IOT TARMOQLARI UCHUN SDN/NFV ARXITEKTURASI

Berdimuradov Mirzohid
University of Management and Future Technologies universiteti assistenti.
E-mail: berdimurodov.mirzohid@gmail.com
Tel.:+99895 1099907
https://orcid.org/0009-0002-0222-625X
Nishonov Bobur
University of Management and Future Technologies universiteti magistranti.
E-mail: bmnishonov@gmail.com
Tel.:+998 90 123 88 77
https://orcid.org/0009-0000-5519-463X

Annotatsiya: Internet of Things (IoT) kontseptsiyasi paydo bo‘lganidan buyon tadqiqotchilar jamoasi Internetga ulangan millionlab qurilmalarning samarali muloqoti va ma'lumotlarni tahlil qilish imkoniyatlarini yaratishga qaratilgan. Biroq, hozirgi vaqtgacha olib borilgan sa'y-harakatlar IoT talab va muammolarini to‘liq qamrab olishga yetarli bo‘lmagan. So‘nggi yillarda, SDN, NFV, chekka hisoblash kabi texnologiyalar nafaqat an'anaviy tarmoqlarni, balki IoT muhitlarini ham rivojlantirmoqda. Asosiy muammolardan biri IoT qurilmalari tomonidan taqdim etilayotgan xizmatlarning sifatini ta'minlashdir. Buning uchun, ma'lumot va boshqaruv tekisliklarini ajratish, tarmoq funksiyalarini virtualizatsiya qilish, ilg‘or ma'lumot tahlili imkoniyatlari va xizmatlarni ulashish hamda ularni yaqinlashtirish kabi istiqbolli xususiyatlar ushbu muhitda qo‘llaniladigan va'da beruvchi xususiyatlar sifatida ko‘riladi. Ushbu maqolada IoT muhitlariga yo‘naltirilgan SDN va NFV integratsiyalangan arxitekturasi va xizmatlar sifatini oshirishga qaratilgan konseptual isbot taqdim etiladi. Eksperiment, SDN-App konfiguratsiyasi orqali QoE/QoS oqimlarini real vaqt rejimida o‘zgartirish uchun boshqaruvchi imkoniyatlaridan foydalanadi.

Kalit so‘zlar: IoT, NFV, SDN, QoS,tarmoq,arxitektura,texnologiya,orkestratsiya

Аннотация: с момента появления концепции Интернета вещей (IoT) команда исследователей сосредоточилась на создании возможностей для эффективной связи и анализа данных миллионов устройств, подключенных к интернету. Однако до сих пор усилий было недостаточно, чтобы полностью охватить требования и проблемы интернета вещей. В последние годы такие технологии, как SDN, NFV, периферийные вычисления, развиваются не только в традиционных сетях, но и в средах интернета вещей. Одной из основных проблем является обеспечение качества услуг, предоставляемых устройствами IoT. Для этого многообещающие функции, такие как разделение плоскостей данных и управления, виртуализация сетевых

ISSN 3030-3907

функций, расширенные возможности анализа данных и совместное использование услуг, а также их конвергенция, рассматриваются как многообещающие функции, используемые в этой среде. В этой статье представлена интегрированная архитектура SDN и NFV, ориентированная на среды IoT, а также концептуальное доказательство, направленное на повышение качества услуг. Эксперимент использует возможности контроллера для преобразования потоков QoE/QoS в реальном времени через конфигурацию SDN-App.

Ключевые слова: IoT,NFV, SDN, QoS, сеть, архитектура, технология, оркестровка

Annotation: since the advent of the Internet of Things (IoT) concept, the team of researchers has focused on creating effective communication and data analysis capabilities of millions of devices connected to the Internet. However, efforts up to the present time have not been sufficient to fully cover IoT's requirements and challenges. In recent years, technologies such as SDN, NFV, edge computing have been developing not only traditional networks, but also IoT environments. One of the main problems is to ensure the quality of the services provided by IoT devices. For this, promising features such as data and control plane separation, virtualization of network functions, advanced data analysis capabilities and service sharing, and their approximation are seen as promising features used in this environment. This article presents the integrated architecture of SDN and NFV focused on IoT environments and a conceptual proof aimed at improving the quality of services. The experiment uses controller capabilities to modify QoE/QoS streams in real-time via SDN-App configuration.

