

UDC 621.372.8

SCOPUS CODE 2201

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2022-2-127-132>

## „მანჩესტერის“ კოდში შეცდომების კორექტირების ალბათობის გაზრდის შესაძლებლობების შესახებ

<b>ვიქტორ ნანობაშვილი</b>	ციფრული სატელეკომუნიკაციო ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77 E-mail: nanobashviliviktor08@gtu.ge
<b>ვახტანგ აბულაძე</b>	ციფრული სატელეკომუნიკაციო ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77 E-mail: v.abuladze@gtu.ge

### რეცენზენტები:

**რ. სვანიძე**, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის ემერიტუსი – პროფესორი

E-mail: svanidzerevaz08@gtu.ge

**ო. შამანაძე**, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: o.shamanadze@gtu.ge

**ანოტაცია.** ციფრული სატელეკომუნიკაციო სიგნალების გადაცემისას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ხაზში შეცდომების კორექტირებას, რაც მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს ინფორმაციის მიღების ხარისხს. განხილულია „მანჩესტერის“ კოდში შეცდომების კორექტირების საკითხები. დადგენილია, რომ კოდის ფორმირების ალგორითმი უზრუნველყოფს შეცდომების კორექტირებას 0,5 ალბათობით. გაანალიზებულია კოდისთვის ამ ალბათობის გაზრდის ცნობილი მეთოდის გამოყენების შესაძლებლობები. ნაჩვენებია, რომ ეს მეთოდი უზრუნველყოფს ხაზში წარმოქმნილი ყველა შეცდომის კორექტირებას.

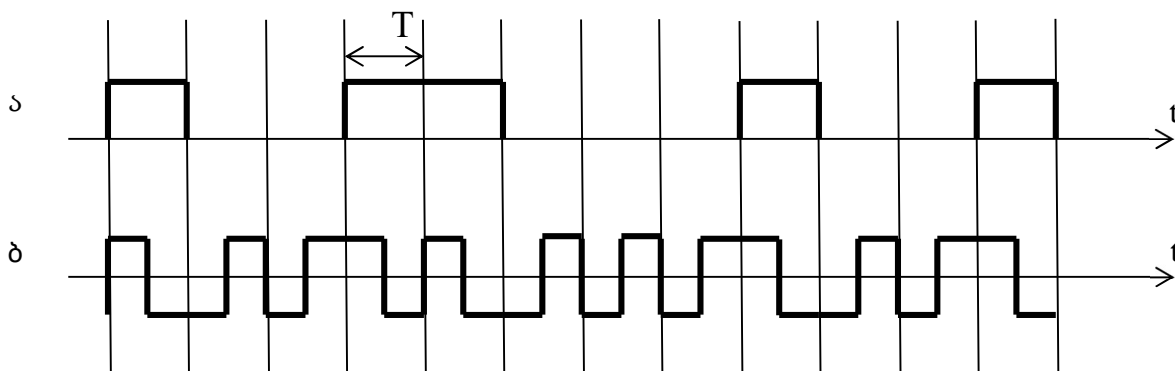
**საკვანძო სიტყვები:** აკრძალული კომბინაციები; დასაშვები კომბინაციები; კორექტირების ალბათობა; „მანჩესტერის“ კოდი; შეცდომების კორექტირება.

### შესავალი

„მანჩესტერის“ კოდი ფართოდ გამოიყენება სახაზო სიგნალის სახით ბოჭკოვან-ოპტიკურ ტექნოლოგიებში – Token Ring, Ethernet (IEEE 802.3 და 10BASE-T სტანდარტები), MIL-STD და სხვ. ეს კოდი განეკუთვნება სახაზო კოდების mBnB კლასს [1].

კოდის ფორმირების ალგორითმი მდგომარეობს იმაში, რომ საწყისი იკმ სიგნალის (სურ. 1,ა) ხოლო 1 გამოისახება ბლოკით 10, ხოლო სიმბოლო 0 - ბლოკით 01 (სურ. 1, ბ). შესაბამისად, ფორმირე-

ბული კოდი ხასიათდება სიჭარბით, რომელიც იძლევა სახაზო შეცდომების აღმოჩენის და მათი გასწორების (კორექტირების) საშუალებას.



