

ქსელური ურთიერთკავშირის სწრაფი ტექნოლოგიები და მათი როლი სუპერკომპიუტერებში

ბეკარ თეოდორე¹, არჩილ ფრანგიშვილი²

¹დოქტორანტი, ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტი, საქართველოს
ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, კოსტავას 77
bekar.oikashvili@gtu.ge

²ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის
ნამდვილი წევრი (აკადემიკოსი). საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, კოსტავას 77
a_prangi@gtu.ge

ანოტაცია

სტატიაში განხილულია ზოგადი გამოყენების სუპერკომპიუტერის ურთიერთკავშირის ტექნოლოგიები, მათი ნაირსახეობა, უპირატესობები და განვითარების ეტაპები.

სწრაფ და ეფექტურ ქსელური ურთიერთკავშირის საშუალებას ერთერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი და საპასუხისმგებლო როლი აქვს სუპერკომპიუტერში, მის საიმედოდ მუშაობაში და მაღალ წარმადობაში.

ეს არის მთავარი ურთიერთკავშირის საშუალება რომელიც ერთმანეთთან აკავშირებს ყველაზე მნიშვნელოვან კომპონენტებს, კერძოდ გამოთვლით კვანძებს და ინფორმაციის შესანახ პარალელურ სისტემას ძალიან სწრაფი და დაბალი დაყოვნების მქონე კავშირით.

საკვანძო სიტყვები: სუპერკომპიუტერი, Infiniband, Ethernet, Omni Path, ინფორმაციის შესანახი პარალელური სისტემა.

1. შესავალი

ბოლო ორი ათწლეულის მანძილზე სუპერკომპიუტერების უფრო და უფრო ფართო გამოყენებამ პრაქტიკულად ყველა სექტორში, საფუძველი ჩაუყარა გარკვეულწილად ამ სისტემების და გადაწყვეტების სტანდარტიზირებას და უზიდავა სხვადასხვა ისეთ ცნობილ საინფორმაციო ტექნოლოგიების მწარმოებლებს როგორცაა „Hewlett Packard Enterprise“, „IBM“, „Dell“ და სხვები, შეექმნათ და გაეყიდათ სერიული წარმოების მზა გადაწყვეტილებებად.

თავდაპირველად სუპერკომპიუტერები, რომლებიც თავიდანვე გარკვეული მიზნებისთვის და ამოცანებისთვის იქმნებოდა, მზადდებოდა სპეც შეკვეთების საფუძველზე და ქსელური ურთიერთკავშირიც ხშირად თავიანთი, კერძო პროტოკოლებით მომუშავე სისტემები იყო.

დღევანდელ დღეს, კონკურენტულ და გლობალურ, მაღალი წარმადლობის სისტემების სექტორში სადაც პრაქტიკულად სტანდარტულმა, სერიულმა გადაწყვეტილებებმა დაიმკვიდრეს თავი, ბაზარი აქამდე ისედაც კარგად ნაცნობი გადაწყვეტილებებით შემოფარგლეს და მათ კიდევ უფრო პოპულარიზაციას შეუწყვეს ხელი რაც რამდენიმე მიზეზის გამო დადებითი ფაქტია, კერძოდ ხელს შეუწყობს

აღნიშნული ტექნოლოგიების სტანდარტულ გადაწყვეტილებებად გადაქცევას და ასევე ამ ტექნოლოგიების კიდევ უფრო სწრაფად განვითარებას.

2. ქსელური ურთიერთკავშირის ტექნოლოგიები

სუპერკომპიუტერში, სადაც მასიურად პარალელური გამოთვლები მიმდინარეობს, ძალიან დიდი მნიშვნელობა აქვს გამოთვლით კვანძებს შორის მაღალი სისწრაფით მიმდინარეობდეს ინფორმაციის გაცვლა, წინააღმდეგ შემთხვევაში გამოვა რომ სათითაო გამოთვლითი კვანძი საკმაოდ სწრაფად ამუშავებს ინფორმაციას ხოლო ურთიერთკავშირის დაბრკოლების გამო სრული სისტემა იმაზე ბევრად ნელა მუშაობს ვიდრე პოტენციური აქვს და ელექტრო ენერჯის დიდი ნაწილიც არაეფექტურად იხარჯება. შესაბამისად მნიშვნელოვანია საკმაოდ წრაფი ურთიერთკავშირის მოდულებით იყოს აღჭურვილი სისტემა და რაც ასევე მნიშვნელოვანია სწორი კონფიგურაციით იყოს გამართული.