Keywords: IoT, NFV, SDN, QoS, network, architecture, technology, orchestration

1. Kirish

Hozirgi kunda Internet of Things (IoT) texnologiyalarining jadal rivojlanishi millionlab qurilmalar va sensorlarning global tarmoqlarga ulanganligini anglatadi. Bunday murakkab tizimlarda tarmoq resurslarini samarali boshqarish, trafikni optimallashtirish va xizmatlar sifatini kafolatlash muhim ahamiyatga ega. An’anaviy tarmoq arxitekturasi bu talablarni qondira olmaydi, chunki u statik, markazlashmagan va o‘zgaruvchan yuklamalarga tez moslasha olmaydi. Shuning uchun, IoT infratuzilmasini yanada moslashuvchan va aqlli qilishda SDN va NFV texnologiyalaridan foydalanish dolzarb masalaga aylanmoqda.

SDN (Dasturiy ta’riflangan tarmoq) boshqaruvni markazlashtiradi, tarmoq harakatini dinamik nazorat qilish imkonini beradi, NFV esa an’anaviy apparat vositalarini virtual xizmatlarga aylantirib, xarajatlarni kamaytiradi va moslashuvchanlikni oshiradi. IoT tarmoqlarining o‘sib borayotgan murakkabligi

ISSN 3030-3907

va real vaqtli ishlashga bo‘lgan ehtiyoji tufayli SDN/NFV arxitekturasi zamonaviy raqamli infratuzilmalar uchun zaruriy yechim sifatida qaralmoqda. Bu yondashuv nafaqat samaradorlikni oshiradi, balki tarmoqni boshqarishda avtomatlashtirish va xavfsizlikni kuchaytirish imkonini ham beradi.

Mazkur tadqiqot ishida Internet of Things (IoT) tarmoqlari uchun SDN (Software-Defined Networking) va NFV (Network Function Virtualization) texnologiyalarini integratsiya qilgan arxitektura taklif qilinadi. Ushbu arxitektura to‘rt asosiy pog‘onadan iborat bo‘lib (infratuzilma, boshqaruv va virtualizatsiya, ilovalar, orkestratsiya), IoT qurilmalari orasidagi tarmoq oqimlarini markazlashgan tarzda boshqarish, virtual funksiyalarni moslashtirish va tarmoqdagi xizmatlar sifatini nazorat qilish imkonini beradi.

Tadqiqotda Mininet platformasida yaratilgan emulyatsiya muhiti orqali SDN va NFV asosidagi tarmoq modeli sinovdan o‘tkazilgan. QoS (Quality of Service) ilovasi yordamida video oqimlarining sifat ko‘rsatkichlari (masalan, PSNR va SSIM) baholangan va tarmoqni dinamik boshqarish orqali foydalanuvchi tajribasini (QoE) yaxshilash mumkinligi isbotlangan. Mualliflar ushbu yondashuv kelajakdagi IoT infratuzilmalari uchun moslashuvchan va samarali yechim bo‘lishi mumkinligini ta’kidlaydilar.

O‘zbekiston hukumati tomonidan IoT (Internet of Things) texnologiyalarini rivojlantirishga qaratilgan bir qator qarorlar qabul qilingan. Masalan, 2022-yil 22-avgustdagi PQ-357-son qarorda davlat xizmatlarini aholi va tadbirkorlar uchun yanada qulay qilish hamda davlat tashkilotlari faoliyatini raqamlashtirish bo‘yicha amalga oshirilayotgan ishlar muhokama qilingan. Shuningdek, 2023-yil 28-aprelda o‘tkazilgan Toshkent xalqaro investitsiya forumida IoT va uning iqtisodiyotga ijobiy ta’siri haqida so‘z yuritildi. Forumda sanoat buyumlari internetini rivojlantirishning asosiy iqtisodiy foydalari, uni rivojlantirishning mehnat unumdorligiga, tannarxini pasaytirishga va ishlab chiqarish samaradorligiga ta’siri muhokama qilindi[1,2].

Bundan tashqari, 2025-yildan boshlab tashqi internet kanali monopoliyasi bekor qilinishi rejalashtirilgan. Prezident farmoni bilan, 2025-yil 1-yanvardan xususiy provayderlarga sinov tariqasida xalqaro internet tarmoqlariga to‘g‘ridan-to‘g‘ri ulanish huquqi beriladi. Bu chora-tadbir, xususiy sektorni rivojlantirish va raqamli iqtisodiyotni yanada mustahkamlashga qaratilgan[3].

Shu bilan birga, “Raqamli O‘zbekiston - 2030” strategiyasi doirasida raqamli infratuzilmani modernizatsiya qilish, davlat boshqaruvi tizimini takomillashtirish va zamonaviy infratuzilmani qo‘llash masalalari ko‘rib chiqilmoqda. Bu qarorlar, IoT texnologiyalarini keng joriy etish va raqamli iqtisodiyotni rivojlantirishga qaratilgan muhim qadamlardir[4].

