გადაცემის სტრატეგიები ტურბო-კოდირებული კოოპერაციისთვის

სერგო შავგულიძე, მარინა ქურდაძე, მამუკა ჩხაიძე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
s.shavgulidze@gtu.ge, m.kurdadze@gtu.ge, chkhaidzemamuka08@gtu.ge

რეზიუმე

შესწავლილია კოდური კოოპერაცია, რომელშიც კოოპერაციული კომუნიკაცია ინტეგრირებულია ხელშეშლამდგრად კოდირებასთან. აქ თითოეული მომხმარებელი ცდილობს გადასცეს დამატებითი სიჭარბე თავის პარტნიორს, ხოლო როდესაც ეს შეუძლებელია, მომხმარებლები ავტომატურად უბრუნდებიან არა-კოოპერაციულ რეჟიმს. განიხილება გადაცემა აპლინკში, სადაც ორ მომხმარებელი თანამშრომლობს და დაკავშირებულია ერთ საბაზო სადგურთან. ამ მომხმარებლებს აქვთ ორთოგონალური არხები. ვვარაუდობთ, რომ თითოეული მომხმარებლის არხი იყოფა ორ დროით სლოტად და კოოპერაციის სქემისთვის მომხმარებლები ყოველთვის იყენებენ პირველ სლოტს საკუთარი კოდური სიტყვის ნაწილის გადასაცემად. მეორე სლოტისთვის არსებობს ორი შესაძლებლობა: ან გადაიცემა პარტნიორის შეტყობინების ნაწილი, თუ მომხმარებელმა შეძლო მისი პირველი ნაწილის დეკოდირება, ან სხვაგვარად ის აგზავნის საკუთარი კოდური სიტყვის სხვა ნაწილს. კომპიუტერული სიმულაციებისთვის ვიყენებთ ტურბო კოდს, რომელიც დაფუძნებულია ორ ხვევად კოდზე. განხილულია ორი ვარიანტი: პირველ სქემაში, რომელსაც აღვნიშნავთ cc-ით, ჩვენ ვიყენებთ პირველი ხვევადი კოდის საინფორმაციო ბიტების ნაწილს და სიჭარბის შემცველი ბიტების ნაწილს, როგორც პირველ ნაწილს, ხოლო მეორე ხვევადი კოდის სიჭარბეს, როგორც მეორე ნაწილს. მეორე სქემისთვის, სახელწოდებით punct, პირველი შეტყობინების ნაწილი არის პერფორირებული კოდის სიტყვა, ხოლო მეორე ნაწილი შედგება პერფორირებული (ამოგდებული) სიმბოლოებისგან. კომპიტერული სიმულაციით გამოკვლეულია ბიტზე შეცდომის ალბათობას სხადასხვა სიგნალ/ხელშეშლის ფარდობისათვის. ნაშრომის ბოლოს წარმოდგენილია განხილული კოდური კოოპერაციის გამოყენების ერთ-ერთი პრაქტიკული შემთხვევა.

საკვანძო სიტყვები: კოდური კოოპერაცია, საკომუნიკაციო სიტემები, ტურბო კოდები, კომპიუტერული სიმულაცია.