სურ. 1. „მანჩესტერის“ კოდის ფორმირების ალგორითმი

ჯერ კიდევ ორი-სამი ათეული წლის წინ, როდესაც ძირითადად აქცენტი გაკეთებული იყო ხმოვანი ინფორმაციის გადაცემაზე, გადაცემის ხაზში შეცდომების ალბათობის დასაშვები სიდიდე იყო  $10^{-5}$ - $10^{-6}$ . დღეისათვის, როდესაც გადასაცემი ინფორმაციის სახეობები გაცილებით მრავალფეროვანია და მათი დაუმახინჯებლად მიღებისადმი წაყენებულია მკაცრი მოთხოვნები, ეს სიდიდე შეადგენს  $10^{-12}$ - $10^{-13}$ . ასეთი ალბათობის მისაღწევად კი საჭიროა ტელეკომუნიკაციის სისტემების ხარისხობრივი მაჩვენებლების და, მათ შორის, შეცდომების აღმოჩენისა და კორექტირების ალბათობების, ზრდის შესაძლებლობების მუდმივი კვლევა.

ისტორიულად mBnB კლასის კოდებისთვის ყურადღება გამახვილებული იყო შეცდომების აღმოჩენაზე, რაც ხორციელდებოდა ხაზში გადაცემის ხარისხის კონტროლის მიზნით. შეცდომების კორექტირების ოპერაცია აქ ფაქტობრივად არ განიხი-

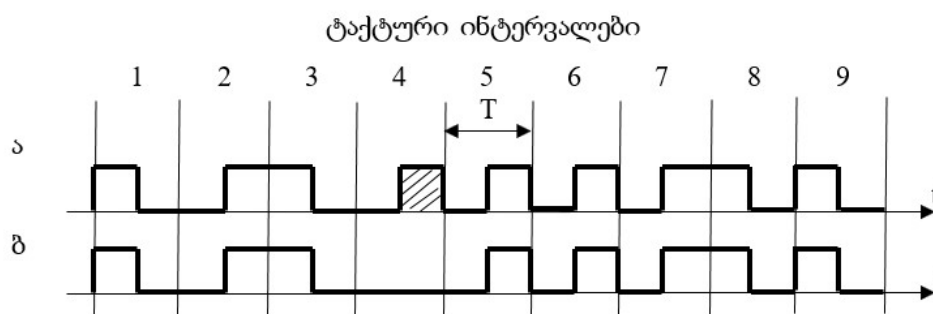
ლებოდა, რადგან კოდური კომბინაციები არ შეიცავს მაკორექტირებელი კოდებისთვის დამახასიათებელ დამხმარე (შემმოწმებელ) თანრიგებს. მიუხედავად ამისა, აღნიშნულ კოდებში, საკუთარი სიჭარბის არსებობის გამო, ჯერ კიდევ წლების წინ ჩვენ გამოვთქვით ვარაუდი, რომ მათ გარკვეულწილად შესწევს შეცდომების კორექტირების უნარი დამოუკიდებლად, დამხმარე თანრიგების გარეშე. ამ მიმართულებით ჩატარებული კვლევების შედეგები ასახულია არაერთ ნაშრომში, რომლებიც გამოქვეყნებულია როგორც ჩვენს ქვეყანაში, ისე საზღვარგარეთ [2,3,4 და სხვ].

მოცემული ნაშრომის მიზანია „მანჩესტერის“ კოდის მაკორექტირებელი თვისებების ანალიზი და კორექტირების ალბათობის გაზრდის შესაძლებლობების კვლევა.

**ძირითადი ნაწილი**

„მანჩესტერის“ კოდის ფორმირების ზემოთ მოყვანილი ალგორითმიდან გამომდინარეობს, რომ ორთაწრივ კომბინაციების შესაძლო ოთხი ვარიანტიდან კომბინაციები 10 და 01 დასაშვებია, 00 და 11 კი – აკრძალული. სწორედ ეს უკანასკნელები გამოიყენება სახაზო კოდში შეცდომების აღმოსაჩენად.