როგორც ზემოთ არის ნახსენები ურთიერთკავშირის პარალელურ გამოთვლით სისტემებში ერთერთი მთავარი და მნიშვნელოვანი როლი აკისრია. დღესდღეობით არსებობს რამდენიმე სტანდარტი რომელიც საკმაოდ პოპულარულია სუპერკომპიუტერების ინდუსტრიაში. პირველი ეს არის ტრადიციული ქსელური სტანდარტი (Ethernet) რომელსაც გააჩნია რამდენიმე სიჩქარის სტანდარტი. თავიდან ტექნოლოგიამ არსებობა დაიწყო 10 მეგაბიტი წამში ინტერფეისით, შემდეგ იყო 100 მეგაბიტი წამში, ამას მოყვა 1 გიგაბიტი წამში, სტანდარტი რომელიც კარგად არის დამკვიდრებული სამომხმარებლო სექტორში და 10 გიგაბიტი წამში, სტანდარტი რომელიც ძირითადად კორპორატიულ სერვერებში და პატარა და საშუალო ზომის პარალელურ გამოთვლით გადაწყვეტილებებშიც გამოიყენება. ამ სექტორში აღნიშნულ სტანდარტს კარგად აქვს ფეხი მოკიდებული. Ethernet-ის სტანდარტი განისაზღვრება აბრევიატურით: 802.3 და მისი არსებობის დაახლოებით ორმოცდაათი წლის მანძილზე რამდენიმე ათეული სტანდარტი გამოსცა და დაამკვიდრა. ბოლო ათწლეულის მანძილზე გამოჩნდა შეერთების 25, 40, 50, 100 და უკვე 400 გიგაბიტი წამში სტანდარტებიც კი რაც მას ერთერთ ყველაზე ცნობად, გავრცელებულ და კონკურენტუნარიან შეერთებად აქცევს როგორც სამომხმარებლო, ასევე სუპერკომპიუტერების და ზოგადად მაღალი წარმადობის სისტემების სეგმენტში.

მეორე სტანდარტი რომელიც უშუალოდ შეიქმნა მაღალი წარმადობის კომპიუტერული რესურსებისა და მასიურად პარალელური ინფრასტრუქტურებისათვის, არის ინფინიბენდი (Infiniband). ეს სტანდარტიც ტრადიციული ქსელური ინფრასტრუქტურის მსგავსად ვითარდებოდა და საკმაოდ დიდი და გრძელი განვითარების გზაც განვლო. ერთერთი მოძველებული სტანდარტი რომელიც საკმაოდ დიდი ხნით შემორჩა სუპერკომპიუტერულ ინდუსტრიას, იყო 40 გიგაბიტი წამში გამტარობის ინფრასტრუქტურა. დღესდღეობით ძირითადად თანამედროვე სუპერკომპიუტერებში გამოიყენება 100 გიგაბიტი წამში სტანდარტი, თუმცა აღსანიშნავია ის ფაქტიც რომ ბაზარზე უკვე არსებობს 200 გიგაბიტი წამში და 400 გიგაბიტი წამში სტანდარტიც და უკვე გამოიყენება გარკვეულ სუპერკომპიუტერებზე.

ინფინიბენდიც ტრადიციული ქსელური ინფრასტრუქტურის მსგავსად ხმარობს სპეც კომუტატორებს, რომელიც აკავშირებს გამოთვლით კვანძებს, დისკურ მეხსიერებას და სხვა ქსელურ ინფრასტრუქტურას ერთმანეთს საკმაოდ სწრაფად და ეფექტურად.

ინფინიბენდი რესურსებს ერთმანეთთან აკავშირებს ძირითადად სპილენძს კაბელით თუმცა აღნიშნული კაბელი შორ მანძილებზე არ გამოიყენება. მისი დანიშნულებაა ერთ სასერვერო ფართზე განლაგებული ყველა გამოთვლითი რესურსი გააერთიანოს.

ინფინიბენდ ტექნოლოგიის გამოყენებისას აუცილებელია ინფრასტრუქტურა აპარატურულადაც მზად იყოს. კერძოდ, სერვერების მხარეს ყველა სერვერს ჭირდება ინფინიბენდ ქსელის ბარათები რომელიც დაახლოებით სტანდარტულ ქსელის ბარათს გავს, და ასევე საჭიროა სპეციალური კომპუტატორი მათ ერთმანეთთან დასაკავშირებლად.

