

**პაკეტების IP-ფრაგმენტაცია და მისი რეალიზაცია შიშვალში
ICMP პროტოკოლის აკრძალვის შემთხვევაში**

ნიკოლოზ ბუღალავა, ლევან ჭოლიკიძე, კონსტანტინე ოვსიანიკოვი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

წარმოდგენილია პაკეტების ფრაგმენტაციის კრიტერიუმები, მისი აუცილებლობა გადატვირთული ქსელის შემთხვევაში. განხილულია ფრაგმენტაციის მექანიზმი, მისი რეალიზაციის პროცედურა, როგორც მარშრუტიზატორის, ასევე წყარო-აბონენტის მიერ, კერძოდ პაკეტის დაყოფის, ხოლო შემდგომ დანიშნულების ჰოსტში აწყობის მიმდევრობა. ნაჩვენებია მარშრუტიზატორის მიერ პაკეტების ფრაგმენტაციის უარყოფითი მხარე. დეტალურადაა აღწერილი PMTUD-ს ამოქმედების მექანიზმი, ICMP პროტოკოლის როლი პაკეტების ფრაგმენტაციის პროცესში. ახსნილია, თუ რატომ არ მოხდება ფრაგმენტაცია დაბლოკილი შიშვალში ICMP პროტოკოლის დროს, ნაჩვენებია ამ შემთხვევაში ფრაგმენტაციის განხორციელების შესაძლო ვარიანტი.

საკვანძო სიტყვები: პაკეტი. ფრაგმენტაცია. პროტოკოლი., ICMP. მარშრუტიზატორი. MTU. PMTUD

1. შესავალი

გლობალური ქსელი, რომელიც ლოკალური ქსელების ურთიერთკავშირებით არის შექმნილი, ერთგვაროვანი არ არის. ჰოსტიდან გაგზავნილმა მონაცემებმა დანიშნულების აბონენტამდე შეიძლება გაიაროს სხვადასხვა ტექნოლოგიის ქსელები. მაგალითად, Ethernet-ის ქსელიდან IP-პაკეტი მარშრუტიზატორის გავლით შეიძლება მოხვდეს FDDI ქსელში, ATM-ის უჯრედი (პაკეტი) - Ethernet-ის ქსელში და ა.შ. ყოველი არქიტექტურის ქსელს მონაცემების გაცვლის საკუთარი ფორმატი აქვს და ისინი მნიშვნელოვნად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან. ბუნებრივია, რომ FDDI ქსელიდან შემოსულ პაკეტს Ethernet ვერ დაამუშავებს მანამ, სანამ პაკეტს არ ექნება მისთვის მისაღები სახე. ამავე დროს, როდესაც პაკეტი გადაიცემა ისეთ ქსელში, რომლისათვისაც მისი ზომა მიუღებლად დიდია, აუცილებელი ხდება პაკეტის დაყოფა შედარებით მცირე ნაწილებად - ფრაგმენტაცია, მათთვის პაკეტების სახის მიცემა და სპეციალურ ველებში მიღებული პაკეტების სწორად აწყობის პარამეტრების მითითება.

2. ძირითადი ნაწილი

თუკი პაკეტის (ერთიან ან ფრაგმენტირებულ) სიგრძეს (L) გადაადგილების მთელს გზაზე ჩავთვლით მდგრად სიდიდედ (PMTU), მაშინ პაკეტი დანიშნულების ჰოსტამდე მიაღწევს მხოლოდ შემდეგი პირობის შესრულების შემთხვევაში:

$$L \leq PMTU \tag{1}$$

სადაც

$$PMTU = \min MTU_i \quad (2)$$

ინდექსი i ამ გზის ყველა ინტერფეისის მაჩვენებელია, ხოლო MTU – პაკეტის ის მაქსიმალური ზომა, რომელიც IP-მ შესაძლოა გადაცეს ფრაგმენტაციის გარეშე. მისი სტანდარტული ზომა Ethernet ქსელში, პროტოკოლების თავსართებთან ერთად, 1500 ბაიტია. გადატვირთული საქსელო არხის შემთხვევაში, რომლის MTU მცირეა, მარშრუტიზატორი ადგენს, რომ პაკეტი საჭიროებს ზომის შემცირებას და იწყება მარშრუტიზატორის ან წყარო-აბონენტის მიერ პაკეტის ფრაგმენტაციის პროცედურა.