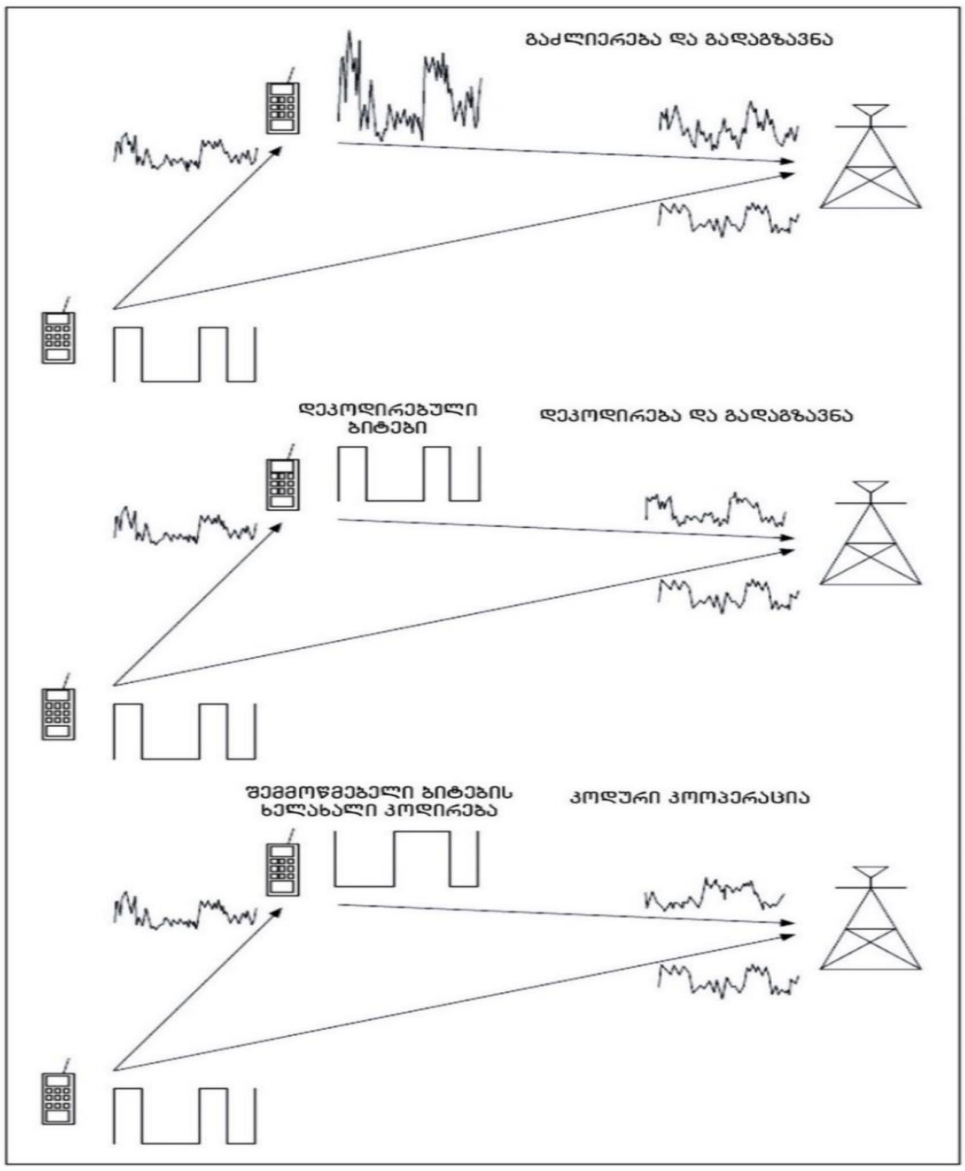
1. შესავალი

კოოპერაციულ უსადენო კომუნიკაციაში, ჩვენ განვიხილავთ უსადენო ქსელს, ფიჭური ან სპეციალური ტიპის, სადაც უსადენო აგენტებს, რომლებსაც ჩვენ მომხმარებლებს ვუწოდებთ, თანამშრომლობით შეუძლიათ გააუმჯობესონ მომსახურების ხარისხი (გაზომილი ფიზიკურ ფენაში ბიტზე შეცდომის ალბათობით, ბლოკზე შეცდომის ალბათობით, ან მტყუნების ალბათობით). კოოპერაციულ საკომუნიკაციო სისტემაში, ივარაუდება, რომ ყოველი უსადენო მომხმარებელი გადასცემს მონაცემებს და ასევე მოქმედებს როგორც კოოპერაციული აგენტი სხვა მომხმარებლისთვის. თანამშრომლობა იწვევს საინტერესო კომპრომისებს კოდურ სიჩქარესა და გადამცემ სიმძლავრეს შორის. სიმძლავრის შემთხვევაში, ერთი მხრივ, შეიძლება ჩანდეს, რომ მეტი სიმძლავრეა საჭირო, რადგან კოოპერაციულ რეჟიმში მყოფი თითოეული მომხმარებელი გადასცემს ორივე მომხმარებლისთვის. მაგრამ, მეორე მხრივ, საბაზისო გადაცემის სიმძლავრე ორივე მომხმარებლისთვის შემცირდება განცალკევების (diversity) ეფექტის გამო. ამ ურთიერთკომპრომისის პირობებში, შეიძლება იმედი გვქონდეს, რომ ადგილი ექნება გადამცემი სიმძლავრის შემცირებას, იმის გათვალისწინებით, რომ ყველა სხვა პარამეტრი მუდმივია. მსგავსი კითხვები ჩნდება სისტემის გადაცემის სიჩქარესთან დაკავშირებითაც. კოოპერაციულ კომუნიკაციაში თითოეული მომხმარებელი გადასცემს როგორც საკუთარ ბიტებს, ასევე გარკვეულ ინფორმაციას თავისი პარტნიორისთვის; შეიძლება ვიფიქროთ, რომ ეს სისტემაში სიჩქარის დანაკარგებს გამოიწვევს. თუმცა, თითოეული მომხმარებლის სპექტრული ეფექტიანობა უმჯობესდება, რადგან თანამშრომლობასთან დაკავშირებული განცალკევების გამო შეიძლება გაიზარდოს არხში გამოყენებული ხელშეშლამდგრადი კოდის სიჩქარე [1-4].

