგომარეობს, რომ სიგნალი არსებობს მხოლოდ დროის გარკვეულ მომენტში t_1, t_2,....და ამ მომენტში შეუძლია მიიღოს მხოლოდ გარკვეული, წინასწარ ცნობილი დონეები, მაგ. 0, 1, 2, 3.

ელექტროკავშირში განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭებათ ე.წ. **ციფრულ სიგნალებს.** ამ სიგნალების გამოყენებით აიგება თანამედროვე ტელეკომუნიკაციური სისტემების უმრავლესობა – ე.წ. **ციფრული სისტემები.**

განვიხილოთ ციფრული სიგნალების წარმოქმნის პროცესი. როგორც ნახ. 4 ნაჩვენები გრაფიკიდან ჩანს მოცემულ შემთხვევაში ყოველ დისკრეტულ t_j მომენტში სიგნალს შეუძლია მიიღოს მნიშვნელობა 0–დან 7-ის ჩათვლით (ერთ-ერთი მთელი). შესაძლებელია ეს მნიშვნელობები წარმოდგენილ იქნას **ორობითი კოდის სახით შემდეგნაირად:**

ნებისმიერი R რიცხვი შეიძლება წარმოდგენილ იქნას პოლინომით (მრავალწევრით).

$$\mathbf{R= a_{n-1}x^{n-1} + a_{n-2}x^{n-2}+ \ldots..+a_2x^2+a_1x^1+a_0x^0} \qquad \mathbf{(1)}$$

a_0, a_1, ... a_{n-1} - კოეფიციენტებია, **x – ს თვლის ფუძე ეწოდება.** თუ x=10 და a_j კოეფიციენტები ღებულობენ მნიშვნელობებს 0, 1, 2, ... 9, ასეთ თვლის სისტემას ათობითი თვლის სისტემა ეწოდება და მას ვიყენებთ ყოველდღიურ ცხოვრებაში თვლისათვის.

თუ ფუძე x=2 და კოეფიციენტები a_j=0 ან 1, მივიღებთ ორობით თვლის სისტემას. მაგ: რიცხვი 6 ორობითი თვლის სისტემაში შეიძლება ასე ჩაიწეროს $6=1\cdot2^2+1\cdot2^1+0\cdot2^0=4+2+0$. ათობითი თვლის სისტემაში რიცხვის ჩასაწერად ვიწერთ მხოლოდ კოეფიციენტებს, მივიღებთ 110. ასეთ ჩაწერას ეწოდება რიცხვის წარმოდგენა ორობით ფორმაში და რადგან ჩაწერა ხდება მხოლოდ ორი ციფრის

0 და 1-ის გამოყენებით, ამიტომ მას ეწოდება სიგნალის წარმოდგენა ციფრულ (ორობით) ფორმაში.

ამგვარად, თუ შეტყობინება დასაწყისშივე **დისკრეტულია**. მაგ: ასოები ტექსტში, შესაძლებელია მათი დანომვრა ათობით სისტემაში და შემდეგ მისი წარმოდგენა ზემოთმოყვანილი მეთოდით (1) ფორმულის გამოყენებით. თუ **შეტყობინება უწყვეტია** მაშინ მისი ციფრულ ფორმაში გადაყვანისათვის საჭიროა სამი ოპერაციის ჩატარება: 1. **დისკრეტიზაცია დროის მიხედვით; 2. დისკრეტიზაცია (ქვანტირება) დონის მიხედვით; 3. დონის გადაყვანა ორობით (ციფრულ) ფორმაში.**

თანამედროვე ციფრულ სისტემებში დისკრეტიზაციას აწარმოებენ ე.წ. ათვლის თეორემის მიხედვით, რომელსაც ასევე **კოტელნიკოვის თეორემას** უწოდებენ. ამ

$$\Delta t \le \frac{1}{2 \cdot 3400} \text{ წმ.}$$

თეორემის თანახმად Δt შუალედი ორ ანათვალს შორის

აქ F_{max} - სიგნალის სიხშირული სპექტრის მაქსიმალური მნიშვნელობაა. მაგალითად, სატელეფონო სიგნალისათვის F_{max}=3400 ჰც. მიტომ

$$\Delta t \le \frac{1}{2F_{max}} \text{ წმ} \qquad (2)$$

ზუსტი ტოლობაა **$\Delta t=1/3400=147 \cdot 10^{-6}$**წმ.

ამ მნიშვნელობას იღებენ ნაკლებობით, კერძოდ $\Delta t=125 \cdot 10^{-6}$. საერთოდ, რაც უფრო მცირეს ავიღებთ Δt-ს, უწყვეტი სიგნალის დისკრეტულად წარმოდგენა მით უფრო ზუსტი იქნება.

მეორე ოპერაციის დროს – დონეების მიხედვით დისკრეტიზაციის დროს სიგნალის დონეს 0–დან max –მდე ყოფენ სატელეფონო სიგნალებისათვის 256 დონედ, ვიდეოგამოსახულებების შესაბამისი სიგნალების დონეს – 128 დონედ. (1) გამოსახულების შესაბამისად, თუ R=256 ორობით ფორმაში მისი წარმოდგენისათვის საკმარისია მრავალწევრი n წევრით (ე.ი. n თანრიგა კოდი), ამ შემთხვევაში n =8.

$$f_{დ} = \frac{1}{\Delta t} = \frac{1}{125 \cdot 10^{-6}} = 8\text{კჰც.}$$

დისკრეტიზაციის შუალედი $\Delta t=125 \cdot 10^{-6}$ წმ მიიღება დისკრეტიზაციის სიხშირით თითოეული t_j ანათვალი წარმოდგება n თანრიგა კოდური კომბინაციით აქ n =8. ამიტომ 0-სა და 1-ების განმეორების სიხშირე, რომელსაც **გადაცემის სისწრაფე ეწოდება**, შეადგენს

$V=f_{დ} \cdot n=8$კჰცx8=64000 ბიტი/წმ.

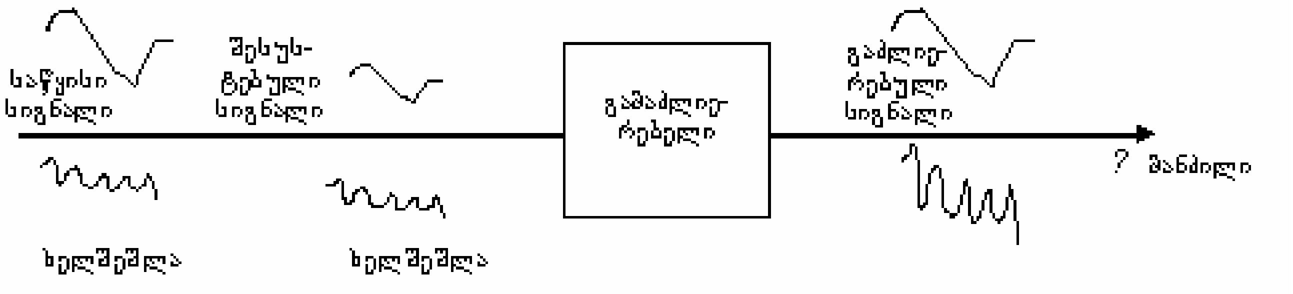
სიდიდეს 1 ბიტ/წმ ეწოდება გადაცემის სისწრაფე –ბიტი/წმ.

ამიტომ სატელეფონო სიგნალის ციფრულ ფორმაში გადაყვანის შედეგად მიიღება სისწრაფე **V=64** კბიტი/წმ; ციფრული სისტემის არხს, რომელიც უზრუნველყოფს გადაცემას სისწრაფით **V=64**კბიტი/წმ, უწოდებენ ძირითად ციფრულ არხს.

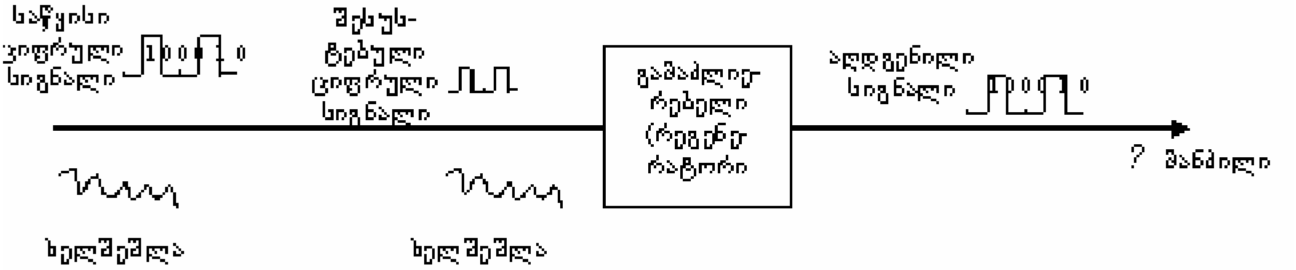
4. გადაცემის ციფრული მეთოდების უპირატესობები ანალოგურ მეთოდებთან შედარებით

კავშირგაბმულობის თეორია და პრაქტიკა წარმოადგენს ხელშეშლებთან (ხმაურთან) ბრძოლას. საქმე იმაშია, რომ სიგნალის გადაცემის დროს ინფორმაციის წყაროდან ინფორმაციის მიმღებამდე ხდება ამ სიგნალის თანდათანობითი შესუსტება. ამასთანავე კავშირის არხში, რომელიც აერთებს ინფორმაციის წყაროსა და მიმღებს ყოველთვის არსებობენ ხელშეშლები (სხვა სიგნალები, ფლუქტუაციური ელექტრული რხევები და სხვა), რომლებიც არხებში ან გარედან შედიან (გარე ხელშეშლები) ან წარმოიქმნებიან არხების შიგნით (შინაგანი ხმაურები). ცხადია რაც უფრო სუსტი იქნება სასარგებლო ინფორმაციის შესაბამისი სიგნალი, მით უფრო მეტი გავლენა ექნება ხელშეშლებს. სიგნალების გადაცემის დროს, როდესაც შეფარდება $P_{სიგნ}/P_{ხელშ}$ (აქ $P_{სიგნ}$ და $P_{ხელშ}$ – შესაბამისად სიგნალისა და ხელშეშლის სიმძლავრეებია) მიაღწევს იმ დონეს, რომლის შემდეგაც მიმღები სიგნალს ხელშეშლისაგან ვეღარ გაარჩევს საჭირო ხდება სიგნალის გაძლიერება. მაგრამ ამ შემთხვევაში გამაძლიერებელი აძლიერებს ხელშეშლასაც, ასე რომ მიმღები ღებულობს ჯამურ სიგნალს – სიგნალი+ხელშეშლა და ამ ჯამიდან სიგნალის გამოყოფა (განცალკევება) რთულ, ხშირ შემთხვევაში მიუღწეველ ამოცანას წარმოადგენს. იხ. ნახ. 5.ა

ციფრული სიგნალის გადაცემის დროს მიმღებმა იცის, რომ გადამცემიდან შესაძლებელია მხოლოდ 0 ან 1-ის გადაცემა. ამიტომ ჯამიდან სიგნალი+ხელშეშლა მიმღებისათვის 0-ის ან 1-ის განსაზღვრა ძნელი არ არის. განსაზღვრავს რა მიმღები, რომ დროის მოცემულ მომენტში გადამცემიდან გადმოცემული იყო 0, იგი აფორმირებს 0-ს, თუ გადმოცემული იყო 1, იგი აფორმირებს 1-ს. ე.ი. რეგენერაციას უკეთებს სიგნალის საწყის ფორმას, და ამით კომპენსაციას უკეთებს სიგნალის დამახინჯებას ხელსეშლების არსებობის გამო. ციფრული მეთოდების ამ თვისებას „ხელშეშლამდგრადობა“ ეწოდება. სწორედ ციფრული მეთოდების დიდი ხელშეშლებამდგრადობა ანალოგურ მეთოდებთან შედარებით განაპირობებს ციფრული მეთოდების უპირატეს დანერგვას თანამედროვე ტელეკომუნიკაციებში.



ნახ. 5. ა



ნახ. 5. ბ

შეიძლება ითქვას, რომ უახლოეს 5-10 წელიწადში ციფრული სისტემები თითქმის მთლიანად გამოდევნის თანამედროვე ქსელებიდან ანალოგურ სისტემებს.

5. გადაცემის მრავალარხიანი სისტემები

თანამედროვე ტელეკომუნიკაციურ ქსელებში ინფორმაციის წყაროსა და ინფორმაციის მიმღებს შორის იქმნება სიგნალების გადაცემის არხი. იგი შეიძლება იყოს ფიზიკური წრედი (ლითონის ან ოპტიკური გამტარით), რადიო არხი (მათ შორის თანამგზავრული), ვირტუალური (ამის შესახებ მასალა მოყვანილი იქნება პარაგრაფში პაკეტური კომუტაციის შესახებ). როდესაც ერთი პუნქტიდან მეორე პუნქტამდე ერთდროულად რამოდენიმე აბონენტს სურს კავშირი, მაშინ იყენებენ გადაცემის მრავალარხიან სისტემებს. ეს სისტემები უზრუნველყოფენ ერთი ფიზიკური წრედით (რადიოარხით) ერთდროულად, ერთმანეთისადმი ხელშეშლის გარეშე n რაოდენობით სხვადასხვა აბონენტის სიგნალების გადაცემას. გადაცემის ასეთი მეთოდები იძლევიან კავშირგაბმულობის ხაზების დიდ ეკონომიას (N ხაზის ნაცვლად გამოიყენება 1 ხაზი), ამიტომ თანამედროვე ტელეკომუნიკაციურ ქსელებში ქალაქებს შორის, ატს-ებს შორის, ქვეყნებს შორის როგორც წესი გამოიყენება მრავალარხიანი სისტემები. მრავალარხიანი სისტემები აიგება რამოდენიმე პრინციპით, რომელთაგან ყველაზე ფართო გავრცელება ჰპოვა ორმა მეთოდმა

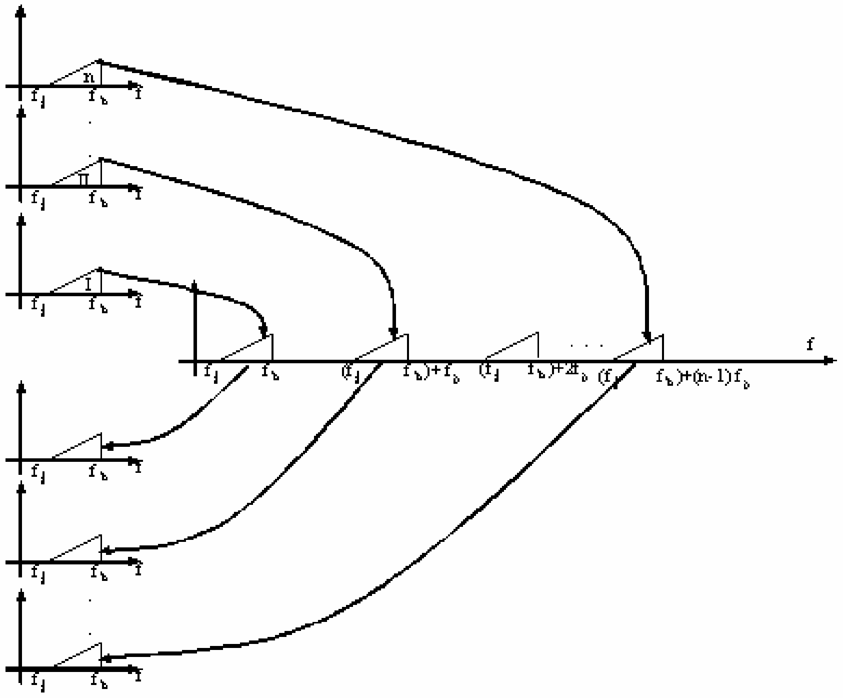
- მრავალარხიანი სისტემები სიხშირული შემჭიდროვებით;

-მრავალარხიანი სისტემები დროითი შემჭიდროვებით.

ამ ბოლო წლებში, მობილური სისტემების ახალი თაობებისათვის ფართო გამოყენებას ნახულობს მრავალარხიანი სისტემები არხების კოდური დაყოფით.

არხების სიხშირული დაყოფის პრინციპი ნაჩვენებია ნახ. 6-ზე.

ყველა არხის საწყის გადასაცემ სიგნალს გააჩნია ერთი და იგივე სიხშირული სპექტრი. სატელეფონო სიგნალისათვის იგი შეადგენს $f_{ქვ}$=300 ჰც, $f_{ზ}$=3400 ჰც. ე.ი სიხშირულ დიაპაზონს (300 ÷ 3400) ჰც. ეს სიგნალები, რომ გავატაროთ ერთი არხით (ფიზიკური წრედით) ყოველგვარი გარდაქმნის გარეშე ისინი ერთმანეთში აირევა და მიმღები ვერ მიიღებს თავის შესაბამის სიგნალს. ამიტომ, სიგნალების განცალკევებისათვის (შემჭიდროვებისათვის) მათ ისე გარდაქმნიან, რომ თითოეული არხის სიგნალს გააჩნდეს სხვადასხვა სიხშირული ზოლი. კერძოდ ე.წ. მოდულაციის მეთოდით გადასაცემი სიგნალის ყოველ სიხშირეს $f_{ქვ}$ ÷ $f_{ზ}$ სიხშირული ზოლიდან II არხისათვის ემატება ე.წ. გადამტანი სიხშირე $f_{გ}$. ე.ი. II არხის სიგნალის სიხშირული ზოლი გადაიწევს სიხშირულ ზოლში ($f_{ქვ}$ ÷ $f_{ზ}$)+ $f_{გ}$, და შესაბამისად იგი არ დაემთხვევა I არხის სიხშირულ ზოლს $f_{ქვ}$ ÷ $f_{ზ}$, რადგან I არხის სიხშირული ზოლი არ შეცვლილა. III არხის სიხშირული ზოლი იქნება ($f_{ქვ}$ ÷ $f_{ზ}$)+2$f_{გ}$ და ა.შ., n არხის სიხშირული ზოლი იქნება ($f_{ქვ}$ ÷ $f_{ზ}$)+(n-1)$f_{გ}$. ცხადია ეს სიგნალები ერთდროული გადაცემის დროს ერთმანეთს ხელს ვერ შეუშლიან იმიტომ, რომ მათ სხვადასხვა სიხშირული ზოლები უკავიათ.



ნახ. 6. სიხშირული შემჭიდროვების (დაყოფის) მეთოდი

მიმღებში საჭიროა თითოეული არხის სიგნალი დაბრუნდეს საწყის სიხშირულ ზოლში - ($f_{ქვ} \div f_{ზ}$). ეს ხდება ე.წ. „დემოდულაციის“ შედეგად. მარტივად, რომ ავხსნათ ამ პროცესში n არხის შესაბამის სიხშირულ სპექტრს აკლდება სიხშირე $(n-1)f_{გ}$. ამიტომ მიიღება $[(f_{ქვ} \div f_{ზ})+(n-1)f_{გ}]-(n-1)f_{გ}= f_{ქვ} \div f_{ზ}$. $f_{გ}$-გადამტან სიხშირეს ხშირად წარმტან სიხშირესაც უწოდებენ. ამჟამად ფუნქციონირებს სისტემები სიხშირული შემჭიდროვებით, რომლებშიც კავშირის ერთი არხით 10.000-ობით სიგნალი გადაიცემა. მაგ. სისტემა k-10800 – უზრუნველყოფს ერთი კაბელით 10800 სატელეფონო არხის ჩამოყალიბებას.

არხების დროითი დაყოფის მეთოდი შემდეგში მდგომარეობს: როგორც ზემოთ იქნა აღნიშნული შესაძლებელია ანალოგური (უწყვეტი) სიგნალების წარმოდგენა (შეცვლა) დისკრეტულით, დროითი დისკრეტიზაციის მეთოდით. ამ დროს ხდება სიგნალის ანათვლების აღება დროის დისკრეტულ მომენტებში t_1, t_2, t_3 და ა.შ. მაგრამ დრო ამ დისკრეტულ მომენტებს შორის - Δt, რომელიც, მაგალითად სატელეფონო სიგნალების დისკრედიტაციის დროს $\Delta t= 125 \cdot 10^{-6}$ წმ, შეიძლება გამოვიყენოთ სხვა სიგნალების (სხვა არხების შესაბამისი) გადასაცემად ისევ დროითი დისკრეტიზაციის მეთოდით. ამ შემთხვევაში რამდენი დროითი ანათვალის ჩატევაც მოხერხდება Δt შუალედში, იმდენი არხის სიგნალი შეიძლება გადაიცეს ერთი ფიზიკური წრედით (ერთი მრავალარხიანი სიგნალით). დროითი შემჭიდროვების (დაყოფის) პრინციპი ნაჩვენებია ნახ. 7-ზე.

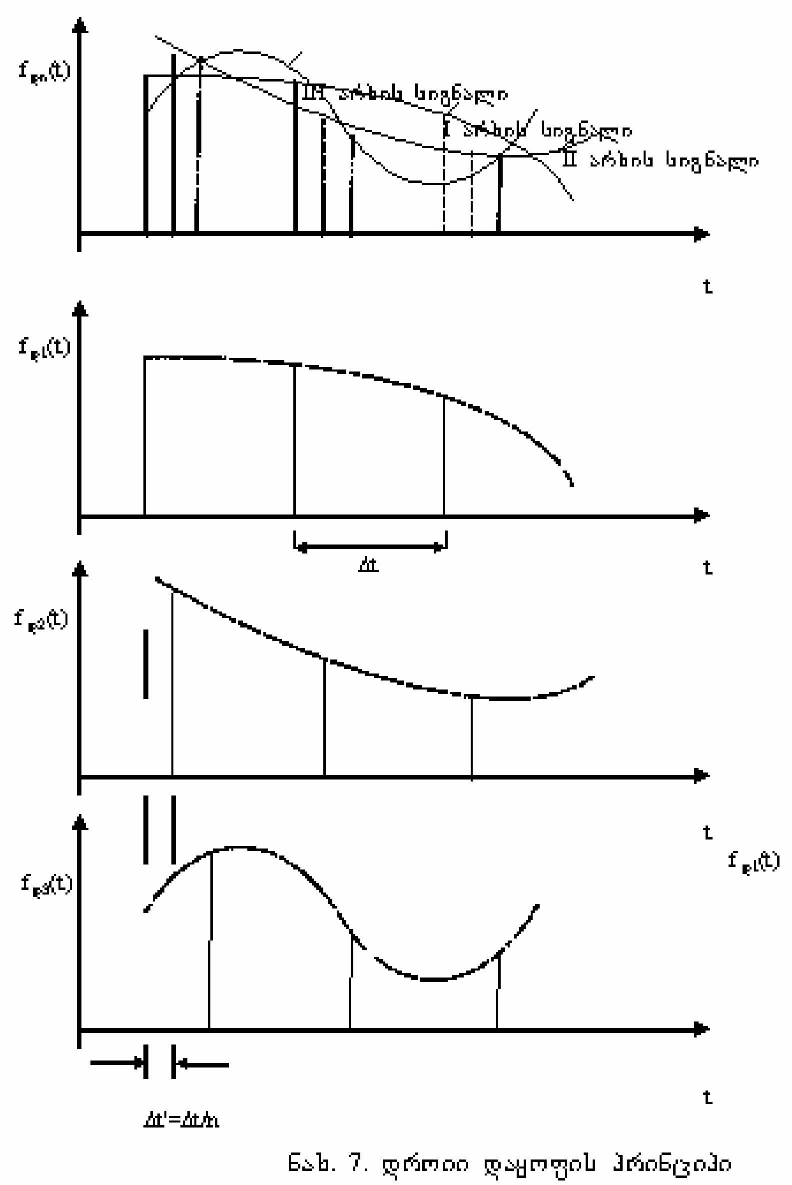
როგორც ნახაზზეა ნაჩვენები ყოველი მომდევნო არხის დროითი ანათვალი წინა ანათვალთან შედარებით დაძრულია

$$\Delta t' = \frac{\Delta t}{n}$$ დროით.

რადგან ეს ანათვლები ერთმანეთს დროში არ ემთხვევიან, ამიტომ მათი კავშირის არხით ერთდროული გადაცემის დროს – ისინი ერთმანეთს ხელს ვერ შეუშლიან. მიმღებში ხდება საერთო მრავალარხიანი სიგნალიდან თითოეული არხის შესაბამისი ანათვლების ცალ-ცალკე გამოყოფა და მიღებული ანათვლების მიმდევრობიდან აღდგება საწყისი სიგნალი $f_n(t)$. თანამედროვე ციფრული ტელეკომუნიკაციების საფუძველს დროითი დაყოფა წარმოადგენს. ამჟამად არსებობს ციფრული მრავალარხიანი სისტემები არხების რაოდენობით 30.000-მდე და არხების რაოდენობის ზრდის ტენდენცია არ ნელდება. არხების დროითი დაყოფა თანამედრივე ციფრული (ელექტრონული) საკომუტაციო მოწყობილობების (ატს-ების) მოქმედების საფუძველსაც წარმოადგენს. ეს ატს-ები ძირითადად

დროითი კომუტაციის პრინციპებით მოქმედებენ, რომლებიც დროითი დაყოფის პრინციპზეა დაფუძნებული.

თანამედროვე და მომავლის მობილური კავშირის სისტემებში ფართო გამოყენებას პოულობს არხების კოდური დაყოფის მეთოდი. ამ სემთხვევაში ყველა არხის სიგნალს ერთიდაიგივე სპექტრი გააჩნია (ე.ი. არ არის სიხშირული დაყოფა) და გადაიცემა ერთიდაიგივე დროს (ე.ი. არ არის დროითი დაყოფა). ასეთ შემთხვევაში არხების დაყოფისათვის თითოეული არხის სიგნალი კოდირება სპეციალური კოდით, რომელიც მხოლოდ ერთი მოცემული არხისთვის არის შერჩეული. მიმღებში არსებობს დეკოდერი, რომელიც მიღებული მრავალარხიანი სიგნალიდან მხოლოდ მოცემული არხის სიგნალზე რეაგირებს, ე.ი. დეკოდირებას უკეთებს მხოლოდ ამ არხის სიგნალს. ზემოთთქმული ადვილად იქნება გასაგები ასეთი მაგალითის მოყვანით. ვთქვათ ერთ ოთახში ერთდროულად ლაპარაკობს რამოდენიმე წყვილი სხვადასხვა (ერთმანეთისგან განსხვავებულ) ენაზე.



ნახ. 7. დროიი დაყოფის პრინციპი

თითოეული წყვილის ენა სხვა წყვილებმა არ იცის. მაშინ ამ „ქაოსურ“ საუბარში მხოლოდ წყვილები გაიგებენ ერთმანეთის ლაპარაკს, მათი ლაპარაკი კი სხვას არ შეუშლის ხელს. კოდირების ეს მეთოდი თანამედროვე ლიტერატურაში CDMA-ს სახელითაა ცნობილი (Code Divizion Multiplexing Access). ხშირად ამ მეთოდს სიგნალების ფორმის მიხედვით დაყოფის მეთოდი ეწოდება.

6. კაბელები ტელეკომუნიკაციურ ქსელებში

6.1. კაბელები ლითონის სადენებით

ასეთი კაბელებით შექმნილ ტელეკომუნიკაციურ სისტემებს წაეყენება შემდეგი მოთხოვნები:

-კავშირის ორგანიზაცია საჭირო მანძილზე (ხშირ შემთხვევებში ათასობით და ათიათასობით კილომეტრზე, მაგალითად ოკეანისქვეშა კაბელები);

-ფართოზოლოვანი სიგნალების გადაცემის შესაძლებლობა;

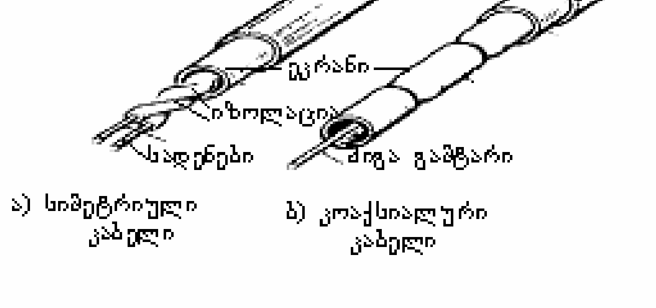
-კავშირის ხაზების პარამეტრების სტაბილობა;

-კავშირის მდგრადობა და საიმედობა;

-კავშირის სისტემის ეკონომიურობა.

კაბელები ლითონის სადენებით მრავალგვარია. უმარტივესი სახეა ორგამტარიანი სადენი, რომელიც შემოყვანილია ბინაში ტელეფონის მისაერთებლად. კლასიფიკაციის მიხედვით ყველაზე ხშირად გამოიყენება ორი სახის კაბელი – სიმეტრიული და კოაქსიალური.

სიმეტრიული კაბელი შედგება ორი სრულიად ერთნაირი გამტარისაგან, რომლებიც ერთმანეთისაგან იზოლირებულია დიელექტრიკით. საზღვარგარეთ მას უწოდებენ ხვეულ წყვილს (Twisted Pair - TP). სიმეტრიული კაბელები შეიძლება იყოს ეკრანირებული და ეკრანის გარეშე. ნახ. 8-ზე ნაჩვენებია სიმეტრიული და კოაქსიალური კაბელების სახეები.



ნახ. 8. სიმეტრიული და კოაქსიალური კაბელების კონსტრუქციები

სიმეტრიულ კაბელებში ელექტრული წრედის შესაკრავად გამოიყენება სადენები, რომლებიც დახვეულნი არიან გარკვეული ბიჯით; ცხადია, ეს სადენები იზოლირებულნი არიან.

კოაქსიალურ კაბელებში წრედის შესაკრავად გამოიყენება შიგა გამტარი და ეკრანი, რომელიც ასევე გამტარს წარმოადგენს. შიგა გამტარი და ეკრანი ერთმანეთისაგან იზოლირებულია დიელექტრიკული მასით.

ლითონის სადენიანი კაბელების ძირითად პარამეტრს წარმოადგენს მილევა, ანუ სიგნალის შემცირება (შესუსტება) გარკვეულ მანძილზე. იგი აღინიშნება დეციბელი/კილომეტრზე (*a* დბ/კმ). დეციბელი ეს არის ლოგარითმული ერთეული, რომელიც შემოღებულია დიდი სიდიდეების შემცირებისათვის, რათა გაადვილდეს მათემატიკური გამოთვლები. გარდა ამისა, ლოგარითმული ერთეულებით მოქმედების დროს გამრავლება იცვლება – შეკრებით, გაყოფა – გამოკლებით, რაც ასევე ამარტივებს მოქმედებებს. მაგალითად: ვთქვათ, გამაძლიერებლის გაძლიერების კოეფიციენტი სიმძლავრის მიხედვით ტოლია $K_ს$ = 1000. ლოგარითმულად იგი ტოლი იქნება

$$K_{ს.\ დბ} = 10\ \lg 1000 = 30\ დბ.$$

ან: ვთქვათ, ერთმანეთის მიმდევრობით ვაერთებთ ორ გამაძლიერებელს. პირველის გაძლიერების კოეფიციენტია K_1 = 100, მეორის - K_2 = 1000. საერთო გაძლიერების კოეფიციენტია

$$K = K_1 \times K_2 = 100 \times 1000 = 100\ 000.$$

ლოგარითმულ ერთეულებში იგი ასე გამოისახება

$$K_{დბ} = 10\ \lg (K_1 \times K_2) = 10\ \lg K_1 + 10\ \lg K_2 = 10\ [\lg 100 + \lg 1000] = 50\ დბ.$$

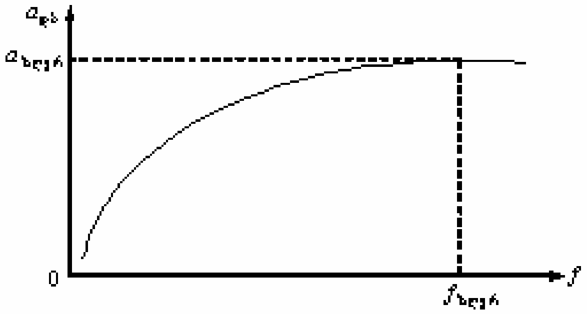
მილევა დამოკიდებულია სიხშირეზე და როგორც წესი, სიხშირის ზრდით მილევა იზრდება. ეს აიხსნება შემდეგით:

ფიზიკის კურსიდან ცნობილია, რომ გამტარის წინააღმდეგობა $R = \rho \frac{\ell}{S}$.

ე.ი. რაც ნაკლებია გამტარის განიკვეთი S, მით მეტია წინააღმდეგობა. რაც მეტია წინააღმდეგობა, მით მეტი იქნება მილევა, რადგან დიდ წინააღმდეგობაში დიდი იქნება სიგნალის შესუსტება. ასევე ფიზიკის კურსიდან ცნობილი ე.წ. „ზედაპირული“ ეფექტი, რაც იმაში მდგომარეობს, რომ გამტარში გამავალი დენის სიხშირის ზრდით დენი განიდევნება გამტარის ზედაპირისაკენ. ე.ი. გამტარის ზედაპირზე მასში გამავალი დენის სიმკვრივე იქნება დიდი, ცენტრში კი – მცირე. გარკვეული სიხშირის შემდეგ შეიძლება ვთქვათ, რომ გამტარის ცენტრში დენი არ გადის, რაც იგივეა, თითქოს შემცირდა გამტარის განიკვეთი S, ე.ი. გაიზარდა R. აღნიშნული ეფექტი ნაჩვენებია ნახ. 9-ზე.

ნახ. 9.

ნახ. 10-ზე ნაჩვენებია a - მილევის სიხშირეზე დამოკიდებულების ტიპიური გრაფიკი. გრაფიკი გვიჩვენებს, რომ სიხშირის ზრდით მილევა იზრდება. არსებობს მილევის მნიშვნელობა $a_{\text{ზღვრ}}$, რომლის დროსაც ითვლება, რომ ამ სიხშირეზე მაღალ სიხშირეს გამტარი აღარ გაატარებს. ამ სიხშირეს – $f_{\text{ზღვრ}}$ - ზღვრული სიხშირე ეწოდება.



ნახ. 10.

არსებობს კოაქსიალური კაბელების სამი ძირითადი ტიპი: მინი კოაქსიალური კაბელები; მცირეგაბარიტული კოაქსიალური კაბელები; ნორმალიზებული კოაქსიალური კაბელები. მათი ცხრილი ასე გამოიყურება:

კოაქსიალური კაბელის ტ ი პ ი	შიგა გამტარისა და გარე გამტარის (ეკრანის) დიამეტრები	რომელ სიხშირეებზე გამოიყენება, მგჰც
მინი კკ	0,7 მმ / 2,9 მმ	0,2 ÷ 20
მცირეგაბარიტიანი კკ	1,2 / 4,4	0,06 ÷ 70
ნორმალიზებული კკ	2,6 / 9,5	0,06 ÷ 300

კოაქსიალური კაბელები ფართოდ გამოიყენება საყოფაცხოვრებო რადიომოწყობილობაში. მაგალითად, სატელევიზიო ანტენიდან სატელევიზიო მიმღებამდე სიგნალი შეიძლება მხოლოდ კოაქსიალური (მინი კკ) კაბელით იქნას მიწოდებული. საკაბელი ტელევიზიის სიგნალიც მხოლოდ კოაქსიალური კაბელებით გადაიცემა.

6.2. ოპტიკურ-ბოჭკოვანი კაბელები

ოპტიკურ-ბოჭკოვან კაბელებს გააჩნიათ რიგი უპირატესობები ლითონის სადენებიან კაბელებთან შედარებით, რაც განაპირობებს ასეთი კაბელების გამოყენების მზარდ ტემპებს ტელეკომუნიკაციურ ქსელებში. ეს უპირატესობებია:

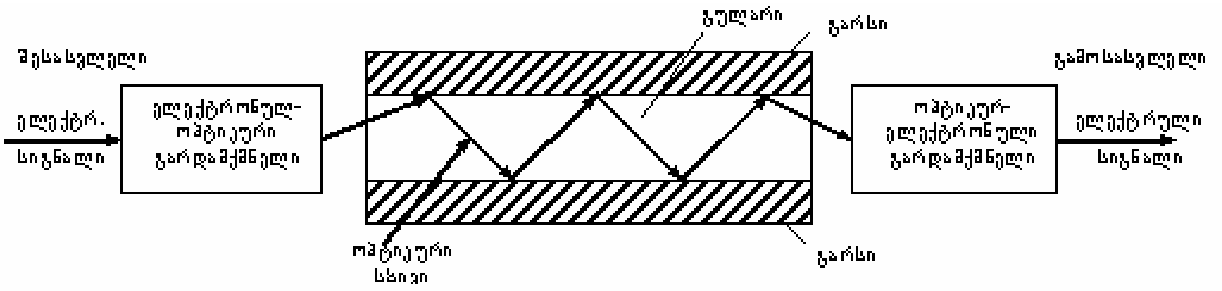
- დიდი გატარების უნარი (დიდი გადაცემის სისწრაფე);
- დიდ მანძილებზე სიგნალების გადაცემის დროს მცირე მილევა;
- მცირე გეომეტრიული ზომები;
- ხელშეშლების მიმართ დიდი მდგრადობა;
- კაბელებში გამავალი სიგნალების ურთიერთხელშეშლის არარსებობა;
- გამოყენების დიდი ხანგრძლივობა;
- მცირე ღირებულება ფერადი ლითონების გამოუყენებლობის გამო.

უარყოფით მხარეებს მიეკუთვნება:

- საჭიროა მაღალი საიმედობის მქონე გარდამქმნელები ელექტრული სიგნალის – ოპტიკურად (გადამცემ მხარეს) და ოპტიკური სიგნალის – ელექტრულად (მიმღებ მხარეს);
- საჭიროა დიდი სიზუსტით დამზადებული შემაერთებლები ოპტიკური კაბელებისა ერთმანეთთან ან ოპტიკური კაბელებისა მოწყობილობებთან. ასეთი დიდი სიზუსტის შემაერთებლების დამზადება ძვირადღირებული პროცესია;
- ოპტიკური კაბელების მონტაჟი (ერთმანეთთან შეერთება) ხდება ოპტიკური ბოჭკოს (შუშის) შედუღებით, რაც მოითხოვს ძვირადღირებულ ტექნოლოგიურ აპარატურას და კვალიფიციურ პერსონალს;
- კაბელის დაზიანების შემთხვევაში მისი აღდგენის ღირებულება მნიშვნელოვნად დიდია, ვიდრე ლითონის კაბელების შემთხვევაში.

ოპტიკური კაბელების დადებითი მხარეები იმდენად მნიშვნელოვანია, რომ მიუხედავად ჩამოთვლილი ნაკლოვანებებისა, ოპტიკური კაბელები ამჟამად გამოიყენება ყველა დონის ტელეკომუნიკაციურ ქსელში და მათი გამოყენების სფერო დღითიდღე იზრდება.

ოპტიკურ-ბოჭკოვანი კაბელი წარმოადგენს კვარცული მინის ღეროს, რომელიც ჩასმულია ასევე კვარცული მინის ნახვრეტიან ცილინდრში. ღეროს გულარი ეწოდება, ცილინდრს კი – შემონაფენი (გარსი) ეწოდება. (ნახ. 11.)