მართლაც, განვიხილოთ მე-2 ა სურ-ზე ნაჩვენები „მანჩესტერის“ კოდის ფრაგმენტი, რომელშიც შეცდომის ზეგავლენით დაზიანებულია სიმბოლო 1 (სურ-ზე დაშტრიხულია). შედეგად მიმღებზე დაფიქსირებულ ფრაგმენტს ექნება მე-2 ბ სურ-ზე ნაჩვენები სახე.



სურ. 2. „მანჩესტერის“ კოდის ფრაგმენტის დამახინჯება შეცდომის ზეგავლენით

როგორც ვხედავთ, მიღებულ ფრაგმენტში დაზიანებულ ტაქტურ ინტერვალზე ჩნდება აკრძალული კომბინაცია 00, რაც მიუთითებს ხაზში შეცდომის არსებობაზე, ე.ი. აღმოჩენილია შეცდომა. უნდა ითქვას, რომ, mBnB კლასის ბევრი კოდისგან განსხვავებით, „მანჩესტერის“ კოდში შეცდომის არსებობა ყოველთვის იწვევს აკრძალული კომბინაციის გაჩენას, თანაც იმ ტაქტურ ინტერვალზე, რომლის სიმბოლოც ზიანდება. ასეთ შემთხვევაში ამბობენ, რომ მოხდა შეცდომის ლოკალიზებული აღმოჩენა.

ზემოთქმულიდან გამომდინარე, შეცდომის აღმოჩენის ალბათობა „მანჩესტერის“ კოდში 1-ის ტოლია.

რაც შეეხება შეცდომის კორექტირებას, იგი ასეთი ალბათობით არ ხდება. მართლაც, აკრძალული 00 კომბინაცია შეიძლება წარმოიქმნას როგორც და-

საშვები 01 კომბინაციის მეორე თანრიგის (როგორც ეს მე-2 სურ-ზეა ნაჩვენები), ისე მეორე დასაშვები (10) კომბინაციის პირველი თანრიგის დაზიანებისას. ამრიგად, ჭეშმარიტი კომბინაციის აღდგენის ალბათობა 0,5-ის ტოლია.

განვიხილოთ შეცდომის კორექტირების ალბათობის გაზრდის შესაძლებლობები ჩვენ მიერ [5]-ში შემოთავაზებული მეთოდის გამოყენებით. დეტალებში ჩაუწვდომლად მოკლედ აღვწეროთ ამ მეთოდის არსი.

გადამცემ მხარეს ციფრული ნაკადი გამოისახება ფრაგმენტების სახით, რომლებიც შეიცავს ტაქტური ინტერვალების გარკვეულ  $i$  რაოდენობას. ფრაგმენტების საზღვრების დასაფიქსირებლად გამოიყენება სინქრონიზების სიგნალები, რომლებიც ორი აკრძალული კომბინაციისგან შემდგარ ბლოკს წარმოადგენს.

ამის შემდგომ ხდება ფრაგმენტების ანალიზი იმის დასადგენად, ლუწია თუ კენტი მათში თითოეული დასაშვები კომბინაციის რაოდენობა. ფრაგმენტების ბოლოს სპეციალურად გამოყოფილ დამატებით ტაქტურ ინტერვალებზე, რომელთა რაოდენობა დასაშვები კომბინაციების რაოდენობის ტოლია, განთავსდება წინასწარ შერჩეული კომბინაციები, რომელთაგან ერთი მიუთითებს დასაშვები კომბინაციების რაოდენობის ლუწობაზე, მეორე კი – კენტობაზე (თითოეული ტაქტური ინტერვალი განსაზღვრულია ამ ინფორმაციის გადასაცემად კონკრეტული დასაშვები კომბინაციის შესახებ).