ორივე შემთხვევაში პაკეტის დაყოფით იქმნება რამდენიმე ახალი პაკეტი. ყოველი პაკეტის IP-თავსართის "იდენტიფიკატორის" ველში იწერება ერთი და იგივე რიცხვითი მნიშვნელობა. პაკეტის თავსართის ველში "წანაცვლება" მითითებულია ძირითადი ინფორმაციის რა ნაწილი და საიდან დაწყებული წერია მიმდინარე ფრაგმენტში. მონაცემების ზომას განსაზღვრავს პაკეტის IP-თავსართის "პაკეტის სიგრძე" ველში ჩაწერილი რიცხვი.

ფრაგმენტირებული პაკეტების მიღების შემდეგ, მიმღები ჰოსტის IP-მოდული მოიძიებს ერთნაირი იდენტიფიკატორის პაკეტებს და მათში ჩაწერილ მონაცემებს განათავსებს იმ პოზიციაში, რომელიც მითითებულია ყოველი პაკეტის IP-თავსართის "წანაცვლების" ველში. იმას, რომ პაკეტი ფრაგმენტირებულია, მიუთითებს IP-პაკეტის ალმის ველში ბიტი $MF=1$.

მარშრუტიზატორის მიერ პაკეტების ფრაგმენტაციის ამდაგვარი სისტემა გარკვეულწილად ართულებს მისი მუშაობის ლოგიკას: ჯერ ერთი, ის ვერ აღიქვამს ტრანზიტულ პაკეტს, როგორც დამოუკიდებელ ერთეულს, რომელის გადაზავნა უნდა გაგრძელდეს ან გაუქმდეს. მეორე, მარშრუტიზატორს, გარდა თავისი პირდაპირი მოვალეობისა, დამატებით უწევს პაკეტების ფრაგმენტაციაზე დროისა და სხვა რესურსის დახარჯვა.

აბონენტ-წყაროს მიერ პაკეტების ფრაგმენტაციას გამოყენებულია ოპტიმალური MTU აღმოჩენის – $PMTUD$ სქემა. ქსელის გამოკვლევის შედეგად შუალედური მარშრუტიზატორი თვითონ ანგარიშობს MTU -ს მინიმალურ სიდიდეს.

იმისათვის რომ $PMTUD$ ამოქმედდეს, წყარომ, ICMP პროტოკოლის მეშვეობით, უნდა მიიღოს შეტყობინება "Packet is too big" და შუალედურმა მარშრუტიზატორმა მიმდინარე პაკეტი გაანადგუროს. $PMTUD$ -ს სახით წყაროსკენ იგზავნება MTU -ს ის სიდიდე, რომელსაც გაატარებდა ინტერფეისი, რომლისათვისაც უნდა გადაგზავნილიყო პაკეტი, რომ არა მისი დიდი, მიუღებელი ზომა. ანუ ვინაიდან უშუალოდ როუტერს არ შეუძლია პაკეტის ფრაგმენტაცია (მითუმეტეს IPv6-ის შემთხვევაში, რომელშიც, IPv4-საგან განსხვავებით, საერთოდ აკრძალულია მარშრუტიზატორის მიერ პაკეტების ფრაგმენტაცია), მან წყაროს უნდა გაუგზავნოს ICMP პროტოკოლით შეტყობინება, რათა ამ უკანასკნელმა მოახდინოს პაკეტების ზომის შემცირება. ამ პროცესში მიმდინარე ფრაგმენტი ნაღვურდება.

მაგრამ ამდაგვარმა მიდგომამ გამოიწვია დამატებითი პრობლემა. საქმე ის არის, რომ უსაფრთხოების მიზნით როუტერების უმრავლესობას დაბლოკილი აქვს შემავალი ICMP პროტოკოლის მიღების უფლება.

თუკი “წყარო” ღიაა ICMP-ს მისაღებად, მაშინ მის მიერ მოხდება პაკეტების ფრაგმენტაცია და ისინი ხელმეორედ გაიგზავნება დანიშნულებისაკენ მცირე ზომის პაკეტების სახით. მაგრამ თუკი „წყაროს“ მარშრუტიზატორს აკრძალული აქვს ICMP-ს გატარება ანუ მის Access List-ში ჩართულია შემაგალი ICMP-ს ბლოკირება, მაშინ მარშრუტიზატორი არ გაატარებს მას და წყარო „ვერ მიხვდება“ რომ პაკეტი არის დასაფრაგმენტებელი. მიუხედავად იმისა, რომ ქსელი მუშაობს გამართულად, წყაროსა და დანიშნულებას შორის არ მოხერხდება ინფორმაციის გაცვლა.