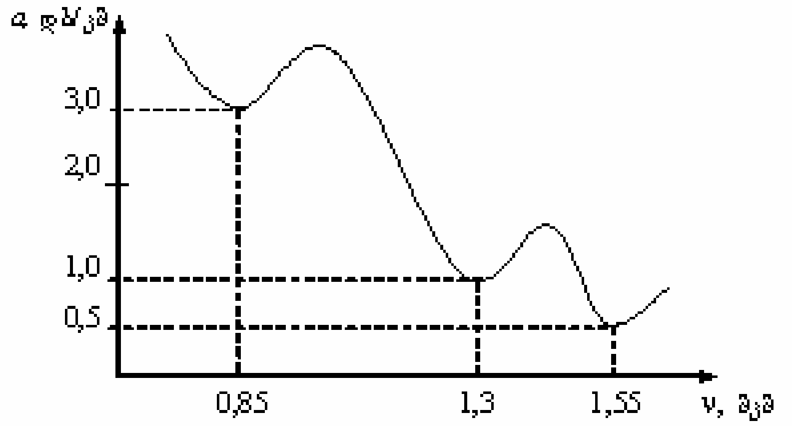


ნახ. 11

გადასაცემი ელექტრული სიგნალი ელექტრონულ-ოპტიკური გარდამქმნელით გარდაიქმნება ოპტიკურ სხივად. ასეთ გარდამქმნელებად ამჟამად გამოიყენება ლაზერები და, შესაბამისად, კაბელში შედის ოპტიკური (ლაზერის) სხივი. გარსის მინას და გულანის მინას გააჩნიათ ოპტიკური გარდატეხის სხვადასხვა მაჩვენებლები (*n* კოეფიციენტები), ამიტომ მათი შეხების საზღვრიდან ხდება შესული სხივის არეკლვა. რადგან ოპტიკის კანონების შესაბამისად, დაცემული და არეკლილი სხივების კუთხეები ერთმანეთის ტოლია, ამიტომ სხივი გავრცელდება გულანაში არეკლილი სახით. შემდეგ კიდევ აირეკლება გარსის საწინააღმდეგო მხრიდან და ა.შ. ხდება ოპტიკური სხივის გავრცელება კაბელში (გულარში).

ოპტიკიდან ცნობილია სრული არეკლვის კუთხის ცნება. $\theta_{კრ}$ - ეს ის კრიტიკული კუთხეა, რომელი კუთხითაც დაცემული სხივი ორი გარემოს შეხების საზღვრიდან მთლიანად აირეკლება, ე.ი. მოხდება სრული შინაგანი არეკლვა. თუ სხივის დაცემა მოხდება კრიტიკულ კუთხეზე მეტი კუთხით, მაშინ მოხდება სხივის განჭოლვა გარსში და მისი გულარში გამავალი ნაწილის შესუსტება. ამიტომ საჭიროა, რომ სხივი კაბელში შედიოდეს კუთხით $\theta < \theta_{კრ}$.

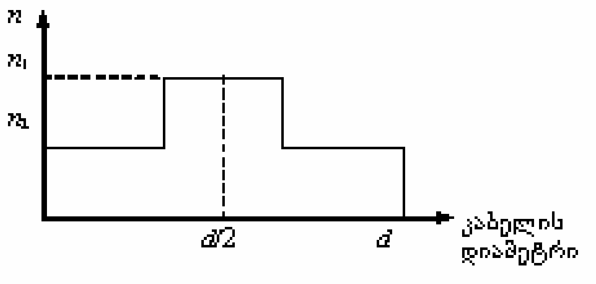
ცნობილია, რომ სინათლის სხივს, ისევე როგორც ელექტრომაგნიტურ რხევას გააჩნია სიხშირე (ტალღის სიგრძე). სხვადასხვა სიხშირის (ტალღის სიგრძის) სხივებს გააჩნიათ სხვადასხვა მილევის მნიშვნელობები ოპტიკურ კაბელებში გავლის დროს. ნახ. 12-ზე ნაჩვენებია მილევის სიხშირეზე (ტალღის სიგრძეზე) დამოკიდებულების გრაფიკი.



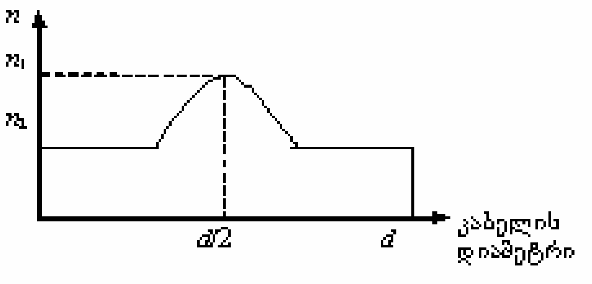
ნახ. 12.

როგორც გრაფიკიდან ჩანს, ოპტიკური სხივის მინიმალური მილევა მიიღება სამ სიხშირეზე ტალღის სიგრძეებით – 0,85 მკმ, 1,3 მკმ და 1,55 მკმ. სწორედ ეს სიხშირეები (ამ სიხშირის ოპტიკური სხივები) გამოიყენება ოპტიკურ-ბოჭკოვან კაბელებში.

ოპტიკური ბოჭკოს გულარის გარდატეხის მაჩვენებლის პროფილის შესაბამისად არჩევენ ორი სახის ბოჭკოს: საფეხურებრივ და გრადიენტულს. **საფეხუროვან ბოჭკოში** გულარის მთელ ფართობზე გარდატეხის კოეფიციენტი მუდმივია (არ იცვლება) და გარსიდან გულანაზე გადასვლის დროს გარდატეხის კოეფიციენტი n_2 მნიშვნელობიდან n_1-ზე საფეხურებრივად იცვლება (აქედან არის დასახელება საფეხურებრივი). (იხ. ნახ. 13 ა)



ნახ. 13. ა



ნახ. 13. ბ

გრადიენტულ ბოჭკოში გულარის გარდატეხის მაჩვენებელი მუდმივი არ არის. მისი მნიშვნელობა იწყება n_2-დან და გულარის ცენტრში აღწევს მაქსიმალურ n_1 მნიშვნელობას. ეს ცვლილება ხდება კოსინუსოიდის კანონით.

ოპტიკურ-ბოჭკოში შეიძლება სინათლის სხივი გავრცელდეს არა ერთი სხივის სახით, არამედ განიტოტოს (განშტოვდეს) და გავრცელდეს მრავალი

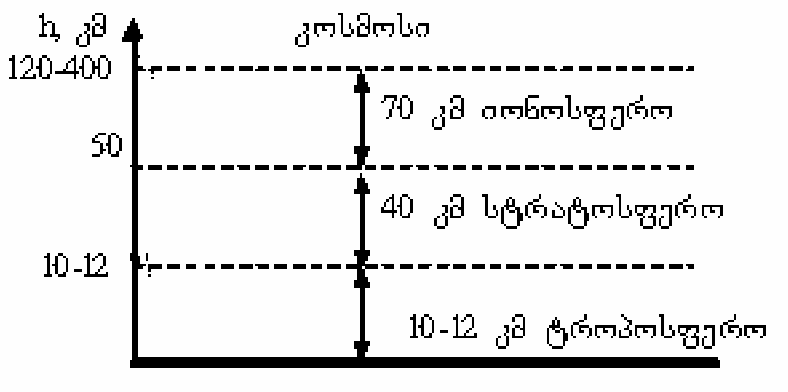
სხივის სახით. ამ შემთხვევაში ერთ ცალკე აღებულ სხივს **მოდა** ეწოდება. შესაბამისად, ოპტიკურ-ბოჭკოვან კაბელს, რომელშიც ერთი სხივი ვრცელდება, ერთმოდიანი კაბელი ეწოდება; ხოლო თუ კაბელში სხივი ვრცელდება მრავალ სხივად განტოტვილი სახით, ასეთ კაბელს **მრავალმოდიან** კაბელს უწოდებენ.

როგორც ნახ. 12-ზე მოცემული გრაფიკიდან ჩანს, ყველაზე კარგი (მცირე) მილევა მიიღება ოპტიკური სხივისათვის ტალღის სიგრძით 1,55 მკმ. ამ შემთხვევაში მილევა შეადგენს 0,5 დბ/კმ. ამიტომ თუ კავშირის მანძილი დიდია (ათასეულობით კმ), უმჯობესია ამ სიხშირეზე მომუშავე ერთმოდიანი კაბელის გამოყენება. ხარისხობრივი მაჩვენებლები ასევე უკეთესი გააჩნია საფეხუროვან კაბელებს. ამიტომ ყველაზე საუკეთესო კაბელებად ამჟამად ითვლებიან საფეხუროვანი ერთმოდიანი კაბელები, ყველაზე იაფფასიანად – მრავალმოდიანი გრადიენტული კაბელები. ამიტომ კაბელების შერჩევა ხდება დასმული ამოცანის შესაბამისად. ადგილობრივ (ლოკალურ) ქსელებში მრავალმოდიანი გრადიენტული ბოჭკოვანი კაბელები გამოიყენება, საქალაქთაშორისო და საერთაშორისო კავშირების დროს კი - ერთმოდიანი საფეხუროვანი კაბელები.

ერთმოდიანი კაბელების გულარის დიამეტრი 5÷15 მკმ-ის ტოლია, მრავალმოდიანი კაბელების კი 50 ან 62,5 მკმ. გარსის დიამეტრი ორივე სახის კაბელისათვის ერთნაირია და შეადგენს 125 მკმ. გარდა გარსისა, კაბელებს უკეთდება სხვადასხვა დამცავი გარსაცმები, რის გამოც მზა ოპტიკური კაბელის გარე დიამეტრი 5÷17 მმ-ის ფარგლებშია.

7. რადიოკავშირი. რადიოკავშირის ხაზები

რადიოკავშირის საშუალებით ინფორმაციის გადასაცემად ამ ინფორმაციის (შეტყობინების) შესაბამისი ელექტრული სიგნალები გარდაიქმნებიან რადიოსიგნალებად (რადიოტალღებად). ეს რადიოტალღები გავრცელდებიან ინფორმაციის წყაროდან ინფორმაციის მიმღებამდე დედამიწის ატმოსფეროს გავლით. დედამიწის ატმოსფეროს აღნაგობა რთულია, მაგრამ გამარტივებულად იგი შეიძლება წარმოდგენილი იქნას ნახ. 14 ნაჩვენები სახით:



ნახ.14.

ატმოსფეროს მასის 80% მოთავსებულია ტროპოსფეროში, 20% სტრატოსფეროში. იონოსფეროში ჰაერის სიმკვრივე ძალიან მცირეა. ითვლება, რომ იონოსფეროში 120 კმ სიმაღლეზე ატმოსფეროს მკვრივი ფენები მთავრდება. თუმცა ატმოსფეროს კვალი გვხვდება 400 კმ-ის სიმაღლეზეც. ამიტომ იონოსფეროსა და კოსმოსურ სივრცეს შორის საზღვარი პირობითია.

რადიოტალღები წარმოიქმნებიან გადამცემი ანტენების საშუალებით. ისინი ვრცელდებიან ზედაპირული ტალღებისა და სივრცითი ტალღების სახით. ზადაპირული ტალღები ვრცელდება დედამიწის ზედაპირის გასწვრივ ზედაპირიდან არეკვლით, პირდაპირ (პირდაპირი ხედვის მანძილზე), დიფრაქციით (დაბრკოლებების გარშემოვლა). ამიტომ ზოგიერთი სიხშირის ტალღები გარკვეულ მანძილზე მიჰყვებიან დედამიწის ზედაპირს ისე, რომ დედამიწის სიმრგვალით გამოწვეულ ზედაპირის ამობურცულობასაც დაძლევენ. ამასთანავე უნდა ითქვას, რომ სიხშირეები ტალღის სიგრძით $\lambda>10$ მ ვრცელდებიან, როგორც დედამიწის ზედაპირის გასწვრივ, ასევე სივრცითი ტალღებით, ატმოსფეროში არსებული იონიზებული შრეებიდან არეკვლით. ასეთი შრეები ატმოსფეროში ოთხია: D, E, F_1 და F_2. D შრე განლაგებულია იონოსფეროში 60-80 კმ-სიმაღლეზე. ეს შრეები, რომლებიც წარმოიქმნება მზის სხივების მოქმედებით დღე-ღამის სხვადასხვა

პერიოდში სხვადასხვა კონცენტრაციით წარმოგვიდგება. მაგ. ღამე D და E შრეები საერთოდ არ არსებობს. რაც უფრო მაღალი შრიდან აირეკლება რადიოტალღა, მით უფრო შორ მანძილზე გადის ის. მაგრამ მაღალ სიხშირეებს გააჩნიათ ამ იონიზირებული შრეების განჭოლვის თვისება. ამიტომ სიხშირეები, ტალღის სიგრძით $\lambda<10$ მ, რომლებსაც ულტრამოკლე ტალღები ეწოდებათ იონიზირებულ შრეებს განჭოლავენ, მათგან არ აირეკლებიან და შესაბამისად რადიოკავშირი სივრცითი ტალღით შეუძლებელი ხდება. ამიტომ ულტრამოკლე ტალღებით კავშირი შესაძლებელია მხოლოდ ზედაპირული ტალღით, რომელიც დედამიწის წიაღში სწრაფად მიილევა. ამგვარად, ულტრამოკლე ტალღების დიაპაზონში კავშირი შესაძლებელი ხდება მხოლოდ ზედაპირული ტალღით პირდაპირ ხედვის მანძილზე, კერძოდ 60-70 კმ-ის მანძილზე. ეს მანძილი მიიღება შემდეგნაირად. დედამიწის სფეროსებურობის გამო დედამიწის ზედაპირის ორ წერტილს შორის პირდაპირი ხედვის მანძილი

$$d = 3{,}57\,(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}),$$

სადაც d მანძილია კილომეტრებში, h_1 და h_2 გადამცემი და მიმღები ანტენების დაკიდების სიმაღლეებია, მეტრებში. თუ მივიღებთ, რომ $h_1=h_2=100$ მ, მივიღებთ, რომ $d\approx70$ კმ. ამით აიხსნება ის ფაქტი, რომ სატელევიზიო გადამცემები, რომლებიც მეტრული და დეციმეტრული ტალღების დიაპაზონში მუშაობენ, სიგნალებს ავრცელებენ მხოლოდ პირდაპირი ხედვის მანძილზე (30-70)კმ რადიუსში. ეს მანძილი დამოკიდებულია გადამცემი ანტენის სიმაღლეზე. (გეოგრაფიული სიმაღლის გათვალისწინებით – მთა, გორაკი, ვაკე) და მიმღები ანტენის განლაგების წერტილზე, მაგალითად მრავალსართულიანი შენობის სახურავი. ანალოგიურად პირდაპირი ხედვის მანძილზე ვრცელდება FM რადიოსადგურების მიერ გამოსხივებული სიგნალები და ასევე მობილური კავშირის ქსელების საბაზო სადგურების სიგნალები. მობილური კავშირით ტერიტორიის დაფარვას ისევე, როგორც FM რადიოსიგნალებით დიდი ტერიტორიის დაფარვას, სჭირდება დიდი რაოდენობით საბაზო სადგურები (მობილური კავშირის შემთხვევაში) და რადიოგადამცემები (FM რადიომაუწყებლობისათვის).

ცხრილში მოყვანილია სხვადასხვა რადიოტალღების გავრცელების მანძილები და ამ ტალღების გავრცელების ხერხები.

რადიოტალღების სახეები	გავრცელების ხერხები	კავშირის მანძილი, კმ
მირიამეტრული და კილომეტრული (ზეგრძელი და გრძელი ტალღები)	დიფრაქცია, არეკვლა დედამიწის ზედაპირიდან და იონოსფეროდან	1000 კმ-მდე
ჰექტომეტრული (საშუალო ტალღა)	დიფრაქცია, არეკვლა იონოსფეროდან	ათასობით კმ ასობით კმ
დეკამეტრული (მოკლე ტალღები)	არეკვლა იონოსფეროდან არეკვლა დედამიწის ზედაპირიდან	ათასობით კმ
მეტრული და ულტრამოკლე	პირდაპირი ხედვის მანძილზე თავისუფალი გავრცელება, არეკვლა ტროპოსფეროდან	ათობით კმ ასობით კმ

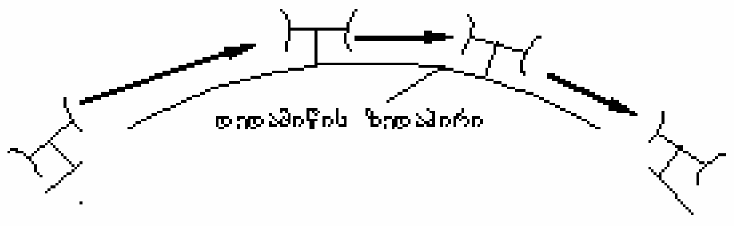
ამჟამად, თანამედროვე კლასიფიკაციით ტელეკომუნიკაციებში გამოყენებული რადიოსიხშირეები (რადიოტალღები) ასე კლასიფიცირდება (იხ. ცხრილი).

რადიოტალღების სახეები	დასახე-ლება	სიხშირული დიაპაზონი (ტალღის სიგრძეები)	დიაპა-ზონის №	სიხშირული დიაპაზონი	რადიო სიხშირეები
მირიამეტრული	ზეგრძე-ლი	(10÷100) კმ	4	(3÷30) კჰც	ძალიან დაბალი
კილომეტრული	გრძელი	(1÷10) კმ	5	(30÷300) კჰც	დაბალი
ჰექტომეტრული	საშუალო	(100÷1000) მ	6	(300÷3000) კჰც	საშუალო
დეკამეტრული	მოკლე	(10÷100) მ	7	(3÷30) მგჰც	მაღალი
მეტრული	ულტრამოკლე ტალღები	(1÷10) მ	8	(30÷300) მგჰც	ძალიან მაღალი
დეციმეტრული		(10÷100) სმ	9	(300÷3000) მგჰც	ულტრა მაღალი
სანტიმეტრული		(1÷10) სმ	10	(3÷30) გგჰც	ზემაღალი
მილიმეტრული		(1÷10) მმ	11	(30÷300) გგჰც	ზღვრულად მაღალი
დეციმილიმეტრული		(0,1÷1) მმ	12	(300÷3000) გგჰც	ჰიპერ-მაღალი

8. რადიოსარელეო ხაზები

როგორც აღვნიშნეთ ულტრამოკლე ტალღების დიაპაზონის რადიოსიხშირეები ვრცელდებიან მხოლოდ პირდაპირი ხედვის მანძილზე და მაქსიმალური მანძილი $\ell_{max} \approx 70$კმ.
თუ ასეთი სიხშირეებით ხდება სატელევიზიო სიგნალების გადაცემა მანძილებზე $\ell > \ell_{max}$, მაშინ იყენებენ რადიოსარელეო ხაზებს. ასეთი ხაზების აგების პრინციპი იმაში მდგომარეობს, რომ ხდება სიგნალების თანდათანობითი გადაცემა ე.წ. შუალედური რადიოსარელეო სადგურების გამოყენებით.

ნახ. 15 ნაჩვენებია რადიოსარელეო ხაზის სქემა.



ნახ. 15.

დედამიწის A და B პუნქტებს შორის დედამიწის სფეროსებრი ფორმის გამო პირდაპირი ხედვა არ არის .ამიტომ ულტრამოკლე ტალღების დიაპაზონში, სადაც იონოსფეროდან არეკვლა არ ხდება და ამიტომ არეკლილი ტალღით რადიოკავშირი შეუძლებელია, იყენებენ შუალედურ მიმღებ-გადამცემ სადგურებს, რომლებიც ცვლიან გადაცემის მიმართულებას (დედამიწის ზედაპირის გასწვრივ). ამიტომ ეწოდება რადიოსარელეო ხაზი – ინგლისური სიტყვიდან Relay, რაც შეცვლას ნიშნავს. რადიოსარელეო ხაზები გამოიყენება, როგორც სატელევიზიო, ასევე მრავალარხიანი სატელეფონო სიგნალების გადასაცემად დიდ მანძილებზე. ამჟამად მობილური კავშირის ქსელებში ფართოდ გამოიყენება ციფრული რადიოსარელეო ხაზები მობილური ქსელის საბაზო სადგურების ქსელის საკომუტაციო ცენტრთან დასაკავშირებლად.

9. მოძრავი კავშირის სისტემები და ქსელები

მოძრავი კავშირის სისტემები გულისხმობს ყველა სისტემას სადაც აბონენტი კავშირის განმავლობაში გადაადგილდება (მოძრავია). ასეთი კავშირის სახეებია:

- ტრანკინგული კავშირი;
- პეიჯერული კავშირი;
- ფიჭური მობილური კავშირი;
- თანამგზავრული მობილური კავშირი.

9.1 ტრანკინგული კავშირის ქსელი

ის შეიძლება აიგოს ორნაირად:

ა) საბაზო (ცენტრალური) სადგურის გამოყენებით;

ბ) საბაზო სადგურის გარეშე, პრინციპით "ყველა-ყველასთან".

ქსელი ცენტრალური სადგურით მოქმედებს ასე:

ცენტრალურ სადგურს გააჩნია მიმღებ-გადამცემი ანტენა, რომელიც ფარავს ტერიტორიას 40-50 კმ-ის რადიუსში. გადაცემა (მიღება) ხდება ულტრამოკლე ტალღების დიაპაზონში, ამიტომ კავშირი მარტო პირდაპირი ხედვით მანძილზეა. აბონენტები ერთმანეთს უკავშირდებიან გამოყოფილი არხებით (ამ შემთხვევაში აბონენტების წყვილს მუდმივად დაემაგრება ერთი რადიო არხი) ან ისინი არხების კონიდან ავტომატურად ამოირჩევენ თავისუფალ არხს.

დსთ-ს სივრცეში ფართოდ იყო გავრცელებული ტრანკინგული კავშირის სისტემა "ალტაი":, იგი ბევრ ადგილას ამჟამადაც ფუნქციონირებს. ამჟამად მიღებულია ახალი ევროპული სტანდარტი TETRA, რომლითაც ვითარდება თანამედროვე ციფრული ტრანკინგული კავშირის ქსელები. ამ სტანდარტის მიხედვით ქსელში ცენტრალური სადგური არ გამოიყენება. ქსელის აბონენტებს შესაძლებლობა აქვთ გამოყოფილი რადიოარხების კონიდან გამოიყენონ მოცემულ მომენტში თავისუფალი რადიოარხი და მისი საშუალებით დაამყარონ კავშირი ქსელის მეორე აბონენტთან.

9.2. პეიჯერული კავშირის ქსელი

ეს მომსახურება შემდეგნაირად ხორციელდება: ქსელში არსებობს საბაზო გადამცემი სადგურები, რომლებიც პირდაპირი ხედვის მანძილზე (40-50 კმ) ავრცელებენ ინფორმაციას. ეს ინფორმაცია წარმოადგენს გარკვეული რაოდენობის (200-300) სიმბოლოსაგან შედგენილ შეტყობინებას (მაგალითად, ციფრებით, ასოებით და სასვენი ნიშნებით შედგენილი ტექსტი), რომელიც განკუთვნილია ქსელის მხოლოდ რომელიმე ერთი აბონენტისათვის. ამიტომ ეწოდება კავშირის ამ სახეს პერსონალური რადიოგამოძახების სისტემა.

პეიჯერული მიმღები შედგება მიმღები რადიონაწილისაგან და დისპლეისაგან, რომელზეც იწერება რამოდენიმე სტრიქონად წარმოდგენილი მიღებული შეტყობინება. პეიჯერული მიმღები, რომელიც მხოლოდ მომლოდინე მიღების რეჟიმში მუშაობს, ძალზე მცირე ენერგიას მოიხმარს. ამიტომ მას კვებავენ ბატარეით, რომელიც შეიძლება ყოფნიდეს კვებისათვის მთელი თვის განმავლობაში. ის ფაქტი, რომ პეიჯერულ მიმღებს არ სჭირდება ენერგიეს შევსება მაგალითად, აკუმულატორის დამუხტვით (როგორც ეს მობილურ ტელეფონებშია), მისი ძალზე მნიშვნელოვანი დადებითი მხარეა.

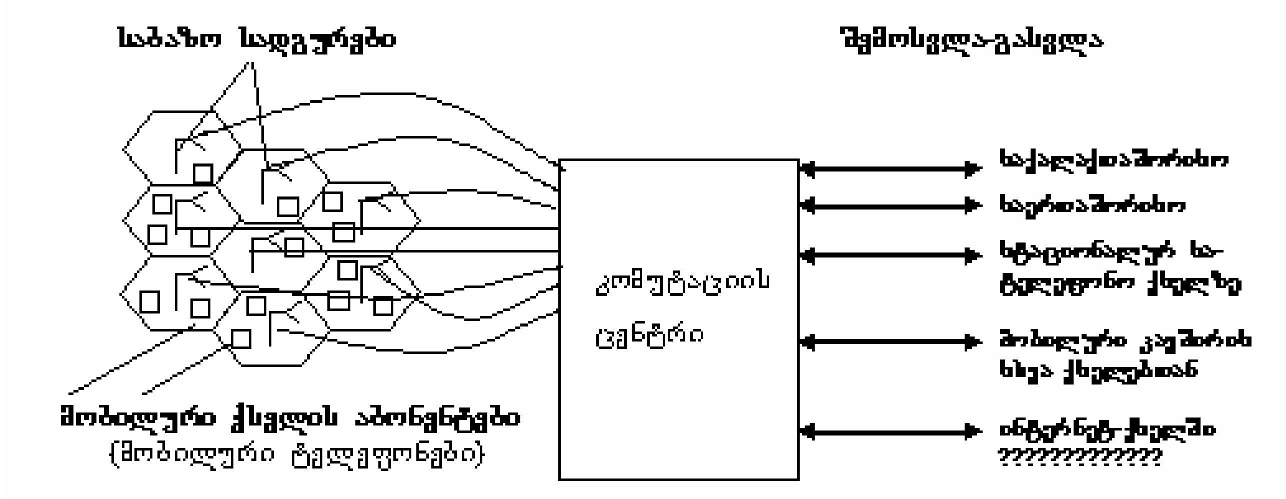
ამგვარად, პეიჯერული შეტყობინების გადასაცემად შეტყობინების წყარო რაიმე საშუალებით (მაგ. ტელეფონით, მობილური ტელეფონით, ფაქსით, შიკრიკის გაგზავნით და ა.შ.) მიაწვდის ამ შეტყობინებას პეიჯერული კავშირის ცენტრის ოპერატორს, რომელიც ამ შეტყობინებას აკრეფს კომპიუტერზე, დაურთავს შეტყობინების მისამართს (ნომერს) და მიაწვდის გადამცემ მოწყობილობას (ანტენას) ეთერში გამოსასხივებლად. ამ შეტყობინებას მიიღებს შესაბამისი პეიჯერული მიმღები დისპლეის ეკრანზე და მიღებას ბგერითი სიგნალით ან ვიბროსიგნალით აუწყებს პეიჯერის მომხმარებელს (აბონენტს). რაც უფრო დიდი ტერიტორიის დაფარვა იქნება საჭირო, მით უფრო მეტი საბაზო სადგურის გამოყენებაა აუცილებელი. ერთი ქსელის მოქმედების ტერიტორიაზე ყველა შეტყობინება ყველა საბაზო სადგურის მიერ ერთდროულად გადაიცემა.

პეიჯერული კავშირის ძირითად უარყოფით მხარეებს წარმოადგენს **გადასაცემი ინფორმაციის სიმცირე**, რადგან მიმღები პეიჯერის ეკრანზე შეიძლება აისახოს მხოლოდ 200-300 სიმბოლოსაგან შედგენილი ტექსტი, ანუ რამოდენიმე წინადადება და **უკუკავშირის არარსებობა**. ე.ი. ინფორმაციის წყარო ვერ იგებს ინფორმაცია მივიდა თუ არა ინფორმაციის მიმღებამდე.

ამჟამად, შემუშავებულია პეიჯერის ახალი სისტემები, რომლებშიც ორგანიზებულია უკუკავშირის არხები პეიჯერიდან საბაზო სადგურის ოპერატორამდე. ამ არხებით გადაიცემა გარკვეული შეზღუდული რაოდენობის სიმბოლოები, რომლებიც ადასტურებენ შეტყობინებების მიღებას ან პასუხობენ გარკვეულ მარტივ კითხვებს, "კი", "არა" და ა.შ. რადგან პეიჯერიდან ძალიან მცირე ინფორმაცია გადაიცემა უკუკავშირის არხით, პეიჯერის მიერ კვების წყაროდან მოხმარებული ენერგია ძალზე მცირე იქნება, ამიტომ შენარჩუნდება პეიჯერის ძირითადი დადებითი თვისება – მუშაობა ბატარეით, რომელიც დამუხტვას არ საჭიროებს.

9.3. ფიჭური მობილური კავშირის სტანდარტები, სისტემები და ქსელები

მობილური კავშირის სისტემების დანიშნულებაა პირველ რიგში მოძრავი აბონენტების სატელეფონო მომსახურების უზრუნველყოფა. ქვემოთ განხილული იქნება ასეთი ქსელებისათვის გამოყოფილი სიხშირეები. კერძოდ, ვნახავთ, რომ მობილური კავშირი იყენებს დეციმეტრული დიაპაზონის (300-3000 მგჰც) რადიოტალღებს, რომლებიც ვრცელდებიან მხოლოდ პირდაპირი ხედვის მანძილზე. ამიტომ დედამიწის მნიშვნელოვანი ტერიტორიის დასაფარავად ეს ტერიტორია იყოფა ფიჭებად (მსგავსად ფუტკრების სკაში არსებული ფიჭებისა), თითოეული ფიჭაში მიმღებ-გადამცემი საბაზო სადგურის გამოყენებით, რომელიც მობილური კავშირით ფარავს ამ ფიჭის ტერიტორიას. ამიტომ უწოდებენ ასეთ მობილურ კავშირს **ფიჭურს** ან **ფიჭურ მობილურ კავშირს**. ნახ 16 ნაჩვენებია ფიჭური ქსელის აგების ესკიზური სქემა.



ნახ. 16.

ფიჭური კავშირის ქსელში მობილური სადგური (მობილური ტელეფონი) რადიოკავშირით უკავშირდება იმ ფიჭის საბაზო სადგურს, რომლის ტერიტორიაზე იმყოფება იგი. საბაზო სადგური დაკავშირებულია კომუტაციის ცენტრთან. ეს კავშირი შეიძლება იყოს ნებისმიერი - საკაბელო, ოპტიკურ-ბოჭკოვანი კაბელებით, რადიოსარელეო ხაზებით – ის რომელიც უკეთესია ქსელის ოპერატორისათვის. დროის ყოველ მომენტში ქსელის აბონენტები დაფიქსირებულია კომუტაციის ცენტრში, კერძოდ: თუ აბონენტის ტელეფონი გამორთულია ან გასულია მომსახურების ზონიდან ცენტრში არსებობს შესაბამისი ინფორმაცია; თუ აბონენტის მობილური ტელეფონი ჩართულია ცენრტში, არსებობს ინფორმაცია თუ რომელი საბაზო სადგურის ტერიტორიაზე იმყოფება იგი. ეს იმისათვის არის საჭირო, რომ ამ აბონენტის გამოძახების შემთხვევაში მოიძებნოს მისი ადგილსამყოფელი, კერძოდ განისაზღვროს ის საბაზო სადგური, რომელიც

მომსახურეობას გაუწევს ამ აბონენტს. კომუტაციის ცენტრში ინახება კიდევ ბევრი ინფორმაცია, მაგალითად, მისი დავალიანების შესახებ, ინფორმაცია თუ იგი სხვა ქვეყნის ტერიტორიაზე იმყოფება, სადაც მოცემული ე.წ. "დედა ქსელის" მომსახურება არ ვრცელდება.

მობილური ტელეფონიდან ამავე ქსელის მობილური ტელეფონის გამოძახების დროს გამოძახების სიგნალს მიიღებს ამ ტერიტორიის მომსახურე საბაზო სადგური და გამოსაძახებელი ტელეფონის ნომერს გადასცემს კომუტაციის ცენტრს; კომუტაციის ცენტრი მის მეხსიერებაში არსებული ინფორმაციით განსაზღვრავს გამოსაძახებელი მობილური ტელეფონის საბაზო სადგურს მოცემულ მომენტში; კომუტაციის ცენტრი გამოსაძახებელი ტელეფონის საბაზო სადგურის გავლით გამოძახების სიგნალს გაუგზავნის გამოსაძახებელ მობილურ ტელეფონს და მისგან პასუხის მიღების შემდეგ მოხდება შეერთება გამომძახებელ და გამოსაძახებელ აბონენტებს შორის. ანალოგიურად ხდება სტაციონალური ტელეფონის აბონენტის გამოძახება ან სტაციონალური ტელეფონიდან მობილური ტელეფონის გამოძახება. ყველა შემთხვევაში კომუტაციას და სხვა ოპერაციებს ასრულებს კომუტაციის ცენტრის კომპიუტერული მოწყობილობა.

ფიჭური კავშირის შექმნის იდეა ჩამოყალიბდა აშშ-ში 1971 წელს. პირველი ფიჭური ქსელები შეიქმნა აშშ-ის თავდაცვის სამინისტროსათვის (პენტაგონისათვის). 1980 წლიდან ფიჭური მობილური ქსელები უკვე ჩვეულებრივი სამოქალაქო მომსახურებისათვის გამოიყენება. ამ ხნის მანძილზე შეიცვალა ფიჭური მობილური კავშირის პირველი თაობა, რომელიც გადაცემის ანალოგურ მეთოდებს იყენებდა. 1988 წლიდან დაიწყო მუშაობა და 1992 წელს შეიქმნა ფიჭური მობილური კავშირის ციფრული სისტემები, რომლებსაც მეორე თაობის სისტემებს უწოდებენ. ამ სისტემის ევროპული სტანდარტი და შესაბამისად სისტემები მუდმივ განვითარებას განიცდიან. ამჟამად იქმნება მე-3 თაობის ქსელები, არის დამუშავების პროცესში მე-4 და მე-5 თაობის ქსელებიც.

სხვადასხვა ქვეყნებში მოქმედებენ სხვადასხვა სტანდარტის ქსელები, რაც ხელს უშლის მათ ურთიერთქმედებას. დღეისათვის მსოფლიოში მოქმედი მე-2 თაობის ქსელებიდან აღსანიშნავია შემდეგი ქსელები:

- ევროპა: NMT-450 (Nordic Mobile Telepone System; სიხშირული ზოლი – (453-457) მგჰც და (463-467) მგჰც.

  GSM-900 (Global System of Mobil Comm). სიხშირული ზოლი – 890-915) მგჰც და (935-960) მგჰც.

  GSM-1800 - სიხშირული ზოლი (1710-1785) მგჰც და (1805-1880) მგჰც.

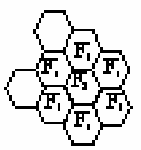
- აშშ : AMPS (Advanced Mobile Phone Sistem),
  TDMA(Time Division Multiplex Access),
  CDMA (Code Division Multiplex Access)
  სიხშირეები –(824-849)მგჰც და (869-894) მგჰც.
  GSM –1900 , TDMA,CDMA –სიხშირეები:
  (1850-1910) მგჰც და (1930-1990) მგჰც.
- იაპონია: PDC-(Personal Digital Cellular)
  სიხშირეები (810-826) მგჰც და (940-956) მგჰც,
  (1429-1465) მგჰც და (1477-1513) მგჰც.

საქართველოში ამჟამად მოქმედებს მობილური კავშირის ოთხი კომპანია (ოპერატორი) –"იბერიატელი", "მეგაკომი", „მაგთიკომი" და „ჯეოსელი".

„იბერიატელი" განავითარებს მობილური კავშირის ქსელს NMT-450 სტანდარტით და მომხმარებელს სთავაზობს სატელეფონო მომსახურებას სტაციონალური ტელეფონებით, ოღონდ რადიომიღწევით.

ოპერატორები „მაგთიკომი" და „ჯეოსელი" მუშაობენ GSM-900 და GSM-1800 სტანდარტებით. ამ სტანდარტებზე, კერძოდ GSM-900, როგორც ზემოთ მოყვანილიდან ჩანს, გამოიყენება 2 სიხშირული ზოლი- (890-915) და (935-960) მგჰც. ორი ზოლის გამოყენება იმით არის გამოწვეული, რომ მობილური კავშირის სისტემებში გადაცემის მიმართულებები სიხშირულად არიან ერთმანეთთან განცალკევებული. კერძოდ, (935-960) მგჰც დიაპაზონში ხდება სიგნალის გადაცემა მობილურიდან-საბაზო სადგურისაკენ. (890-915) მგჰც დიაპაზონში კი პირიქით – საბაზოდან-მობილურისკენ. ასევე დაყოფაა სხვა სტანდარტებში.

დავუბრუნდეთ GSM-900 სტანდარტს ერთი მიმართულების სიხშირული ზოლი, მაგ. (890-915) მგჰც დაყოფილია 124 სიხშირულ ზოლად. თითოეულ ზოლს აქვს თავისი გადამტანი სიხშირე ე.ი. ხდება მთლიანი ზოლის სიხშირული დაყოფა. შემდეგ თითოეულ სიხშირეზე დროითი დაყოფის მეთოდით ორგანიზებულია 8 დროით არხი. ე.ი. GSM-900 სტანდარტში გვაქვს სულ 124x8=992 სატელეფონო არხი. არხების ეს რაოდენობა აბონენტთა ძალიან დიდი რაოდენობისათვის (თუ ეს აბონენტები გეოგრაფიულად ერთად არიან თავმოყრილი . მაგ, ერთი ქალაქის ტერიტორიაზე) საკმარისი შეიძლება არ იყოს. ამიტომ არხების რაოდენობის გაზრდის მიზნით გამოიყენებენ სიხშირების განმეორებითი გამოყენების მეთოდს. (ნახ. 17).



ნახ. 17.

ამ მეთოდის თანახმად ერთი და იგივე სიხშირე გამოიყენება სხვადასხვა, ერთმანეთისაგან გარკვეულ მანძილზე დაშორებულ ფიჭაში. რაც უფრო შორს იქნება ერთმანეთისაგან ერთი და იგივე სიხშირეზე მომუშავე ფიჭები, მით უფრო ნაკლებია სიხშირეების ურთიერთხელშეშლა. ნახ.17. ნაჩვენებია სამსიხშირიანი შემთხვევა. ორ ერთნაირ სიხშირიან ფიჭებს შორის მანძილი, როგორც ნახაზიდან ჩანს, ყოველთვის ერთი ფიჭის დიამეტრის ტოლია.

მობილური კავშირის განვითარების მთელ ისტორიას თან ახლავს მისი უსაფრთხოების პრობლემა – ანუ მობილური ტელეფონებისა და ქსელის საბაზო სადგურების გამოსხივების ადამიანის ჯანმრთელობაზე მოქმედების პრობლემა. არსებობენ მთელი რიგი საერთაშორისო ორგანიზაციები, ცალკეული მეცნიერები, სამეცნიერო ჯგუფები, რომლებიც მრავალი წლის განმავლობაში იკვლევენ ამ პრობლემას. მაგრამ დღეისათვის არ არის დამტკიცებული ერთ-ერთი მიდგომა – არც გამოყენებული სიხშირული დიაპაზონის რადიოგამოსხივების უვნებლობა, არც საწინააღმდეგო – რომ მობილურ ქსელებში გამოსხივებას ადამიანის ჯანმრთელობისათვის ზიანი მოაქვს. რადგან ჯანმრთელობაზე მოქმედების კატეგორიული გამორიცხვა შეუძლია, ამიტომ კეთდება ყველაფერი იმისათვის, რომ თუ ასეთი მოვლენა არსებობს, მოხდეს მისი მინიმიზაცია. ამისათვის პირველ რიგში საჭიროა უშუალოდ მობილური ტელეფონის გადაცემის სიმძლავრის შემცირება (შეზღუდვა), რადგან მიჩნეულია, რომ თუ გამოსხივება საზიანოა, პირველ რიგში ყველაზე დიდი ზიანის მოტანა შეეძლება ყურზე მიდებულ ტელეფონის აპარატს – იგი ყველაზე ახლოს არის ადამიანის ტვინთან. მობილური ტელეფონის გავლენასთან შედარებით საბაზო სადგურების გავლენა მნიშვნელოვნად მცირეა, რადგან ელექტრომაგნიტური ველის დაძაბულობა ანტენისაგან დაშორებით მანძილის კვადრატის პროპორციულად მცირდება. ეს იმას ნიშნავს, რომ მაგალითად, საბაზო სადგურისაგან სიმძლავრით 20 ვტ, (რაც ყველაზე გავრცელებული საბაზო სადგურის სიმძლავრეა) 50 მეტრის დაშორებით ადამიანის ორგანიზმის 1 სმ^2 მოსული ელექტრომაგნიტური ველის სიმძლავრე ნაკლები იქნება 10 მკვტ –ზე, რაც ადამიანის ორგანიზმისათვის დასაშვებ ნორმადაა მიღებული.