ISSN 3030-3907

2. Mavzu yuzasidan adabiyotlar tahlili

SDN (Software-Defined Networking) va NFV (Network Function Virtualization) texnologiyalari IoT (Internet of Things) tarmoqlarining samaradorligini va moslashuvchanligini oshirishda muhim o‘rin tutadi. Iyer va Gupta (2019) o‘zlarining “ IoT Virtualization: A Survey of Software Definition & Function Virtualization Techniques for Internet of Things ” maqolasida IoT tarmoqlaridagi virtualizatsiya texnikalarini keng qamrovli tarzda o‘rgangan. Ular SDN va NFVning IoT tizimlariga qanday moslashganini, shuningdek, bu texnologiyalarning IoT ilovalarini qo‘llashdagi ahamiyatini ta’kidlaydilar. Ushbu tadqiqotda virtualizatsiya yordamida IoT tarmoqlarida resurslarni samarali taqsimlash va o‘zaro ishlashni yaxshilash imkoniyatlari ko‘rib chiqiladi[5].

Gupta va Sharma (2018) o‘z maqolalarida “Integrated NFV/SDN Architectures: A Systematic Literature Review ” tizimli adabiyotlar sharhini taqdim etadilar. Tadqiqotda NFV va SDN texnologiyalarining integratsiyasi tarmoqni boshqarishning samarali usulini taklif etadi. Mualliflar bu texnologiyalarni birlashtirish orqali IoT tarmoqlarida yuqori darajadagi moslashuvchanlik va tarmoq boshqaruvining markazlashtirilgan usulini ta’minlash mumkinligini ko‘rsatadilar. SDN va NFV integratsiyasi bilan bog‘liq hozirgi tadqiqotlar va kelajakdagi yo‘nalishlar ham batafsil yoritiladi[6].

Mellouk va Benmohamed (2015) “Network Function Virtualization: State-of-the-art and Research Challenges” maqolasida NFV texnologiyasining joriy holatini va tadqiqot muammolarini o‘rganadilar. Maqola NFVning imkoniyatlarini tarmoqni virtualizatsiya qilishda qanday qo‘llanishini va uni tarmoqning o‘zgartirilishi va rivojlanishidagi muhim vosita sifatida ko‘rsatilganligini tahlil etadi. Bu tadqiqot, shuningdek, NFV asosida IoT tarmoqlarini boshqarish va ularga yangi imkoniyatlar yaratish uchun zarur bo‘lgan ilmiy va texnik chora-tadbirlarni ham ko‘rsatadi[7].

Kumar va Saini (2020) “IoT Challenges and Issues: A Comprehensive Review of Software Defined Networking and Network Function Virtualization Solutions” maqolasida SDN va NFV texnologiyalarining IoT tarmoqlarida qo‘llanilishining asosiy muammolarini tahlil qiladilar. Tadqiqotda SDN va NFVning IoT tarmoqlarida yuzaga keladigan xavfsizlik, energiya samaradorligi kabi muammolarni hal qilishga qaratilgan yechimlar ko‘rib chiqiladi. Mualliflar ushbu texnologiyalarni qo‘llashda yuzaga keladigan yangi chaqiriqlar va ularni hal qilish usullarini ta’kidlaydilar[9].

Jain va Choudhury (2020) “Exploring Network Softwarization and Virtualization by Applying SDN/NFV to 5G and IoT” maqolasida 5G va IoT tarmoqlarida SDN va NFV texnologiyalarining integratsiyasini o‘rganadilar.

ISSN 3030-3907

Maqola, shuningdek, O-RAN asosidagi tarmoq arxitekturalarini va 5G tarmoqlarida ularni qanday qilib samarali qo‘llash mumkinligini ko‘rsatadi. Mualliflar IoT tarmoqlarini rivojlantirish va 5G tarmog‘ini tezda amalga oshirish uchun SDN va NFV texnologiyalarining integratsiyasini o‘rganish zarurligini ta’kidlaydilar[10].

Ushbu adabiyotlar SDN va NFV texnologiyalarining IoT tarmoqlarida qo‘llanishiga, ularning arxitekturasi, imkoniyatlari va kelajakdagi tadqiqot yo‘nalishlariga oid keng ko‘lamli ma’lumotlarni taqdim etadi. Har bir tadqiqot o‘zining yondashuvi orqali tarmoqni boshqarishning yangi usullarini va texnologik yutuqlarini ko‘rsatib, IoT tarmoqlarini yanada samarali va moslashuvchan qilishga qaratilgan yechimlar taklif qiladi.