გაძლიერება და გადაგზავნა (Amplify-and-Forward) არის კონცეპტუალურად ყველაზე მარტივი სქემა კოოპერაციული კომუნიკაციის მეთოდებს შორის. ამ მეთოდის გამოყენებისას თითოეული მომხმარებელი იღებს პარტნიორის მიერ გადაცემული სიგნალის ხმაურიან ვერსიას. როგორც სახელი გულისხმობს, მომხმარებელი აძლიერებს და გადააგზავნის ამ ხმაურიან სიგნალს (ნახ. 1), ხოლო დანიშნულების პუნქტი გააერთიანებს მომხმარებლისა და პარტნიორის მიერ გამოგზავნილ ინფორმაციას და მიიღებს საბოლოო გადაწყვეტილებას გადაცემულ სიმბოლოზე. მიუხედავად იმისა, რომ პარტნიორის ხმაური გაძლიერებულია ამ სქემაში, დანიშნულების პუნქტი მაინც იღებს სიგნალის ორ დამოუკიდებელ ფედინგის შემცველ ვერსიას და ამგვარად შეუძლია უკეთესი გადაწყვეტილებების მიღება გადაცემული სიმბოლოებისთვის. ამ სქემის პოტენციური გამოწვევა ისაა, რომ ანალოგური მნიშვნელობების დისკრეტიზაცია, გაძლიერება და გადაგზავნა შეიძლება იყოს ტექნოლოგიურად არატრივიალური. მიუხედავად ამისა, გაძლიერება და გადაგზავნა არის მარტივი მეთოდი, რომელიც ექვემდებარება ანალიზს და, შესაბამისად, ძალიან სასარგებლო იყო კოოპერაციული საკომუნიკაციო სისტემების გაგების შემდგომი შემდგომი განვითარებისთვის.

დეტექტირება (დეკოდირება) და გადაგზავნა (detect (decode) and forward) არის მეორე მეთოდი, რომელიც ალბათ ყველაზე ახლოსაა ტრადიციული სარელეო გადაცემის იდეასთან. ამ მეთოდით მომხმარებელი ცდილობს მოახდინოს პარტნიორის ბიტების დეტექტირება და შემდეგ გადასცემს დეტექტირებულ ბიტებს (ნახ.1). პარტნიორები შეიძლება განისაზღვროს ორმხრივად საბაზო სადგურის მიერ, ან სხვა ტექნიკით. სიმარტივისთვის ჩვენ განვიხილავთ ორ მომხმარებელს, რომლებიც პარტნიორობენ ერთმანეთთან, მაგრამ სინამდვილეში ერთადერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორია ის, რომ თითოეულ მომხმარებელს ჰყავს პარტნიორი, რომელიც უზრუნველყოფს მონაცემთა გადაცემის მეორე (განცალკევებულ) გზას. ამის ვიზუალიზაციის უმარტივესი გზაა წყვილების საშუალებით, მაგრამ ასევე შესაძლებელია იგივე ეფექტის მიღწევა სხვა პარტნიორული ტოპოლოგიების საშუალებით, რომლებიც ხსნიან დაწყვილების მკაცრ შეზღუდვას.