მობილური ტელეფონების გადაცემის სიმძლავრის შეცვლა თავისთავად იწვევს ფიჭის რადიუსის შემცირებას . ეს მოვლენა თავის მხრივ აუცილებელს ხდის ფიჭების რაოდენობის გაზრდას (რათა დაფარულ იქნას იგივე ფართობის ტერიტორია).ამიტომ არჩევენ ქსელებს ფიჭების ზომების (რადიუსების) მიხედვით:

ა) მაკროფიჭებიანი ქსელები – R≈(5÷25)კმ;

ბ) მიკროფიჭებიანი ქსელები - R≈(1÷2)კმ;

გ) პიკოფიჭებიანი ქსელები - R≈(500)მ.

ამჟამად, მსოფლიოში არსებობს ჩამოყალიბებული ტენდენცია მაკროფიჭებიდან – პიკოფიჭებზე გადასასვლელად. გარდა ამისა თანამედროვე მობილურ სატელეფონო აპარატებში გამოიყენება გადასაცემი სიმძლავრის ავტომატური რეგულირება, საბაზო სადგურიდან დაშორების მიხედვით. კერძოდ, ყოველ მიმღებს გააჩნია საბაზო სადგურიდან მიღებული სიგნალის დონის განმსაზღვრელი. თუ ეს დონე მცირეა, ე.ი. საბაზო სადგურიდან დაშორება დიდია, მაშინ მობილური ტელეფონის გადამცემის სიმძლავრე ავტომატურად გაიზრდება., პირიქით შემთხვევაში შემცირდება.ეს უზრუნველყოფს მობილური ტელეფონის აპარატის გამოსხივების დიდი დონის შემცირებას იმ შემთხვევაში, როდესაც ასეთი სიმძლავრე საჭირო არ არის.

ცხადია, ფიჭების რიცხვის ზრდა სიხშირეების განმეორებითი გამოყენების მეთოდთან ერთად ზრდის არხების რაოდენობას რაც, თავის მხრივ, მნიშვნელოვნად ზრდის მომსახურების ხარისხს (აბონენტი არ მიიღებს დაკავების სიგნალს თავისუფალი არხის არარსებობის გამო).

9.4. ფიჭური მობილური კავშირის ახალი თაობები

ფიჭური მობილური კავშირის განვითარება მიდის ორი მიმართულებით –

ა) დაფარვის ზონების გაფართოება და ბ) მომსახურების ახალი სახეების დანერგვა.

მომსახურების ახალი სახეების დანერგვის შესაბამისად ახალ ქსელებს მიაკუთვნებენ ამა-თუ იმ თაობას.

კერძოდ მე-2 თაობის ქსელები უზრუნველყოფენ სატელეფონო მომსახურებას და მონაცემების გადაცემას ძალიან დაბალი სისწრაფით – მაქსიმუმ 9,6 კბიტი/წმ. ამჟამად მიმდინარეობს სამუშაოები მობილური კავშირის ქსელებით მონაცემების გადაცემის სისწრაფის გასაზრდელად. მაშინ შესაძლებელი იქნება მობილური ტელეფონებით ინტერნეტ ქსელში მაღალი სისწრაფით შესვლა.

მიღებულია, რომ შემდეგი, მე-3 თაობის ქსელებში უზრუნველყოფილი უნდა იქნას მობილური ტელეფონით მონაცემების მიღება სისწრაფით 2 მბიტი/წმ. ასეთი სისწრაფე უზრუნველყოფს ვიდეოტელეფონის სტანდარტით მოძრავი გამოსახულებების გადაცემას, ან სტანდარტული სატელევიზიო პროგრამის შეკუმშული ვარიანტის გადაცემას. მაგრამ მე-3 თაობამდე, მის საბოლოო ჩამოყალიბებამდე, უკვე მიღებულია მონაცემების გადაცემის გაზრდილი

სისწრაფეები: 64 კბიტი/წმ, 128 კბიტი/წმ, 384 კბიტი/წმ. ასეთ ქსელებსა და სისტემებს მიაკუთვნებენ მე-2 –დან მე-3 თაობაზე გარდამავალ თაობას და უწოდებენ $2G^{+}$ თაობას (ასო G მიუთითებს – გენერაციას). ასეთ ქსელებს აქვთ როგორც მე-2 თაობის ქსელების ნიშნები (სატელეფონო შეტყობინებების გადაცემა), ასევე მე-3 თაობის ქსელების ზოგიერთი ფუნქცია (მაგ. უძრავი ფერადი გამოსახულებების გადაცემა (MMS სერვისი).

მე-4 თაობის მობილური კავშირის სისტემებმა და ქსელებმა უნდა უზრუნველყოს მონაცემების გადაცემა სისწრაფით (2000÷20000) კბიტი/წმ, რაც საშუალებას იძლევა მობილური ტელეფონით მიღებული იქნას რამოდენიმე სატელევიზიო პროგრამა, მაღალი სისწრაფის ინტერნეტი და სხვ.

მე-5 თაობის მობილურ ქსელებში გადაცემის სისწრაფემ უნდა მიაღწიოს მნიშვნელობებს (20÷100) მბიტი/წმ. ასეთი მაღალი სისწრაფე უზრუნველყოფს მომავლის მაღალი მკაფიობის სტანდარტის სატელევიზიო პროგრამების გავრცელებას მობილური კავშირის ქსელებით და კიდევ ბევრ ახალი მომსახურების სახეებს, რომლებზე ოცნებაც კი ნაადრევია. თუმცა არსებობს ახალი თაობების ქსელების აგების სავარაუდო ვადები:

3G (მე-3 თაობა)	4G (მე-4 თაობა)	5G (მე-5 თაობა)
2002 – 2015 წ.წ.	2010-2025 წ.წ.	2015-2050 წ.წ.

მსოფლიოში ტელეფონიზაციის რაოდენობრივი შეფასებისათვის მიღებულია პარამეტრი – ტელეფონების რაოდენობა 100 სულ მცხოვრებზე. 2000 წლის ბოლოსათვის მსოფლიოში იყო 1 მილიარდი სტაციონალური ტელეფონი ანუ 100 სულ მცხოვრებზე - 15 ტელეფონი. მსოფლიო სტატისტიკური მონაცემებით 2005 წლის ბოლოსათვის სტაციონალური ტელეფონების რაოდენობა მიაღწევს 1,4 მილიარდს და მობილური ტელეფონების რიცხვი გაუტოლდება სტაციონალურს.. ე.ი. 2005 წლისათვის მსოფლიოში მობილური ტელეფონების მოსალოდნელი რაოდენობა 1,4-1,5 მილიარდს შეადგენს.

10. პაკეტური კომუტაცია. IP ტელეფონია

არსებობს ინფორმაციის წყაროდან ინფორმაციის მიმღებამდე შეტყობინების მიტანის ორი მეთოდი: არხების კომუტაციით და შეტყობინებების კომუტაციით. არხების კომუტაციის არსი იმაში მდგომარეობს, რომ არხების ფიზიკური კომუტაციით (შეერთებით), რაც ხდება ხელით ან ავტომატურად (ძირითადად ავტომატურად), იქმნება გამჭოლი ფიზიკური წრედი ან რადიოარხი, ან

კომბინირებული არხი - ფიზიკური წრედი + რადიოარხი, წყაროდან-მიმღებამდე. ეს არხი მუდმივად არის დაკავებული შეერთების მთელი ხანგრძლივობის განმავლობაში. შეტყობინების გადაცემის (მიმოცვლის) დამთავრების შემდეგ ეს შედგენილი არხი დაიშლება და მისი შემადგენელი მონაკვეთები, მაგ. ხაზი აბონენტიდან - ატს-მდე, ატს-ებს შორის შემაერთებელი ხაზი, საქალაქთაშორისო არხი, საერთაშორისო არხი და სხვ. უკვე სხვა შეერთების ორგანიზაციისათვის გამოიყენება.

ინფორმაციის თეორიის თანახმად ადამიანის მიერ ჩამოყალიბებული შეტყობინება შეიცავს დიდ სიჭარბეს, რაც შემდეგში გამოიხატება. ორი ადამიანის სატელეფონო საუბრის დროს საშუალო სტატისტიკურად ნახევარ დროს საუბრობა ერთი, მეორე ნახევარ დროს კი მეორე. ამიტომ ორმხრივი მოქმედების არხის შემთხვევაში ერთი მიმართულებით არხი სტატისტიკურად ნახევარი დროის განმავლობაში თავისუფალი იქნება. გარდა ამისა ადამიანი საუბრის დროს პაუზებს უშვებს წინადადებებს შორის, სიტყვებს შორის და თუ კარგ ანალიზს გავაკეთებთ ვნახავთ, რომ სიტყვების მარცვლებს შორისაც კი. ყველა ამ პაუზის ჯამი შეადგენს საუბრის დროის ნახევარს. ე.ი. ამ ორი ფაქტორის მხედველობაში მიღებით საერთო პაუზა არხში შეადგენს 75% (50+50/2). ამ პაუზის ეფექტური გამოყენებისათვის შემოღებულია შეტყობინებების კომუტაციის პრინციპზე დაფუძნებული პაკეტური კომუტაცია.

განვიხილოთ შეტყობინებების კომუტაციის პრინციპი. მისი შესანიშნავი მაგალითია სატელეგრაფო შეტყობინება. არსებობს სატელეგრაფო ქსელი ავტომატური შეერთებით. მაგ. ბათუმიდან დეპეშა იგზავნება თელავში. ბათუმიდან ავტომატურად აიკრიფება თელავის ტელეგრაფის ნომერი და თუ იგი მოცემულ მომენტში თავისუფალია გადაიცემა დეპეშა. თუ მიმღების ტელეგრაფის აპარატი დაკავებულია, ან დაკავებულია არხი თელავამდე, გადასაცემი დეპეშა გადაიცემა ტელეგრაფის ცენტრალურ კვანძში და მიმღების ტელეგრაფის აპარატის განთავისუფლების ან დაკავებული არხის განთავისუფლების შემდეგ გადაიცემა მიმღებისაკენ. ზოგჯერ ეს შეტყობინებები (დეპეშები) შეადგენენ რიგს რომელიმე მიმართულებით გადაცემაზე. ასეთ გადაცემას ეწოდება შეტყობინებების კომუტაცია. აქ გამჭოლი არხი წყაროდან-მიმღებამდე არ არსებობს.

თითქმის ანალოგიურად შეტყობინებების კომუტაციისა მოქმედებს ქსელი პაკეტური კომუტაციით. ამ მეთოდის თანახმად გადასაცემო შეტყობინება (მაგ. სატელეფონო სიგნალი გადაყვანილი ციფრულ ფორმაში) იყოფა გარკვეული სიგრძის პაკეტებად. თითოეულ ამ პაკეტს უკეთდება მისამართი თუ სად უნდა მივიდეს იგი და პაკეტის რიგითი ნომერი, რომლის მიხედვით შეტყობინებები მიმღებში დალაგდება იმ რიგით რა რიგითაც მოხდა მისი პაკეტირება გადამცემში.

ასეთი მეთოდით ფორმირებული პაკეტები შედიან ქსელში, რომელიც წარმოადგენს კომუტაციის კვანძებისა და ამ კვანძებს შორის შემაერთებელი ხაზების რთულ ურთიერთკავშირს. პაკეტები ვრცელდებიან ქსელში თავისუფალი გზის გამოჩენის მიხედვით. შეიძლება მაგალითად თავისუფალი იყოს დრო სიტყვებს შორის პაუზის გამო. ამ დროს შეიძლება გადაეცეს სხვა შეტყობინების შესაბამისი პაკეტი. ცხადია, რაც უფრო მცირე ხანგრძლივობის არის პაკეტი მისი გადაცემისათვის რიგში ყოფნის ალბათობა მცირე იქნება. ე.ი. მით უფრო ეფექტურად იქნება ათვისებული ქსელის შესაძლებლობები (მაგ. პაუზები).

პაკეტური გადაცემის დროს უმნიშვნელოვანეს პარამეტრს წარმოადგენს შეტყობინების დაყოვნებები და კარგვები. რადგან შეტყობინების შემადგენელი პაკეტები ქსელში სხვადასხვა გზებით შეიძლება გავრცელდნენ, ამიტომ მათი მიმღებთან მისვლის დრო სხვადასხვაა. ზოგი პაკეტი წინ გაუსწრებს მასზე ადრე გადაცემულ პაკეტს, ზოგი ჩამორჩება. მიმღები შეტყობინებას აღადგენს პაკეტების ნუმერაციის მიხედვით. მაგრამ შეიძლება მოხდეს ისე, რომ გარკვეულ დროში რომელიმე პაკეტი (ან პაკეტები) ვერ მიაღწევს მიმღებამდე. მაშინ მიმღებმა ან უნდა დაელოდოს ამ პაკეტის (პაკეტების) მიღებას, ან ეს პაკეტი დაკარგულად უნდა ჩათვალოს და შეტყობინება აღადგინოს ამ პაკეტის (პაკეტების) გარეშე. პირველ სემთხვევაში ადგილი ექნება შეტყობინების მიღების დაყოვნებას, მეორე შემთხვევაში მიღებული შეტყობინების ხარისხის დაქვეითებას.

ორმხრივი კავშირის სისტემებში, მაგ. ტელეფონიაში არსებობს დასაშვები დაყოვნების დრო. ამ დროზე მეტი დროით დაყოვნების შემთხვევაში სატელეფონო საუბარში შეიმჩნევა უხერხულობა (ჩნდება იმის გრძნობა, რომ სატელეფონო ხაზი გაითიშა). ასეთი მოვლენა გვხვდება შორს მანძილზე დაკავშირების დროს, მაგალითად, როდესაც გამოიყენება თანამგზავრული არხები. ტელეფონიაში ეს დრო $tBB_{\text{დაყ. დასაშ.}} \leq 230$ მწმ. თუ პაკეტმა დააყოვნა უფრო დიდი დროით, მიმღები მას აღარ დაელოდება და ჩათვლის მას დაკარგულად. ე.ი. შეტყობინების პაკეტების დაყოვნებას მივყავართ მიღებული შეტყობინების ხარისხის გაუარესებამდე და შესაბამისად კავშირის ცუდ ხარისხამდე.

პაკეტური კომუტაციის მეთოდით მუშაობენ სატელეფონო სისტემები ინტერნეტ-ქსელის გამოყენებით. ამ შემთხვევაში გადამცემის კომპიუტერი თავისი აპარატურული და პროგრამული უზრუნველყოფით გადასაცემ სატელეფონო სიგნალს გარდაქმნის ციფრულ ფორმაში, დაყოფს პაკეტებად და ზემოთაღნიშნული წესით შეიყვანს ინტერნეტ-ქსელში. ამ ქსელში პაკეტების გავლა ხდება პაკეტური კომუტაციის მეთოდით.

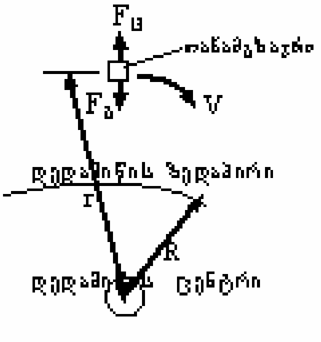
ინტერნეტ-ქსელის შეზღუდული შესაძლებლობების, მიმღებ-გადამცემი ტერმინალების აპარატურული და პროგრამული არასრულყოფილობის გამო IP ტელეფონიის ხარისხი ამჟამად მაღალი არ არის. მაგრამ ინტერნეტ ქსელით მომსახურების დაბალი ღირებულების გამო ბევრი სატელეფონო ოპერატორი ფართოდ იყენებს IP ტელეფონიას. თუმცა უნდა აღვნიშნოთ, რომ IP ტელეფონიის ხარისხი დღითი-დღე უმჯობესდება და მალე ალბათ გაუთანაბრდება ტრადიციული ტელეფონიის ხარისხს.

11. თანამგზავრული კავშირის სისტემები

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ რადიოტალღები სიგრძით λ>10მ აირეკლებიან იონოსფეროში არსებული იონიზირებული შრეებიდან და ეს საშუალებას იძლევა რადიოკავშირით ინფორმაცია გადაიცეს დიდ მანძილზე. რაც შეეხება ულტრამოკლე ტალღებს (λ<10მ), ისინი განჭოლავენ იონიზირებულ შრეებს, დედამიწაზე აღარ ბრუნდებიან, ამიტომ აქ რადიოტალღებით დიდ მანძილზე კავშირი შეუძლებელია.

ადამიანებს ყოველთვის ჰქონდათ იდეა გამოეყენებინათ ციური სხეულები ბუნებრივ რეტრანსლატორებად - ამრეკლ ზედაპირებად, რომლებიც აირეკლავდნენ რადიოტალღებს და დააბრუნებდნენ დედამიწაზე, რაც დიდ მანძილებზე რადიოკავშირის შესაძლებლობას მოგვცემდნენ. ასეთ უახლოეს ციურ სხეულს წარმოადგენს მთვარე. მაგრამ იმის გამო, რომ იგი დედამიწის ზედაპირის მიმართ ძალზე არასინქრონულად მოძრაობს (ხან ჩანს, ხან არა) მისი გამოყენება რატრანსლატორად ჯერ-ჯერობით მოუხერხებელია.

1957 წელს პირველი ხელოვნური თანამგზავრის გაშვების შემდეგ წარმოიშვა შესაძლებლობა ასეთი ხელოვნური თანამგზავრების გამოყენებისა ტელეკომუნიკა-ციებში. თანამგზავრების ტელეკომუნიკაციური მიზნე-ბით გამოყენების პრინციპების განხილვამდე ჯერ ავხსნათ თუ როგორ მოძრაობენ თანამგზავრები დედამიწის ირგვლივ. ნახ. 18.



ნახ. 18.

დედამიწის ირგვლივ თანამგზავრები შეიძლება მოძრაობდნენ ორი ტიპის ორბიტაზე – წრიული და ელიფსური:

წრიულ ორბიტაზე მოძრაობის დროს თანამგზავრის დაშორება დედამიწის ზედაპირიდან მუდმივია და ემორჩილება ფიზიკის ცნობილ კანონებს.

კერძოდ, სხეულზე ყოველთვის მოქმედებს გრავიტაციული მიზიდულობის ძალა $F_g=mg(R/r)^2$. თუ ეს სხეული მოძრაობს წრეზე წრიული სიხშირით $\omega=2\pi f$, მაშინ მასზე მოქმედებს ცენტრიდანული ძალა

$$FB_{ც}=mr\omega^2$$

აქ გამოსახულებებში m - სხეულის მასაა, R - დედამიწის რადიუსი, g – სიმძიმის ძალის აჩქარება, f – დედამიწის ირგვლივ გარსშემოვლის სიხშირე. $f=1/T$ – T გარსშემოვლის პერიოდია. თანამგზავრის დედამიწის ირგვლივ წრიულ ორბიტაზე ბრუნვის პირობაა

$$F_{ც}=Fg$$

წინააღმდეგ შემთხვევაში თუ $F_{ც}>Fg$ თანამგზავრი მოწყდება ორბიტას და გაფრინდება კოსმოსურ სივრცეში, ხოლო თუ $Fg>F_{ც}$ – დედამიწის მიზიდულობის გამო იგი ჩამოვარდება დედამიწაზე. ტოლობიდან $F_{ც}=Fg$ შეიძლება გამოვითვალოთ დამოკიდებულება r=f(T)-ანუ დედამი-წიდან r დაშორების დამოკიდებულება დედამიწის ირგვლივ გარსშემოვლის პერიოდზე – T.

$$r=[gR^2/(2\pi/T)^2]^{1/3}$$

ამ გამოსახულებიდან ჩანს, რომ რაც უფრო ახლოს არის თანამგზავრი დედამიწის ზედაპირიდან მით უფრო სწრაფად უნდა იბრუნოს მან დედამიწის ირგვლივ, რომ არ ჩამოვარდეს დედამიწაზე.

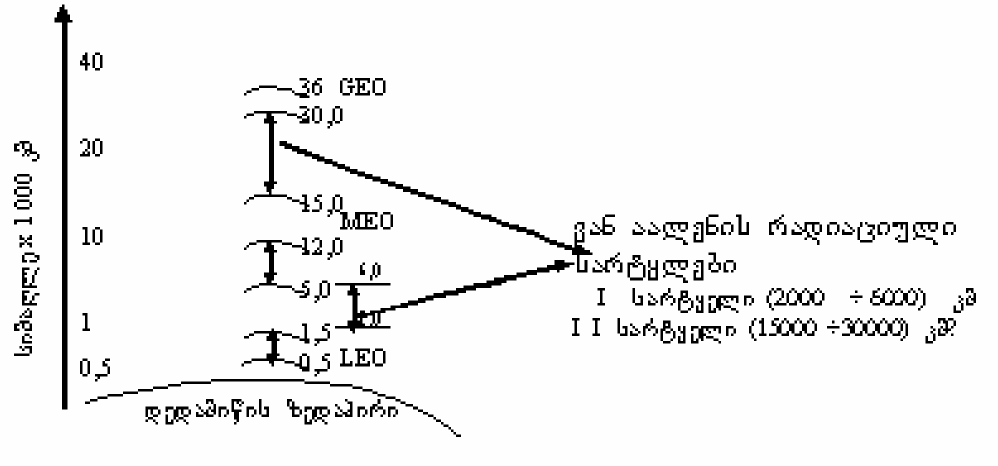
არჩევენ დედამიწის ირგვლივ ორბიტებს, რომლებზეც განალაგებენ დედამიწის ხელოვნურ თანამგზავრებს:

ა) ახლო ორბიტები - LEO (LOW Earht Orbit) (0,5-1,5) ათასი კილომეტრის სიმაღლე;

ბ) საშუალო ორბიტები – MEO (Medium Earht Orbit) (5-12) "_______";

გ) გეოსტაციონალური ორბიტები – GEO (Geostationari Earht Orbit) 36 "_______".

ეს ორბიტები დედამიწის ირგვლივ განლაგდება შემდეგ სიმაღლეებზე ნახ. 19).



ნახ. 19.

როგორც ნახაზიდან ჩანს დედამიწის ირგლივ არსებობს ორი რადიაციული სარტყელი, აღმოჩენილი ვან აალენის მიერ, სადაც დიდი რადიაციის გამო თანამგზავრების გამოყენება შეუძლებელია, ამიტომ ამ სიმაღლის ორბიტებზე თანამგზავრებს არ უშვებენ.

თანამგზავრები გეოსტაციონალურ (GEO) ორბიტაზე ბრუნავენ დედამიწის ბრუნვის სინქრონულად. მათი დედამიწის ღერძის ირგვლივ ბრუნვის პერიოდი შეადგენს 24 სთ-ს, ამიტომ ასეთი თანამგზავრები მუდმივად არიან დედამიწის რომელიმე წერტილის თავზე განლაგებული („ჩამოკიდებული“). ამასთანავე ეს წერტილი განლაგებული უნდა იყოს აუცილებლად ეკვატორის თავზე, რადგან სხვა შემთხვევაში დედამიწის „კვერცხისებური“ ფორმის გამო მისი პოლუსების ცენტრიდან დაშორება მცირეა, ეკვატორისა კი დიდი და იქმნება იმის საფრთხე, რომ ეკვატორთან დიდი მიზიდულობის გამო თანამგზავრი ჩამოვარდება დედამიწაზე, პოლუსთან კი მოწყდება ორბიტას და გაფრინდება კოსმოსში. ამ ორბიტაზე თანამგზავრების დაშორება დედამიწიდან შეადგენს 35786 კმ. (≈36000 კმ). ეს ორბიტები ფართოდ გამოიყენება მრავალარხიანი სატელეფონო სისტემებისათვის, სატელევიზიო პროგრამების გადაცემისათვის, ინტერნეტ-ქსელის არხების შესაქმნელად და ა.შ. ამ ორბიტის ერთ-ერთ დადებით მხარეს წარმოადგენს აგრეთვე ის, რომ თანამგზავრის დედამიწის ზედაპირის მიმართ უძრაობის გამო თანამგზავრისადმი ერთხელ დამიზნებული ანტენა მუდმივად ინარჩუნებს თავის მდგომარეობას და არ სჭირდება ავტომატური დამიზნების და მიმართულების შენარჩუნების რთული მექანიკური სისტემები.

MEO-ორბიტაზე (5000÷12000კმ) მბრუნავი თანამგზავრების დედამიწის ირგვლივ გარსშემოვლის პერიოდი საშუალოდ 6 სთ-ის ტოლია.

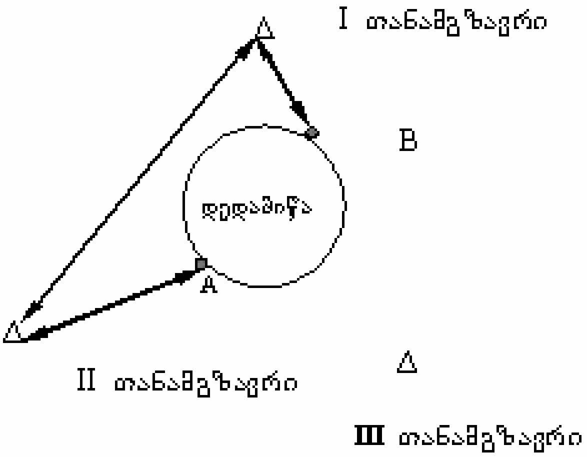
LEO - ორბიტა ყველაზე ახლო ორბიტაა. გარსშემოვლის პერიოდი საშუალოდ 90-წთ-ს შეადგენს. რადგან თანამგზავრი ასე სწრაფად მოძრაობს, იგი დედამიწის ერთი რომელიმე პუნქტიდან ჩანს მცირე დროის განმავლობაში – 10-15 წთ და ცხადია მხოლოდ ამ დროის განმავლობაში შეიძლება გამოყენებული იქნას თანამგზავრი კავშირისათვის. სამაგიეროდ მას აქვს ის უპირატესობა, რომ დედამიწის ზედაპირიდან მცირე დაშორების გამო, როგორც დედამიწაზე არსებული მიმღებ-გადამცემის, ასევე თანამგზავრზე არსებული მიმღებ-გადამცემის სიმძლავრეები შეიძლება იყოს მცირე, რაც იძლევა მათი მობილური კავშირისათვის გამოყენების შესაძლებლობას.

თანამგზავრული მობილური კავშირისათვის გამოიყენება MEO და LEO ორბიტები. GEO ორბიტის ამ მიზნისათვის გამოყენება შეუძლებელია თანამგზავრის

დიდი დაშორების გამო, გასხივების დიდი საჭირო სიმძლავრის აუცილებლობით. დღეისათვის არსებობს შემდეგი სახის თანამგზავრული მობილური სისტემები (იხ. ცხრილი).

სისტემა/პარამეტრები	ირიდიუმი	გლობალსტარი	ICO	ტელედესიკი
თანამგზავრების რაოდენობა	66+6	48+4	10+2	288
სიმაღლე, კმ	780	1414	10390	700
დაფარვის ტერიტორია	მთლიანი მსოფლიო	$\pm 70^0$ განედები	მსოფლიო დაფარვა	მსოფლიო დაფარვა
არხების რაოდენობა (სატელე-ფონო)	4000	2700	4500	2500
ღირებულება	4,4 მილიარდი $	2,9 მილიარდი $	4,5 მილიარდი $	9 მილიარდი $

რადგან თანამგზავრები დედამიწის რომელიმე წერტილის მხედველობის არეში ძალზე ცოტა ხანს იმყოფებიან მყარი კავშირისათვის გამოიყენებენ თანამგზავრების ჯაჭვს – ერთი თანამგზავრის მხედველობის არიდან გასვლის შემდეგ შემოდის მეორე, შემდეგ მესამე და ა.შ. მაგალითად სისტემა ირიდიუმში არის 6 თანამგზავრისაგან შედგენილი 11 ჯაჭვი, სულ 66+6 ნიშნავს, რომ 66 აქტიური თანამგზავრია, ხოლო 6 – სათადარიგო, რომლებიც დაიკავებენ აქტიური თანამგზავრების ადგილებს ორბიტაზე მათი მწყობრიდან გამოსვლის შემთხვევაში. გეოსტაციონალური თანამგზავრების გამოყენების შემთხვევაში მთლიანად მსოფლიოს ტერიტორიის დასაფარავად საკმარისია 3 თანამგზავრი. ამ შემთხვევაში თუ დედამიწის ორი წერტილიდან ერთდროულად არ ჩანს ერთი თანამგზავრი, მაშინ კავშირი დამყარდება ორი თანამგზავრის გავლით (ნახ. 20).



ნახ. 20.

დედამიწის პოლუსებზე კავშირისათვის გამოიყენება ელიფსურ ორბიტაზე მოძრავი თანამგზავრები. მათი მინიმალური დაშორება დედამიწის ზედაპირიდან 100-120 კმ-ია. ამ წერტილს პერიგეა ეწოდება. მაქსიმალური დაშორება შეადგენს 40000 კმ. და მას აპოგეა ეწოდება. 2 ელიფსურ ორბიტაზე მოძრავი თანამგზავრი საკმარისია დედამიწის დიდი ტერიტორიის დასაფარავად.

12. უძრავი და მოძრავი გამოსახულებების გადაცემა. ტელეხედვა

12.1. უძრავი გამოსახულებების გადაცემა

უძრავი გამოსახულებების გადაცემას ადგილი აქვს ე.წ. ფოტოტელეგრაფიაში და ფაქსიმილური გადაცემის დროს. ორივე შემთხვევაში გადაიცემა გამოსახულების კადრი. უმრავლეს შემთხვევებში უძრავი გამოსახულების ფორმატი A-4 ზომისაა. გადამცემ მოწყობილობაში ხდება გადასაცემი გამოსახულების „წაკითხვა" სტრიქონულად, ე.წ. გამოსახულების გაშლა. ტელეგრაფიაში და ფაქსიმილურ გადაცემებში გამოიყენება ე.წ. „პროგრესული" გაშლა. გადასაცემი სტრიქონების რაოდენობა განსაზღვრავს გამოსახულების ხარისხს. ნორმალური ხარისხის გამოსახულების მისაღებად საჭირო სტრიქონების რაოდენობა, მოსული გადასაცემი გამოსახულების ერთ მილიმეტრზე, უნდა იყოს 5-15-ის ფარგლებში. ცხადია, დიდი რაოდენობის სტრიქონების გადასაცემად საჭირო იქნება დიდი დრო. ამიტომ აქ მოქმედებს პრინციპი: გადაცემის მცირე დრო – დაბალი ხარისხი, დიდი დრო – მაღალი ხარისხი.

ფოტოტელეგრაფიასა და ფაქსიმილურ კავშირში გადამცემ მოწყობილობაში გადასაცემი კადრის წაკითხვისათვის გამოიყენება ე.წ. „სინათლის ლაქა", რომელიც დაეცემა გადასაცემ გამოსახულებას და აირეკლება მისგან. ცხადია, თუ გამოსახულების ელემენტი, რომელზეც ეცემა ეს ლაქა (სინათლის სხივი) შავია, მისგან არეკლილი სინათლის სხივის ინტენსივობა მინიმალური იქნება, თეთრი ელემენტის შემთხვევაში კი არეკლილი სხივის ინტენსივობა მაქსიმალური იქნება. პრაქტიკულად, ხდება არეკლილი სხივის ინტენსივობის მოდულაცია გადასაცემი ელემენტის ფერის (შავი ან თეთრი) შესაბამისად. არეკლილი სხივი ხვდება ფოტოელემენტში, რომელშიც იგი გარდაიქმნება შესაბამის დენად (ძაბვად). სინათლის სხივის ლაქა ზემოთ აღწერილი გაშლის მეთოდით სტრიქონ-სტრიქონ გაივლის გამოსახულების ყველა ელემენტს და შესაბამისად წარმოიქმნება გამოსახულების შესაბამისი ელექტრული სიგნალი.

ფოტოტელეგრაფული სიგნალი მრავალგრადაციულია, ე.ი. ის აღიქვამს როგორც შავ და თეთრ ფერებს, ასევე ტონალობას ამ ორ უკიდურეს ფერებს შორის (მაგ. ნაცრისფერს). ამიტომ მიღებული გამოსახულება შავ-თეთრი ფოტოგამოსახულების ანალოგიურია. ამიტომ ეწოდება ამ მეთოდს ფოტოტელეგრაფია. ფაქსიმილური გადაცემის დროს გადაიცემა ძირითადად ტექსტური გამოსახულებები, ორდონიანი (შავი და თეთრი) პრინციპით. ასეთ გადაცემას ორგრადაციანი გადაცემა ეწოდება. თანამედროვე ფაქსიმილური აპარატებით გადაცემის სისწრაფე (კადრის გადაცემის დრო) დამოკიდებულია არა

მხოლოდ გაშლის სტრიქონების რაოდენობაზე, არამედ კავშირის არხით გადაცემის სისწრაფეზე. ამიტომ, თუ გამოიყენება კავშირის არხები კარგი ელექტრული მახასიათებლებით, რომლებიც უზრუნველყოფენ გადაცემის დიდ სისწრაფეს, გადასაცემი კადრი სწრაფად გადაიცემა. ცუდი არხების შემთხვევაში A4 ფორმატის გამოსახულების გადაცემას შეიძლება რამოდენიმე წუთი დრო დასჭირდეს.

მიმღებ მოწყობილობაში მიღებული ელექტრული სიგნალით უნდა დაიბეჭდოს გამოსახულების (ფოტოტელეგრამის, ფაქსის) კადრი. ძველი სისტემის ფოტოტელეგრაფულ აპარატებში გამოსახულების ჩაწერისათვის გამოიყენებოდა ჩვეულებრივი მელნით საწერი მეთოდები და მოწყობილობები. ამჟამად გამოიყენება ლაზერული საბეჭდი მოწყობილობები. ფაქსიმილურ ტექნიკაში შესაძლებელია როგორც სპეციალური ფაქსიმილური ქაღალდის გამოყენება (ელექტროქიმიური ან თერმული სინთეზის მეთოდით) ან ლაზერული პრინტერით ბეჭდვა ჩვეულებრივ საკანცელარიო ქაღალდზე.

12.2. ტელევიზიის ფიზიკური საფუძვლები

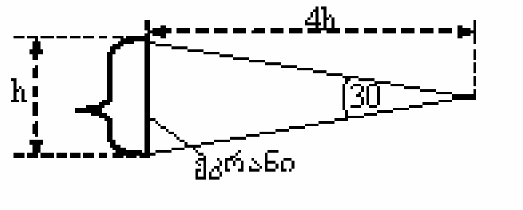
სატელევიზიო გამოსახულების საბოლოო მიმღებ ორგანოს წარმოადგენს ადამიანის მხედველობითი სისტემა. ამიტომ სატელევიზიო გადაცემის პრინციპების განსაზღვრისათვის გათვალისწინებულია მხედველობის თვისებები და შესაძლებლობები.

მხედველობის სისტემა შედგება სინათლის სხივის მიმღებისაგან – თვალისაგან და ნერვული ბოჭკოებისაგან, რომლებიც გარდაქმნიან მხედველობით ინფორმაციას და მიაწოდებენ ადამიანის ტვინს. ადამიანის ტვინში, კერძოდ, მისი ქერქის მხედველობით მონაკვეთებზე ხდება ინფორმაციის გაშიფრვა და გამოსახულების აღქმა.

ადამიანის თვალს გააჩნია ინერციულობა, ანუ აღქმული გამოსახულების გარკვეული დროით დამახსოვრების შესაძლებლობა. სწორედ თვალის ეს თვისება უდევს საფუძვლად მოძრავი გამოსახულების გადაცემას – ტელევიზიას. პრინციპში, სატელევიზიო მოძრავი გამოსახულება წარმოდგება უძრავი გამოსახულებების რიგისაგან, რომლებიც გარკვეული სისწრაფით მონაცვლეობენ (გადაიცემიან). ამ მხრივ სატელევიზიო გამოსახულებების გადაცემა მსგავსია კინოსი, სადაც როგორც ცნობილია, უძრავი გამოსახულებები (კადრები) ერთმანეთის მიყოლებით განლაგებულია ფოტოლენტზე და საპროექციო კონოაპარატების საშუალებით, წამში 25 კადრის სისწრაფით დასხივდება კინოეკრანზე. ეს სიხშირე – 25 კადრი/წმ შემთხვევით არ არის შერჩეული. უკვე განმეორების სისწრაფის შემთხვევაში $f_{\text{კადრი}}$

$>$ (16 - 20) ჰც ადამიანის თვალი ინერციულობის გამო ვეღარ აღიქვამს კადრებს ცალ-ცალკე და უძრავი გამოსახულებების მიმდევრობას თვალი აღიქვამს როგორც მოძრავს. $f_{კად}$= 20 ჰც გამოსახულებაში უძრაობის ელემენტებს თვალი საერთოდ ვეღარ ამჩნევს. ამიტომ სატელევიზიო გამოსახულებების გადაცემის დროს თითოეული კადრის გადაცემა ხდება სისწრაფით $f_{კად}$= 25 ჰც, რომელსაც საკადრო სიხშირე ეწოდება.

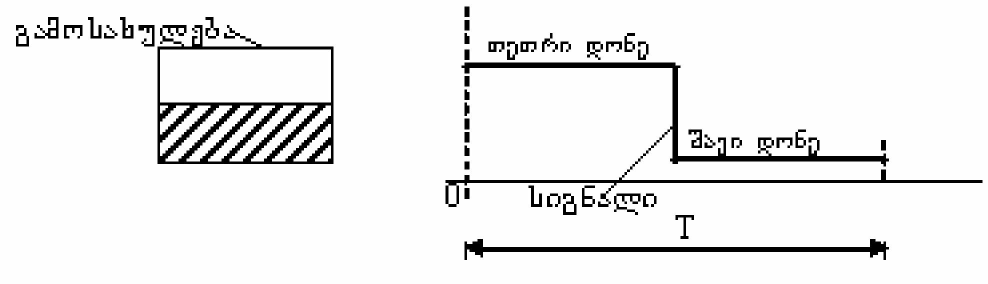
გამოსახულების კადრების გადაცემა ტელევიზიაში ხდება ზემოთ აღწერილი „გაშლის“ მეთოდით. აქ დასადგენია მხოლოდ ის, თუ რა რაოდენობის სტრიქონებად უნდა მოხდეს გამოსახულების კადრების გაშლა. გამოსახულების აღქმა მიმღებ მოწყობილობაში ხდება სატელევიზიო მიმღების ეკრანით. მიღებულია, რომ ყველაზე კარგად გამოსახულების აღქმა შესაძლებელია, თუ ტელევიზორის მაყურებელი ეკრანისაგან ეკრანის სამაღლის *(h)* 4-ჯერ მეტ მანძილზე *(4h)* იქნება განლაგებული (ნახ. 21). ამ შემთხვევაში მაყურებელი ეკრანს ხედავს 30^0 კუთხით. თუ ეკრანს „გავშლით“ *n* რაოდენობის სტრიქონებად, მაშინ ხედვის კუთხე ორ სტრიქონს შორის იქნება $\theta = (30/n)^0$. დამტკიცებულია, რომ თუ n=625, მაშინ θ კუთხე იმდენად მცირე იქნება, რომ მაყურებელი ეკრანის სტრიქონულ სტრუქტურას ვერ შეამჩნევს და გამოსახულება გამოჩნდება როგორც ერთი მთლიანი (არა სტრიქონული). ამიტომ ტელევიზიაში სტრიქონების რაოდენობა მიღებულია 625-ის ტოლი.