მიმღებ მხარეს წარმოებს სინქრონიზების სიგნალის აღმოჩენა, შემდეგ კი ხდება იგივე ოპერაციები, რაც გადამცემ მხარეს, კერძოდ, ფრაგმენტებში თითოეული დასაშვები კომბინაციის რაოდენობის ლუწობის ან კენტობის განსაზღვრა და შესაბამისი კომბინაციების ფორმირება დამხმარე დროით ინტერვალზე. პარალელურად, მეხსიერების მოწყობილობაში იწერება მიღებული სიგნალის დამხმარე დროით ინტერვალზე განთავსებული ინფორმაცია. ამის შემდეგ ხდება გადამცემისა და მიმღების ცალსახა დამხმარე დროით ინტერვალზე განთავსებული კომბინაციების შედარება.

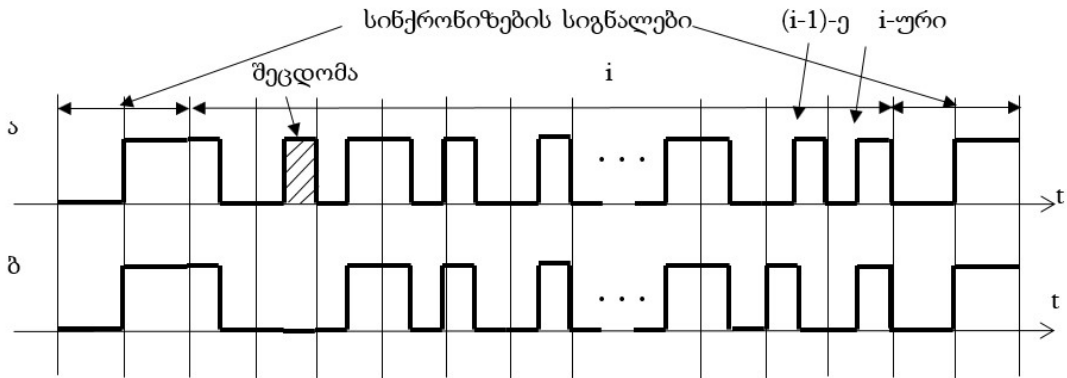
თუ ხაზში შეცდომა არ არის, მაშინ გადაცემული და მიღებული მიმდევრობები იდენტურია, შესაბამისად, ორივე მიმდევრობის ცალსახა დამატებით დროით ინტერვალზე განლაგებული კომბინაციები ერთმანეთს ემთხვევა.

თუ მოხდა შეცდომა, მაშინ ერთ-ერთი დასაშვები კომბინაცია იქცევა აკრძალულად, ე.ი. ამ კომბინა-

ციის საერთო რაოდენობა მცირდება ერთით. მაშასადამე, თუ გადამცემ მხარეს ეს რაოდენობა იყო ლუწი, მიმღებში იქნება კენტი და პირიქით. ამრიგად, ერთ-ერთ დამატებით ტაქტურ ინტერვალზე გადამცემსა და მიმღებში წარმოქმნილი კომბინაციები ერთმანეთისგან განსხვავებული იქნება, რაც მიუთითებს, რომ შესაბამისი აკრძალული კომბინაცია უნდა შეიცვალოს იმ დასაშვებით, რომლის რაოდენობის ლუწობის ან კენტობის შესახებ ინფორმაცია განთავსებულია ამ ინტერვალზე.

განვიხილოთ მეთოდის გამოყენების შესაძლებლობები „მანჩესტერის“ კოდთან მიმართებაში.

i ტაქტური ინტერვალის შემცველი ფრაგმენტების საზღვრების დასაფიქსირებლად გამოვიყენოთ აკრძალული კომბინაციებისგან შედგენილი ბლოკი 0011. რადგან დასაშვები კომბინაციების რაოდენობა 2-ია, ამიტომ დამხმარე ინფორმაციის განთავსებისთვის გამოვიყენოთ ფრაგმენტის ბოლო ორი ტაქტური ინტერვალი: პირველი – 01 დასაშვები კომბინაციის რაოდენობის ლუწობის ან კენტობის თაობაზე ინფორმაციის განსათავსებლად, მეორე – იმავე დანიშნულებით 10 კომბინაციისთვის. კომბინაციათა ლუწი რაოდენობის დროს შესაბამის დამხმარე ინტერვალზე ვაფორმირთ 10 კომბინაცია, კენტი რაოდენობის დროს კი – 01. ასეთი სახით წარმოდგენილი გადამცემზე ფორმირებული ფრაგმენტი ნაჩვენებია მე-3 ა სურ-ზე. აქ იგულისხმება, რომ თითოეული დასაშვები კომბინაციის რაოდენობა ფრაგმენტში კენტია – როგორც (i-1)-ე, ისე i-ურ სატაქტო ინტერვალზე ფორმირებულია კომბინაცია 01.