მესამე მეთოდი, რომელიც დღეს ყველაზე უფრო ფართოდ გამოიყენება ეს არის კოდური კოოპერაცია (coded cooperation), რომელშიც კოოპერაციული კომუნიკაცია ინტეგრირებულია ხელშეშლამდგრად კოდირებასთან (ნახ.1). კოდირებული კოოპერაციის ძირითადი იდეა არის ის, რომ თითოეული მომხმარებელი ცდილობს გადასცეს დამატებითი სიჭარბე (სიჭარბის შემცველი ბიტები) თავისი პარტნიორისთვის. როდესაც ეს შეუძლებელია, მომხმარებლები ავტომატურად უბრუნდებიან არა-კოოპერაციულ რეჟიმს. კოდური კოოპერაციის ეფექტიანობის გასაღები არის ის, რომ ეს ყველაფერი ავტომატურად იმართება კოდის დიზაინის საშუალებით და არ არის საჭირო უკუკავშირი მომხმარებლებს შორის. ამ მეთოდს აქვს ორი ძირითადი მახასიათებელი. უპირველეს ყოვლისა, თანამშრომლობა ხდება მომხმარებლის კოდური სიტყვის დაყოფით ისე, რომ კოდური სიტყვის ნაწილი გადაიცემა თავად მომხმარებლის მიერ, ხოლო დანარჩენი ნაწილი კი პარტნიორის მიერ ნაწილობრივი ან სრული დეკოდირების გზით. წინა მეთოდებში თანამშრომლობა ხორციელდებოდა გამეორების გზით, რაც შეიძლება არ იყოს საუკეთესო გზა გამტარუნარიანობის სრული გამოყენებისთვის. მეორეც, ჩვენ ვიყენებთ შეცდომების გამჟღავნებას პარტნიორში, რათა თავიდან ავიცილოთ შეცდომების გავრცელება.



ნახ.1.

კოოპერაციული კომუნიკაციის სხვადასხვა მეთოდის შედარება. სიმარტივისთვის მხოლოდ ერთი მომხმარებლის თანამშრომლობაა ნაჩვენებია საბაზისო სიხშირული ზოლის ეკვივალენტური სიგნალების საშუალებით

2. ძირითადი ნაწილი

➢ სისტემის მოდელი, კოდური კოოპერაციის სქემა და სიმულაციის შედეგები

ჩვენ წარმოვადგენთ კოდური კოოპერაციის ახალ სქემას და შემდეგ განვიხილავთ მისი პრაქტიკული გამოყენების პერსპექტივებს. განიხილება გადაცემა აპლინკში, სადაც ორ მომხმარებელი დაკავშირებულია ერთ საბაზო სადგურთან. ორ მომხმარებელს აქვს ორთოგონალური არხები ნებისმიერი მრავალჯერადი წვდომის სქემის გამოყენებით, როგორიცაა მაგალითად მრავალჯერადი წვდომა დროითი დაყოფით (TDMA) ან მრავალჯერადი წვდომა კოდური დაყოფით (CDMA).

ჩვენ აღვნიშნავთ კოდირებულ და ორობითი ფაზური წანაცვლებით (BPSK) მოდულირებულ შეტყობინებას i მომხმარებლიდან დროის n მომენტში $s_i(n)$-ით. შესაბამისად, j მომხმარებლის მიერ მიღებული შეტყობინება მოცემულია გამოსახულებით

$$r_{i,j}(n) = \alpha_{i,j}(n)\, s_i(n) + z_i(n),$$

სადაც j = 0 აღნიშნავს საბაზო სადგურს, ხოლო j = 1 და j = 2 აღნიშნავს შესაბამისად პირველ და მეორე მომხმარებელს. ადიტიური თეთრი გაუსის ხმაური კონკრეტული მომხმარებლის არხში აღნიშნულია $z_i(n)$-ით, ხოლო $\alpha_{i,j}(n)$ წარმოადგენს ფედინგის (მიყუჩების) კოეფიციენტს არხისათვის i-დან j-მდე. ჩვენი სისტემის მოდელის არხები განიცდიან ბრტყელ ფედინგს, რომლის დროსაც სიგნალის ყველა სიხშირული კომპონენტი განიცდის ფედინგის ერთსა და იმავე დონეს და სადაც კოეფიციენტები განიხილება დამოუკიდებელ რელეის ფედინგის მნიშვნელობებად. გარდა ამისა, ჩვენ ვვარაუდობთ, რომ ფედინგის კოეფიციენტები მუდმივია კოდის ბლოკზე და ზუსტად ცნობილია j მიმღებში.

სისტემის მუშაობის გაუმჯობესების მიზნით, ორი მომხმარებელი თანამშრომლობს. ჩვენ განვიხილავთ კოოპერაციულ სისტემას, რომელიც აღწერილია [1]-ში. ამრიგად, ჩვენ ვვარაუდობთ, რომ თითოეული მომხმარებლის არხი იყოფა ორ დროით სლოტად. ჩვენი თანამშრომლობის სქემისთვის მომხმარებლები ყოველთვის იყენებენ პირველ სლოტს საკუთარი კოდური სიტყვის ნაწილის გადასაცემად. მეორე სლოტისთვის არსებობს ორი შესაძლებლობა. ან გადაიცემა პარტნიორის შეტყობინების ნაწილი, თუ მომხმარებელმა შეძლო მისი პირველი ნაწილის დეკოდირება, ან, სხვაგვარად, ის აგზავნის საკუთარი კოდური სიტყვის სხვა ნაწილს. ამრიგად, თუ თანამშრომლობა გამოიყენება, ჩვენ ვიყენებთ დეკოდირების და გადაგზავნის სქემას. კოდური სიტყვა სიგრძეს აღვნიშნავთ n-ით, პირველი ნაწილის სიგრძეს n_1-ით და მეორე ნაწილის სიგრძეს n_2-ით, ამასთან $n_1 + n_2 = n$. წილადი n_2/n განსაზღვრავს თანამშრომლობის დონეს.