ნახ. 21.

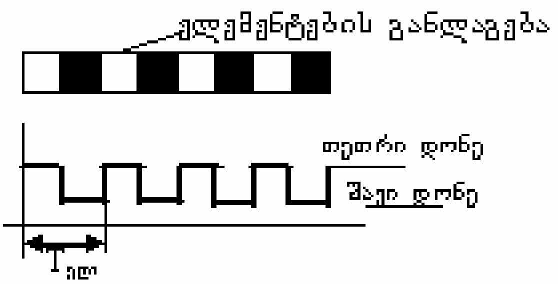
განვიხილოთ სატელევიზიო სიგნალის სიხშირული დიაპაზონი. თანამედროვე ტელევიზიაში გამოიყენება ე.წ. „სტრიქონგამოშვებითი“ გაშლა, რაც შემდეგში მდგომარეობს. თითოეულ სატელევიზიო კადრს გადასცემენ ორი მიმართვით: ჯერ გადასცემენ კენტი ნომრების სტრიქონებს (1, 3, 5 …), შემდეგ ლუწი ნომრების სტრიქონებს (2, 4, 6 …). კენტი სტრიქონების ერთობლიობა შეადგენს ერთ ველს, ლუწი სტრიქონებისა კი – მეორე ველს. ამგვარად, სატელევიზიო კადრი შედგება ორი ველისაგან. რადგან მიღებულია, რომ კადრების გადაცემის სისწრაფე $f_{კად}$= 25 ჰც, მაშინ ველების გადაცემის სისწრაფე იქნება 2-ჯერ მეტი, ე.ი. $f_{ველ}$= 50 ჰც. **ყველაზე დაბალი სიხშირე** იქნება მაშინ, როდესაც გადასაცემი გამოსახულების ერთი ველის პერიოდში სიგნალი მხოლოდ ერთი პერიოდით შეიცვლება. ეს

მოხდება მაშინ, როდესაც გადასაცემი ველის ნახევარი პერიოდის განმავლობაში ვთქვათ თეთრი გამოსახულებაა, მეორე ნახევარპერიოდის განმავლობაში კი – შავი (ნახ. 22). რადგან ველის განმეორების სიხშირე $f_{ველ}$ = 1/T = 50 ჰც, ამიტომ სატელევიზიო გამოსახულების მინიმალური სიხშირე f_{min}= 50 ჰც.



ნახ. 22.

სიგნალის შემადგენლობაში ყველაზე მაღალი სიხშირე შემდეგნაირად გამოითვლება: როგორც აღვნიშნეთ, სატელევიზიო კადრი შეიცავს 625 სტრიქონს (იშლება 625 სტრიქონად). იმისათვის, რომ გამოსახულების სიმკვეთრე (ხარისხი) თანაბარი იყოს როგორც ვერტიკალური, ისე ჰორიზონტალური მიმართულებით, საჭიროა თითოეულ სტრიქონზე ელემენტები განლაგდეს ისეთივე დაშორებით, როგორი დაშორებაცაა ვერტიკალური მიმართულებით. თანამედროვე ტელევიზორების ეკრანები სტანდარტულია და ეკრანის სიგანის შეფარდება სიმაღლესთან შეადგენს 4/3. ე.ი. თუ ვერტიკალური მიმართულებით სტრიქონების (ელემენტების) რაოდენობა 625-ის ტოლია, ჰორიზონტალური მიმართულებით ეს რაოდენობა ტოლი იქნება 4/3 × 625 = 833. ყველაზე მაღალი სიხშირე იქნება, თუ გამოსახულების ელემენტები ჭადრაკულადაა განლაგებული სტრიქონზე (ნახ. 23).



ნახ. 23.

მაშინ ერთ სტრიქონზე გვექნება 833/2=416,5 პერიოდი. ერთი ველის გადაცემის დროს მაქსიმალური სიხშირე გამოითვლება ასე:

$$f_{max}= 312{,}5 \times 416{,}5 \times 50 \approx 6\,500\,000 \text{ ჰც} = 6{,}5 \text{ მგჰც}.$$

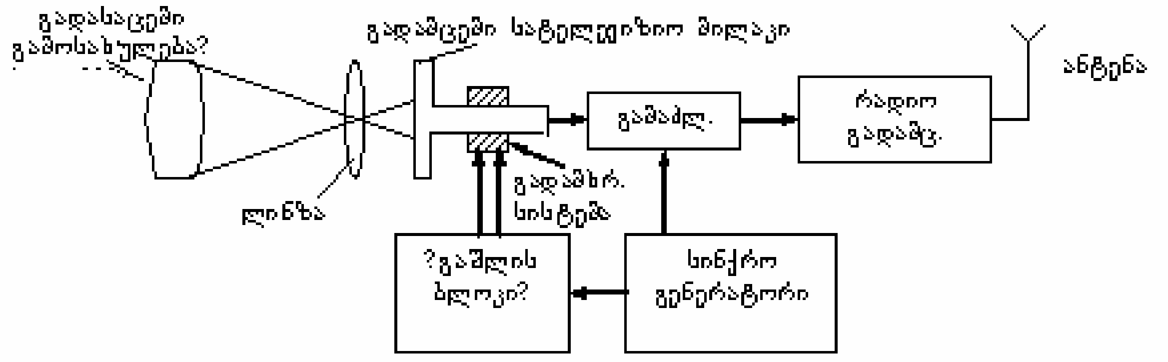
ე.ი. სატელევიზიო სიგნალის სიხშირული დიაპაზონი შეადგენს

50 ჰც – 6,5 მგჰც.

სატელევიზიო სიგნალის სხვა პარამეტრებია: კადრების განმეორების სიხშირე $f_{კად}$= 25 ჰც, ველების განმეორების სიხშირე $f_{ველ}$= 50 ჰც, სტრიქონების განმეორების სიხშირე $f_{სტრ}$ = 625 × 25 = 15 625 ჰც.

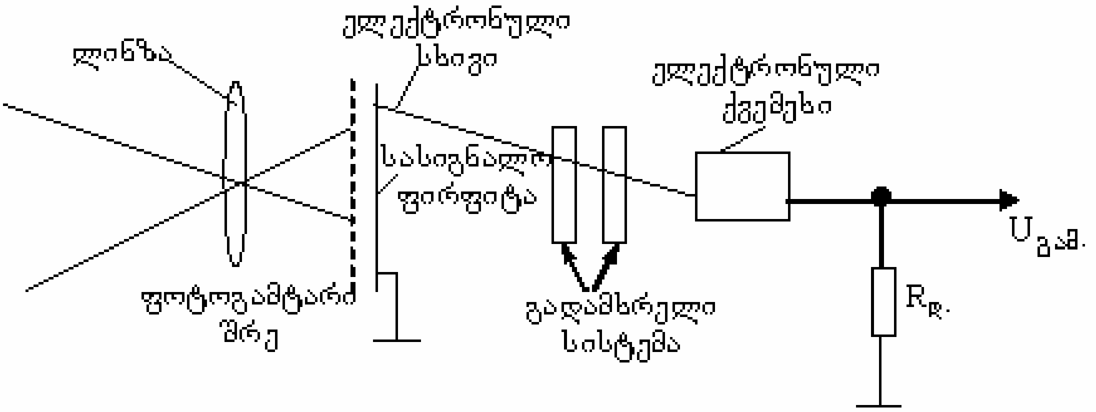
12.3. სატელევიზიო სიგნალის ფორმირება

სატელევიზიო სიგნალები ფორმირდება სატელევიზიო გადამცემი კამერების გამოყენებით. ასეთი კამერის სქემა ნაჩვენებია ნახაზზე 24.



ნახ. 24.

კამერის ძირითად ნაწილს წარმოადგენს გადამცემი სატელევიზიო მილაკი, რომელიც სიგნალის ფორმირების მეთოდის მიხედვით შეიძლება იყოს სხვადასხვა ტიპის, დასახელების და ა.შ. მაგ. ორტიკონი, სუპერორტიკონი, იკონოსკოპი, პლუმბიკონი, ვიდიკონი და სხვ. მათი მოქმედების ზოგადი პრინციპი მოყვანილია ნახაზზე 25.



ნახ. 25.

გადასაცემი გამოსახულება ლინზის საშუალებით პროექცირდება ფოტოგამტარი შრის მოზაიკურ ელემენტებზე, რომლებიც სასიგნალო ფირფიტასთან ქმნიან ან კონდენსატორს, ან ფოტოელემენტს შინაგანი ფოტოეფექტით. ასეთი პროექცირების შედეგად ფოტოგამტარი შრე სასიგნალო ფირფიტასთან ერთად ქმნის გამოსახულების შესაბამის პოტენციალურ რელიეფს. შემდეგ საჭიროა ამ რელიეფის გარდაქმნა ელექტრულ სიგნალად, რომელიც შემდეგნაირად ხორციელდება. ელექტრონული ქვემეხი გამოიმუშავებს ელექტრონულ სხივს, რომელიც მიმართულია სასიგნალო ფირფიტისაკენ წვრილი სხივის სახით და ეცემა მოზაიკის ელემენტებს. გადამხრელი სისტემები (ჰორიზონტალური და ვერტიკალური) ამ სხივს სტრიქონ-სტრიქონ მოატარებენ მოზაიკის ყველა ელემენტს. ეს სხივი ფაქტიურად წარმოადგენს გამტარ სადენს, რომელიც ფოტოელემენტს ან კონდენსატორს, რომლის წინააღმდეგობა (ფოტოელემენტის შემთხვევაში) ან პოტენციალი (კონდენსატორის შემთხვევაში) ელემენტის განათებულობის პროპორციულია, მიაერთებს დატვირთვის $R_{დ}$ წინააღმდეგობაზე, სადაც ხდება განათებულობის პროპორციული ძაბვის მიღება. შესაბამისად, გამოსასვლელზე გვექნება გამოსახულების შესაბამისი ვიდეოსიგნალი – $U_{გამ}$.

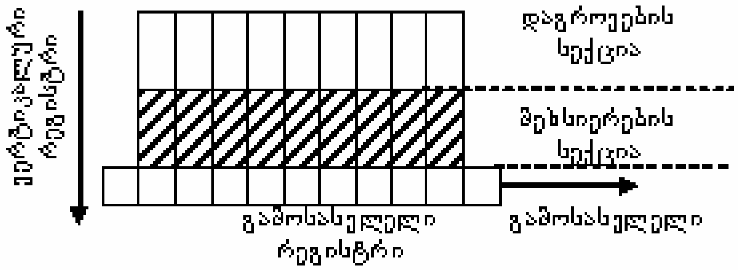
12.4. გამოსახულების ჩამოყალიბება თანამედროვე მუხტითი გადატანის ხელსაწყოების გამოყენებით

ვიდეოსიგნალის ჩამოყალიბების ზემოთ მოყვანილი მეთოდები ფართოდ გამოიყენებოდა და გამოიყენება პროფესიულ სატელევიზიო აპარატურაში. ამ მეთოდების ძირითადი უარყოფითი თვისებებია გადამცემი სატელევიზიო მილაკების დიდი ზომები, სხივის გადამხრელი მაგნიტური სისტემების გამოყენების მოუხერხებლობა და ა.შ.

1970-1980 წ.წ. შეიქმნა ვიდეოსიგნალების ფორმირების პრინციპულად განსხვავებული მეთოდი მუხტითი კავშირის ხელსაწყოების გამოყენებით. ამჟამად წარმოებადი ციფრული სატელევიზიო კამერები, ციფრული ფოტოკამერები, დაცვითი სიგნალიზაციის, ვიდეოთვალყურის სისტემები მხოლოდ ამ პრინციპით მოქმედებენ.

მუხტითი კავშირის ხელსაწყოების (მკხ) (რუსულად ПЗС-прибор с зарядовой связью) ძირითადი განსხვავება ელექტრონული სხივური მილაკებისაგან იმაში მდგომარეობს, რომ აქ გამოსახულების გაშლის სისტემა მოქმედებს ელექტრონულ-

ციფრული ხელსაწყოების – ძვრის რეგისტრების გამოყენებით. მკხ-ს მოქმედების უმარტივესი პრინციპი ნაჩვენებია ნახაზზე 26.



ნახ. 26.

გადასაცემი გამოსახულება ლინზის საშუალებით პროექტირდება დაგროვების სექციაში, რომელიც წარმოადგენს ვერტიკალური სვეტებისაგან შექმნილ ელექტრონულ სისტემას. პროექტირებული გამოსახულების განათებულობის შესაბამისად იქმნება ე.წ. „პოტენციალური ორმოები“, ანუ იქმნება პოტენციალური რელიეფი. სატელევიზიო კადრის დროის განმავლობაში ხდება დაგროვების სექციაში ამ განათებულობის შესაბამისი პოტენციალური რელიეფის შექმნა, შემდეგ ეს ინფორმაცია ვერტიკალური რეგისტრის საშუალებით გადმოიწერება მეხსიერების სექციაში, რომელიც შუქგაუმტარ გარემოშია. დაგროვების სექციაში შემდეგი კადრის პროექტირება – დაგროვების განმავლობაში წინა კადრი მეხსიერების სექციიდან თანდათანობით გამოდის გამოსასვლელზე. კერძოდ, ეს კადრი სტრიქონ-სტრიქონ ჩამოდის გამოსასვლელ რეგისტრში, ამ რეგისტრიდან კი მიმდევრობით თითოეული სტრიქონი გამოიდევნება სქემის გამოსასვლელზე. ე.ი. ერთი სტრიქონი გამოსასვლელი ძვრის რეგისტრის საშუალებით გამოვა მარცხნიდან მარჯვნივ, მისი ბოლომდე განთავისუფლების შემდეგ მთლიანად შემდეგი სტრიქონი ჩამოიწევს ვერტიკალური ძვრის რეგისტრის საშუალებით და ა.შ. – 25-ჯერ ერთი წამის განმავლობაში.

გამოსახულების ხარისხს მგხ-ში განსაზღვრავს ელემენტების რაოდენობა, რომელიც სვეტებისა და სტრიქონების ნამრავლის ტოლია. ამ ელემენტებს პიქსელები ეწოდებათ. თანამედროვე მაღალი ხარისხის ვიდეო და ფოტოკამერებში პიქსელების რაოდენობა 3-5 მილიონია. უფრო დაბალი ხარისხის გამოსახულებების მისაღებად, მაგალითად ფოტოკამერებში, რომლებიც მობილური ტელეფონის აპარატებშია ჩამონტაჟებული, პიქსელების რაოდენობა 1 მილიონს აღწევს.

12.5. სატელევიზიო მაუწყებლობის ორგანიზაცია

სატელევიზიო გადამცემი კამერების საშუალებით ჩამოყალიბებული ვიდეოსიგნალების შორ მანძილზე გადასაცემად შესაძლებელია გამოყენებული იქნას მიმმართველი გადამცემი სისტემების ნებისმიერი სახე და კონფიგურაცია – საკაბელო სისტემები, ოპტიკურ-ბოჭკოვანი სისტემები, რადიოსისტემები, თანამგზავრული სისტემები. ვიდეოსიგნალების აღნიშნული სისტემებით გადასაცემად, როგორც წესი, ხდება ვიდეოსიგნალების სიხშირული სპექტრის (50 ჰც – 6,5 მგჰც) გადატანა იმ სიხშირულ დიაპაზონში, რა სიხშირის სიგნალებიც გადაიცემა მოცემული მიმმართველი სისტემით.

ITU-ს მიერ რადიომეთოდებით სატელევიზიო გადაცემების ორგანიზაციისათვის (სატელევიზიო მაუწყებლობა) გამოყოფილია შემდეგი სიხშირული დიაპაზონები:

ა) მეტრულ დიაპაზონში – 12 არხი
- 1-2 არხი (48,5 – 66) მგჰც;
- 3-5 არხი (76 – 100) მგჰც;
- 6-12 არხი (174 – 230) მგჰც;

ბ) დეციმეტრულ დიაპაზონში
- 21-34 არხი (470 – 582) მგჰც;
- 35-82 არხი (582 - 960) მგჰც.

მეორე და მესამე არხებს შორის არსებულ (66 - 73) მგჰც დიაპაზონში გათვალისწინებულია ულტრამოკლე ტალღური დიაპაზონის რადიოსამაუწყებლო სამსახურის ორგანიზაცია.

გარკვეული შეუსაბამობაა (88 - 100) მგჰც სიხშირულ დიაპაზონში. ეს დიაპაზონი მიკუთვნებული აქვს FM მაუწყებლობას (88 ÷ 108 მგჰც). მაგრამ, რადგან აქ მე-3 – მე-5 სატელევიზიო არხების სიხშირული სპექტრებია განლაგებული, საქართველოში ამ დიაპაზონში FM გადაცემები არ მიმდინარეობს.

სატელევიზიო პროგრამების გავრცელება ხდება საკაბელო ქსელების საშუალებითაც. აქ გამოიყენება სიგნალები 1-12 არხის შესაბამისი სიხშირეებით. დასაშვებია აგრეთვე სიხშირული დიაპაზონების 110–174 და 230–300 მგჰც-ის გამოყენება, რაც დამატებით 16 სატელევიზიო არხის ორგანიზაციას უზრუნველყოფს.

13. რადიომაუწყებლობა

რადიომაუწყებლობის დანიშნულებაა აუდიო (ბგერითი) ინფორმაციის (სიგნალების) მიწოდება რადიოტალღების საშუალებით წყაროდან – მომხმარებლამდე.

რადიომაუწყებლობის სისტემები პირობითად შეიძლება დაყოფილი იქნას სამ კლასად:

1) სისტემები ამპლიტუდური მოდულაციით. ეს სისტემები გამოიყენება მაუწყებლობისათვის გრძელი, საშუალო და მოკლე ტალღების დიაპაზონში ($f < 30$ მგჰც, $\lambda > 10$ მ).
2) სისტემები სიხშირული მოდულაციით. გამოიყენება მეტრული და ულტრამოკლე ტალღების დიაპაზონში ($f = 30 \div 300$ მგჰც, $\lambda = 10 \div 1$ მ).
3) სისტემები უშუალოდ თანამგზავრებიდან მაუწყებლობით. ისინი მუშაობენ ზემაღალი სიხშირეების დიაპაზონში.

რადიომაუწყებლობის დროს გადასაცემი აუდიო სიგნალები მოდულაციის საშუალებით იცვლიან დაკავებულ სიხშირულ სპექტრს და გადადიან იმ სიხშირულ სპექტრში, რომელიც განკუთვნილია მაუწყებლობისათვის. მოდულაციის შედეგად საწყისი სიგნალის სიხშირული სპექტრის სიგანე იზრდება ორჯერ, რადგან წარმოიქმნება ზედა და ქვედა სიხშირული ზოლები. გადაცემული სიგნალის ხარისხის შესაბამისად აუდიო სიგნალების საწყისი სიხშირული სპექტრი შეიძლება იჭერდეს სიხშირული ზოლს $\Delta f = 4{,}5$ კჰც (საშუალო ხარისხი), $\Delta f = 10$ კჰც (მაღალი ხარისხი) და $\Delta f > 15$ კჰც (უმაღლესი ხარისხი). შესაბამისად ამპლიტუდური მოდულაციის დროს რადიომაუწყებლობის სიგნალების მიერ დაკავებული სიგნალების სიხშირული ზოლის სიგანეა $2\Delta f$ ე.ი. 9 კჰც, 20 კჰც და $30 \div 40$ კჰც შესაბამისად საშუალო, მაღალი და უმაღლესი კლასის გადაცემისათვის. სიხშირული მოდულაციის შემთხვევაში დაკავებული სიხშირული ზოლის სიგანე კიდევ უფრო დიდია.

რადიომაუწყებლობის სისტემები ამპლიტუდური მოდულაციით გამოირჩევა გადაცემული სიგნალის (მიღებული სიგნალის) დაბალი ხარისხით. სიგნალებზე მოქმედებენ ხელშეშლები სხვა რადიოსადგურებიდან და ინდუსტრიული ხელშეშლები. აღსანიშნავია, რომ გრძელ, საშუალო და მოკლე ტალღებზე რადიომაუწყებლობისათვის განკუთვნილი სიხშირეთა დიაპაზონი შეზღუდულია, რაც ზღუდავს გადასაცემი პროგრამების რაოდენობას.

სიხშირული მოდულაციის რადიომაუწყებლობის სისტემებში შესაძლებელია გადაცემის (მიღების) მაღალი ხარისხის უზრუნველყოფა და ასეთი სისტემები

ნაკლებად განიცდიან გარე ხელშეშლების ზემოქმედებას. შესაძლებელია სტერეოფონური და კვადრაფონული გადაცემების უზრუნველყოფაც. ძირითად სიხშირულ დიაპაზონებს, რომლებშიც მიმდინარეობს რადიომაუწყებლობა სიხშირული მოდულაციით, წარმოადგენენ ულტრამოკლე ტალღების დიაპაზონები (66 - 74 მგჰც) და ე.წ. FM დიაპაზონი 88 - 108 მგჰც. საქართველოში გამოიყენება ამ ბოლო დიაპაზონის ნაწილი – 100-108 მგჰც, რადგან სიხშირული ზოლი 100-108 მგჰც დაკავებული აქვს 4-5 სატელევიზიო არხს.

ციფრული ტექნიკის განვითარებამ თავისი შედეგი გამოიღო რადიომაუწყებლობაშიც. გასული საუკუნის 70-80-იანი წლებიდან დაიწყო ციფრული რადიოსამაუწყებლო სისტემების შექმნა. ასეთი სისტემების უპირატესობებია:

ა) შესაძლებელია მაღალი ხარისხის უზრუნველყოფა;

ბ) ოპერატიულად იცვლება გადასაცემი მრავალპროგრამიანი სამაუწყებლო სიგნალების პარამეტრები;

გ) შესაძლებლობა კომპიუტერულ სისტემებთან ინტეგრაციისა;

დ) ერთსიხშირიანი ქსელის შექმნა ქვეყნის მთელ ტერიტორიაზე, რაც მომხმარებელს უადვილებს მიმღების ექსპლუატაციას, განსაკუთრებით მოძრავი მიმღების შემთხვევაში (არ არის საჭირო განუწყვეტლივ გადაწყობილი იქნას რადიომიმღების სიხშირე მოძრაობის დროს);

ე) GPS (გლობალური პოზიციონერობის სისტემა) - თან ინტეგრაციის შესაძლებლობა, რაც საშუალებას იძლევა განხორციელებული იქნას მომსახურების ახალი სახეები (მაგალითად, ავტომანქანის ან სხვა ობიექტის დაცვა გატაცებისაგან მოძრავი სატრანსპორტო საშუალებების რადიოგაცილება);

ვ) მიმღები მოწყობილობების მასიური წარმოების ორგანიზაცია თანამედროვე ციფრული სქემოტექნიკის გამოყენებით, რაც უზრუნველყოფს მაღალ ხარისხს და შედარებით სიიაფეს;

მომსახურების ახალი სახეები, რომლებიც შესაძლებელია ციფრული რადიომაუწყებლობის პირობებში, შემდეგია:

ა) ინდივიდუალური შეტყობინებების მიღების შესაძლებლობა;

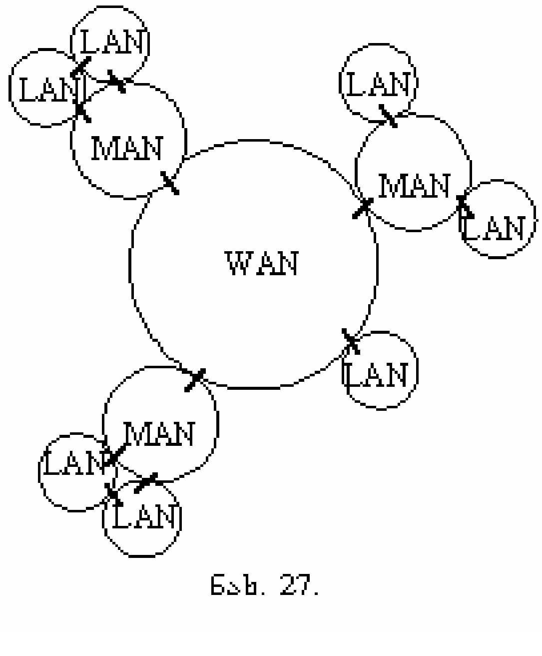
ბ) სხვადასხვა პროგრამების დაპროგრამება ხმის სიმაღლის, სტერეო მონოს რეჟიმის და სხვ. მიხედვით;

გ) დამატებითი ინფორმაციის მიღება მიმღების ეკრანზე (მაგ. მორბენალი სტრიქონი) და სხვ.

თანამგზავრებიდან უშუალო მაუწყებლობის ორგანიზაციისათვის დღეისათვის ყველაზე მისაღებ პროექტს წარმოადგენს World Space, რომლის მოქმედების ზონაში ცხოვრობს მსოფლიოს მოსახლეობის 4 მილიარდი ადამიანი. ამ პროექტით შესაძლებელია DSB-ს (ციფრული სატელიტური მაუწყებლობა) ორგანიზაცია 100 პროგრამაზე უშუალოდ თანამგზავრებიდან.

14. კომპიუტერული ქსელების აგების პრინციპები

კომპიუტერების შექმნის დღიდანვე დაისვა საკითხი სხვადასხვა კომპიუტერის ურთიერთდაკავშირებისა, ანუ მონაცემების განაწილებული დამუშავებისა სხვადასხვა კომპიუტერის მიერ და შედეგების ურთიერთმიმოცვლისა. ხშირ შემთხვევებში, განსაკუთრებით დიდ მანძილებზე კომპიუტერების ურთიერთკავშირის დროს, გამოიყენება არსებული სატელეკომუნიკაციო სისტემები, მაგრამ ზოგჯერ იქმნება სპეციალური ქსელები. განაწილებული კომპიუტერული ქსელის არქიტექტურა მოყვანილია ნახაზზე 27.



ნახ. 27.

ქსელის არქიტექტურა მოიცავს სამ დონეს:

1) ლოკალური ქსელები LAN (Local Area Networks);
2) საქალაქო ქსელები, მეტროპოლიის ქსელები MAN (Metropolitan Area Networks);
3) გლობალური ქსელები WAN (Wide Area Networks).

LAN ქსელები – აიგება მცირე ტერიტორიაზე, ერთ შენობაში ან ერთმანეთთან ახლოს განლაგებულ შენობებში. ქსელის მანძილი შეადგენს 1÷40 კმ.

MAN ქსელები – გამოიყენება LAN ქსელების გაერთიანებისათვის ქალაქის მასშტაბით. MAN ქსელების მანძილი შეადგენს 100÷200 კმ.

WAN ქსელები – აერთიანებს ტერიტორიულად ერთმანეთისაგან დაშორებულ MAN და LAN ქსელებს და მოიცავენ პრაქტიკულად მსოფლიოს ყველა ქვეყნებს.

14.1. LAN ქსელები

ამჟამად LAN ქსელები აიგება 10 მბიტ სისწრაფის Ethernet ტექნოლოგიით და გამოიყენებენ შემდეგ შემაერთებელ სისტემებს:

1) ქსელები წვრილი კოაქსიალური კაბელებით;
2) ქსელები კონცენტრატორების გამოყენებით;
3) ქსელები კომუტატორების გამოყენებით.

ქსელებში კოაქსიალური კაბელებით ორგანიზებულია სეგმენტები. სეგმენტის სიგრძე 180 მეტრამდეა. სეგმენტებში კომპიუტერების რაოდენობა არ აღემატება 30, სულ ქსელში შეიძლება 30-მდე კომპიუტერის გაერთიანება. ქსელის დადებითი მხარეა შედარებითი სიიაფე, მაგრამ სისწრაფე 10 მბიტ/წმ მცირეა, განსაკუთრებით დიდი რაოდენობის კომპიუტერების გამოყენების შემთხვევაში.

ქსელებში კონცენტრატორების გამოყენებით შემაერთებლად აიღება ან გამტარების ხვეული წყვილი, ან ოპტიკურ-ბოჭკოვანი კაბელი. ასეთი ქსელების დასახელებებია შესაბამისად 10 Base T და 10 Base FL. ასეთ ქსელებში მანძილი კომპიუტერამდე შეადგენს 100 მ-ს – ხვეული წყვილის შემთხვევაში და 2 კმ-ს – ოპტიკური კაბელის შემთხვევაში.

ქსელები კომუტატორების გამოყენებით იძლევა თითოეული კომპიუტერისათვის 10 მბიტ/წმ სისწრაფეს, რაც შეუძლებელია კოაქსიალური კაბელებისა და კონცენტრატორების შემთხვევაში. შესაძლებელია ვირტუალური ქსელების შექმნა, კადრების მიმოცვლის ორგანიზაცია და სხვ. ქსელებს კომუტატორებით გააჩნიათ შესამჩნევი უპირატესობები სხვა ქსელებთან შედარებით, მაგრამ ამავე დროს გამოირჩევიან აგების სიძვირით.

ამჟამად ფართო ფრონტით მიმდინარეობს 10 მბიტ-იანი ქსელების შეცვლა უფრო სწრაფი 100 მბიტ-იანი ქსელებით. ქსელები ასეთი სისწრაფეებით იწოდებიან FAST Ethernet ან 100VG - AnyLan. გამოყენებული კაბელების მიხედვით 100 BaseT - ხვეული წყვილის შემთხვევაში და 100 Base FL - ოპტიკური კაბელის შემთხვევაში. მანძილი კომპიუტერიდან კონცენტრატორამდე ასეთ ქსელებში არ აღემატება 100 მ-ს – ხვეული წყვილის დროს და 1 კმ-ს – ოპტიკური კაბელის გამოყენების დროს.

14.2. MAN ქსელები

MAN ქსელების აგებისათვის გამოიყენება ძირითადად ორი ტექნოლოგია: 1) FDDI (Filer Distributed Data Interface) – მონაცემების განაწილების ოპტიკურ-ბოჭკოვანი ინტერფეისი და 2) ATM (Asynchronous Transfer Mode) - გადაცემის ასინქრონული რეჟიმი.

FDDI - ს გამოყენების დროს ერთმოდიანი ოპტიკური კაბელის შემთხვევაში ქსელის მაქსიმალური მანძილი შეადგენს 100 კმ-ს, მრავალმოდიანი კაბელის დროს კი – 20 კმ-ს. ქსელში შესაძლებელია 500-მდე კომპიუტერის ჩართვა. ქსელი მუშაობს წრიული (ToKen Ring) მეთოდით. ქსელში მონაცემების მიმოცვლა ხდება 100 მბიტ/წმ სისწრაფით (დუპლექსური რეჟიმის დროს - 200 მბიტ/წმ სისწრაფით).

ATM ტექნოლოგია საშუალებას იძლევა ქსელში გარდა მონაცემების გადაცემისა, მომხმარებელს შევთავაზოთ სხვა სახის მომსახურებებიც, მაგალითად: კომპიუტერული ვიდეოკონფერენციების გამართვა, რეალურ დროში შერეული ინფორმაციის გადაცემა (ტექსტი, ბგერა და ვიდეო გამოსახულება), სატელევიზიო სიგნალების გადაცემა, ლოკალური ქსელების გაერთიანება სატელეკომუნიკაციო ქსელებთან. ATM ქსელები აიგება ATM კომუტატორების გამოყენებით. გადაცემის სისწრაფე ასეთ ქსელებში (ინფორმაციის მიმოცვლის სისწრაფე LAN ქსელებს შორის) იცვლება დიდ ფარგლებში 2 მბიტ/წმ-დან 622 მბიტ/წმ-მდე. ATM ქსელების ძირითად უპირეტესობას FDDI ტექნოლოგიასთან შედარებით წარმოადგენს სატელეკომუნიკაციო სისტემების გამტარუნარიანობის დინამიური გადაწყობის შესაძლებლობა ქსელის მოთხოვნის შესაბამისად, რაც განაპირობებს ამ ქსელების (ATM ტექნოლოგიის) უპირატეს გამოყენებას MAN ქსელებში.

14.3. WAN ქსელები

WAN ქსელების აგების დროს გამოიყენება ტექნოლოგიები X.25 და Frame Relay. ეს ტექნოლოგიები დაფუძნებულია პაკეტურ კომუტაციაზე, რაც გამოყენებული სატელეკომუნიკაციო სისტემების ეფექტურობის მნიშვნელოვან გაზრდას უზრუნველყოფს. Frame Relay ტექნოლოგია X.25-ტექნოლოგიასთან შედარებით გაუმჯობესებული ტექნოლოგიაა და იძლევა შემდეგ მნიშვნელოვან უპირატესობებს:

ა) მონაცემების გადაცემის გარანტირებული სისწრაფე;

ბ) გადაცემული მონაცემების მოცულობის გარანტირებული სიდიდე;

გ) დამატებითი მოცულობის მონაცემების გადაცემა გარკვეულ, წინასწარ დათქმულ დროში;

დ) მონაცემების გადაცემა წინასწარ დასახული სიზუსტით (შეცდომის ალბათობის უზრუნველყოფა).

15. ციფრული სატელეკომუნიკაციო სისტემების აგების იერარქიული პრინციპი

სატელეკომუნიკაციო ქსელის სტრუქტურაში აუცილებელია ინფორმაციის ნაკადების გაერთიანება – დაყოფის ოპერაციების განხორციელება, ამიტომ ქსელში გამოყენებული სისტემები აიგება იერარქიული პრინციპით.

ყველაზე დაბალი სისწრაფის ციფრულ არხს წარმოადგენს ძირითადი ციფრულ არხი გადაცემის სისწრაფით 64 კბიტ/წმ. არხები ერთიანდება და დაიყოფა დროითი დაყოფის პრინციპით. გაერთიანების პირველ ეტაპზე ევროპული სტანდარტით ერთიანდება 30 ძირითადი არხი – მიიღება ერთიანი ციფრული ნაკადი სისწრაფით: 32 × 64 = 2048 კბიტ/წმ. აქ აღებულია 32 ციფრული არხი, რომელთაგან 30 სასარგებლო ინფორმაციისათვის არის განსაზღვრული, 2 არხი კი სისტემის მუშაობისათვის აუცილებელი სასამსახურო და სიგნალიზაციის ინფორმაციის გადაცემისათვის გამოიყენება. ამ ჯგუფურ ნაკადს აღნიშნავენ – E1. ჩრდილოეთ ამერიკაში და იაპონიაში მიღებულია 24 ძირითადი არხის გაერთიანება, მიიღება ჯგუფური ნაკადი 1544 კბიტ/წმ, რომელსაც აღნიშნავენ – T1-ით.

იერარქიის შემდეგ ეტაპებზე ხდება 4-4 ნაკადის მულტიპლექსირება (გაერთიანება). გაერთიანების სქემა მოყვანილია ცხრილში

	სისწრაფე, კბიტ/წმ	აღნიშვნა	აღნიშვნა
ძირითადი ციფრული არხი	64	E 0	-
30 - არხიანი ნაკადი	2048	E 1	2 M
120 - არხიანი ნაკადი	8448	E 2	8 M
480 - არხიანი ნაკადი	34,368	E 3	34 M
1970 - არხიანი ნაკადი	139 264	E 4	140 M
7680 - არხიანი ნაკადი	565 148	E 5	565 M

15.1. სინქრონული ციფრული იერარქია

თანამედროვე ციფრული სატელეკომუნიკაციო ქსელების აგების დროს გამოიყენება სინქრონული ციფრული იერარქია SDH (Synchronous Digital Hierarchy).

მას გააჩნია არსებითი დადებითი უპირატესობები ადრე არსებულ სისტემებთან შედარებით და ეს უპირატესობები საშუალებას იძლევიან სრულად იქნას რეალიზებული ოპტიკურ-ბოჭკოვანი და რადიოსარელეო ხაზების შესაძლებლობები, შეიქმნას მოქნილი, საიმედო და ექსპლუატაციისათვის მოსახერხებელი ქსელები, რომლებიც უზრუნველყოფენ კავშირის გარანტირებულ მაღალ ხარისხს. SDH სისტემები უზრუნველყოფენ გადაცემის სისწრაფეს 155 მბიტ/წმ და ზევით და ტრანსპორტირებას უკეთებენ როგორც არსებული ციფრული სისტემებით შექმნილ ნაკადებს, ასევე პერსპექტიული მომსახურების ციფრულ ნაკადებს, მაგალითად ფართოზოლოვანი სისტემების ნაკადებს (BISDN ტექნოლოგიები).

SDH – სისტემებში სატელეკომუნიკაციო ტრაქტებით გადასაცემი ციფრული სიგნალები ორგანიზდებიან სინქრონული სატრანსპორტო მოდულების (Synchronous Transport Module – STM) სახით. პირველი მოდული შეესაბამება სისწრაფეს 155 მბიტ/წმ, შემდეგი მოდულები იქმნებიან წინა მოდულების 4-ჯერადი მულტიპლექსირებით შემდეგი ცხრილის შესაბამისად:

დონე	მოდული	სისწრაფე
1	STM -1	155 მბიტ/წმ
4	STM - 4	622 მბიტ/წმ
16	STM - 16	2,5 გბიტ/წმ
64	STM - 64	10 გბიტ/წმ

16. ტელეკომუნიკაციების განვითარების ზოგადი ტენდენციები

თანამედროვე მსოფლიო ცხოვრობს ე.წ. ინფორმაციული რევოლუციის პირობებში, რომლის მიზანია გლობალური ინფორმაციული საზოგადოების შექმნა. გლობალური ინფორმაციული საზოგადოების შექმნის ტექნიკურ ბაზას წარმოადგენს გლობალური ინფორმაციული ინფრასტრუქტურა. ამ ინფრასტრუქტურაში ძირითადი ადგილი უკავია გლობალურ ციფრულ სატელეკომუნიკაციო ქსელს, რომლის შექმნაზეც ძირფესვიანადაა დამოკიდებული ინფორმაციული საზოგადოების შემდგომი განვითარება.

ინფორმაციულ-ტელეკომუნიკაციური სტრუქტურა – შემოკლებით ინფოკომუნიკაცია საზოგადოების განვითარების ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს ფაქტორს წარმოადგენს. ინფოკომუნიკაციების განვითარების, მისი დღევანდელი

დონის შეფასებისათვის მრავალი კრიტერიუმი გამოიყენება. მათგან მნიშვნელოვანია რამოდენიმე:

1) ქვეყნის ერთიან (სრულ) ეროვნულ შემოსავალში ინფოკომუნიკაციების ხვედრითი წილი;
2) სატელეფონო სიმკვრივე (100 სულ მოსახლეზე ტელეფონების რაოდენობა).