ამ სიტუაციიდან გამოსავალი მარშრუტიზატორის Access List-ში ICMP-ს ბლოკირების მოხსნაა. ამდგარი დასკვნის უფლებას გვაძლევს ის, რომ როგორც აღვნიშნეთ, არაფრაგმენტირებული ანუ დიდი ზომის პაკეტი მიმდებამდე მისვლამდე ნადგურდება. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ მიმღები წყაროს ვერ გაუგზავნის Acknowledgement სიგნალს ანუ პაკეტის მიღების დასტურს. შესაბამისად წყარო „მიხვდება“, რომ მის მხარეს პრობლემებია. პრობლემის დადგენის ერთერთი საშუალება ICMP პროტოკოლია, მასში გაწერილი შეტყობინების კოდითა და ტიპით.

3. დასკვნა

მართალია, IP-დატაგრამის მაქსიმალური ზომა 64 კბაიტია, ქსელის უმეტესი არხები ვერ ახერხებენ ამ ზომის პაკეტის გატარებას, ამიტომ საჭიროა მათი ფრაგმენტაცია ანუ პაკეტების დაიყოფა ისეთი მაქსიმალური ზომის ნაწილებად (MTU), რომელსაც გაატარებს არხი. IPv4-ში ამ ქმედებას ძირითადად ახორციელებს წყარო-აბონენტი. მარშრუტიზატორი წყაროს უგზავნის ICMP პროტოკოლით (ტიპი 3, კოდი 4) შეტყობინებას პაკეტის ფრაგმენტირების აუცილებლობის შესახებ ან თვითონ საზღვრავს პაკეტის ზომას (PMTUD).

ამის შემდეგ მიმდინარე პაკეტი ნადგურდება. მაგრამ ICMP შეიძლება ვერ მივიდეს წყარომდე, ვინაიდან წყაროს მარშრუტიზატორების გარკვეულ ნაწილს აკრძალული აქვთ შემაგალი ICMP-ს გატარება. შედეგად, მიუხედავად გამართული ქსელისა, წყარო-აბონენტი დანიშნულების პოსტისაგან ვერ იღებს პაკეტის სწორად მიღების დასტურის - Acknowledgement სიგნალს -. ამიტომ აუცილებელია მარშრუტიზატორის Access List-ში პროტოკოლ ICMP-ს აკრძალვის გაუქმება.

ლიტერატურა:

1. ბჟალავა ნ. (2011). კომპიუტერული ქსელები, ტოპოლოგიები, პროტოკოლები, მარშრუტიზაცია“, სტუ. სახელმძღვ., „ტექნიკური უნივერსიტეტი“. თბილისი
2. RFC 1191, MTU, (1990)
3. Luc De Ghein, “Path MTU Discovery”, Jan 5, 2007, <http://www.ciscopress.com/>.

**PACKET IP-FRAGMENTATION AND ITS IMPLEMENTATION IF
INCOMING ICMP PROTOCOL IS PROHIBITED**

Bzhalava Nikoloz, Cholikidze Levan, Ovsianikov Konstantin
Georgian Technical University

Summary

In the article shown criteria of fragmentation of packages, that larger than allowable MTU, his inevitability at the overloaded network, basic principles of fragmentation and procedure of realization both in a router and in a source device, in particular sequence of division and the subsequent restoration of the broken pieces of packet by destination device, is shown the negative side of fragmentation by a router. In detail describes the mechanism of PMTUD and role of ICMP protocol in the process of fragmentation, proven why not performed fragmentation of package at blocked ICMP, shown the possibility of fragmentation is in this situation.

**IP-ФРАГМЕНТАЦИЯ ПАКЕТОВ И ЕГО РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИ
ЗАПРЕТЕ ВХОДНОГО ICMP ПРОТОКОЛА**

Бжалава Н., Чоликидзе Л., Овсяников К.
Грузинский Технический Университет

Резюме

В статье показан критерии фрагментации пакетов, его неизбежность при перегруженной сети, основные принципы фрагментации и процедуры реализации как в маршрутизаторе, так и в абоненте-источнике, в частности последовательность деления и его последующее восстановление в исходный пакет в устройстве назначения, показана отрицательная сторона фрагментации в маршрутизаторе. Детально описан механизм включения PMTUD и роль ICMP протокола в процессе фрагментации, доказан почему не произойдет фрагментация пакета при заблокированном ICMP, показана возможность фрагментации в данной ситуации.