საკმაოდ დიდი ხანი ამ სფეროში ინფინიბენდ ტექნოლოგია მონოპოლისტი იყო და შესაბამისად ინფრასტრუქტურა ძალიან ძვირადღირებული იყო, თუმცა დროთა განმავლობაში სხვა ტექნოლოგიებიც გამოჩნდა და ამან გარკვეული ბალანსიც გამოიწვია ბაზარზე.

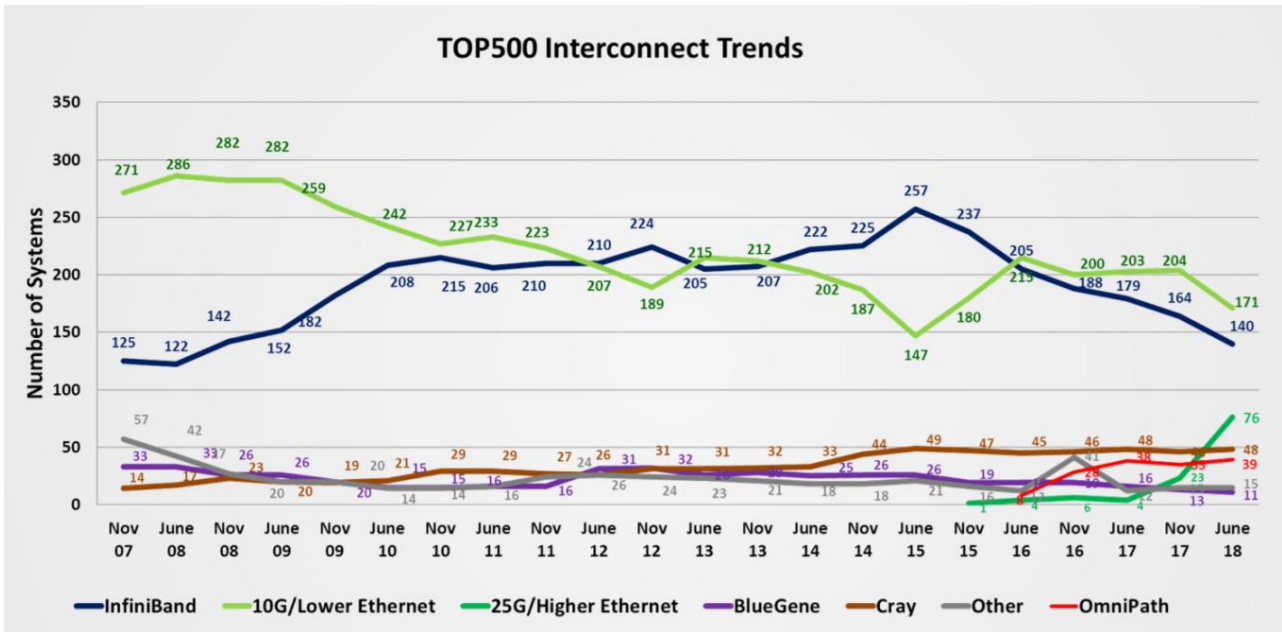
რამდენიმე წლის წინ არენაზე გამოჩნდა ახალი მოთამაშე, კორპორაცია ინტელი რომელმაც ინფინიბენდის იდენტური და კონკურენტული პროდუქტი წარმოადგინა. ტექნოლოგიის სახელია Intel Omni Path. ინტელის პროდუქტი ინფინიბენდის მსგავსად 100 გიგაბიტს წამში ურთიერთკავშორს უზრუნველყოფს, გადაცემისთვის იყენებს ინტელის სპეც კომპუტატორებს და სპილენძის კაბელებს, ხოლო სერვერის მხარეს სერვერისთვის განკუთვნილ სპეც ბარათებს.

აქვე აღსანიშნავია რომ ინტელის ზოგიერთ მაღალი წარმადობის Xeon პროცესორში Omni Path ინტერფეისი ჩაშენებულია კრისტალში, ანუ გამოდის რომ პროცესორი სხვა მოწყობილობებს პირდაპირ, შუამავალი ჩიპის ან მოწყობილობის გარეშე ამყარებს კონტაქტს, ეს კი გარკვეულ უპირატესობად შეიძლება ჩაითვალოს. ასევე აღსანიშნავია რომ ინტელის პროდუქტის გამოსვლასთან ერთად ინფინიბენდის ფასებიც მყისიერად ჩამოვარდა დაბლა და უფრო ხელმისაწვდომი გახდა.