1997 წლის მონაცემებით მსოფლიოს ერთიანი ეროვნული შემოსავალი (ეეშ) შეადგენდა 29 ტრილიონ დოლარს. აქედან 6,4 % ანუ 1,8 ტრილიონი დოლარი მოდიოდა ინფოკომუნიკაციებზე. დღეისათვის ინფოკომუნიკაციების ხვედრითი წილი კიდევ უფრო გაიზარდა და 2004 წლის დასაწყისისათვის შეადგინა ≈ 10%. მათ შორის სუფთა ტელეკომუნიკაციების წილი 6,1 %-ს შეადგენს. ეს მაჩვენებელი ყველა სხვა დარგის მაჩვენებელთან შედარებით გაცილებით მაღალია, რაც მიუთითებს ინფოკომუნიკაციების განვითარების მზარდ ტემპებზე.

მეორე მაჩვენებელი - სატელეფონო სიმკვრივე მსოფლიოში ასე გამოიყურება (2000 წლის მონაცემებით).

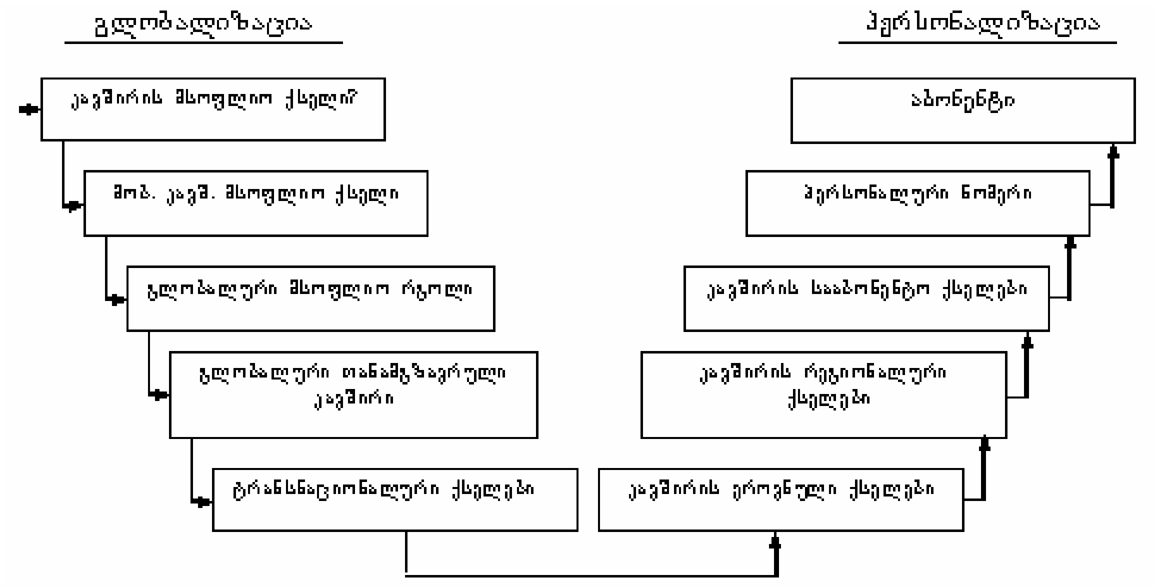
ქვეყანა	ტელეფონების რ-ბა, მილიონი	სატელეფონო სიმკვრივე
მსოფლიო მთლიანად	913	15,2
აშშ	194	71
ჩინეთი	107	8,4
იაპონია	69	55
გერმანია	49	59
საფრანგეთი	34	58
ინგლისი	33	57
რუსეთი	30	21
იტალია	25	45
ინდოეთი	25	2,5
ბრაზილია	25	15

ამჟამად სატელეფონო სიმკვრივე უფრო მაღალია, ვიდრე ცხრილშია მოყვანილი, განსაკუთრებით მობილური კავშირის სისტემების განვითარების ხარჯზე. დღეისათვის მიღებულია, რომ მსოფლიოში სტაციონალური და მობილური ტელეფონების რიცხვი ერთმანეთს გაუტოლდა, ამიტომ ცხრილში მოყვანილი სატელეფონო სიმკვრივეს დღევანდელი სიმკვრივე 2-ჯერ აღემატება.

ინფოკომუნიკაციების განვითარების ანალიზისათვის საჭიროა სხვა სახის (გარდა ტელეფონიისა) სატელეკომუნიკაციო საშუალებებისა და ინფორმაციული ტექნოლოგიების განვითარების ანალიზი. ცხრილში მოყვანილია ეს მონაცემები მსოფლიო მასშტაბით 2000 წლისათვის. ცხადია, ეს მონაცემები დღეისათვის გაცილებით მაღალია.

პარამეტრი	მნიშვნელობა
ტელეფონების რიცხვი	913 მილიონი
სატელეფონო სიმკვრივე	15,2
ტელევიზორების რიცხვი	1518 მილიონი
სატელევიზიო სიმკვრივე	25,3
კომპიუტერების რიცხვი	426 მილიონი
კომპიუტერული სიმკვრივე	7,1
მობილური ტელეფონების რ-ბა	300 მილიონი
სიმკვრივე	5,5
ინტერნეტის მომხმარებელთა რ-ბა	72 მილიონი
სიმკვრივე	1,2

ტელეკომუნიკაციების განვითარებაში ამჟამად გამოიხატება ორი ტენდენცია – გლობალიზაცია მსოფლიო მასშტაბით და პერსონალიზაცია აბონენტის მიმართ (ნახ. 28).



ნახ. 28

გლობალიზაციის ქვეშ იგულისხმება მსოფლიო ერთიანი ტელეკომუნიკაციური ქსელის შექმნა ციფრული მეთოდებით. ეს ქსელი მოიცავს როგორც მობილურ, ასევე სტაციონალურ ქსელებს თანამგზავრული, ტრანსკონტინენტური და სხვა, სატელეკომუნიკაციო სისტემების გამოყენებით.

პერსონალიზაციის ქვეშ იგულისხმება ქსელში ისეთი მომსახურების უზრუნველყოფა, როდესაც აბონენტს მინიჭებული აქვს ერთიანი მსოფლიო ნომერი (სატელეფონო) და ეს ნომერი მას მომსახურებას უწევს მთელი მსოფლიო მასშტაბით. ეს ეხება როგორც მობილურ, ასევე სტაციონალურ ტელეფონებს. თუ მობილური კავშირების შემთხვევაში ეს როუმინგით ხორციელდება, სტაციონალური ტელეფონების შემთხვევაში პერსონალიზაცია ხდება ქსელის პროგრამული უზრუნველყოფით (ცხადია, ეს შესაძლებელია ქსელში, სადაც ყველა საკომუტაციო სისტემა ციფრულია).

ტელეკომუნიკაციების განვითარება ზოგადად მისი ცალკეული კომპონენტების განვითარებას გულისხმობს. ესენია: სტაციონალური ციფრული კავშირი (კავშირის ციფრირება), მობილური კავშირის ახალი თაობების წარმოქმნა (მე-3, მე-4 და მე-5 თაობის სისტემები), ოპტიკურ-ბოჭკოვანი ტექნოლოგიების განვითარება, ინტერნეტის ქსელის შემდგომი განვითარება, კერძოდ ინტერნეტ 2–ის ორგანიზაცია, სააბონენტო მიღწევის საფეხურზე xDSL ტექნოლოგიების დანერგვა. ამ ყველა ტექნოლოგიის განვითარებას საფუძვლად უდევს თანამედროვე მიკროელექტრონიკის მიღწევები და პერსპექტივები, რომლებიც მოყვანილია ცხრილის სახით:

მახასიათებელი	პროდუქციის გამოშვების წელი					
	1999	2002	2005	2008	2011	2015
ტრანზისტორის ზომა, მკმ	0,18	0,13	0,1	0,07	0,05	0,035
მიკროსქემაში ტრანზისტორების რაოდენობა, მილიონი (სტანდარტული/მაღალეფექტური)	24/110	24/110	24/110	24/110	24/110	24/110
პროცესორის სატაქტო სიხშირე, გჰც	1,2	1,6	2,5	2,5	3,0	3,6
სამონტაჟო ფირფიტების რაოდენობა ერთდროულად	6-7	7-8	8-9	9	9-10	10

ამ მონაცემებით უკვე 2008 წლისათვის ერთ მიკროსქემაში შესაძლებელია 10 მილიარდი ტრანზისტორის განლაგება, რაც შესაბამისად გაზრდის მის ფუნქციურ შესაძლებლობებს და შემდგომ მინიატურიზაციას გაუკეთებს სატელეკომუნიკაციო მოწყობილობებს.

17. ტელეკომუნიკაციის ქსელებისა და კომუტაციის სისტემების აგების პრინციპები

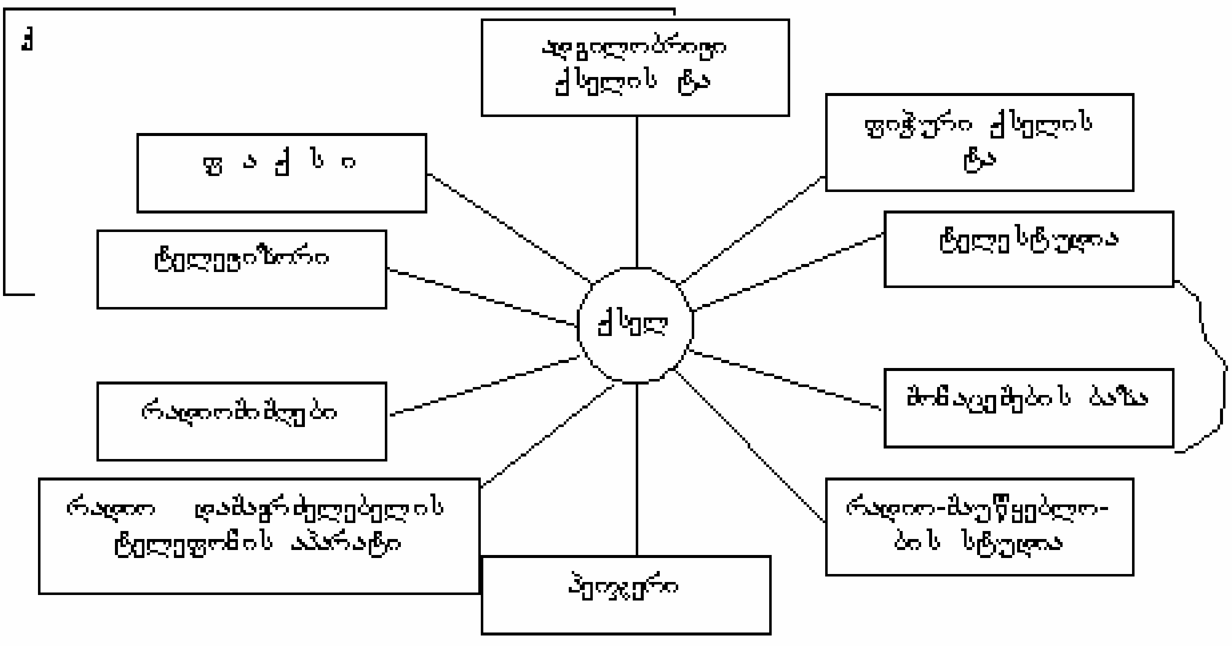
17.1. ტელეკომუნიკაციის ქსელები და სააბონენტო ტერმინალები

ელექტროკავშირის ქსელი წარმოადგენს ტექნიკურ საშუალებათა კომპლექსს, რომელიც უზრუნველყოფს ნებისმიერი სახის ინფორმაციის (სამეტყველო, უძრავი და მოძრავი გამოსახულება, დოკუმენტი და ა.შ.) გადატანას ელექტრომაგნიტური სიგნალების ან ამ სიგნალების გავრცელების სხვადასხვა გარემოს გამოყენებით (ნახ. 29).

ელექტროკავშირის ქსელი ასრულებს ორ ძირითად ფუნქციას: ქსელთან შეღწევას (მიერთებას) და კომუტაციას (შეერთების დამყარებას მომხმარებლებს შორის). ქსელთან მიერთებას უზრუნველყოფს დამაბოლოებელი ტექნიკური მოწყობილობა (ტერმინალი), რომელიც განთავსდება უშუალოდ მომხმარებელთან. შეერთების დამყარება და ინფორმაციის გადაცემა განისაზღვრება სპეციალური წესებით, რომლებიც თავმოყრილია ურთიერთქმედების ე.წ. პროტოკოლებში.

ელექტროკავშირის ძირითადი სახეებია: ტელეგრაფი, ტელეფონი, რადიოკავშირი, ტელეხედვა, მონაცემების გადაცემა, ინტერნეტის ქსელი.

გადაცემის ციფრული სისტემებისა და ციფრული კომუტაციის გამოყენებით შესაძლებელი გახდა ინტეგრალური ქსელების შექმნის შესაძლებლობა.



ნახ. 29. დამაბოლოებელი ტექნიკური საშუალებები.

ტელეკომუნიკაციის ქსელების ფართო მოდერნიზაციამ და დამაბოლოებელი მოწყობილობების დიდმა ნაირსახეობამ წარმოშვა საერთო სარგებლობის ქსელთან მათი მიერთების პრობლემები.

ტელეკომუნიკაციის ქსელების მიერ აბონენტებისათვის გაწეული მომსახურება პირობითად შეიძლება დავყოთ ორ კატეგორიად: ლაპარაკის გადაცემა და მონაცემების გადაცემა.

ლაპარაკის გადაცემისას აბონენტს გამოეყოფა არხი ანალოგური დაბოლოებით რომელთანაც მიერთებულია ჩვეულებრივი ტელეფონის აპარატი (ტა), მოდემი ან ფაქსიმილური აპარატი. მონაცემების გადაცემა წარმოებს ციფრული არხების მიერთებით ქსელთან.

ახალი თაობის ტელეფონის სადგურები აგებულია არხების დროითი დაყოფითა (ციფრული კომუტაცია) და ინფორმაციის გადაცემის ციფრული მეთოდით. მაგრამ აბონენტის ხაზი კვლავ რჩება ანალოგური. ეს აიხსნება იმით, რომ აბონენტების ტა-ების უმრავლესობას არ გააჩნია ანალოგურ-ციფრული და ციფრულ-ანალოგური გარდამქმნელი მოწყობილობები.

„ციფრული აბონენტის ხაზის“ (DSL – Digital Subscriber Lines) ცნება დაკავშირებულია ე.წ. **ISDN** ქსელების გაჩენასთან, რომლის აგების არსი ჩვეულებრივი კომუტირებადი სატელეფონო ქსელის აგების ანალოგიურია. ასეთი ქსელის აბონენტთან მიყვანილია არა ანალოგური არხი, არამედ ციფრული არხი გადაცემის სიჩქარეებით 64-დან 144-მდე კბიტ/წამში. **ISDN** ტექნოლოგიისათვის დამუშავებული იქნა მოწყობილობა, რომელიც უზრუნველყოფს 64, 128 და 2048 კბიტ/წმ სიჩქარეების ინფორმაციის ნაკადების ტრანსლირებას.

თუ სააბონენტო ხაზი ციფრულია, მაშინ მონაცემების გაცვლისათვის ქსელსა და დამაბოლოებელ მოწყობილობას შორის არაა საჭირო ციფრული სიგნალების გარდაქმნა ანალოგურში და, შესაბამისად, არც მოდემია აუცილებელი.

17.2. სატელეფონო ქსელის არსებული ტექნოლოგიების აღწერა

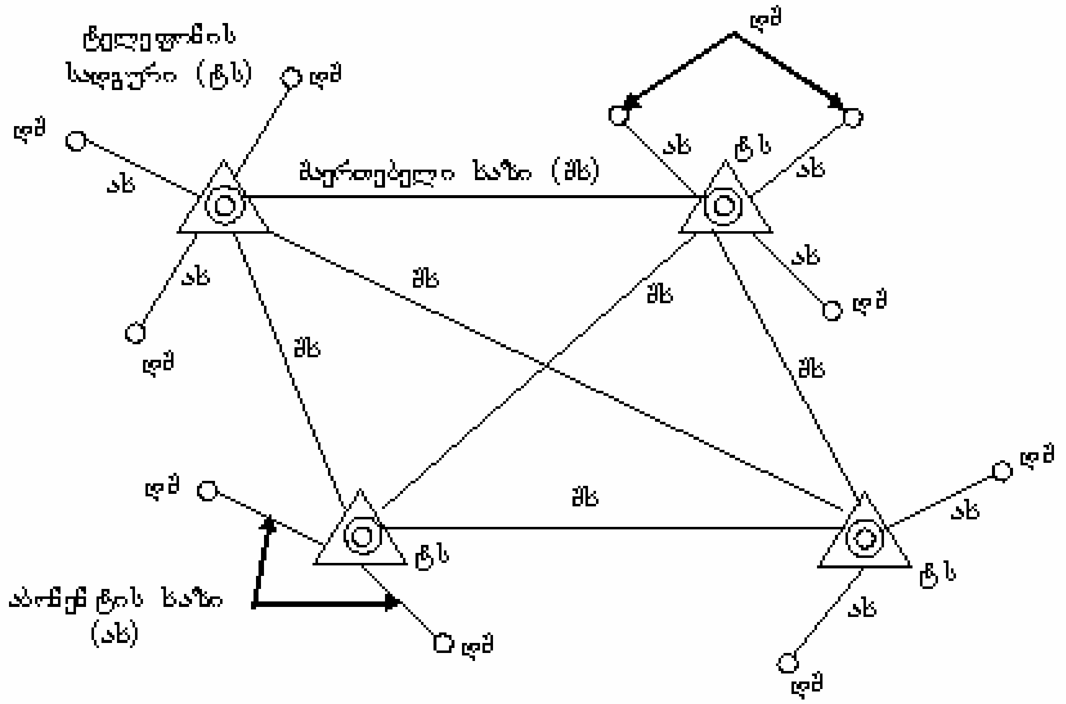
სატელეფონო ქსელი შეიცავს ავტომატური ტელეფონის სადგურებს (ატს), რომლებთანაც მიერთებულია აბონენტის დამაბოლოებელი მოწყობილობები (დმ), სატელეფონო კვანძებს (სკ), რომელთა გავლითაც ხორციელდება სადგურთშორისი შეერთებები, და კავშირგაბმულობის ხაზებს. ხაზები, რომლითაც დამაბოლოებელი მოწყობილობები მიერთებულია ტელეფონის სადგურთან, იწოდებიან აბონენტის ხაზებად, ხოლო სადგურების დამაკავშირებელი ხაზები-მაერთებელ ხაზებად (ნახ. 30).

სატელეფონო ქსელები 8000 ნომერზე მეტი ტევადობით აიგება დარაიონებული ქსელის სქემით, რომლის სატელეფონო სადგურების ურთიერთკავშირი შეიძლება განხორციელდეს სხვადასხვა პრინციპით ქსელის ტევადობის, ქალაქის ტერიტორიის სიდიდისა და ფორმის, სატელეფონო კავშირის ნაკადთა განაწილების, სადგურის სისტემისა და ქსელის სხვა მახასიათებლების მიხედვით. 80000 ნომრამდე ტევადობის ქსელში ეკონომიურად მიზანშეწონილია სადგურების ურთიერთშორის შეერთება პრინციპით „თითოეული თითოეულთან“.

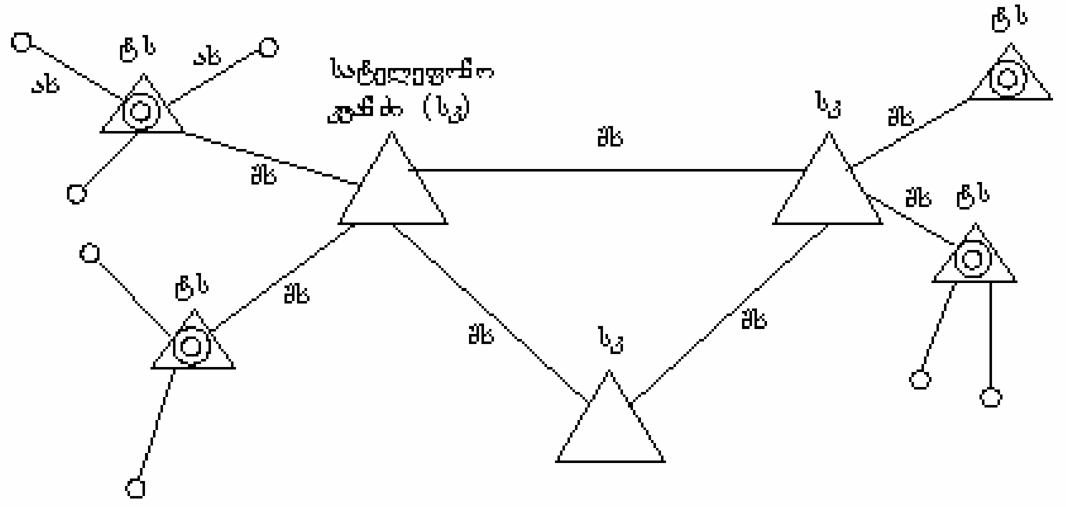
ასეთი, შედარებით მცირე, ტევადობის (80000 ნომრამდე) დარაიონებული ქალაქის ტელეფონის ქსელის აგებისას ძირითადი ყურადღება მიმართულია აბონენტის ხაზების ღირებულების შემცირებისაკენ, რამდენადაც მაერთებელი ხაზების ხვედრითი წონა ქსელის სახაზო ნაგებობათა საერთო მოცულობაში ჩვეულებრივ მცირეა.

დიდი ტევადობის ტელეფონის ქსელის აგება უნდა ხდებოდეს მაერთებელი ხაზების ეკონომიურობის გათვალისწინებით. ასეთ ქსელში კაპიტალურ დაბანდებათა ნაწილი მაერთებელი ხაზების აგებისათვის დიდია და ძალიან დიდ ქსელებში აღემატება აბონენტის ხაზების კაპიტალურ დაბანდებათა წილს.

მაერთებელი ხაზების სახაზო ნაგებობათა ღირებულების შემცირება შეიძლება, პირველ ყოვლისა, მაერთებელი ხაზების გამოყენების ეფექტუროქის ამაღლების გზით მათი კონების გამსხვილების ხარჯზე. მაერთებელი ხაზების კონების გამსხვილებისათვის საჭიროა სატელეფონო კავშირის ცალკეული პატარა ნაკადები თითოეული მიმართულებით გაერთიანებულ იქნას მსხვილ ნაკადად ქსელის საკვანძო სისტემით აგების გზით (ნახ. 31).



ნახ. 30. დარაიონირებული ქსელის აგება კვანძწარმოქმნის გარეშე.



ნახ. 31. დარაიონირებული ქსელის აგება კვანძწარმოქმნით.

დარაიონებული ქალაქის სატელეფონო ქსელის აგებისას თითოეულ შემთხვევაში კონკრეტული პირობების მიხედვით შეიძლება გამოყენებულ იქნას შემავალი ან გამავალი კავშირის კვანძები და აგრეთვე ერთდროულად ერთიც და მეორეც.

17.3. სააბონენტო შეღწევის ქსელების აგების ზოგადი პრინციპები

ტელეკომუნიკაციის ქსელებისა და სამსახურების განვითარება დაკავშირებულია ატს-ების რეკონსტრუქციასა და გადაცემის ანალოგური სისტემების ციფრულით შეცვლასთან. არსებული სატელეფონო ქსელების რეკონსტრუქცია-განვითარება უნდა ხორციელდებოდეს კავშირგაბმულობის საერთაშორისო კავშირის ნორმებისა და რეკომენდაციების საფუძველზე, ხოლო ქსელების ტექნიკური საშუალებები აკმაყოფილებდეს საერთაშორისო და საქართველოს სტანდარტებს.

საქართველოს ელექტროკავშირის განვითარების გეგმით, ახლო მომავალში, გათვალისწინებულია ახალი ციფრული საკომუტაციო სადგურების მშენებლობა და მოძველებული დეკადურ-ბიჯური და კოორდინატული სისტემის ატს-ების შეცვლა ელექტრონულით. ამასთან, სატელეფონო ქსელებში შენარჩუნებულ იქნება ანალოგური საკომუტაციო და არხწარმოქმნის მოწყობილობა. ამიტომ სააბონენტო ხაზებზე გამოყენებული ახალი ტექნიკური საშუალებები ვარგისი უნდა იყოს, როგორც ანალოგურ ისე ციფრულ სისტემებთან სამუშაოდ.

ქალაქის ტელეფონის ქსელის ეკონომიურად აგებისას გამოიყენება აბონენტის ხაზების მიერთების შემდეგი ხერხები:

1. ტელეფონის აპარატების შეწყვილებული ჩართვა;
2. ყველა შესაძლო არხწარმოქმნის მოწყობილობის გამოყენება (შემჭიდროების სისტემები და მულტიპლექსორები);
3. სასადგურო მოწყობილობის გატანა აბონენტთა კონცენტრაციის ადგილებში (ქვესადგურები და კონცენტრატორები);
4. უზონრო მიერთება (რადიო შეღწევა);

ორი ტელეფონის აპარატის შეწყვილებული ჩართვისას თვითოეულ მათგანს გააჩნია თავისი აბონენტის ნომერი და ორივე ერთი აბონენტის ხაზთანაა მიერთებული. ამასთან შეწყვილებული ტელეფონის აპარატების კორპუსებში ჩამონტაჟებულია გამყოფი დიოდური წრედები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ტელეფონის აპარატების გადართვას შესაბამისი გამოძახების შემოსვლის დროს. ერთ-ერთი აპარატიდან ლაპარაკის მიმდინარეობისას მეორე გაითიშება საერთო ხაზიდან ჩაკეტილი დიოდებით. ტექნიკურ-ეკონომიკური გამოთვლებით დადგენილია, რომ აპარატების შეწყვილებული ჩართვა მიზანშეწონილია დაწყებული 0,3-0,5კმ მანძილიდან ტელეფონის სადგურიდან.

შემჭიდროების სისტემის გამოყენება ქსელის ყველა უბანზე კავშირგაბმულობის ხაზში ზრდის არხების რიცხვსა და გადაცემის მანძილს. არხი წარმოადგენს ტექნიკურ საშუალებათა და გავრცელების გარემოს ერთობლიობას, რომელიც უზრუნველყოფს

სიგნალების გადაცემას სიხშირეთა გარკვეულ ზოლში (ანალოგური გადაცემა) ან განსაზღვრული სიჩქარით (ციფრული გადაცემა).

აბონენტის მაღალსიხშირული შემჭიდროების (ამშ) სისტემა უზრუნველყოფს ერთი აბონენტის ხაზზე, 0,3-3,4კჰც სიხშირეთა სპექტრით კიდევ ერთი დამატებითი მაღალსიხშირული არხის მიღებას. ეს არხი მიიღება მოდულატორისა და გამტანი სიხშირის მეშვეობით, საწყისი სიგნალის ერთჯერადი გარდაქმნის გზით. ტელეფონის აპარატიდან ატს-ის მიმართულებით გადაცემისათვის გამოიყენება 28კჰც სიხშირე, ხოლო უკუმიმართულებით - 64კჰც. ამ გამტანი სიხშირეებით ფორმირდება სიგნალები, რომლებიც ხაზში გადაიცემიან სიხშირეთა სხვადასხვა დიაპაზონში და ერთმანეთზე გავლენას არ ახდენენ.

17.4. აბონენტის გამანაწილებელი ქსელის აგება

ატს-ში, ძირითადად, გათვალისწინებულია ორსადენიანი ანალოგური და ციფრული აბონენტის ხაზების ჩართვა. არსებობს საბონენტო ხაზების გამანაწილებელი ქსელის აგების ორი სისტემა:

1. კარადული სისტემა შუალედი საკაბელო გამანაწილებლებით;
2. უკარადო სისტემა ან სისტემა საკაბელო ძარღვების მრავალჯერადი ჩართვით;

კარადული სისტემის დროს ტელეფონის აპარატიდან გადის ერთწყვილიანი კაბელი (1x2), რომელიც ირთვება სპეციალურ გამანაწილებელ კოლოფში (გკ). გამანაწილებელი კოლოფების ტევადობა ათწყვილიანია.

გამანაწილებელი კოლოფებიდან ათწყვილიანი კაბელები (10x2) ერთიანდება უფრო დიდი ტევადობის კაბელებში (100x2) და ირთვება გამანაწილებელ კარადებში (გკრ), რომელთა ტევადობაა 300x2, 600x2 და 1200x2, ამავე კარადებში შემოდის სადგურში ჩართული მაგისტრალური კაბელები, რომელთა წყვილებიც გამანაწილებელი კაბელების წყვილებთან ნაწილდებიან.

ცხადია, რომ უკვე ახლო მომავალში საბონენტო ქსელის სტრუქტურა შეიცვლება. ოპტიმალური იქნება ქსელი, რომელშიც აბონენტის მოწყობილობას სულ უფრო მიუახლოვდება ოპტიკურ-ბოჭკოვანი კავშირგაბმულობის ხაზი (ობკხ) და სატელეფონო ქსელი აიგება წრიული პრინციპით. ამ დროს გამოყენებულია მოწყობილობა სიგნალთა ნაკადის გადაცემის სიჩქარით 155 მბიტ/წმ.

ზოგიერთი სპეციალისტის შეფასებით კავშირგაბმულობის კაბელები სპილენძის ძარღვებით ექსპლუატაციაში დარჩება, როგორც მინიმუმ, 40 წელი. ამიტომ აქტუალურია საბონენტო შეღწევის საკითხების განხილვა შემჭიდროებული აბონენტის საკაბელო ხაზების გამოყენებით, რაც შემდეგ თავებშია მოცემული.

17.5. DSL ტექნოლოგიების ბაზაზე აგებული შემჭიდროვების აპარატურა

ახალი აბონენტების ჩართვა საჭიროებს ახალ სააბონენტო ხაზებს, რომელთა შექმნა ტრადიციული გზით ძალიან ძვირია და დიდი დროსაც იკავებს.

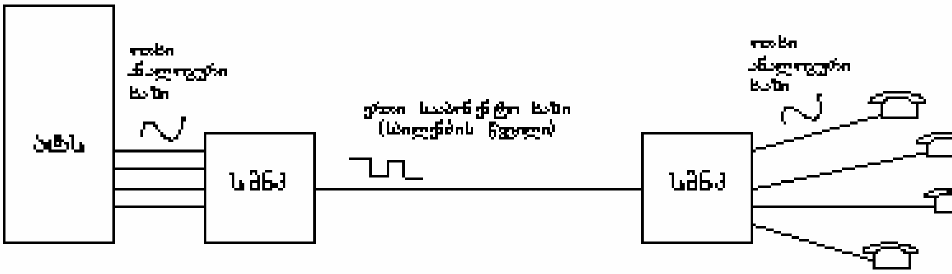
აღსანიშნავია ისიც, რომ უკანასკნელ პერიოდში შეიმჩნევა აუმოქმედებელი ტევადობის ზრდა (საქართველოს ელექტროკავშირის მონაცემებით ტევადობის კოეფიციენტი 80-90%-ს არ აღემატება), რაც აუარესებს საწარმოების ფინანსურ მდგომარეობას. სააბონენტო ხაზების უქონლობის გამო ამ ნომრების გამოყენება გადამხდელუნარიანი აბონენტებისათვის შეუძლებელია. ამიტომ აბონენტის ხაზის შემჭიდროვების აპარატურა საშუალებას იძლევა გადაიჭრას აღნიშნული პრობლემები უფრო ოპერატიულად, ნაკლები კაპიტალდაბანდებით.

აბონენტის ხაზის შემჭიდროვების აპარატურა აიგება ხაზური კოდირების სხვადასხვა პრინციპებზე. ყველაზე გავრცელებულ ტექნოლოგიას წარმოადგენს **DSL,** რომელიც ერთი წყვილით უზრუნველყოფს 160კბიტი/წმ გადაცემის სიჩქარეს და **HDSL,** რომლის გადაცემის სიჩქარეა 2048 კბიტი/წმ ორი ან სამი წყვილის გამოყენებისას, ხოლო ერთი წყვილის შემთხვევაში -768კბიტი/წმ, 1168კბიტი/წმ, ან 2048კბიტი/წმ სიჩქარეები.

ტრადიციულ შემთხვევაში ტელეფონის აპარატები სპილენძის წყვილებით ირთვება სატელეფონო სადგურში ანალოგური აბონენტის ხაზებით. სალაპარაკო სიგნალების გარდა, გადაიცემა საინფორმაციო და მართვის ხაზური სიგნალები: „სადგურის მზადყოფნა", „დაკავება", „გამოძახების სიგნალი", ნომრის აკრეფა და სხვა. აბონენტის ხაზის შემჭიდროვების აპარატურის გამოყენება დამატებით უზრუნველყოფს ასს-დან აბონენტისაკენ სააბონენტო სიგნალიზაციის, ხოლო უკუმიმართულებით - ნომრის აკრეფის სიგნალისა და აბონენტის შლეიფის მდგომარეობის (შერთულია/განრთულია) შესახებ ინფორმაციის გაცემას.

აბონენტის ხაზის შემჭიდროების აპარატურა აგებულია ციფრული ნაკადების დროითი მულტიპლექსირების პრინციპით. სადგურის ოთხი აბონენტის კომპლექტის გასასვლელიდან ანალოგური სიგნალი სასადგურო მოდულის ნახევარკომპლექტში (სმნკ) გარდაიქმნება ციფრულ ნაკადებად იკმ (იმპულსურ-კოდური მოდულაცია) ან ადიკმ (ადაპტურ-დიფერენციალური იკმ) მოდულაციის დახმარებით.

შემდეგ ოთხი ციფრული ნაკადი ერთიანდება ერთ ჯგუფურ ნაკადში და გადაიცემა ციფრული აბონენტის ხაზში. სააბონენტო ნახევარკომპლექტში (ანკ) ხდება უკუგარდაქმნა (ნახ. 32)



ნახ. 32. შემჭიდროების აპარატურის
მუშაობის პრინციპი.

17.6. სააბონენტო ხაზების კლასიფიკაცია

ატს-ის სააბონენტო ხაზების ძირითადი სახეებია:

1. საქმიანი სექტორის აბონენტის ხაზები (წარმოებები და დაწესებულებები). ასეთი ხაზებისათვის დატვირთვის ნაკადის გაზრდა 0,2 ერლანგამდეა დასაშვები;

2. ინდივიდუალური და კომუნალური გამოყენების ბინის სექტორის აბონენტის ხაზები, რომლებისათვისაც დატვირთვის გაზრდა აგრეთვე 0,2 ერლანგამდეა დასაშვები;

3. ადგილობრივი კავშირის ტაქსოფონების ხაზები;

4. საქალაქთაშორისო სატელეფონო კავშირის ტაქსოფონების ხაზები;

5. ფასიანი სერვისული სამსახურის ტაქსოფონების ხაზები (მაგალითად, საცნობარო);

6. საქალაქთაშორისო და შიგაზონური კავშირის სალაპარაკო პუნქტების ხაზები.

ამის გარდა, თანამედროვე ციფრულმა ატს-ებმა უნდა უზრუნველყონ მონაცემებისა და ფაქსიმილური ინფორმაციის გადაცემის მოწყობილობების (მაგალითად, მოდემების) ჩართვა, რომლისთვისაც შეერთების დამყარება ხორციელდება სატელეფონო ალგორითმებისა და დამაბოლოებელი აბონენტის მოწყობილობებით.

ტაქსოფონებით განხორციელებული ლაპარაკის ღირებულების გადახდისათვის (გამოსაძახებელი აბონენტის პასუხის მომენტში მონეტის კასირება) შესაბამისი აბონენტების ხაზები უზრუნველყოფენ სპეციალური სიგნალის („სადენების გადაჯვარედინება“) გაგზავნას. საქალაქთაშორისო ტაქსოფონების ხაზებით, გარდა აღნიშნული სიგნალისა, უზრუნველყოფილია ატს-დან 16 კჰც სიხშირის სატარიფო იმპულსების ტრანსლაცია. აღსანიშნავია ისიც, რომ არსებობენ ტაქსოფონები, რომლებშიც ჩამონტაჟებულია ლაპარაკის ტარიფიკაციის მოწყობილობა. ამ შემთხვევაში აბონენტის ხაზში ტარიფიკაციის სიგნალები არ გადაიცემა რადგან ლაპარაკის ღირებულების განსაზღვრის მართვა ავტონომიურად ხორციელდება. ამჟამად ექსპლუატაციაში შემოდის ტაქსაფონები, რომლებშიც ლაპარაკის საფასურის გადახდა სატელეფონო ბარათებითა შესაძლებელია.

ტრადიციული სააბონენტო ხაზები (სპილენძის წყვილები) ხასიათდება შემდეგი პარამეტრებით:

-შლეიფის წინაღობა (სააბონენტო ხაზების მოკლედ შერთული წრედი) შეადგენს არა უმეტეს 1000 ომს, დაშორებული აბონენტებისათვის - არაუმეტეს 2000 ომს (ზოგიერთი ტიპის დაწესებულების ატს-თვის დასაშვებია წინაღობის ზღვრული მნიშვნელობა 3000 ომი);

-აბონენტის ხაზის შლეიფის წინაღობა, ტელეფონის აპარატის წინაღობასთან ერთად, არაუმეტეს 1800 ომი;

-ტევადობა სადენება შორის და მიწასთან შეფარდებით არაუმეტეს 0,5 მკფ (დაშორებული აბონენტის ხაზისათვის დასაშვებია ტევადობის ზღვრული მნიშვნელობა 1,0მკფ-მდე);

-იზოლაციის წინაღობა სადენებს შორის ან თვითოეულ სადენსა და მიწას შორის არაუმეტეს 20 კომი (კოორდინატული ტიპის ატს-თვის არაუმეტეს 80 კომი);

-საკუთარი მილევა არ უნდა აღემატებოდეს 4,5 დბ (0,5 მმ დიამეტრის ძარღვის მქონე კაბელებისათვის) ან არაუმეტეს 3,5 დბ (0,32 მმ დიამეტრის ძარღვის მქონე კაბელებისათვის);

-გარდამავალი მილევა (ატს-ის მხარეს) ორი მეზობელი აბონენტის ხაზების წრედებს შორის არ უნდა აღემატებოდეს 69,5 დბ;

სააბონენტო ხაზები უნდა უზრუნველყოფდეს სამისამართო ინფორმაციის ტრანსლირებისა და დამატებითი მომსახურების განხორციელების შესაძლებლობას. ამ დროს სიგნალები შეიძლება გადაიცეს დეკადური ან მრავალსიხშირული კოდებით.

დეკადური კოდით სიგნალიზაციისას იმპულსთა მიმდევრობა უნდა შეადგენდეს 9-11 იმპულს წამში (ელექტრონული სისტემის ატს-თვის დასაშვებია 7-13 იმპ/წმ).

შლეიფის შერთვა 120 წმ-ზე ნაკლები დროით ატს-ის ხელსაწყოებმა უნდა აღიქვან როგორც სერიებსშორისი დრო (თანამიმდევრულად გადაცემულ, ნომრის ორ ციფრს შორის დროის ინტერვალი). სერიებსშორისი დრო უნდა შეადგენდეს ≤400 წმ.

მრავალსიხშირული მეთოდით სიგნალიზაციის შემთხვევაში აბონენტის ხაზში ერთდროულად გადაიცემა თითო სიხშირე ორი ჯგუფიდან:

პირველი ჯგუფი - 697, 770, 852, 941, ჰც;

მეორე ჯგუფი - 1209, 1336, 1477, 1633, ჰც;

ეს სიხშირეები სპეციალურადაა შერჩეული 500 ჰც-ს ზედა და 2000 ჰც-ს ქვედა დიაპაზონში, რაც უზრუნველყოფს სატელეფონო ტრაქტებს შორის უკეთეს დაცვას ურთიერთგავლენისაგან.