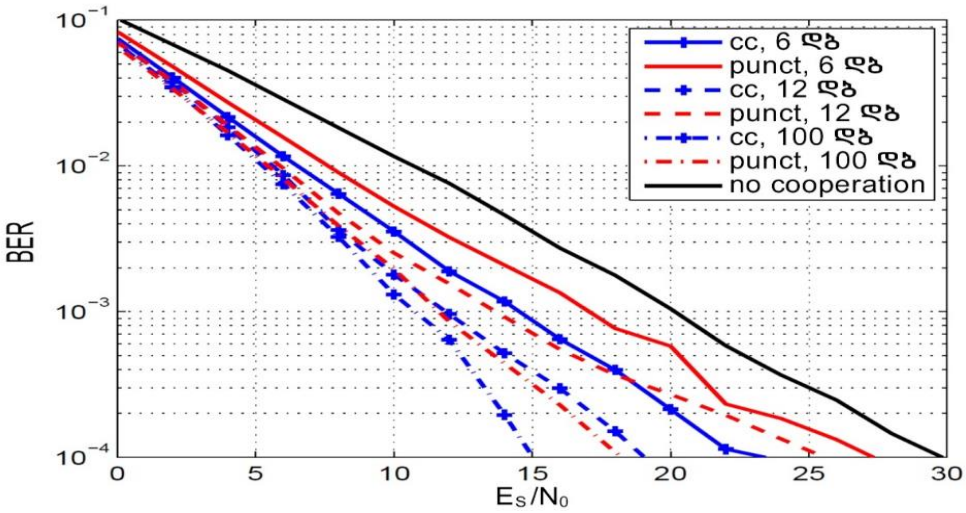
აღწერილ თანამშრომლობის სქემაში შესაძლებელია რამდენიმე ვარიანტი კოდური სიტყვის მეორე ნაწილისთვის. პირველი, თუ ორივე მომხმარებელს შეუძლია პარტნიორის შეტყობინების დეკოდირება, ორი კოდური სიტყვის ნაწილები მიიღება სხვადასხვა არხების საშუალებით საბაზო სადგურზე. ასე ხორციელდება თანამშრომლობის იდეა სივრცითი განცალკევების გამოყენებით. მეორე ვარიანტში, ორივე მომხმარებელი ვერ ახერხებს პარტნიორის შეტყობინების დეკოდირებას და ამგვარად გადასცემს საკუთარი კოდური სიტყვის მეორე ნაწილს მეორე სლოტში. ამ შემთხვევაში, ორი შეტყობინება აღდგება საბაზო სადგურზე, როგორც არა-კოოპერაციულ რეჟიმში. ბოლო შესაძლო ვარიანტს აქვს ადგილი, თუ მხოლოდ ერთ მომხმარებელს შეუძლია პარტნიორის შეტყობინების დეკოდირება. ამრიგად, მომხმარებლის შეტყობინების მეორე ნაწილი საერთოდ არ არის გადაცემული, ხოლო პარტნიორის კოდური სიტყვის მეორე ნაწილი გადაიცემა ორჯერ, ანუ თითოჯერ თითოეული მომხმარებლის არხით. ამ უკანასკნელ შემთხვევაში, ჩვენ ვვარაუდობთ, რომ საბაზო სადგური ამუშავებს მხოლოდ ერთ-ერთ საუკეთესო არხს და უგულებელყოფს სხვა სიმბოლოებს. აქ გაუმჯობესება შესაძლებელია, მაქსიმალური თანაფარდობის გაერთიანების (MRC) ალგორითმის გამოყენებით, მაგრამ მიმღების უფრო მაღალი სირთულის ხარჯზე.