სურ. 3. კორექტირების ალგორითმის გაზრდის მეთოდის გამოყენება „მანჩესტერის“ კოდისთვის

ხაზში შეცდომის არსებობის პირობებში (სურ. 3, ა) მიმღებში 01 კომბინაციის რაოდენობა ერთით მცირდება, ე.ი. ლუწი ხდება. შესაბამისად, მიმღებში (i-1)-ე დამხმარე ინტერვალზე ფორმირდება 10 კომბინაცია (სურ. 3,ბ) და ამ ინტერვალზე გადამცემსა და მიმღებზე ფორმირებული კომბინაციები ერთმანეთისგან განსხვავებული იქნება. ეს კი მიაწინებს,

რომ აკრძალული კომბინაცია წარმოიქმნა 01 კომბინაციის დაზიანების შედეგად.

### დასკვნა

ამრიგად, ზემოთ აღწერილი მეთოდის გამოყენებისას „მანჩესტერის“ კოდში ხდება ყველა შეცდომის კორექტირება, ე.ი. კორექტირების ალგორითმი 1-ის ტოლია.

### ლიტერატურა

1. Halsall, F. (1996). *Data Communications, Computer Networks and Open Systems*. USA: Addison – Wesley;
2. Nanobashvili, D., Nanobashvili, V. (2006). Correction the Mistakes in Second Type Bipulse Code. *Transactions*, 2(472), 19-23 (In Georgian);
3. Nanobashvili, D., Nanobashvili, V. (2009). Issues of detection and correction of bipulse code errors. *Transactions*, 4(462), 97-102 (In Georgian);
4. Nanobashvili, V., Abuladze, V. (2021, February 10-12). On the possibility of increasing the probability of detecting errors in a MILLER type line code. *VII International Scientific and Practical Conference – The World of Science and Innovation*, (pp.759-764). London, UK. (In Russian);
5. Nanobashvili, V. (2020, October 8-9). About one method of error correction in fiber-optic communication systems. *Materials of the XI International Scientific and Practical Internet Conference – Modern movement of science*, (pp. 74-76). Dnipro, Ukraine. (In Russian).

UDC 621.372.8

SCOPUS CODE 2201

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2022-2-127-132>

## About the Possibility of Increasing the Probability of Correcting Errors in the Manchester Code

**Victor Nanobashvili** Department of Digital Telecommunication Technologies, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 77, M. Kostava str.

E-mail: nanobashviliviktor08@gtu.ge

**Vakhtang Abuladze** Department of Digital Telecommunication Technologies, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 77, M. Kostava str.

E-mail: v.abuladze@gtu.ge

### Reviewers:

**R. Svanidze**, Emeritus-Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU

E-mail: svanidzerevaz08@gtu.ge

**O. Shamanadze**, Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU

E-mail: o.shamanadze@gtu.ge

**Abstract.** During the transmission of digital telecommunication signals, great attention is paid to the correction of line errors, which significantly increases the quality of information receiving. Issues of error correction in the Manchester code are considered. It is determined that the algorithm of its formation allows to correct errors with a probability of 0.5. The possibilities of using the notional method of increasing this probability for the code are analyzed. It is also shown that this method provides correction of all errors in the line.

**Keywords:** allowed combinations; correction of errors; Manchester code; probability of correction; restricted combinations.

*განხილვის თარიღი 11.03.2022*

*შემოსვლის თარიღი 22.03.2022*

*ხელმოწერილია დასაბეჭდად 06.06.2022*