საწყის მდგომარეობაში და ლაპარაკის მიმდინარეობისას ანალოგური აბონენტის ხაზზე უნდა შემოდიოდეს ტელეფონის აპარატის მიკროფონის კვების ძაბვა არანაკლებ 33ვ (სტანდარტული სიდიდეა 60ვ) პოლარობით: უარყოფითი „ა“ სადენზე; დადებითი „ბ“ სადენზე.

ადგილობრივი ტაქსოფონიდან ფასიანი ლაპარაკის განსახორციელებლად პოლარობა სადენზე უნდა შეიცვალოს. გადახდილი დროის გასვლისთანავე ხდება პოლარობის ხანმოკლე აღდგენა (300წმ), ხოლო შემდეგ პოლარობის დაბრუნება: დადებითი - „ა“ სადენზე; უარყოფითი - „ბ“ სადენზე. ეს აუცილებელია დამატებითი გადახდისათვის.

17.7. რადიოშეღწევის ქსელები

სააბონენტო გამანაწილებელი ქსელის განვითარება რადიო საშუალებების გამოყენებით მეტად პერსპექტიულია. განსაზღვრულ პირობებში რადიოშეღწევა შეიძლება უფრო ეკონომიური აღმოჩნდეს, ვიდრე საკაბელო ქსელი.

რადიოქსელის სხვადასხვა ტექნოლოგიების გამოყენების მაგალითები:

1. რადიო-სარელეო ტრაქტი „წერტილი-წერტილი“ კონფიგურაციაში, რომლის დროსაც ხდება სააბონენტო გატანა საყრდენი ატს-დან.

2. რადიოარხი „წერტილი-მრავალწერტილი“ (point-to-multipoint) კონფიგურაციაში მონაკვეთზე საყრდენი ატს-დამაბოლოებელი ჯგუფური მოწყობილობა.

3. რადიოქსელის აგების მიკროფიჭური სტრუქტურა, როდესაც რადიოარხი იქმნება სააბონენტო ხაზის ზოგიერთ მონაკვეთზე, ანდა მის მთელ სიგრძეზე.

4. ფიჭური სტრუქტურის რადიოკავშირის ქსელი მოძრავ ობიექტებთან.

5. რადიოკავშირის ქსელი, როდესაც მთელი ქსელი წარმოადგენს ერთ დიდ ფიჭას. ამ ტექნოლოგიის დამახასიათებელი თვისებაა-მცირე რაოდენობის სიხშირეების გამოყენება, საყრდენ სადგურთა მიერთების წერტილთა სიმცირე.

6. ყოველგვარი დამაგრძელებლები და უზონრო კავშირის რადიოსატელეფონო სისტემები, რომლებშიც რადიოარხი ორგანიზებულია სააბონენტო ან ჯგუფურ დამაბოლოებელ მოწყობილობასა და რადიოსადგურს შორის, ე.ი რადიოარხი არ წარმოადგენს აბონენტის ხაზს ან მის ნაწილს.

ამჟამად სააბონენტო რადიოშეღწევისათვის სულ უფრო ფართოდ გამოიყენება ატს-თან უზონრო შეღწევის სისტემები (WLL-Wireless Local Loop), რომლებიც ეკონომიურია და სრულად პასუხობს კავშირგაბმულობის ოპერატორების ძირითად მოთხოვნებს. არსებობს სააბონენტო რადიომიღწევის ევროპული სისტემა DECT (Digital European Cordiless Telecommunications), რომელიც მოზარდი ტემპებით შემოდის არსებულ გამტარიან სააბონენტო ქსელებში.

სააბონენტო შეღწევის ორგანიზების მეთოდების შედარებისას საჭიროა მხედველობაში მივიღოთ, რომ WLL სისტემებს გააჩნია:

1. სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოების მცირე შრომატევადობა, შესაბამისად, ექსპლუატაციაში შეყვანის უფრო მოკლე ვადები;

2. ნაკლები საწყისი დანახარჯები და მათი ამოღების მცირე ვადა;

3. დიდი მოქნილობა და მსუბუქი ტრანსფორმაცია;

4. უეჭველი უპირატესობა რთული რელიეფის პირობებში.

WLL მოწყობილობის გამოყენება ეკონომიკურად გამართლებულია მრავალ პრაქტიკულ შემთხვევაში, მაგალითად:

1. სასოფლო რაიონების ტელეფონიზაციის დროს, როდესაც სატელეფონო სიმკვრივე მცირეა და გრძელი საკაბელო აბონენტის ხაზების ჩადება ეკონომიკურად შეიძლება აღმოჩნდეს არამომგებიანი;

2. აბონენტის ჩართვისას კაბელში თავისუფალი წყვილების არარსებობის პირობებში (საშუალო სატელეფონო სიმკვრივის დროს);

3. როდესაც კაბელის ჩადება შეუძლებელია, მაგალითად, ძნელად მისადგომ რაიონებში;

4. დროებითი კავშირის ორგანიზებისას, მაგალითად, მყარი სატელეფონო კავშირის უზრუნველყოფისათვის, ადამიანების მასობრივი დროებით თავშეყრის ადგილზე.

17.8. ტელეფონის აპარატები

80-იანი წლების ბოლოს საქართველოს სატელეფონო ქსელებში გამოყენება ჰპოვა მრავალფუნქციურმა ტელეფონის აპარატებმა, რომლებიც აგებულია თანამედროვე ელემენტების ბაზაზე.

თანამედროვე ტა-ები შეიძლება დავყოთ ოთხ ძირითად ჯგუფად:

- ჩვეულებრივი (ელექტრონული) ტა, რომლებიც დაკავშირებულნი არიან ქალაქის ან დაწესებულების ატს-თან ორსადენიანი ხაზებით.
- უზონრო ტა, ჩვეულებრივისაგან იმით განსხვავდება, რომ მიკროტელეფონის ყურმილი სასადგურო ნაწილთან დაკავშირებულია არა ზონრით, არამედ რადიოარხით.
- სისტემური ანდა ლოკალური ტა, რომელიც შედის მინი-ატს-ის შემადგენლობაში და ხასიათდება შუალედური გამამხოლოებელი რგოლის არსებობით აპარატსა და მინი-ატს-ს შორის.
- მობილური კავშირის რადიოტელეფონი (ფიჭური, თანამგზავრული ტელეფონი).

ყველაზე მეტი გავრცელება ჰპოვა მრავალფუნქციურმა ელექტრონულმა და უზონრო ტელეფონის აპარატებმა.

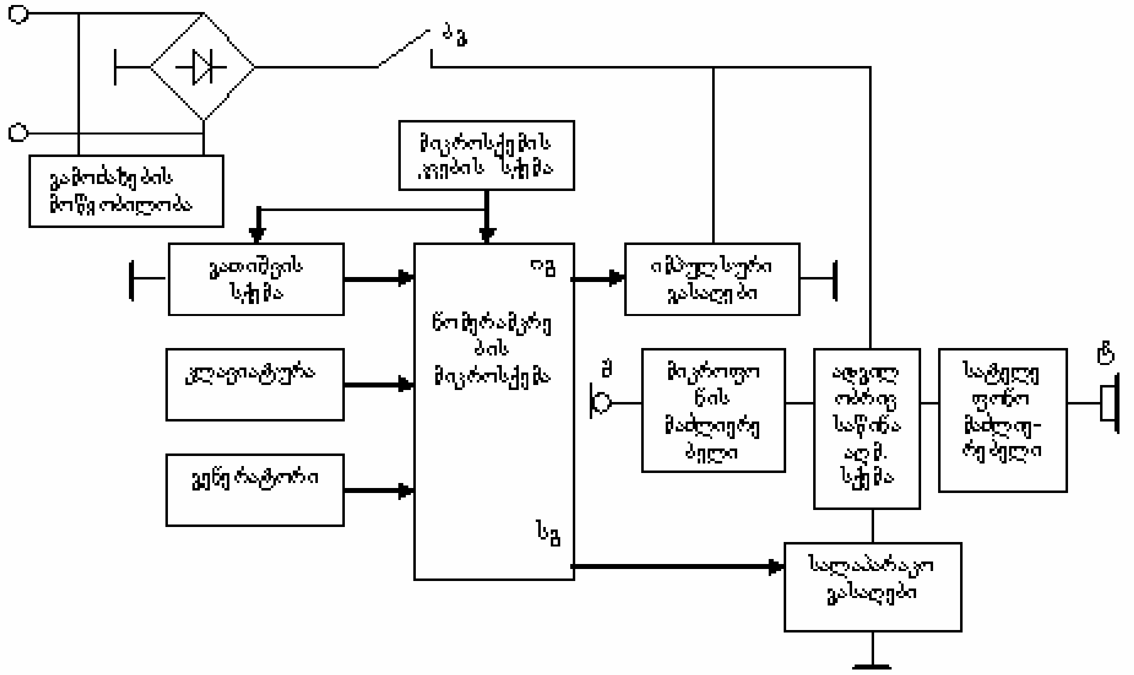
1. საერთო სარგებლობის ტელეფონის აპარატები (დისკური ნომერამკრებით, ღილაკიანი ნომერამკრებით იმპულსური ან სიხშირული გადაცემით, ავტოამკრებით). გამოიყენება ატს-სათვის ნომინალური ძაბვით 60 ვოლტი წინაღობით (500x2) ომი და 48 ვოლტი ძაბვით (წინაღობა 400x2 ომი).

ტელეფონის აპარატების კლასიფიკაცია შემდეგია:

- მრავალფუნქციური ტა-უმაღლესი კლასი (0);
- ტა დამატებითი ფუნქციური შესაძლებლობებით-პირველი კლასი (1);
- ტა ღილაკიანი ნომერამკრებით, გამოძახების ტონალური მიმღებით-მეორე კლასი(2);
- ტა დისკური ნომერამკრებით, გამოძახების ელექტრომექანიკური მიმღებით-მესამე კლასი (3);

ელექტრონული ტა შეიცავს ექვს ძირითად ფუნქციურ ბლოკს: ბერკეტულ გადამრთს (ბგ), გამოძახების მოწყობილობას (გმ), ნომერამკრებს (ნა), მიკროფონს (მ), ტელეფონს (ტ), ადგილობრივი ეფექტის საწინააღმდეგო სქემას.

ნახ. 33 სქემაზე ნაჩვენებია ელექტრონული ტა-ის ფუნქციური სქემა.



ნახ. 33. ტელეფონის აპარატის სტრუქტურული სქემა.

მუშაობის პრინციპი მდგომარეობს შემდეგში: ყურმილის აღებისას ბერკეტული გადამრთით ტა მიუერთდება სააბონენტო ხაზს, რის შედეგადაც სახაზო მომჭერებზე ძაბვა მცირდება 5-15 ვოლტამდე. ამ დროს გათიშვის სქემა ახორციელებს ნომერამკრების მიკროსქემის გადაყვანას ნომრის აკრეფის მზადყოფნის რეჟიმში. ეს უკანასკნელი (მიკროსქემა) იმპულსური (იგ) და სალაპარაკო (სგ) გასაღებების მეშვეობით გამოიმუშავებს მართვის სიგნალს. მიიღებს რა ამ სიგნალს სალაპარაკო გასაღებით მიკროტელეფონის ყურმილი მიუერთდება სააბონენტო ხაზს და ისმის სადგურის მზადყოფნის სიგნალი. ამ დროს იმპულსური გასაღები გათიშულია (ჩაკეტილია).

აბონენტი იწყებს ნომრის აკრებას. კლავიატურის ღილაკების შეხებისას ფორმირდება იმპულსური თანმიმდევრობა, რომელიც მართავს იგ და სგ გასაღებებს. იგ შერთავს და გათიშავს სააბონენტო ხაზის შლეიფს, რითაც წარმოიქმნება მუდმივი დენის იმპულსები ატს-ის მართვისათვის. სგ განრთავს სალაპარაკო კვანძს აბონენტის ხაზისაგან ნომრის აკრების პერიოდში.

ნომრის აკრეფის დამთავრებისთანავე სგ კვლავ ჩართავს სალაპარაკო კვანძს და აბონენტი ისმენს გამოძახების გაგზავნის კონტროლის სიგნალს. გამოსაძახებელი აბონენტის მიერ ყურმილის აღებით დამყარდება შეერთება ორ აბონენტს შორის. ლაპარაკის დამთავრების შემდეგ ყურმილი დაიდება ბერკეტზე, რომელიც გათიშავს წრედს და ტა-ის სქემა მოდის საწყის მდგომარეობაში.

ატს-დან გამოძახების სიგნალის შემოსვლისას გამოძახების მოწყობილობა (გმ) გამოიმუშავებს ბგერით სიგნალებს, რაც გამოძახების მაუწყებელია. თუ აბონენტი აიღებს ყურმილს მიკროსქემა მოდის საწყის მდგომარეობაში იმ განსხვავებით, რომ „სადგურის

მზადყოფნის“ სიგნალის ნაცვლად მიკროტელეფონის ყურმილში ისმის გამომძახებელი აბონენტის ხმა.

არსებობს აგრეთვე ელექტრონული ტა-ები გაფართოებული სერვისული შესაძლებლობებით. ეს სერვისებია:

- ლაპარაკის ხმამაღლობის რეგულირება;
- ხაზის მოსმენა, როდესაც სალაპარაკო წრედი გამოიყენება სიგნალის გაძლიერებისათვის, რათა მისი მოსმენა შეიძლებოდეს რამდენიმე პირის მიერ ხმამაღლა მოლაპარაკის მეშვეობით;
- ხმამაღლამოლაპარაკის რეჟიმი (ლაპარაკი ყურმილის აუღებლად);
- გამეორება. ბოლო აკრებილი ტელეფონის ნომერი ჩაიწერება ავტომატურად მეხსიერებაში. ამ დროს წინა ჩაწერილი ნომერი იშლება. შესაძლებელია განმეორებითი აკრება შესაბამის ღილაკზე დაჭერით;
- ექსტერნული ზარი. (01, 02, 03 . . . .);
- ნომრის გადამისამართება;
- მაღვიძარა;
- ნომრის აკრება ყურმილის აუღებლად და სხვა;

2. უზონრო ტელეფონის აპარატები - წარმოადგენენ ჩვეულებრივ ტელეფონს, რომელიც სადენებითაა დაკავშირებული ტელეფონის სადგურთან. მასში ძირითადად ბლოკსა და მიკროტელეფონის ყურმილს შორის ზონარი შეცვლილია რადიოხაზით. ამგვარად, ასეთ ტა-ს გააჩნია სტაციონალური (ბაზური) ბლოკი (ბბ) და გადასატანი ბლოკი (გბ) (მიკროტელეფონის ყურმილი). ასეთი ტელეფონის მოქმედების სიშორე შეადგენს 100 მეტრიდან რამდენიმე კილომეტრამდე.

უზონრო რადიოტელეფონის შემადგენელი ნაწილებია: რადიომიმღები და რადიოგადამცემი მოწყობილობები, ელექტრონული ნომერამკრები, გამოძახების მოწყობილობა, მართვის სისტემა, კვების ბლოკი, ინდიკაცია და სხვა.

უზონრო ტელეფონის აპარატების თავისებურებებს წარმოადგენს:

- ინდივიდუალური კოდები. ყველა გადასატანი ყურმილი ხასიათდება პერსონალური ID კოდით. ასეთი კოდები საჭიროა, რათა თითოეული ბაზური ბლოკი ღებულობდეს სიგნალებს მხოლოდ თავისი გადასატანი ყურმილიდან. კოდის გამოყენების მეორე ასპექტს წარმოადგენს სატელეფონო ხაზის დაცვა არასანქციონირებული გამოყენებისაგან. ყურმილის ყოველი დადებისას ავტომატურად იცვლება კოდი.
- ლაპარაკის დაშიფრვა. რადიოსიგნალების დაშიფვრა უზრუნველყოფს ლაპარაკის კონფედენციალობას. ასეთი სისტემის ნაკლია კავშირის ხარისხის გაუარესება.
- ინტერკომი. ინტერკომი ან შინაგანი კავშირი ეწოდება ფუნქციას, რომელიც სხვადასხვა ოთახებში მყოფ ორ მოსაუბრეს ურთიერთდაკავშირების საშუალებას აძლევს გადასატანი და ბაზური ბლოკების მეშვეობით.

- სპიკერფონი. ასეთი ფუნქციის არსებობა ნიშნავს ხმამაღლა მოლაპარაკე კავშირის შესაძლებლობას. ამ შემთხვევაში აბონენტთან ლაპარაკი შეუძლია ოთახში მყოფ ყველა პირს ერთდროულად.

კონსტრუქციულად უზონრო ტელეფონი წარმოადგენს ორ ცალკე მოწყობილობას. ერთ-ერთი მათგანი - სტაციონალური ბლოკია (სბ), ხოლო მეორე - გადასატანი ბლოკი (გბ). მათ შორის კავშირი ხორციელდება რადიოარხით ამპლიტუდური ან სიხშირული მოდულაციით.

სტაციონალური ბლოკის კვების წყაროს წარმოადგენს ჩვეულებრივი ელექტრული ქსელი. მის შემადგენლობაში შედის აგრეთვე გადასატან ბლოკში განთავსებულ აკუმულატორებისათვის დამუხტვის მოწყობილობა.

უზონრო ტელეფონის მუშაობისათვის დუპლექსურ რეჟიმში მიღება და გადაცემა მიმდინარეობს ორ სხვადასხვა სიხშირეზე.

სტაციონალური ბლოკის გამარტივებული სტრუქტურული სქემა ნახ. 34 წარმოდგენილი. მასში შეიძლება გამოვყოთ ფუნქციური კვანძების ოთხი ჯგუფი: მიმღები, გადამცემი, სატელეფონო ხაზის ინტერფეისი (სალაპარაკო სქემა) და მართვის სქემა.

გადასატანი ბლოკის მიერ გადაცემული სიგნალების მიღება ხდება ანტენით, რომელიც შედის მაძლიერებელში და ხდება წინასწარი გაძლიერება.

რადიოსიგნალები შეიცავენ:

1. გამტან (გარკვეული სიხშირის სინუსოიდალური სიგნალი) სიხშირეს.

2. სალაპარაკო სიგნალის სპექტრულ კომპონენტებს (გამტანიდან ±4კჰც დიაპაზონში).

3. მართვის სიგნალებს, რომლებიც უზრუნველყოფენ სტაციონალური და გადასატანი ბლოკების ურთიერთ მუშაობას.

უზონრო ტელეფონის გადასატან ბლოკში „ლაპარაკი" ღილაკის დაჭერით სტაციონალურ ბლოკში იგზავნება შესაბამისი მართვის სიგნალი, რის შედეგადაც მიკროპროცესორი გამოიმუშავებს სახაზო რელეს ჩართვის ბრძანებას. ამ რელეს კონტაქტები ბერკეტული გადამრთველის ექვივალენტურია და უზრუნველყოფს „სადგურის მზადყოფნის" სიგნალის გადაცემას მოძრავ ბლოკში.

იმისთვის, რომ მოხდეს ლაპარაკისა და მართვის სიგნალების განცალკევება მიღებული რადიოსიხშირული სიგნალები განიცდიან შესაბამის გარდაქმნას. რადიოსიხშირული სიგნალი მიეწოდება შემრევის ერთ-ერთ შესასვლელზე, რომლის გასასვლელზეც გამოიყოფა შუალედური სიხშირე, რომელიც ძლიერდება და ხდება მისი დეტექტირება. შუალედური სიხშირე შეადგენს 1÷10 მჰც-ს. დეტექტორიდან სიგნალი მიეწოდება ლოგიკური სიგნალების მაფორმირებელს საიდანაც მართვის იმპულსები ხვდება მიკროპროცესორში, ხოლო სალაპარაკო სიგნალები გაივლიან ბგერითი სიგნალების მაფორმირებელს და მიეწოდებიან სალაპარაკო სქემას - ხაზში გადასაცემად.

სალაპარაკო დამართვის სიგნალების გადაცემა სტაციონალური ბლოკით ხდება მარტივად. სატელეფონო ხაზიდან მოსული სალაპარაკო სიგნალები, სალაპარაკო სქემის

გავლით მიეწოდება ბგერითი სიხშირის მაძლიერებელს, მართვის სიგნალთან ერთად ხვდებიან გენერატორში, სადაც ხდება რადიოსიგნალის მოდულაცია.

სატელეფონო ინტერფეისი (სალაპარაკო სქემა) სტაციონალურ ბლოკს აკავშირებს ხაზთან. შესაბამისი ბრძანებით მოძრავ ბლოკში ჩაირთვება სახაზო რელე, რომელიც თავისი კონტაქტებით აბონენტის ხაზს მიუართებს სალაპარაკო სქემასთან. ამის შემდეგ შეიძლება ნომრის აკრება.

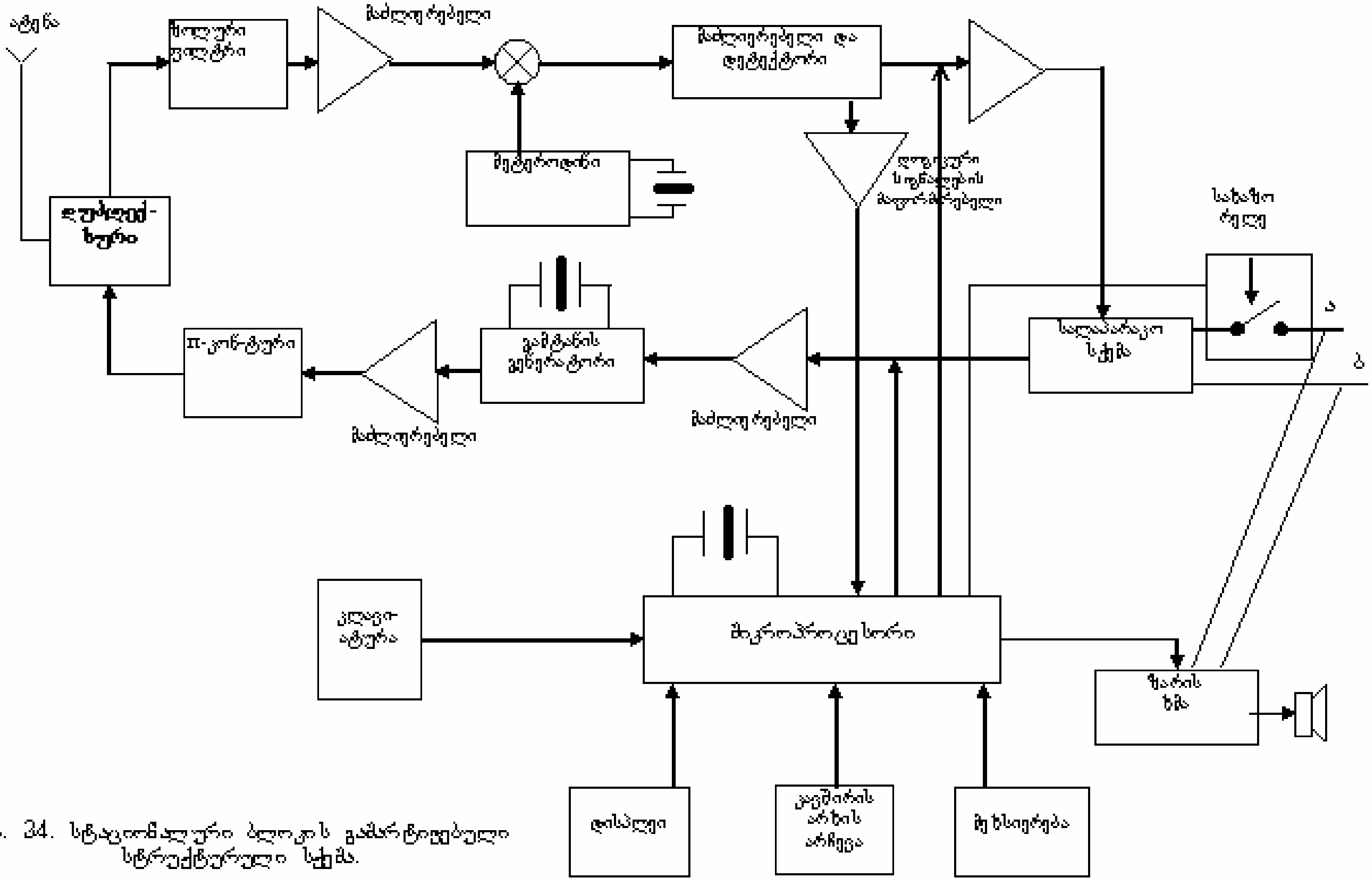
გადასატანი ბლოკი (ნახ. 35) შეიცავს იგივე ძირითად ფუნქციურ კვანძებს, რასაც სტაციონალური ბლოკი: მიმღებს, გადამცემს და მართვის სქემას. ნომრის აკრებისას მიკროპროცესორი გამოიმუშავებს მართვის სიგნალებს, რომლებიც გადაეცემა სტაციონალურ ბლოკს, გარდაიქმნება სალაპარაკო სიგნალებად და მიეწოდება ტელეფონის ხაზს.

მოძრავი ანტენით მიღებული სიგნალი მაძლიერებლის გავლით გაივლის იგივე გზას, რასაც სტაციონალურ ბლოკში. ერთადერთი განსხვავება ისაა, რომ დეტექტირების შემდეგ სალაპარაკო სიგნალი ეწოდება არა სალაპარაკო სქემას, არამედ ტელეფონს ან მცირე ზომის ხმამაღლამოლაპარაკეს.

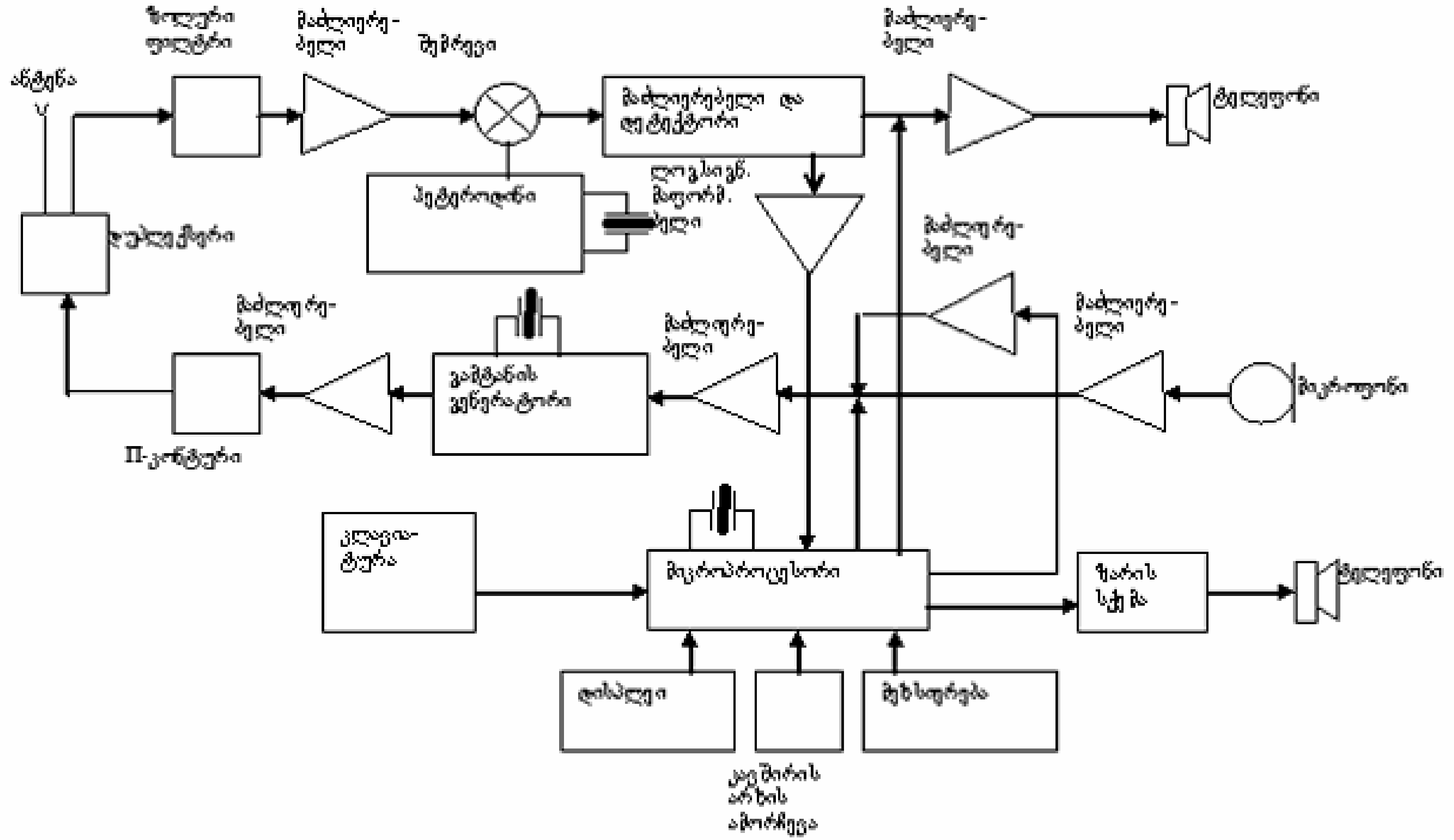
3. მობილური კავშირის ტელეფონის აპარატები. მსოფლიო ბაზარზე ამჟამად არსებობს ფიჭური რადიოტელეფონების მრავალი ნაირსახეობა, რომლებსაც გააჩნიათ მსგავსი კონსტრუქციები. თითოეულ ტელეფონს გააჩნია გადამცემი და მიმღები მოწყობილობა, აბონენტის ლაპარაკის გარდამქმნელი და აღმდგენი მოწყობილობები, კონტროლისა და მართვის მოწყობილობა, ანტენა, გამოძახების მოწყობილობა, კლავიატურა და დისპლეი.

ნახ. 36 ნაჩვენებია GSM სისტემის ფიჭური რადიოტელეფონის სტრუქტურული სქემა. ანტენა ასრულებს როგორც გადამცემ ისე მიმღებ ფუნქციას. GSM სისტემაში გადამცემი და მიმღები მუშაობენ არა ერთდროულად, რაც ამცირებს აკუმულატორის ბატარეის ენერგიის ხარჯვას. სიგნალი მეორე შუალედური სიხშირით გაძლიერების შემდეგ გადაეცემა ანალოგურ-ციფრულ მოწყობილობას სადაც ხდება სიგნალის გარდაქმნა ციფრულ სახეში.

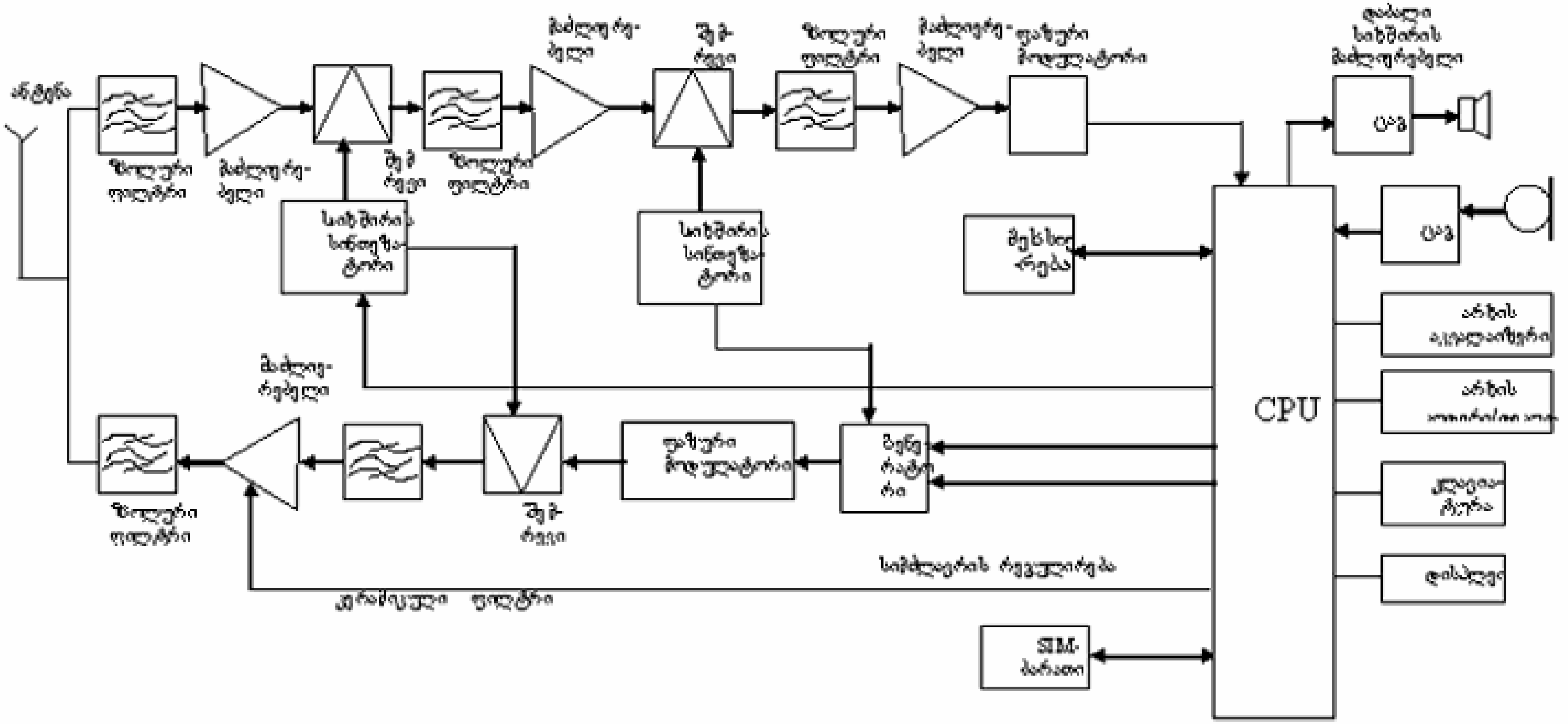
გადაცემის რეჟიმში საინფორმაციო ციფრული სიგნალი, რომელიც ფორმირდება CPU პროცესორში მიეწოდება გენერატორს, სადაც მიიღება მოდულირებული სიგნალი. ეს უკანასკნელი გადაეცემა ფაზურ მოდულატორს, ხოლო შემდეგ შემრევს. შემრევის გასასვლელიდან სიგნალი გაივლის სიმძლავრის მაძლიერებელს, ზოლურ ფილტრს და მიეწოდება ანტენას.



ნახ. 34. სტაციონალური ბლოკის გამარტივებული სტრუქტურული სქემა.



ნახ. 35. გადასაცემი ბლოკის გამარტივებული სქემა.



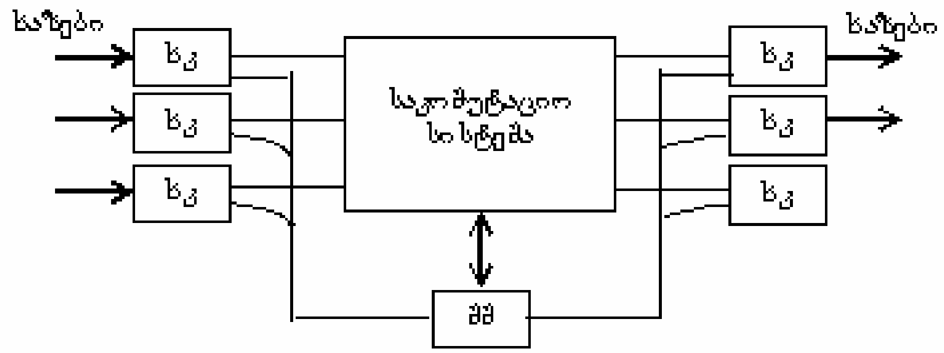
ნახ. 36. GSM სისტემის ფიჭური ტელეფონის სტრუქტურული სქემა.

ფიჭური რადიოტელეფონის ციფრული ლოგიკური ნაწილი შედგება ციფრული სასიგნალო პროცესორის CPU, მეხსიერების, საარხო კოდერი-დეკოდერის, ანალოგურ-ციფრული გარდამქმნელებისა და დისპლეისაგან.

18. სატელეფონო კომუტაციის პრინციპები

18.1. ზოგადი ცნობები

სატელეფონო კომუტაციის პროცესში ვგულისხმობთ ოპერაციების ერთობლიობას, რომლებიც საჭიროა შემაერთებელი ტრაქტის წარმოსაქმნელად. კომუტაცია ხორციელდება საკომუტაციო კვანძებში, რომლის შემადგენლობაში შედის საკომუტაციო სისტემა და მართვის მოწყობილობა (ნახ. 37).



ნახ. 37. მართვის მოწყობილობა.

საკომუტაციო სისტემა წარმოადგენს საკომუტაციო ხელსაწყოების ერთობლიობას, რომელთა საშუალებითაც ხორციელდება სისტემაში ჩართული ხაზების (შესასვლელების და გასასვლელების) ერთმანეთთან შეერთება. კომუტაციის სისტემის შესასვლელებსა და გასასვლელებში ჩართულია შემავალი და გამავალი ხაზების კომპლექტები (ხკ), რომლებიც ასრულებენ შეერთების დამყარების პროცესთან დაკავშირებულ რიგ ფუნქციებს. აღნიშნული კომპლექტების გარდა, გასასვლელებში ირთვება სასადგურო კომპლექტები (სკ).

საკომუტაციო სისტემა ხასიათდება ტევადობით, რომელიც განისაზღვრება მასში ჩართული შემავალი N და გამავალი M ხაზების რიცხვით. მართვის მოწყობილობის შემადგენლობაში შედის აპარატურა მართვის ინფორმაციის მისაღებად და გადასაცემად. გამოძახებული აბონენტის ნომრის საფუძველზე მართვის მოწყობილობა მართავს შესაბამის ელემენტებს საკომუტაციო სისტემაში, რის შედეგადაც ხორციელდება შეერთება შესაბამის შესასვლელსა და გასასვლელს შორის.

საკომუტაციო კვანძის მოწყობილობის შემადგენლობაში აგრეთვე შედის ხაზების შეყვანისა და გამოყვანის მოწყობილობები (კროსი), ელ. კვების მოწყობილობები და სხვადასხვა საკონტროლო ხელსაწყოები.