აღწერილი კოდური კოოპერაციის სქემის გამოსაყენებლად, თითოეული შეტყობინება უნდა დაიყოს ორ ნაწილად. თანამშრომლობის შესაძლებლობის დასადგენად, პირველი ნაწილი უნდა შეიცავდეს შეტყობინების დეკოდირებულ ნაწილს, ხოლო მეორე ნაწილი არის დამატებითი სიჭარბე. ტურბო-კოდირებული სქემისთვის ჩვენ ვიკვლევთ მთლიანი კოდური სიტყვის ორ

ნაწილად გაყოფის ორ შესაძლებლობას. ერთ სქემაში, რომელსაც ჩვენ აღვნიშნავთ cc-ით, ანუ ხვევადი კოდით (convolutional code), ჩვენ ვიყენებთ პირველი ხვევადი კოდის საინფორმაციო ბიტების ნაწილს და სიჭარბის შემცველი ბიტების ნაწილს, როგორც პირველ ნაწილს, ხოლო მეორე ხვევადი კოდის სიჭარბეს, როგორც მეორე ნაწილს. სხვა სქემისთვის, სახელწოდებით punct, ანუ პერფორირებული (punctured) კოდით, პირველი შეტყობინების ნაწილი არის პერფორირებული კოდის სიტყვა, ხოლო მეორე ნაწილი შედგება პერფორირებული (ამოგდებული) სიმბოლოებისგან. ამრიგად, პირველი სქემისთვის, cc დეკოდირების ერთი ნაბიჯი BJCR-დეკოდერით საკმარისია პარტნიორის შეტყობინების დეკოდირებისთვის, ხოლო ტურბო დეკოდერი საჭიროა მეორე, punct სქემის თითოეულ მომხმარებელისთვის.

კომპიუტერული სიმულაციებისთვის ვიყენებთ ტურბო კოდს, რომელიც დაფუძნებულია ორ ხვევად კოდზე გენერატორის პოლინომებით G(1, 33/31). ამრიგად, cc სქემისთვის ვიღებთ კოოპერაციის დონეს $n_2/n = 1/3$. პერფორირებული (punct) კოოპერაციის სქემისთვის ჩვენ ვანაწილებთ კოდურ სიტყვას ისე, რომ კოოპერაციის დონე კვლავ იყოს $n_2/n = 1/3$. შედარებისთვის სიმულირებული იყო ასევე სქემა კოოპერაციის გარეშე. აქ თითოეული მომხმარებელი იყენებს თავის არხს n სიგრძის კოდური სიტყვის გადასაცემად. სიმულაციით ჩვენ ვიკვლევთ ბიტზე შეცდომის ალბათობას (BER) მოცემული E_s/N_0-სთვის, სადაც E_s არის მოდულაციის შემდეგ სიგნალის ენერგია და N_0 არის ადიტიური თეთრი გაუსის ხმაურის სიმძლავრე.

მე-2 ნახაზზე გამოსახულია BER-ები მომხმარებელთაშორისი არხის სხვადასხვა ხარისხისთვის, კერძოდ, სიგნალი-ხმაურის საშუალო თანაფარდობაა 6 დბ, 12 დბ და განიხილება ასევე თითქმის სრულყოფილი ლინკი 100 დბ-ით.