დღესდღეობით აღნიშნული ტექნოლოგია გამოიყენება არაერთ ყველაზე მძლავრ სუპერკომპიუტერში თუმცა აღსანიშნავია ის ფაქტიც რომ ცოტა ხნის წინ ინტელმა შეაჩერა აღნიშნული ტექნოლოგიის განვითარება მიუხედავად იმისა რომ ორასი გიგაბიტი წამში ტექნოლოგია უკვე მზად იყო ბაზარზე გამოსაჩენად. ეს შესაძლოა ნიშნავდეს თვისობრივად ახალი ტექნოლოგიის გამოშვებისთვის მზადებას ახლო მომავალში.

არსებობს ასევე სხვა, კერძო ურთიერთკავშირის ტექნოლოგიები რომლებიც როგორც წესი ყველაზე ძლიერ სუპერკომპიუტერებშია რეალიზებული და როგორც წესი ტექნოლოგიაც დახურულია. აღნიშნული ტექნოლოგიები როგორც წესი სპეც მოთხოვნის შესაბამისად მზადდება, თუ არსებული გადაწყვეტილებები საკმარისი არ არის, მაგრამ მსგავსი მოთხოვნები ხშირი არ არის. დღესდღეობით ძირითადად მაინც გამოიყენება ორი დიდი ისტორიის და საფუძვლის მქონე ტექნოლოგია. ესენია: Infiniband და Ethernet, ასევე როგორც ავღნიშნეთ, მცირე რაოდენობით Intel Omni-Path თუმცა ძირითადი კონკურენცია წლების განმავლობაში მაინც ზემოთ აღნიშნულ ორ ტექნოლოგიას შორის არის.

აქვე უნდა აღინიშნოს რომ დღეისათვის Infiniband ტექნოლოგიაც და კომპანია იყიდა კორპორაცია Nvidia-მ რათა თავისი სერიული წარმოების საკმაოდ ძლიერი და ეფექტური სუპერკომპიუტერების ხაზი აღჭურვოს ინფინიბენდ შეერთებით და ასევე კიდევ უფრო სწრაფად და ეფექტურად განავითაროს აღნიშნული ტექნოლოგია.



ნახაზი 1: ქსელური ურთიერთკავშირის სისტემები მწარმოებლების მიხედვით

3. დასკვნა

სუპერკომპიუტერების განვითარება, მათი ეფექტურობა და მაღალი წარმადობა, პირდაპირ კავშირშია და დამოკიდებულია ქსელური ურთიერთკავშირის სტანდარტების განვითარებაზე. აქ მნიშვნელოვანი ფაქტორია განვითარების დრო, ვინაიდან სხვა კომპონენტებიც ეფექტურად და წინასწარ გათვლადი დროის ჭრილში ვითარდება, მნიშვნელოვანია განვითარების ეტაპები ერთმანეთის თანხვედრაში იყოს თუ საუბარია სუპერკომპიუტერის ყველაზე ბოლო და თანამედროვე კომპონენტებით აღჭურვაზე.

მაგალითისთვის, არსებობს მურის კანონი, რომლის თანახმადაც ყოველ თვრამეტ თვეში კომპიუტერული პროცესორების სიმძლავრე ორმაგდება, შესაბამისად იზრდება მათი გამტარუნარიანობაც. იგივე ეხება ოპერატიულ მეხსიერებას და მყარ დისკებს. სწორედ ეს კომპონენტებია სუპერკომპიუტერის თუ ჩვეულებრივი, ტრადიციული სამომხმარებლო კომპიუტერის ძირითადი შემადგენელი კომპონენტები და ეფექტიანად მუშაობისთვის და ინფრასტრუქტურის სრული პოტენციალის გამოყენებისთვის აუცილებელია ეს კომპონენტები ერთმანეთის მიმართ კარგად იყოს ოპტიმიზირებული რაც პირველ რიგში სწორედ ოპტიმალური გამტარუნარიანობის შესაძლებლობას ეხება.

ლიტერატურა

1. სტატია “Infiniband still tops in supercomputing” by Tiffany Trader, <https://www.hpcwire.com/2018/07/19/infiniband-still-tops-supercomputing/>
უკანასკნელად გადამოწმებულია - 28.05.2021
2. ინტერნეტ რესურსი „Top500”, <https://www.top500.org/statistics/list/>
უკანასკნელად იქნა გადამოწმებულია - 28.05.2021.