საკომუტაციო კვანძებში შეიძლება დამყარდეს შემდეგი სახის შეერთებები:

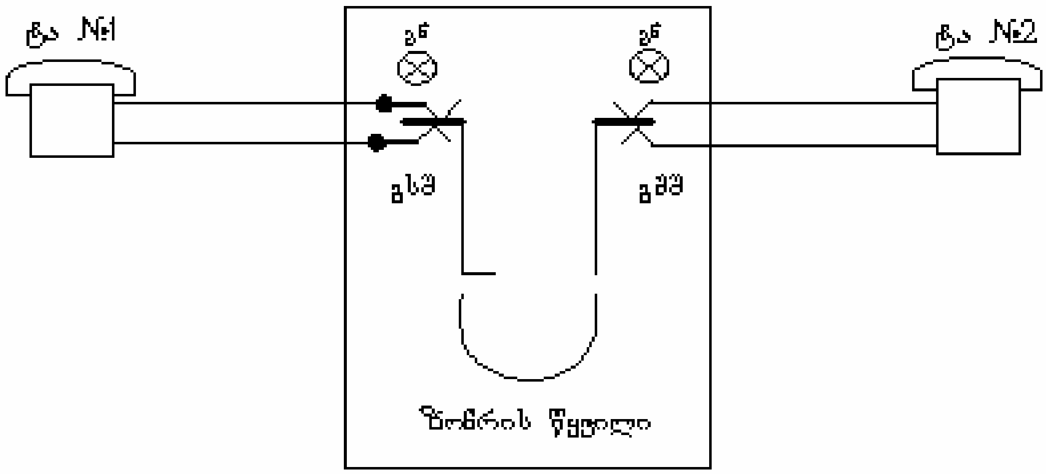
- შიგასასადგურო, როდესაც შეერთება მყარდება მოცემული სადგურის აბონენტებს შორის;
- გამავალი, როდესაც შეერთება მყარდება მოცემული სადგურის აბონენტის ინიციატივით სხვა სადგურის აბონენტთან შემაერთებელი ხაზის საშუალებით;
- შემავალი, როდესაც შეერთება მყარდება მოცემული სადგურის აბონენტთან სხვა სადგურიდან შემაერთებელი ხაზით მოსული გამოძახების მიხედვით;
- ტრანზიტული, როდესაც მოცემულ სადგურში ხდება ორი შემაერთებელი ხაზის ერთმანეთთან შეერთება, რათა ერთმანეთს დაუკავშირდნენ სხვა ორი სადგურის აბონენტები;

საკომუტაციო კვანძების და სადგურების კლასიფიკაცია ხდება შემდეგი ძირითადი ნიშნების მიხედვით:

- გამოძახების მომსახურების მეთოდის მიხედვით (ხელის, ავტომატური და ნახევრადავტომატური);
- დანიშნულების მიხედვით (ქალაქის, საქალაქთაშორისო, სოფლის, დაწესებულების);
- გამოყენებული საკომუტაციო მოწყობილობის მიხედვით (დეკადურ-ბიჯური, კოორდინატული, კვაზიელექტრონული, ელექტრონული);
- ტევადობის მიხედვით (მცირე, საშუალო და დიდი ტევადობის);

18.2. ხელით კომუტაციის პრინციპი

ტელეფონის სადგურის დანიშნულებაა განახორციელოს სააბონენტო ხაზების შეერთება აბონენტებს შორის ლაპარაკის პერიოდში. ამისათვის საჭიროა ყოველი ტელეფონის აპარატი შეუერთდეს ტელეფონის სადგურს ორსადენიანი ხაზით (ნახ. 38).



ნახ. 38. ხელით კომუტაციის პრინციპი.

ხელის ტელეფონის სადგურში აბონენტებს შორის შეერთებას ამყარებს ტელეფონისტი სპეციალური მოწყობილობის - კომუტატორის საშუალებით. კომუტატორში ყოველი აბონენტი თავდება ბუდით და გამოძახების ნათურით (გნ). ერთ კომუტატორში შეიძლება ჩაირთოს ასი და მეტი აბონენტის ხაზი.

აბონენტებს შორის შეერთების დამყარება ხორციელდება შემდეგნაირად. დავუშვათ პირველ აბონენტს სურს დაუკავშირდეს მეორე აბონენტს. იგი მოხსნის მიკროტელეფონს აპარატიდან და კომუტატორზე აინთება მისი გამოძახების ნათურა (გნ). ტელეფონისტი შეამჩნევს რა გამოძახების სიგნალს აიღებს ერთ-ერთი ზონრის წყვილის გამოსაკითხ შტეპსელს (გსშ), მოათავსებს გამომძახებელი აბონენტის ბუდეში და მიკროტელეფონით (სქემაზე ნაჩვენები არ არის) გამოკითხავს აბონენტს. შეიტყობს რა გამოსაძახებელი აბონენტის ნომერს, ტელეფონისტი იმავე ზონრის წყვილის გამოსაძახებელ შტეპსელს (გმშ), მოათავსებს გამოსაძახებელი აბონენტის ბუდეში და გაგზავნის გამოძახების დენს ტელეფონის აპარატში.

ამრიგად, კომუტატორზე ზონრის წყვილის მეშვეობით ხორციელდება აბონენტების შეერთება. ლაპარაკის დამთავრების შემდეგ კომუტატორზე მიიღება სათანადო სიგნალი და ტელეფონისტი გამოიღებს შტეპსელებს ბუდეებიდან.

ტელეფონის აპარატების მსგავსად არსებობს ადგილობრივი ბატარეის და ცენტრალური ბატარეის სიტემის ტელეფონის სადგურები და კომუტატორები. მათ შორის უფრო გავრცელებულია ცენტრალური ბატარეის სიტემის კომუტატორები.

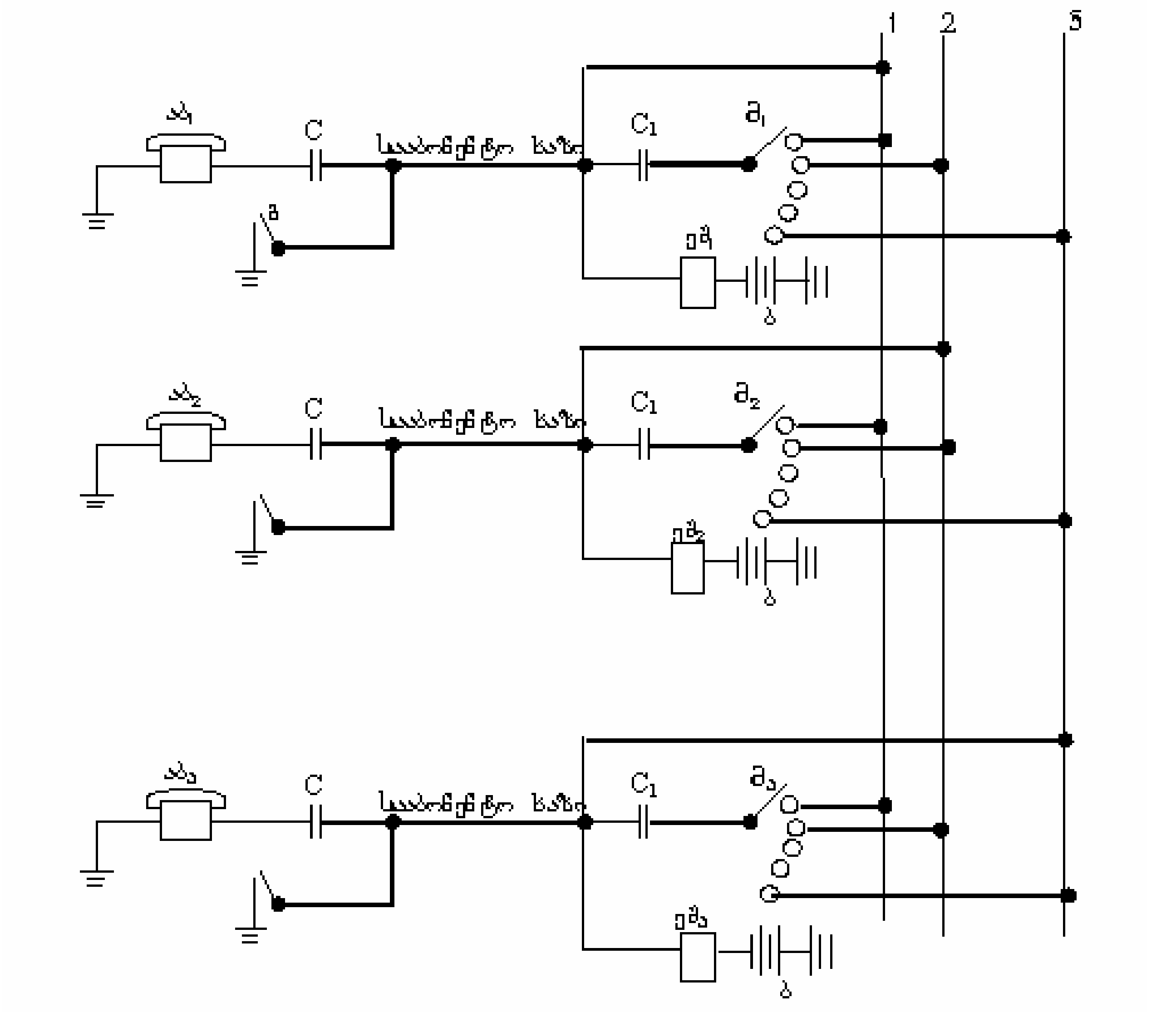
18.3. ავტომატური კომუტაციის პრინციპი

ავტომატურ ტელეფონის სადგურში (ატს) შეერთება აბონენტებს შორის მყარდება ავტომატურად, საკომუტაციო ხელსაწყოების საშუალებით, რომელთა მოქმედებას მართავს მმართველი მოწყობილობა. ნახ. 39 ნაჩვენებია ბიჯური სისტემის ატს-ის სქემა. ყოველი საბონენტო ხაზი სადგურში უერთდება ინდივიდუალურ მძებნელს (მ) C_1 კონდენსატორის გავლით და ელექტრო მაგნიტს (ემ). გარდა ამისა იგი მრავალჯერადად ჩართულია ყველა მძებნელის შესაბამის კონტაქტებში.

ყოველ აბონენტს ტელეფონის აპარატის გარდა, უდგას გასაღები (გ) და C კონდენსატორი მუდმივი და ცვლადი დენების გასაყოფად.

ვთქვათ, $აბ_1$ აბონენტს სურს დაუკავშირდეს $აბ_5$ აბონენტს. მაშინ იგი გასაღებით (გ) ხუთჯერ შერთავს და განრთავს $ემ_1$ ელექტრომაგნიტის წრედს. ელექტრომაგნიტი მიიღებს ხუთ იმპულსს დახუთჯერ მიიზიდავს და აუშვებს ღუზას.

მძებნელის მუსი (ჯაგრისი) $მ_1$ საწყისი მდგომარეობიდან გადავა მე-5 მდგომარეობაში. ამრიგად, აბონენტებს შორის შეიქმნება სალაპარაკო წრედი: აბონენტის $აბ_1$ ტელეფონის აპარატი, C, საბონენტო ხაზი, C_1, მძებნელის $მ_1$ მეხუთე მდგომარეობა, მრავალჯერადი ველის მე-5 სადენი, აბონენტის $აბ_5$ ტელეფონის აპარატი.



ნახ. 39. ავტომატური კომუტაციის პრინციპი.

ლაპარაკის დამთავრების შემდეგ მძებნელის $მ_1$ ელექტრომაგნიტში იგზავნება დამატებითი იმპულსები (მართვის მოწყობილობიდან) მუსის საწყის მდგომარეობაში მოსაყვანად.

განხილული უმარტივესი ატს-ის სქემა საშუალებას იძლევა წარმოდგენა ვიქონიოთ აბონენტების ავტომატური შეერთების პრინციპის შესახებ.

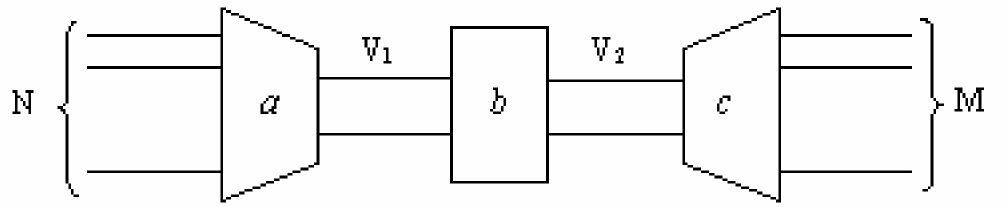
18.4. საკომუტაციო კვანძის აგების მეთოდები

საკომუტაციო სისტემის და მართვის მოწყობილობის რაციონალური აგება საშუალებას იძლევა აიგოს საკომუტაციო კვანძი მინიმალური დანახარჯებით და მას გააჩნდეს მინიმალური დანაკარგები, ე.ი. უზრუნველყოს მოთხოვნილი მომსახურების ხარისხი. საკომუტაციო კვანძები ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან შესასვლელებისა და გასასვლელების რაოდენობით, გამოყენებული საკომუტაციო ელემენტების ტიპის მიხედვით, საკომუტაციო

კვანძში არხების დაყოფის მიხედვით. ელ. კ/გ-ში ძირითადად გამოიყენება არხების დაყოფის 3 მეთოდი: სივრცული, სიხშირული და დროითი.

არხების დაყოფის სივრცული მეთოდის დროს არხები განლაგდებიან სივრცეში და მათი გადაცემა ხდება სივრცული კომუტატორის საშუალებით. არხების სიხშირული დაყოფის დროს ხდება არხების განლაგება სიხშირეების მიხედვით გადამცემ მხარეს, ხოლო მიმღებ მხარეს ხდება არხების გადაყვანა დაბალ სიხშირეზე. არხების დროითი დაყოფის დროს ხდება გადასაცემი ინფორმაციის გადაყვანა დისკრეტულ ფორმაში, აღნიშნულ ფორმაში მათი გადაცემა, კომუტაცია და მიმღებ მოწყობილობაში უკუგარდაქმნა.

საკომუტაციო კვანძი ზოგადად შედგება ერთმანეთთან მიმდევრობით ჩართული რამოდენიმე ნაწილისაგან (ნახ. 40).

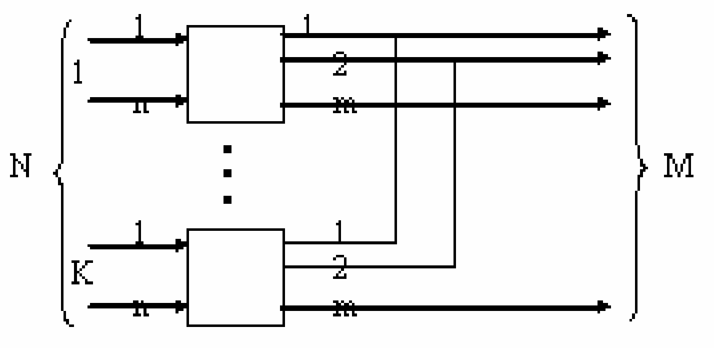


ნახ. 40. საკომუტაციო კვანძის სტრუქტურა.

ნახ. 40-ზე მოცემული საკომუტაციო კვანძი შეიცავს 3 ნაწილს. პირველ ნაწილში ხდება N ინდივიდუალური ხაზების გადაყვანა V_1 კოლექტიური მომსახურების ხაზებში. მე-2 ნაწილში ხდება სხვადასხვა რაოდენობის ხაზების შერევა, ხოლო მე-3 ნაწილში ხდება V_2 ხაზების გადაყვანა უფრო მეტ M ხაზებში.

ძებნის საფეხურები შედგებიან საკომუტაციო ბლოკებისაგან. საკომუტაციო ბლოკი ეწოდება მოწყობილობას, რომელშიც შესასვლელებს გააჩნიათ 1 ან რამოდენიმე საერთო გასასვლელი.

ნახ. 41-ზე მოცემულია საკომუტაციო ბლოკი, რომელიც შედგენილია K სხვადასხვა საკომუტაციო მოწყობილობისაგან.

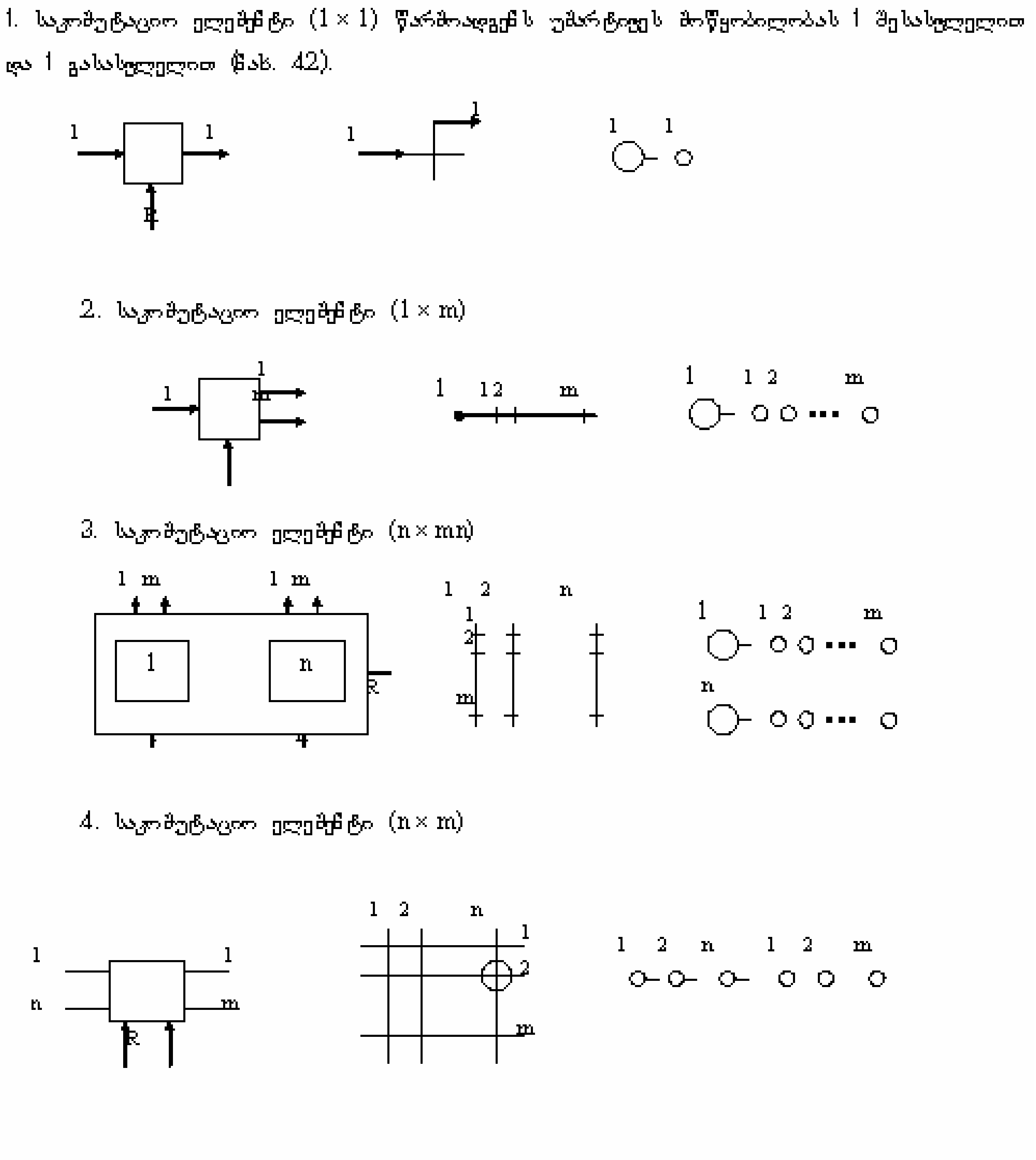


ნახ. 41. საკომუტაციო ბლოკის სტრუქტურა.

საკომუტაციო ბლოკები ხასიათდებიან შესასვლელების რიცხვით N, გასასვლელების რიცხვით M, მიღწევადობით D (მიღწევადობა ეწოდება გასასვლელების რაოდენობას, რომელთანაც შეიძლება მიერთდეს შესასვლელი), გამტარებლობით (ერთ საკომუტაციო წერტილში გამტარების რაოდენობით) და დანაკარგებით.

საკომუტაციო ბლოკების ასაგებად იყენებენ 4 ტიპის საკომუტაციო ელემენტს. საკომუტაციო ელემენტი აღინიშნება $(n \times m)$, სადაც n-შესასვლელებია, m - გასასვლელები.

1. საკომუტაციო ელემენტი (1×1) წარმოადგენს უმარტივეს მოწყობილობას 1 შესასვლელით და 1 გასასვლელით (ნახ. 42).



ნახ. 42. საკომუტაციო ხელსაწყოები.

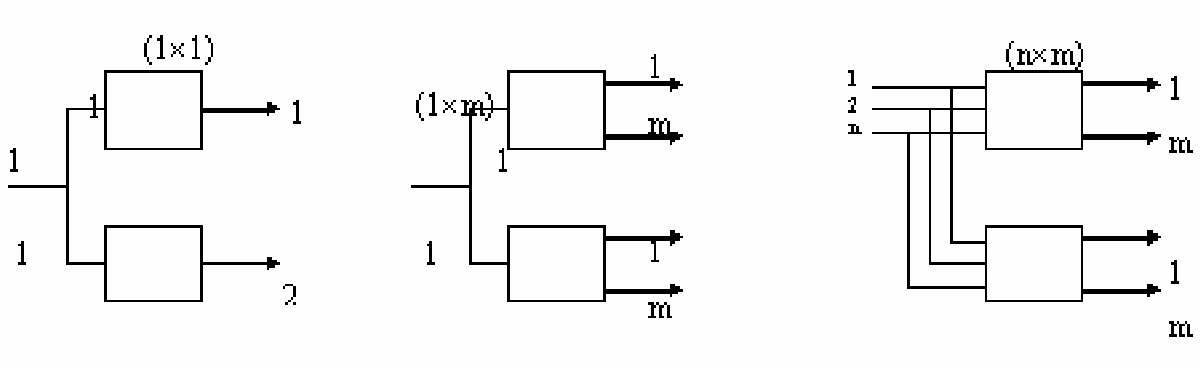
18.5. საკომუტაციო ბლოკების აგების მეთოდები

საკომუტაციო ხელსაწყოების გარკვეული წესით გაერთიანებით, შეიძლება მივიღოთ საკომუტაციო ბლოკები, რომლებსაც გააჩნიათ გარკვეული სტრუქტურული პარამეტრები.

სტრუქტურულ პარამეტრებზეა დამოკიდებული საკომუტაციო ბლოკის მიერ გატარებული დატვირთვა და დანაკარგები, რომლებსაც შეიძლება ჰქონდეს ადგილი შეერთების დამყარების დროს.

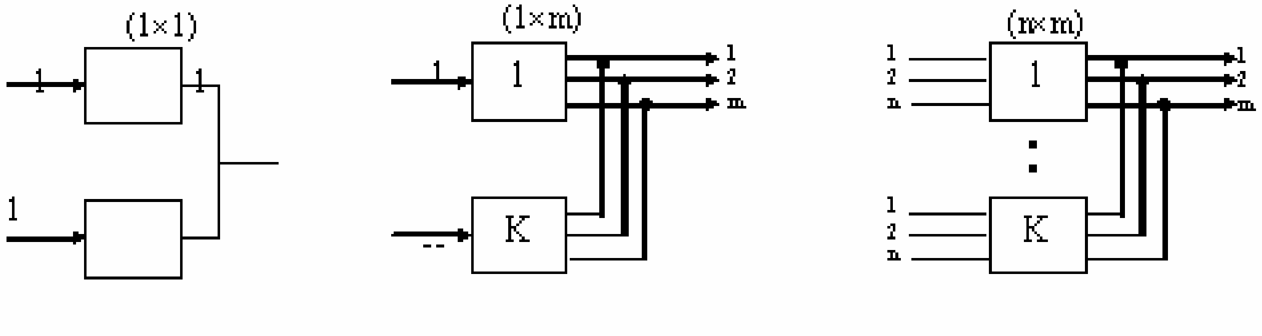
საკომუტაციო ბლოკების აგებისას ახდენენ შესასვლელების გაერთიანებას, გასასვლელების გაერთიანებას, საკომუტაციო ბლოკების მიმდევრობით ჩართვას და სხვ. ასევე იყენებენ საკომუტაციო ბლოკების სრულ ან არასრულ მიღწევად ჩართვას. საკომუტაციო ბლოკს, სადაც შესასვლელს აქვს ყველა გასასვლელთან მიერთების საშუალება, სრულმისაწვდომი ეწოდება. წინააღმდეგ შემთხვევაში მიიღება არასრულმისაწვდომი სქემა.

ნახ. 43-ზე გამოსახულ სქემაზე ნაჩვენებია ბლოკების მიღება ორი სხვადასხვა საკომუტაციო ელემენტის გამოყენებით



ნახ. 43. საკომუტაციო ბლოკები.

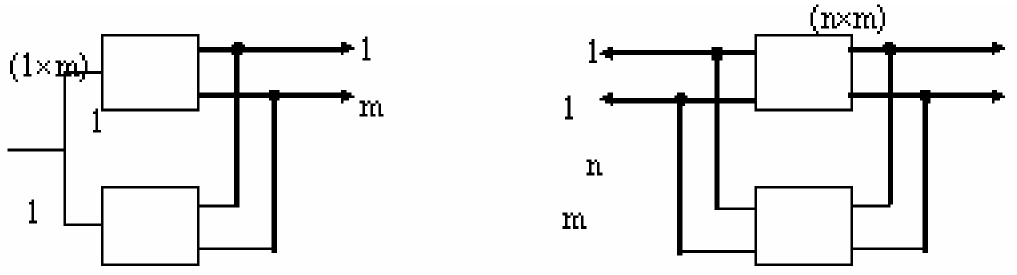
ნახ. 44-ზე ნაჩვენებია ბლოკების აგება საკომუტაციო ელემენტების გასასვლელების გაერთიანებით



ნახ. 44. საკომუტაციო ბლოკები.

საკომუტაციო ბლოკში, რომელიც მიიღება გასასვლელების გაერთიანებით, იზრდება შესასვლელების რაოდენობა. საკომუტაციო ბლოკს, სადაც შესასვლელსა და გასასვლელს შორის არსებობს მხოლოდ 1 საკომუტაციო წერტილი, ერთრგოლიანი საკომუტაციო ბლოკი ეწოდება.

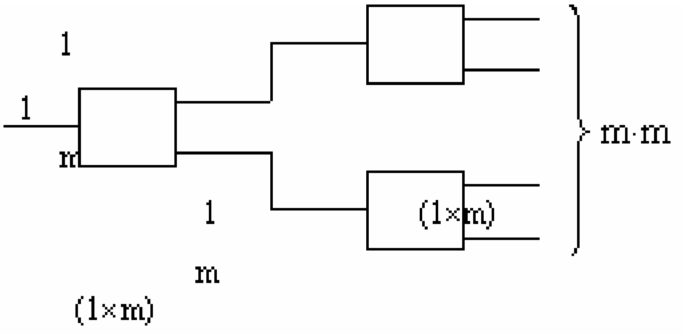
ზოგ შემთხვევაში საჭიროა შეიქმნას საკომუტაციო ბლოკი შესასვლელებისა და გასასვლელების გაერთიანებით (ნახ. 45). ასეთი საკომუტაციო ბლოკები გამოიყენება ისეთ სისტემებში, სადაც საჭიროა გაიზარდოს საიმედობა. ამ შემთხვევაში ერთი საკომუტაციო ელემენტის დაზიანებისას შეერთება მყარდება მე-2 საკომუტაციო ელემენტით.



ნახ. 45. საკომუტაციო ბლოკები.

აქამდე განხილულ საკომუტაციო ბლოკებში შეერთება მყარდება ერთი საკომუტაციო წერტილის გამოყენებით. ამიტომ ასეთ სქემებს ერთრგოლიანს უწოდებენ. უმარტივესი ერთრგოლიანი ბლოკია კომუტატორი, რომელიც წარმოადგენს ერთრგოლიან სრულმიღწევად საკომუტაციო მოწყობილობას.

საკომუტაციო ბლოკები შეიძლება შევქმნათ საკომუტაციო ელემენტების მიმდევრობით ჩართვით. ამ შემთხვევაში ერთი საკომუტაციო ელემენტის გასასვლელი უერთდება მეორის შესასვლელს. ნახ. 46-ზე მოცემულია საკომუტაციო სქემა, სადაც გამოყენებულია (1 × m) საკომუტაციო ელემენტები, შეერთებულნი მიმდევრობით. ასეთ საკომუტაციო ბლოკში იზრდება შესასვლელების მიღწევადობა გასასვლელებთან. პირველ საკომუტაციო მოწყობილობას უწოდებენ A რგოლს, ხოლო მეორეს - B რგოლს. მათ შორის შემაერთებელ ხაზებს შუალედური ხაზები ეწოდებათ და აღინიშნება V ასოთი. საკომუტაციო ტექნიკაში ზოგჯერ გამოიყენებენ 3, 4 და მეტ რგოლიან ბლოკებს.



ნახ. 46. ორრგოლიანი საკომუტაციო ბლოკი.

18.6. ციფრული კომუტაციის პრინციპი

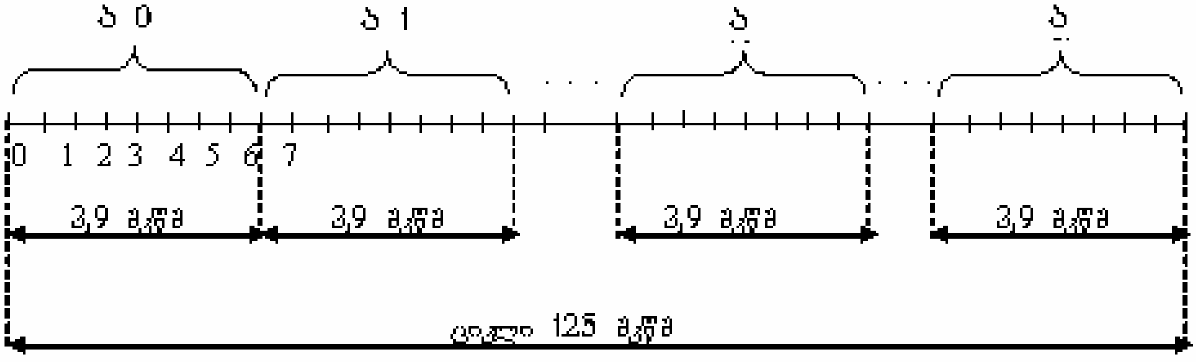
ციფრულ სისტემებში სალაპარაკო სიგნალების გადასაცემად საჭიროა მათი ციფრულ ფორმაში გარდაქმნა სამი ოპერაციის შესრულებით:

1. დისკრეტიზაცია;
2. კვანტირება;
3. კოდირება.

იკმ - 30/32 ციფრული გადაცემის სისტემაში გათვალისწინებულია 30 სალაპარაკო არხი (ა1-ა15) და (ა17-ა31), ერთი არხი (ა16) სიგნალიზაციისათვის (სახაზო და მართვის სიგნალების გადაცემა) და ერთი არხი (ა 0) სინქრონიზაციისათვის.

ინფორმაცია, რომელიც გადაიცემა იკმ სისტემით ფორმირდება გადამცემ სადგურში ერთიან ციფრულ სიგნალად. მიმღებ სადგურში ხდება ამ სიგნალის გამოცნობა, განაწილება დანიშნულების მიხედვით.

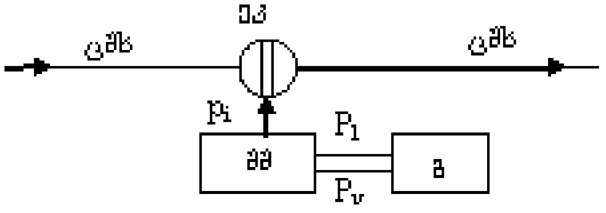
თითოეული არხის ინტერვალის ხანგრძლივობაა 3,9 მკწმ. ყოველ არხში თავსდება 8 სიმბოლოსაგან შემდგარი ერთი კოდური სიტყვა.



ნახ. 47. იკმ-30/32 ციფრული გადაცემის სისტემის მუშაობის დიაგრამა.

მოცემული ციკლის დიაგრამიდან ჩანს, რომ ცალკეული არხების კოდური სიტყვები (სიმბოლოები) გადაიცემიან ერთმანეთის მიყოლებით უწყვეტად. აღნიშნულის გამო კომუტაციის სისტემებში იკმ-ით საჭიროა განხორციელდეს ტაქტური და ციკლური სინქრონიზაცია.

ერთსახელა დროითი არხების კომუტაცია შესაძლებელია შემდეგი სქემით (ნახ. 48).



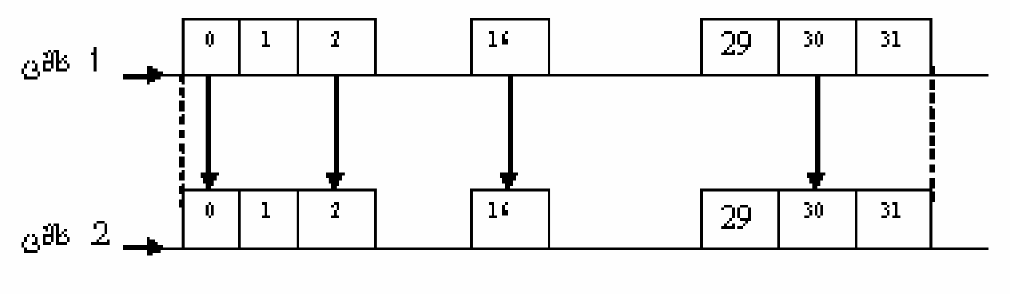
ეკ - ელექტრონული კონტაქტი;
ცმხ - ციფრული მაერთებელი ხაზი;
მმ - მმართველი მოწყობილობა;
გ - გენერატორი.

ნახ. 48. სივრცითი კომუტაციის პრინციპი.

ელექტრული კონტაქტის მართვა ხორციელდება იმპულსური მიმდევრობით, რომელიც შეესაბამება ამა თუ იმ დროით არხს (მაგალითად $p_{i\text{-ს}}$).

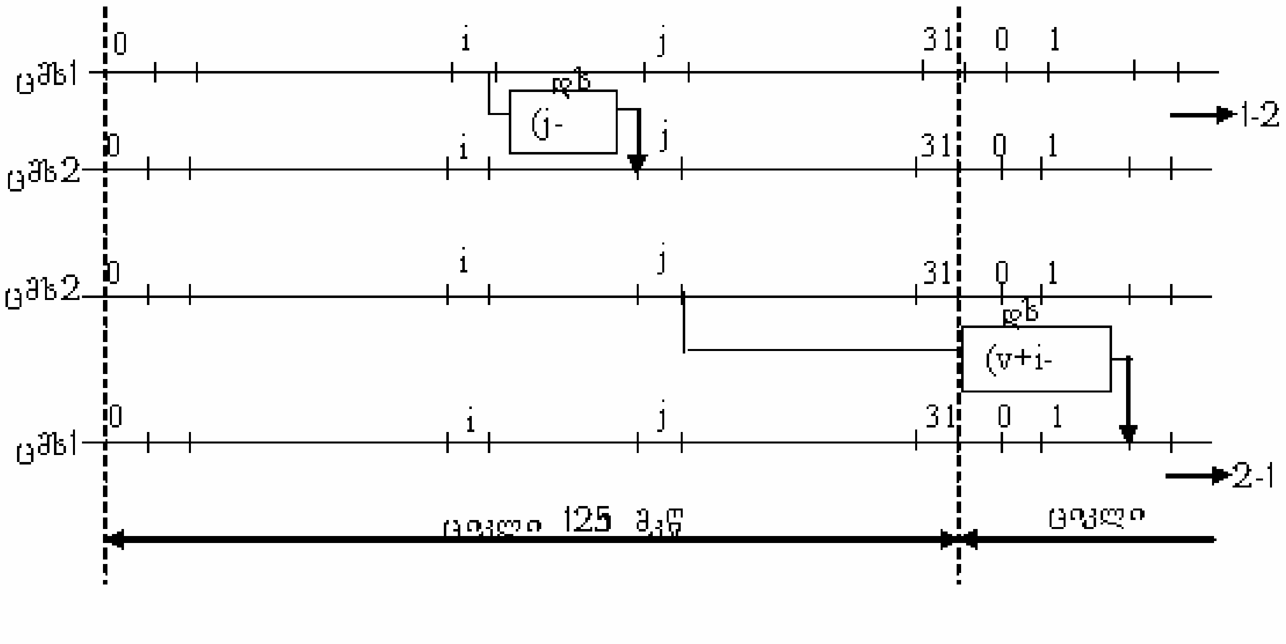
ამგვარად, ეკ-ის გავლით ინფორმაციის გადაცემა შესაძლებელია მხოლოდ გამავალი და შემავალი ციფრული მაერთებელი ხაზების ერთსახელა დროით არხებს შორის. ასეთ კომუტაციას ეწოდება დროითი არხების სივრცითი კომუტაცია.

ასეთი კომუტაციის დროს შეიძლება ადგილი ჰქონდეს შინაგან ბლოკირებებს, რაც იწვევს დანაკარგებს. ამას ექნება ადგილი იმ შემთხვევაში თუ მოთხოვნილი მიმართულების ცმხ-ში არ აღმოჩნდება თავისუფალი დროითი არხი, რომლის გამოყენებითაც უნდა დამყარდეს შეერთება.



ნახ. 49. სივრცითი კომუტაცია ერთსახელა დროით არხებს შორის.

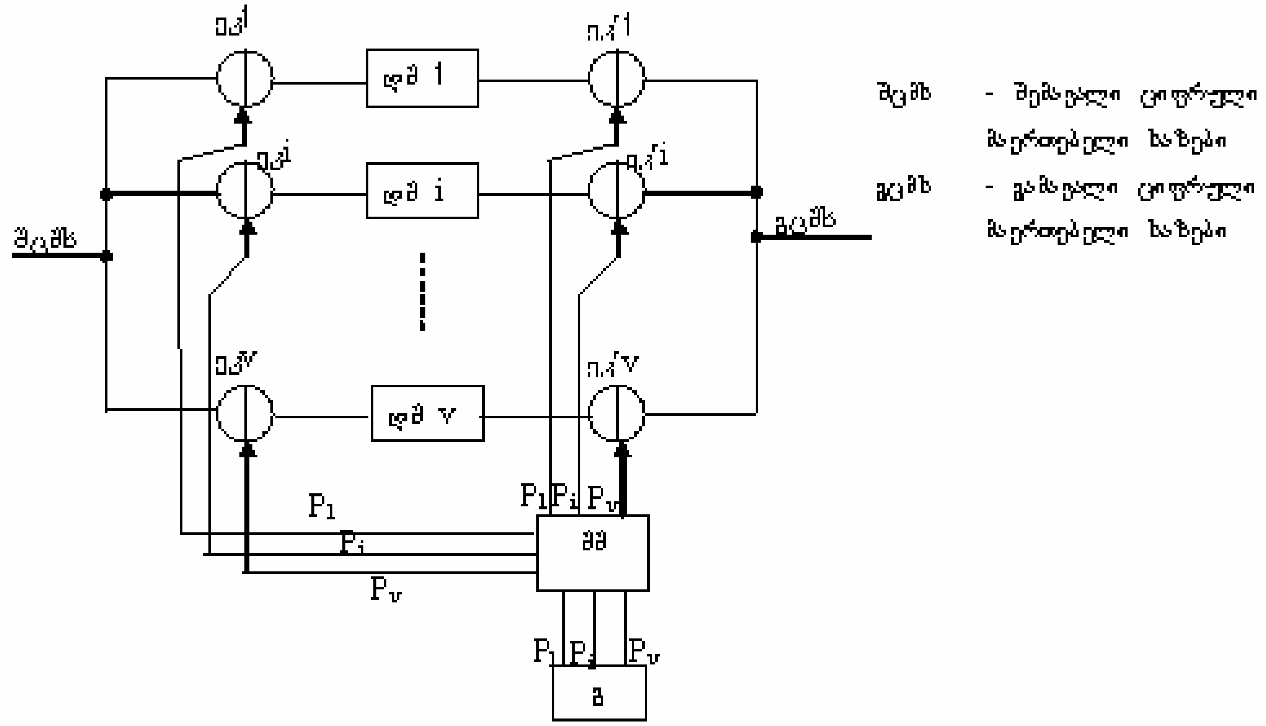
შინაგანი ბლოკირების თავიდან ასაცილებლად საჭიროების შემთხვევაში შეიძლება შემავალ ცმხ-ში განხორციელდეს ინფორმაციის წანაცვლება გამავალი ცმხ-ს სხვა დროით არხში (პოზიციაში) კომუტაციის ასეთ სახეს ეწოდება დროითი კომუტაცია. ინფორმაციის წანაცვლება დროის ერთი პოზიციიდან მეორეში უნდა განხორციელდეს გადაცემის ორივე მიმართულებით.