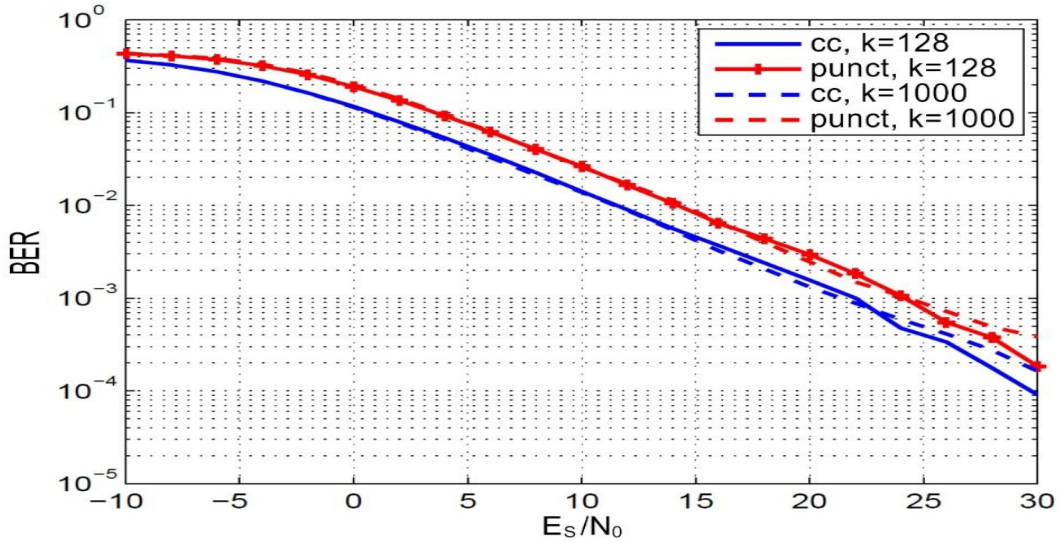


ნახ.2. ტურბო-კოდირებული კოოპერაცია: cc და punct სქემების შედარება

საინფორმაციო სიტყვის სიგრძეს ვირჩევთ k = 128 ბიტის ტოლს. არა-კოოპერაციულ (no cooperation) სქემასთან შედარებით, ჩანს, რომ ყველა გამოკვლეული თანამშრომლობის სტრატეგია და მომხმარებელთა შორის არხი უკეთეს მახასიათებლებს იძლევა. კოოპერაციაზე დაფუძნებული ორი სქემის შედარებისას, cc სქემა დეკოდირების უფრო დაბალი სირთულით აღემატება punct-ს ყველა განხილული სცენარისთვის.

ჩვენ შევადარებთ შედეგებს პარტნიორის შეტყობინების დეკოდირების კუთხით. cc სქემისთვის, ეს შეესაბამება ძირითადი ხვევადი კოდის კოდური სიტყვის დეკოდირებას, მაშინ როდესაც მომხმარებელმა უნდა მოახდინოს პერფორირებული ტურბო კოდის სიტყვის

დეკოდირება punct სქემაში. ლიტერატურიდან ცნობილია, რომ ტურბო კოდებს კარგ არხებში აქვთ ძალიან კარგი მახასიათებლები, მაგრამ ჩვენს შემთხვევაში ისინი გაუმჯობესებული იქნებიან ჩვეულებრივი ხვევადი კოდებით თუ გადაცემა განიცდის ხმაურის მაღალ მნიშვნელობებს. გარდა ამისა, განხილული ბლოკური ფედინგის შემცველი არხის გამო, ხვევადი კოდი უფრო უკეთესია E_s/N_0=30 დბ-სთვისაც კი, როგორც ეს ნაჩვენებია მე-3 ნახაზზე. ეს კანონზომიერება არ იცვლება, თუ საინფორმაციო სიტყვის სიგრძე გაიზრდება k = 1000-მდე, როგორც ეს ასევე ჩანს ამ გრაფიკებზე.



ნახ.3. მახასიათებელი პარტნიორთან: cc და punct სქემების შედარება

კომპიუტერული სიმულაციის შედეგებიდან შეგვიძლია დავინახოთ, რომ შეტყობინებების დაყოფა ერთ ხვევად კოდურ სიტყვად და მეორე ხვევადი კოდის სიჭარბის ნაწილად (cc სქემა) სასურველია punct სქემასთან შედარებით, არა მხოლოდ მომხმარებლებში დეკოდირების უფრო დაბალი სირთულის გამო, არამედ უკეთესი მახასიათებლების გამო.

3. პრაქტიკული გამოყენების შესაძლებლობები და დასკვნა

ჩვენ წარმოვადგენთ განხილული კოდური კოოპერაციის გამოყენების ერთ-ერთ პრაქტიკულ შემთხვევას. რიგების თეორიაში, რომელიც წარმოადგენს ალბათობის მათემატიკური თეორიის დისციპლინას, M/G/1 რიგი არის რიგის მოდელი, სადაც ჩამოსვლა (arrival) არის მარკოვის პროცესი, მომსახურების დრო აქვს ზოგადი განაწილება და გვაქვს 1 სერვერი.

ასეთი ტიპის მოდელები სასარგებლოა სისტემების ანალიზისთვის, სადაც მომსახურების დრო შეიძლება განსხვავდებოდეს, როგორიცაა კომპიუტერული ქსელები ან ტელეკომუნიკაციები. ხელშეშლამდგრადი კოდირება, მეორეს მხრივ, მოიცავს ტექნიკას, რომელიც გამოიყენება ხმაურიან არხში გადასაცემი მონაცემების კოდირებისთვის, შეცდომების გამოვლენისა და გასწორების უზრუნველსაყოფად. როდესაც კომბინირებულია M/G/1 რიგებთან, ხელშეშლამდგრადი კოდირება გვეხმარება გაუმჯობესოს მონაცემთა გადაცემის საიმედოობა და ეფექტიანობა საკომუნიკაციო სისტემებში. მაგალითისათვის, [5] და [6] განიხილავს, M/G/1/1 და M/G/1 რიგის საკომუნიკაციო სისტემებს, რომლებიც დაფუძნებულია ხელშეშლამდგრად კოდებზე და, შესაბამისად, ჰიბრიდული განმეორებითი მოთხოვნის პროტოკოლზე (HARQ) და ავტომატური გამეორების მოთხოვნის პროტოკოლზე (ARQ). ცნობილია, რომ HARQ და ARQ პროტოკოლები ზრდიან შეცდომის ალბათობას და სისტემის შეყოვნებას, ვინაიდან შეცდომის