ნახ. 50. დროითი კომუტაცია.

ცმხ1-ის i არხის შეერთებისას ცმხ2-ის j არხთან (j>i) სალაპარაკო სიგნალი, რომელიც გადაიცემა ცმხ1-ის i არხში დაყოვნდება (j-i)τ დროით და მოხვდება ცმხ2-ის j დროით არხში. იმავდროულად სალაპარაკო სიგნალი გადაცემული ცმხ2-ის j არხში დაყოვნდება (v+i-j)τ დროით და მოხვდება ცმხ1-ის i არხში. (v- ერთ ციკლში დროითი არხთა რიცხვია, τ - ერთი არხის ინტერვალის ხანგრძლივობა). ამგვარად, ამ შემთხვევაში პირდაპირ და უკუ მიმართულებით ინფორმაცია გადაიცემა სხვადასხვა ციკლში.

დროითი კომუტაციის პრინციპი ნაჩვენებია ნახ. 51.



ნახ. 51. დროითი კომუტაციის პრინციპი.

ასეთ მოწყობილობაში თითოეულ დროით არხს გააჩნია დამხსომებელი მოწყობილობა დმ1-დმv, რომლებიც იმართებიან მათზე მიმაგრებული p_1-p_v იმპულსური თანმიმდევრობით ელექტრონული კონტაქტის გავლით ეკ1-ეკv კონტაქტებზე მართვის მოწყობილობიდან მიეწოდება მოთხოვნილი არხების ნებისმიერი თანმიმდევრობები. ხაზის i-ური არხიდან შემოსული ინფორმაცია (კოდური სიტყვა) ჩაიწერება ამ არხის დმi დამხსომებელ მოწყობილობაში.

თუ გამავალ ციფრულ მაერთებელ ხაზში (გცმხ) არ აღმოჩნდა თავისუფალი გამავალი i არხი, მაშინ მმ მოძებნის ნებისმიერ თავისუფალ არხს (მაგალითად v-ს) და გენერატორიდან ეკ'$_i$ კონტაქტს მიაწვდის v არხის იმპულსურ თანმიმდევრობას. ამის შედეგად ინფორმაცია დმ$_i$-დან წაიკითხება v გამავალი არხის დროით ინტერვალში. ამგვარად, ხორციელდება კომუტაცია არაერთსახელა შემავალ და გამავალ არხებს შორის.

19. ტელეკომუნიკაციის მომსახურების თანამედროვე სახეები

თანამედროვე პირობებში, ტრადიციული კავშირგაბმულობის საშუალებებთან ერთად მთელ მსოფლიოში, გაჩნდა მოთხოვნილება კ/გ-ის ახალ პერსპექტიულ სახეებზე, როგორიცაა სატელეფონო და ელექტრონული ფოსტა, საცნობარო კავშირი (ვიდეოტექსი) და საცნობარო მოწყობილობა (ტელეტექსი), რადიოგამოძახებები, კოსმოსური და საკაბელო ტელეხედვა და ა. შ., რასაც ხელი შეუწყო ელექტრონიკის, კავშირგაბმულობისა და გამოთვლითი ტექნიკის სწრაფმა განვითარებამ.

კავშირგაბმულობის ტრადიციული საშუალებები და მომსახურების ახალი სახეები, ამჟამად წარმატებით და მთლიანად უზრუნველყოფენ მოსახლეობისა და განვითარებული ქვეყნების სავრეწველო საწარმოების მოთხოვნილებებს ყველა სახის ინფორმაციის გადაცემისა და დამუშავებისათვის, როგორიცაა: სალაპარაკო, დოკუმენტალური, მანქანური, ვიზუალური და ა. შ.

19.1. კავშირგაბმულობის ვიდეოსატელეფონო სამსახური

ვიდეოკავშირგაბმულობის პოტენციალური მომხმარებლების გამოკითხვისა და კვლევის საფუძველზე დადგენილია, რომ მისი გამოყენებისათვის არსებობს ძირითადად ორი მიზეზი:

1. გამომძახებელი ეკრანზე ხედავს გამოსაძახებელი აბონენტის გამოსახულებას, რაც აუმჯობესებს ფსიქოლოგიურ ეფექტს.

2. გამოსახულება მნიშვნელოვნად ამაღლებს „რთული“ ლაპარაკის ეფექტურობას, იძლევა საშუალებას დემონსტრირება გაუკეთოთ ნახაზებს, სქემებს და სხვა.

მომხმარებელი ვიდეოტელეფონის მომსახურებისაგან არ თხოულობს გამოსახულების სწრაფ ცვლილებას, როგორც ეს არის კინოში ან ტელეხედვაში, მაგრამ მისთვის აუცილებელია ფერი და ეკრანის ფართო ფორმატი.

ვიდეოტელეფონმა უნდა უზრუნველყოს ყველა ის საუკეთესო მიღწევა და თვისება, რაც აქვს ტელევიზიასა და სატელეფონო კავშირგაბმულობას.

თანამედროვე პირობებში კავშირგაბმულობის წამყვანმა კომპანიებმა დაიწყეს წარმოება მრავალფუნქციური კომპლექტებისა, რომლებსაც გააჩნიათ მონაცემების ბაზა, მონიტორი, ვიდეოტელეფონი და მიკროპროცესორული ბლოკი, რომლებიც შეიძლება იყოს სასარგებლო ინსტრუმენტი დისპეჩერების, კონსტრუქტორების და სხვა სპეციალისტებისათვის.

ვიდეოტელეფონი ამჟამად ფართოდ გამოიყენება ვიდეოკონფერენცკავშირების უზრუნველსაყოფად.

19.2. „ვიდეოტექსის“ სამსახური (საცნობარო კავშირგაბმულობა)

ვიდეოტექსის სამსახურის დანიშნულებაა ინდივიდუალური ცნობების გაცემა, სატელეფონო ქსელის აბონენტების, ინფორმცენტრში მოთხოვნის შესაბამისად. ცნობების მიღება აბონენტის მიერ ხდება დიალოგურ რეჟიმში, დიალოგი ხორციელდება ვიდეოტექსტის ტერმინალის (დეკოდერის) საშუალებით, ტექსტი ჩნდება ტელევიზორის ეკრანზე.

შეკითხვის სიგნალის გადაცემა ხდება სიჩქარით 75 ბიტი/წმ, ხოლო პასუხი 1200 ბიტი/წმ აბონენტის სატელეფონო ხაზით. ინფორმაციის მიმწოდებლები შეიძლება იყვნენ სამეცნიერო და სარეკლამო ინფორმატორები. მონაცემების ბანკში მიმწოდებლების მიერ გამოყენებულია 100-დან 10000 გვერდამდე. დეკოდერი აერთიანებს ტელეფონს და ტელევიზორს ვიდეოტექსის ტერმინალში.

დეკოდერს აქვს ალფავიტური ციფრული კლავიატურა, პროცესორი, მახსოვრობა, მოდემი, ნიშნის გენერატორი. ვიდეოტექსის სამსახური არის საქალაქთაშორისო.

„ვიდეოტექსი“, ელექტრონული ცნობარის ფუნქციის გარდა, უზრუნველყოფს საზოგადოების აქტიურ ინფორმაციულ მომსახურებას.

„ვიდეოტექსს“ შეუძლია ტექსტების გაცვლა აბონენტებს შორის პრინციპით „თითოეული-თითოეულთან“, „მახსოვრობიდან-მახსოვრობაში“. „ვიდეოტექსის“ სამსახურს შეუძლია შეასრულოს ელექტრონული ფორმის მომსახურება სატელეფონო ქსელში, როცა გვაქვს მთლიანი ტელეფონიზაცია.

19.3. სამსახური „ტელექსი“ (ტელემომსახურება)

აღნიშნული სამსახურის განვითარების ტენდენცია დამოკიდებულია არსებული ანალოგური სატელეფონო ქსელის შემჭიდროვების შესაძლებლობაზე. ტელექსის სამსახურის ორგანიზებისათვის არსებული სატელეფონო ქსელის ექსპლუატაცია უნდა ხორციელდებოდეს 34-46კჰც სიხშირის დიაპაზონში.

ტელექსის სამსახურის ფუნქციაა: მონაცემების გადაცემა, რომელიც გამოყვანილია დისპლეიზე, აბონენტებისათვის დისტანციურად სხვადასხვა სახის გაზომვების ჩატარება, ობიექტების ტელემართვა, მათი მოწყობილობების რეგულირებით.

სამსახური საშუალებას იძლევა კომუნალური მომსახურების სამსახურებმა აწარმოონ ელექტროენერგიის, გაზის, წყლის მრიცხველების ჩვენებების აღრიცხვა. უზრუნველყოს დაცვის, ავარიული, სამედიცინო სიგნალიზაციის სიგნალების მართვა სპეციალური გადამწოდების საშუალებით. სპეცსამსახურების გამოძახებისათვის გათვალისწინებულია გამოძახების ღილაკი ტელეფონზე.

19.4. „ტელეტექსტი“ (საცნობარო მაუწყებლობა)

„ტელეტექსტის“ სამსახურის დანიშნულებაა ტელემაყურებლებს მიაწოდოს საცნობარო ოპერატიული მონაცემები, ტელექსის სატელევიზიო სიგნალების შემჭიდროვების გზით. ტექსტური შეტყობინების გამოყოფას, არჩევას, აწარმოებს ტელემაყურებელი დეკოდერის საშუალებით. ტექსტების გამოსახულების მიღმა ხდება ტელევიზორის ეკრანზე რეჟიმში „მოკითხვამდე“ მომსახურება. „ტელეტექსტი“ რიგ სამრეწველო და განვითარებულ ქვეყნებში გახდა როგორც „ელექტრონული გაზეთი“.

19.5. საკაბელო ტელევიზიის სამსახური

საკაბელო ტელევიზიის დანიშნულებაა ტელემაყურებლების დონის ამაღლება პროგრამების რიცხვის გაზრდისა და სხვადასხვა სახის მომსახურების გაფართოებით. ძირითადი ტექნიკური მონაცემები რეგლამენტირებულია სტანდარტიზაციის საერთაშორისო ორგანიზაციის მიერ.

საკაბელო ტელევიზიის ქსელის განვითარება დამოკიდებულია აბონენტებთან ფართოზოლოვანი კაბელების გაყვანაზე და თანამგზავრული ტელევიზიის საშუალებების დაყენებაზე და მათ ერთდროულად გამოყენებაზე. სააბონენტო მოწყობილობაში შედის პროგრამების ამორჩევის ბლოკი და ტარიფული მრიცხველი, რომლებიც უზრუნველყოფენ რამდენიმე ათეულ პროგრამას.

ამჟამად ფართო გამოყენებას პოულობს სატელეფონო პროგრამების პაკეტების მიწოდება აბონენტამდე რადიომეთოდებით (11-14) გგჰც სიხშირულ დიაპაზონში.

19.6. ფაქსიმილური კავშირის სამსახური

ფაქსიმილურ კავშირს აქვს უპირატესობები, დიდი მოცულობის ინფორმაციის გადაცემის დროს (ფოსტის დანახარჯების შემცირება, შეტყობინების მიტანის ოპერატიულობა) ის უზრუნველყოფს ხელნაწერი და გრაფიკული შეტყობინების გადაცემას სადაწესებულებო კავშირგაბმულობაში.

დიდი ტევადობის ფაქსიმილური ციფრული სიგნალები შემჭიდროვების გავლით ხვდება საერთო მომსახურების სატელეფონო ქსელში. მიმღებ და გადამცემ სადგურს შორის გადაცემა მიმდინარეობს 48კბიტი/წმ სიჩქარით. თუ არხში არ გადაიცემა ფაქსიმალური სიგნალები, მაშინ ის გამოიყენება სატელეფონო ლაპარაკისათვის. შეერთების დამყარების დრო 4 წმ, ლოდინის დრო 2 წმ, გვერდის ტექსტის გადაცემის ხანგრძლივობაა A4 ფორმატისათვის - 19,5 წმ (დამოკიდებულია გამოყენებული სატელეფონო არხის ხარისხზე).

გამოსაძახებელი აბონენტის დაკავების შემთხვევაში ადგილი აქვს განმეორებით გამოძახებებს. სისტემის მუშაობის მართვა ხდება ეგმ-ით.

20. კომპიუტერული ტელეფონია. ინტერნეტ-ტელეფონია

20.1. კომპიუტერული ტელეფონიის არსი

კომპიუტერული ტელეფონიის შექმნის ძირითადი მიზანია კომპიუტერული და სატელეფონო ქსელების საინფორმაციო სივრცეების გაერთიანება. კომპიუტერულ და სატელეფონო ქსელებში ინფორმაციის მიწოდება მნიშვნელოვნად განსხვავებულია, რის გამოც მათი გაერთიანებისათვის საჭიროა მოწყობილობა, რომელსაც ქსელის ტერმინოლოგიით ეწოდება რაბი (ШЛЮЗ). ამასთან, მომხმარებლის ტელეფონის აპარატი გამოდის კომპიუტერის ინტერფეისის როლში ნაცვლად ტრადიციული მონიტორისა და კლავიატურისა.

20.2. კომპიუტერული ტელეფონიის ძირითადი მიმართულებები

კომპიუტერული ტელეფონიის განვითარების ძირითადი მიმართულებებია:

- კომპიუტერული ტელეფონია, როგორც ოფისის სატელეფონო ქსელის გაუმჯობესების საშუალება. ნებისმიერი ოფისის სატელეფონო ქსელი ამჟამად გარე კომპიუტერულ მართვასთან მისაწვდომია სტანდარტების ბაზაზე.

- კომპიუტერული ტელეფონია, როგორც ტელეფონის აპარატების გაუმჯობესების საშუალება. თანამედროვე აბონენტის ტა მიერთებულია პერსონალური კომპიუტერების პორტებთან თანმიმდევრულად.

- ტელეფონია, როგორც კომპიუტერების გაუმჯობესების საშუალება. კომპიუტერული ტელეფონია, წარმოადგენს ერთარხიანი მოდემის ალტერნატივას. ამ სფეროში ბოლო მიღწევებიდან გამომდინარეობს ხმის, ფაქსიმილური კავშირის და მონაცემთა გადაცემის მოწყობილობის ინტეგრირება.

- ტელეფონია, როგორც ლოკალური ქსელების გაუმჯობესების საშუალება. მიღწევად ითვლება სალაპარაკო სიგნალების გაერთიანების შესაძლებლობა უფრო მოცულობითი (მაგალითად, ვიდეო) ინფორმაციის გადაცემისათვის.

- კომპიუტერული ტელეფონიისათვის ახალი გარნიტურის დამუშავება. იმასთან დაკავშირებით, რომ პერსონალური კომპიუტერი მაგიდისაა ან გადასატანი - თანდათან ასრულებენ ტა-ის სულ უფრო ბევრ ფუნქციებს, საჭიროა მინიატურული გარნიტურა.

- ხმოვანი ფოსტის, ელექტრონული ფოსტის და ფაქსიმილური ფოსტის საზღვრებს გარეთ გასვლა. შეტყობინების გაცვლის სხვადასხვა ფორმები ყველგანაა გამოყენებული. საჭიროა შეტყობინების გაცვლისადმი სხვა მიდგომები - შეტყობინების მართვა, გადაგზავნა, დამუშავება და ა.შ. ძირითადი მიმართულება - შეტყობინების გაცვლის ერთიანი სივრცის შექმნა.

- ახალი SCSA и MVIP სტანდარტების ბაზაზე სამრეწველო სისტემების აგება. შექმნილია სატელეფონო სადგურების მოდელები, რომლებიც მუშაობენ ერთმანეთთან შეერთებული სულ რამდენიმე კომპიუტერით - ამ დროს ეკონომია შეადგენს მინიმუმ 90%-ს.

- გრაფიკული ინტერფეისი კომპიუტერული ტელეფონიის საშუალებებისათვის. სატელეფონო სისტემები იძენენ მომხმარებლისათვის მოხერხებული კომპიუტერის ინტერფეისის სახეს, რაც აადვილებს მათ მომსახურებას.

- სიგნალების ციფრული დამუშავების გამოყენება. სიგნალების დამუშავების ციფრული მიკროსქემები, მოქნილი პროგრამული უზრუნველყოფის გამოყენების საშუალებას იძლევა.

- ფაქსიმილური გაცვლის შესაძლებლობების გაფართოება. ახალი სტანდარტები, ახალი მიკროსქემები, ახალი პროგრამები ფაქსს გადააქცევს საქმიანი ცხოვრების, მარკეტინგის საჭირო ინსტრუმენტად.

- სპეციალური პერსონალური კომპიუტერების გამოშვება.

20.3. ტელეფონისა და კომპიუტერის ინტეგრაცია

პერსონალური კომპიუტერი და ტელეფონი გახდა თანამედროვე საქმიანი ადამიანის სამუშაო ადგილის განუყოფელი ნაწილი. ტელეფონისა და კომპიუტერის ინტეგრაციამ ძირეულად შეცვალა მათთან მუშაობის პრინციპი. ინტეგრაციის დონე გამოყენებულ ტექნიკურ საშუალებათა სახეებზეა დამოკიდებული.

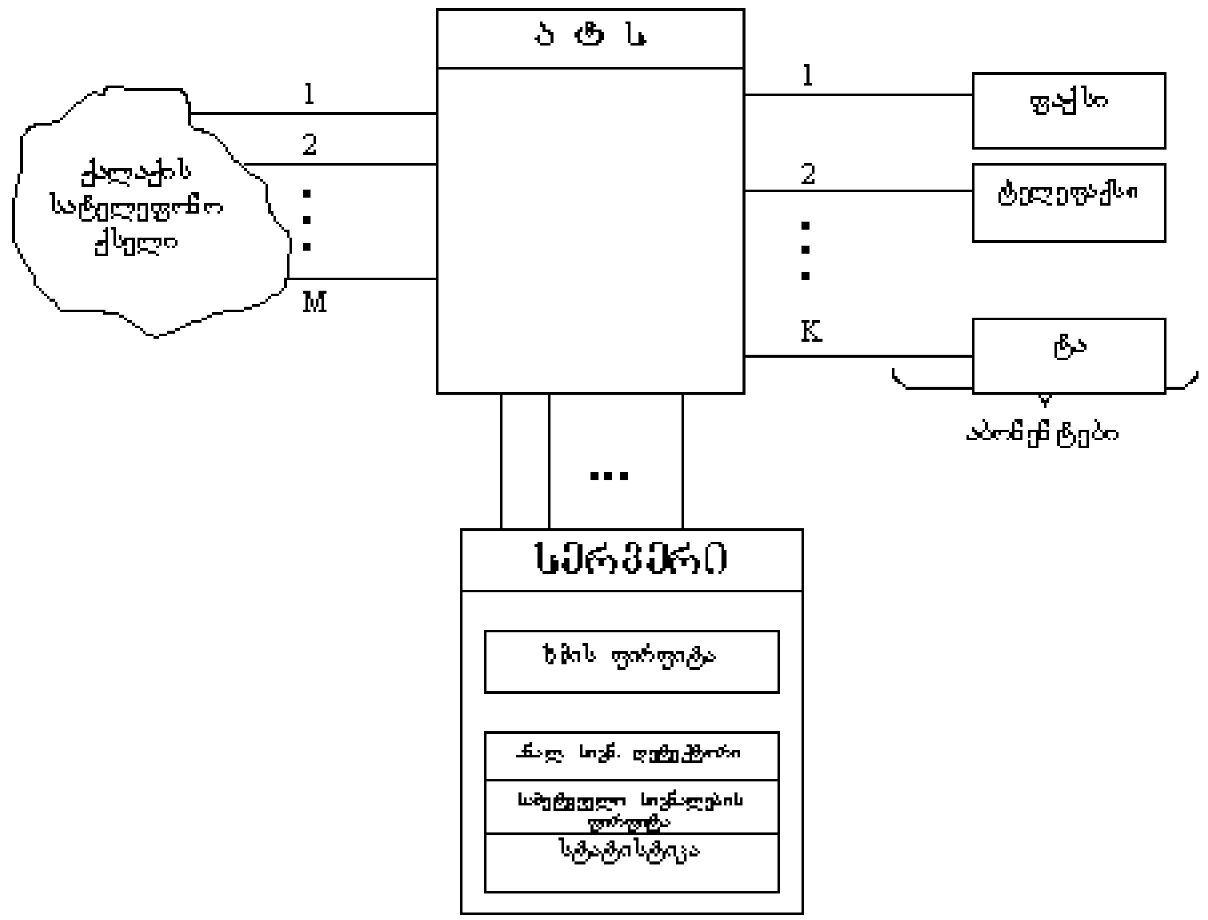
დასაწყისში კომპიუტერული ქსელები და სატელეფონო სისტემები გამოიყენებოდნენ სხვადასხვა მიზნებისათვის: ქსელით გადაიცემოდა მონაცემები, ხოლო სატელეფონო სისტემით - ლაპარაკი. შემდეგ როგორც ლაპარაკი, ისე მონაცემები გადაიცა სატელეფონო ქსელებით ანალოგური ფორმით. სალაპარაკო სიგნალი იყო ანალოგური. ციფრული მონაცემები გარდაიქმნებოდა ანალოგურ სიგნალად მოდემების მეშვეობით.

დროთა განმავლობაში სატელეფონო ქსელი გადავიდა ციფრულზე ოპტიკური კაბელების გამოყენებით. ამჟამად სალაპარაკო სიგნალები გარდაიქმნება ციფრულში კოდეკების მეშვეობით, ხოლო მონაცემები გარდაქმნის გარეშე გადაიცემა სატელეფონო ხაზებით.

ლოკალურმა ქსელებმა განიცადეს ანალოგიური ცვლილება. მათი მეშვეობით ამჟამად გადაიცემა როგორც მონაცემები, ასევე სხვა სახის ინფორმაციებიც. მულტიმედიის წარმოშობით ხმა და ვიდეო გადაიცემა კომპიუტერული ქსელებით. დაიწყო კომპიუტერული ტელეფონიის განვითარება.

ქალაქის სატელეფონო ქსელის მაერთებელი ხაზები შედიან კომპიუტერული ქსელის სერვერში, რომელიც უნდა აღიჭურვოს ხმის პლატით, რომელიც იმუშავებს სპეციალური პროგრამით.

კომპიუტერული ტელეფონიის მთავარ კომუტატორს წარმოადგენს ატს-ის სქემა (ნახ. 52)



ნახ. 52. კომპიუტერ-ტელეფონის ინტეგრაციის მაგალითი.

როგორც წესი, ატს-ის აბონენტს გააჩნია ციფრული ან ანალოგური ტა, თუმც დამაბალოებელ მოწყობილობას შეიძლება წარმოადგენდეს ფაქსი ან პერსონალური კომპიუტერი. მომსახურების ფუნქციები გაიყოფა ატს-სა და სერვერს შორის. ქალაქის სატელეფონო ქსელის აბონენტებიდან ინფორმაცია ტრანზიტით გაივლის ატს-ს და გადაეცემა ქსელის დამაბოლოებელ აბონენტებს. ამ დროს შეიძლება საჭირო გახდეს კომპიუტერ-ტელეფონის საშუალებებით მომსახურებაც. ანალოგიურად ხორციელდება კავშირი უკუ მიმართულებით. ასეთ სისტემებში ტრაფიკი სიმეტრიულია, ე.ი. შემავალი და გამავალი მაერთებელი ხაზები დაახლოებით ერთნაირია.

20.4. კომპიუტერული ტელეფონიის გამოყენების სფერო

კომპიუტერული ტელეფონიის საშუალებების გამოყენებას საინფორმაციო-საცნობარო სამსახურების ავტომატიზაციისათვის უკავია მეორე ადგილი სატელეფონო ლაპარაკების დამუშავების შემდეგ. თავისი ფუნქციის მიხედვით იგი წარმოადგენს უბრალო საცნობარო სისტემას, რომელიც იძლევა პასუხს მხოლოდ ერთკითხვაზე. კომპიუტერული ტელეფონიის სისტემის ალგორითმები საშუალებას იძლევა მნიშვნელოვნად გაიზარდოს და გამრავალფეროვნდეს საცნობარო-საინფორმაციო მომსახურება, განხორციელდეს დიალოგი აბონენტთან და მოხდეს ფასიანი მომსახურება.

ამ ფუნქციების შესასრულებლად გამოიყენება შემდეგი ალგორითმები:

1. **აუდიოტექსტი.** იგი მოხერხებულია, როდესაც საჭიროა დიდი მოცულობის ინფორმაციის მიწოდება. ეს შეიძლება იყოს: მსხვილ უნივერმაღებში ან ფირმებში საქონლის ინფორმაცია, ინფორმაცია მოძრაობის განრიგის შესახებ, ბილეთების შესახებ, თვითმფრინავების მოსვლის და წასვლის შესახებ და სხვ.

2. **ფაქსი მოთხოვნით**. თუ აბონენტს გააჩნია ფაქსიმილური აპარატი, მას შეუძლია აწარმოოს დიალოგი ისეთივე ალგორითმით, როგორც აუდიოტექსტში. მოხერხებულია, როდესაც მოითხოვება ერთტიპა ინფორმაცია. მონაცემების ბაზად შეიძლება გამოყენებულ იქნას ელექტრონული კატალოგები, რომლებიც გააჩნიათ მსხვილ ფირმებს.

3. **კომპიუტერული ტელეფონიის გამოყენება ინფორმაციის შეკრების სისტემებში.** გამოიყენება სატელეფონო გამოკითხვების ჩატარების ავტომატიზაციისათვის. ეს შეიძლება იყოს: სოციოლოგიური, მარკეტინგული გამოკვლევა და სხვ.

4. **ოფისის ტელეფონიის ავტომატიზაცია.** ძირითადი დანიშნულებაა ოფისში სხვადასხვა არხებით შემოსული სხვადასხვა ინფორმაციების გაუმჯობესება.

5. **ფაქსი-დაგზავნა.** საჭიროა შეტყობინებების გავრცელებისათვის დიდი რაოდენობის მისამართების შემთხვევაში.

6. **ხმოვანი ფოსტა.** ღებულობს გამოძახებებს აბონენტის არყოფნის შემთხვევაში (ავტომოპასუხის ფუნქცია). ამ დროს მას შეუძლია შექმნას შეტყობინებების არქივი.

7. ფაქს-ფოსტა. გააჩნია იგივე ფუნქციები, რაც ხმოვან ფოსტას - გასცემს ფაქს-შეტყობინებას ნებისმიერ გარე ტელეფაქსზე ან კომპიუტერის ფაქსიმილებით.

8. **ინტეგრირებული შეტყობინება.** კომპიუტერში ინახება სისტემატიზირებული შეტყობინებები, რომლებიც სხვადასხვა სახითაა შემოსული და ოპერატიულად მუშაობს მათთან (ელექტრონული საქმისწარმოება).

9. **სატელეფონო გამოძახებების გადამისამართება.** თუ აბონენტი ელოდება ზარს, მაგრამ უხდება სამუშაო ადგილის დატოვება, შესაძლებელია შემოსული გამოძახებების გადამისამართება. კომპიუტერში შეიტანება ტელეფონის ნომრების სია აბონენტის მოსაძებნად.

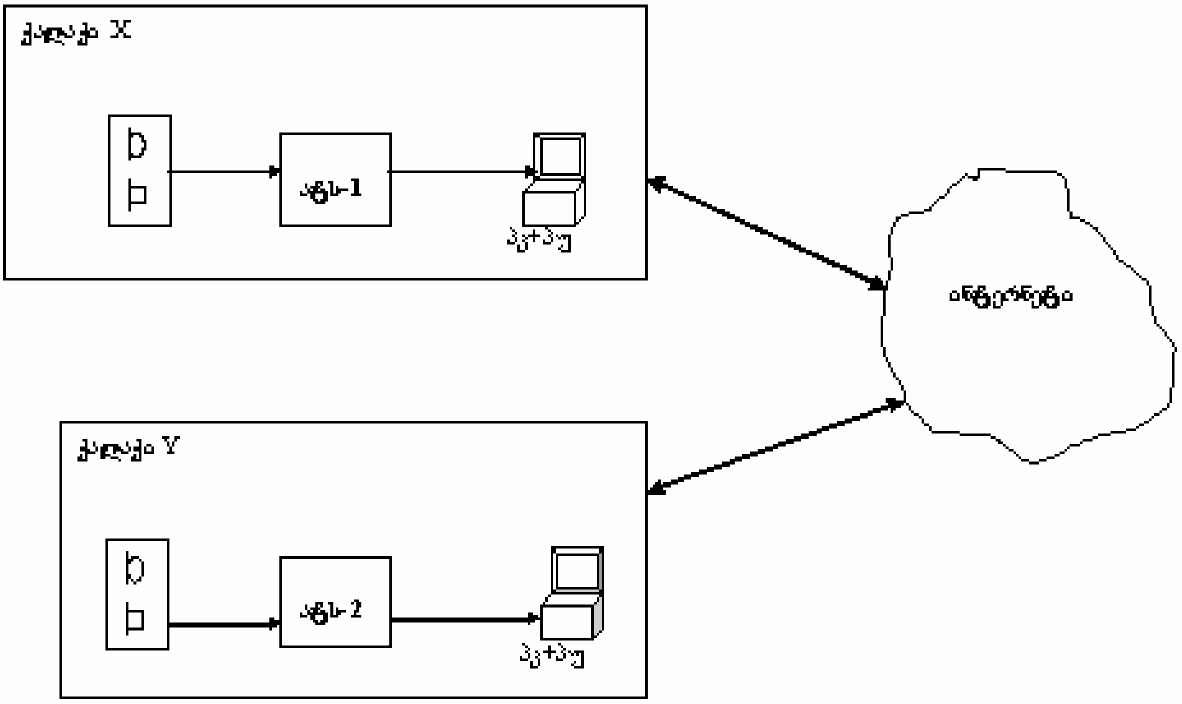
10. **გამოძახებების ავტომატური განაწილება.** სისტემა უზრუნველყოფს დიდი რაოდენობის გამოძახებების განაწილებას, რომლებიც ერთდროულად შემოდიან რამდენიმე ხაზით. პრიორიტეტული ნომრების სიის შესაბამისად ანაწილებს გამოძახებებს

11. **ავტომატური მდივანი**. მას ეწოდება მდივნის ავტომატიზებული სამუშაო ადგილი. შეუძლია განახორციელოს ზემოთ ჩამოთვლილი ფუნქციები ნებისმიერი კომბინაციით.

20.5. ინტერნეტ-ტელეფონია

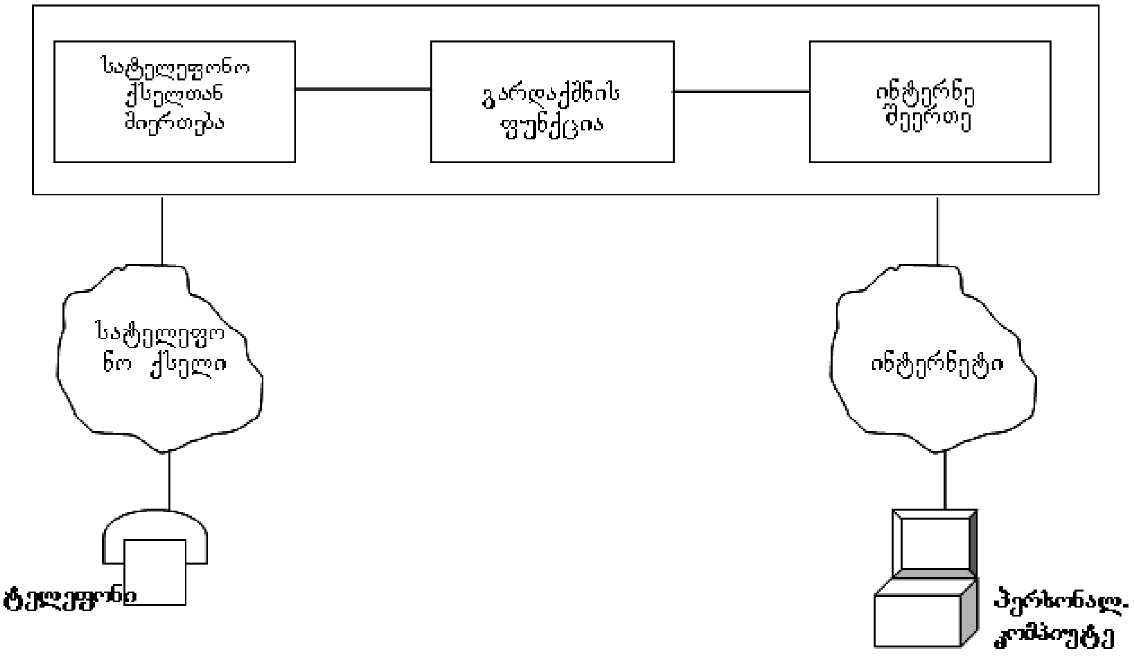
ინტერნეტ-ტელეფონიაში არსებობს კავშირის ორი ბაზური სქემა. პირველ შემთხვევაში კავშირს ამყარებენ პერსონალური კომპიუტერების მომხმარებლები, რომლებიც აღიჭურვება მულტიმედიის და სპეციალური პროგრამული საშუალებებით. ისინი

უზრუნველყოფენ დუპლექსურ სატელეფონო კავშირს, საჭირო სერვისს და კონტროლს. სამომხმარებლო კომპიუტერები შეიძლება შედიოდნენ ლოკალური ქსელის შემადგენლობაში, გააჩნდეთ საკუთარი მისამართი ანდა მიუერთდეს ინტერნეტის ქსელთან მოდემის მეშვეობით. აუდიოსიგნალის გაციფრება, შეკუმშვა და პაკეტიზირება სრულდება პროგრამულ-აპარატურული საშუალებებით ბგერითი პლატების გამოყენებით გამგზავნის კომპიუტერზე, ხოლო მიღებული სიგნალის აღწარმოება - მიმღების მანქანაზე. ასეთი სქემა ნაჩვენებია ნახ. 53. იგი ითვალისწინებს სპეციალური მრავალფუნქციური მოწყობილობების გამოყენებას, რომელიც სიგნალების დამუშავების ციფრული პროცესორების ბაზაზეა აგებული.

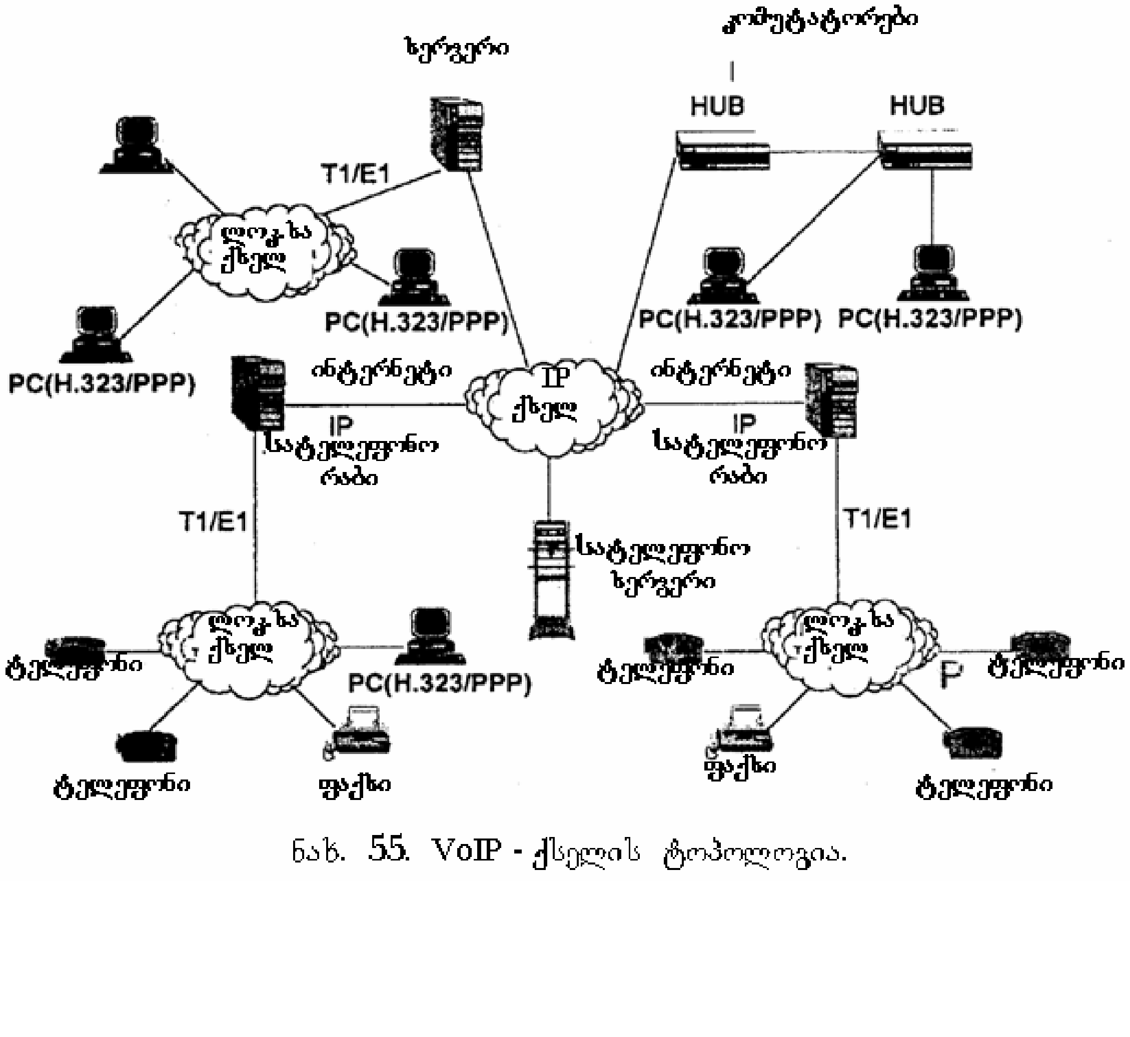


ნახ. 53. სატელეფონო კავშირის ორგანიზაცია ინტერნეტის გავლით რაბის გამოყენებით.

ინტერნეტ-ტელეფონიის რაბი ზრუნველყოფს საერთო სარგებლობის სატელეფონო ქსელის დაკავშირებას ინტერნეტთან (ნახ. 54).



ნახ. 54. ინტერნეტ-ტელეფონიის რაბი.



ნახ. 55. VoIP - ქსელის ტოპოლოგია.

რაბის დანიშნულებაა სალაპარაკო და სასამსახურო ანალოგური სიგნალების გარდაქმნა ციფრულ თანმიმდევრობად. ამ თანმიმდევრობიდან ინტერნეტის გლობალური პაკეტების ორგანიზება და მათი გადაცემა ქსელში და აგრეთვე პაკეტების მიღება ქსელიდან და ციფრული სიგნალებიდან სალაპარაკო და სასამსახურო სიგნალების აღდგენა და ანალოგურში გარდაქმნა. გარდა ამისა, მის ფუნქციაში შედის სხვა ამოცანების გადაწყვეტაც, რომლებიც დაკავშირებულია ინტერფეისების ორგანიზებასთან, საბონენტო სიგნალიზაციის სიგნალების გენერირებასა და დეტექტირებასთან, სატელეფონო ლაპარაკების რეჟიმების გადართვასთან და ა.შ.

ნახ. 55 კავშირი მყარდება ქალაქისა და დაწესებულების ატს-ებს შორის. ამასთან, საკმარისია აბონენტის ტელეფონის ნომრის ცოდნა და არა ინტერნეტის მისამართისა.