მაღალი კოეფიციენტის მქონე არხმა შეიძლება გამოიწვიოს ინფორმაციის პაკეტების ზედმეტად გადაცემა. ისინი ასევე ართულებენ მთლიანი სისტემის ფუნქციონირებას, ვინაიდან ამატებენ სირთულეს როგორც გამგზავნის, ისე მიმღების მხარეს, საჭიროებენ დამატებით ლოგიკას და მექანიზმებს ინდივიდუალური დადასტურების და ხელახალი გადაცემის სამართავად. ჩვენ მიერ შემოთავაზებული კოდური კოოპერაციის სისტემა არ საჭიროებს HARQ/ARQ სქემას და ეფექტიანობა მიიღწევა თანამშრომლობის საფუძველზე, რაც ასეთ ტექნოლოგიას ძალიან პერსპექტიულს ხდის აღწერილ და სხვა სახის სისტემებში გამოსაყენებლად.

ლიტერატურა:

1. Janani M., Hedayat A., Hunter T., Nosratinia A. Coded cooperation in wireless communications: space-time transmission and iterative decoding. IEEE Trans. Signal Proces., vol. 52, #2, pp. 362–371, Feb. 2004.

2. Laneman J., Tse D., Wornell G.W. Cooperative diversity in wireless networks: Efficient protocols and outage behavior. IEEE Trans. Inf. Theory, vol. 50, #12, pp. 3062–3080, Dec. 2004.

3. Hunterand N., Nosratinia A. Diversity through coded cooperation. IEEE Trans. Wireless Commun., vol. 5, #2, pp. 283–289, Feb. 2006.

4. Kim S. Cooperative Concatenated Coding in Multi-Hop Multiple Access Relay Networks. IEEE Trans. Commun., vol. 58, no. 11, pp. 3305–3316, Nov. 2010.

5. Najm E., Yates R., Emina Soljanin. Status updates through M/G/1/1 queues with HARQ. In Proc. 2017. IEEE International Symposium on Information Theory (ISIT), Aachen, Germany, 25-30 June 2017, pp. 131-135.

6. Sac H. et al. Age-Optimal Channel Coding Blocklength for an M/G/1 Queue with HARQ. In Proc. 2018. IEEE 19th International Workshop on Signal Processing Advances in Wireless Communications (SPAWC), Kalamata, Greece, 25-28 June 2018, 5 pages.

კვლევა განხორციელდა შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მხარდაჭერით [გრანტის ნომერი STEM-22-340].

Transmission Strategies for Turbo-Coded Cooperation

Sergo Shavgulidze, Marina Kurdadze, Mamuka Ckhaidze
Georgian Technical University
s.shavgulidze@gtu.ge, m.kurdadze@gtu.ge, chkhaidzemamuka08@gtu.ge

Abstract

Coded cooperation is studied, in which cooperative communication is integrated with channel coding. Here, each user tries to transfer additional redundancy to its partner, and when this is not possible, the users automatically revert to the non-cooperative mode. Transmission in an uplink where two users are cooperating and connected to a single base station is considered. These users have orthogonal channels. We assume that each user's channel is divided into two time slots, and for the cooperation scheme, users always use the first slot to transmit part of their own codeword. For the second slot, there are two possibilities: either a part of the partner's message is transmitted if the user was able to decode its first part, or else it sends another part of its own codeword. For computer simulations, we use a turbo code based on two convolutional codes. Two options are considered: in the first scheme, denoted by cc, we use part of the information bits and part of the redundancy bits of the first convolutional code as the first part, and the redundancy of the second convolutional code as the second part. For the second scheme, called punct, the first part of the message is a punctured codeword, and the second part consists of punctured (discarded) symbols. The bit error probability for different signal-to-noise ratios is investigated by computer simulation. At the end of the paper, one of the practical cases of using the discussed code cooperation is presented.

Keywords: Coded Cooperation, Communication Systems, Turbo Codes, Computer Simulation