SDN (Software-Defined Networking) va NFV (Network Function Virtualization) texnologiyalari, IoT (Internet of Things) tarmoqlarining samaradorligini oshirishda muhim rol o‘ynaydi. O‘rganilgan tadqiqotlarda, bu texnologiyalar tarmoqni yanada moslashuvchan va boshqarilishi oson qilish uchun yangi yondashuvlarni taqdim etadi. SDN orqali tarmoqning markazlashtirilgan boshqaruvi va NFV orqali tarmoq funktsiyalarining virtualizatsiyasi IoT tarmoqlarida samarali ishlashni ta'minlashga yordam beradi.

Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, SDN va NFV texnologiyalarining IoT tizimlarida qo‘llanishi xavfsizlik, energiya samaradorligi va o‘zaro ishlash kabi muammolarni hal qilishda muhim ahamiyatga ega. Shuningdek, bu texnologiyalar tarmoqning o‘zaro bog‘liqligini va ko‘p foydalanuvchi tizimlarini samarali boshqarishni ta’minlaydi.

Bundan tashqari, tadqiqotlarda SDN/NFV arxitekturalarining 5G va IoT tarmoqlarida integratsiyasi orqali yanada tezkor va samarali tarmoqni boshqarish imkoniyatlari ko‘rsatilgan. Bu texnologiyalarni qo‘llash orqali IoT tarmoqlari uchun innovatsion yechimlar yaratilmoqda, bu esa ularga yuqori darajadagi ishlash va optimallashtirilgan resurslar taqdim etishni ta’minlaydi.

Shu bilan birga, tadqiqotlarda, SDN va NFV texnologiyalarining integratsiyasi va virtualizatsiya imkoniyatlarining kengayishi bilan bog‘liq yangi chaqiriqlar ham mavjud. Bu yo‘nalishda yanada ko‘proq ilmiy tadqiqotlar va amaliy yondashuvlar talab qilinadi. Umuman olganda, SDN/NFV texnologiyalari IoT tarmoqlarini yanada rivojlantirishda, resurslarni samarali boshqarish va ularning ishlash samaradorligini oshirishda juda muhim ahamiyatga ega[12].

3. SDN/NFV texnologiyalarini birgalikda qo‘llanilishi arxitekturalari

SDN (Software-Defined Networking) - bu an’anaviy tarmoq arxitekturasiga qaraganda ko‘proq moslashuvchanlik va markazlashgan boshqaruv imkoniyatini ta’minlaydigan zamonaviy tarmoq texnologiyasidir. An’anaviy tarmoqlarda har bir

ISSN 3030-3907

qurilma (switch, router) o‘z-o‘zini boshqaradi, bu esa yirik va murakkab tarmoqlarda konfiguratsiyani yangilash, nazorat qilish va xavfsizlikni ta’minlashni murakkablashtiradi. SDN texnologiyasi esa boshqaruv va ma’lumot uzatish funksiyalarini ajratib, barcha tarmoq qurilmalarini yagona markaziy boshqaruv orqali idora qilish imkonini beradi. Bu esa yirik infratuzilmalarda avtomatlashtirilgan, tez moslasha oladigan va xavfsiz tarmoq boshqaruviga erishishga xizmat qiladi[15].

SDN texnologiyasining dolzarbligi, ayniqsa, IoT (Internet of Things), bulutli hisoblash, 5G va sanoat tarmoqlari kabi sohalarda yaqqol seziladi. Bu tizimlar o‘zgaruvchan trafik, real vaqtli ma’lumot almashinuvi va yuqori darajadagi ishonchlilikni talab qiladi. SDN orqali administratorlar tarmoq resurslarini ilovalar ehtiyojiga qarab dinamik ravishda ajratishi, muhim xizmatlarga ustuvorlik berishi va nosozliklarga tezda javob berishi mumkin. Shu jihatdan qaraganda, SDN - zamonaviy tarmoq infratuzilmasining muhim asosi hisoblanadi.

Bundan tashqari, SDN xavfsizlikni ta’minlashda ham katta ustunlikka ega. Markazlashtirilgan boshqaruv orqali administratorlar tarmoqni yagona nuqtadan monitoring qilishi, xavfli trafikni aniqlashi va unga darhol javob qaytarishi mumkin. Bu yondashuv an’anaviy tarmoqlardagi tarqoq boshqaruvga qaraganda tezkorroq va samaraliroq. SDN yordamida yangi xavfsizlik siyosatlarini real vaqtda tarmoqqa joriy qilish, hujumlarning oldini olish va tarmoqni tezda izolyatsiya qilish imkoniyatlari mavjud[11].

Yakunda aytish mumkinki, SDN texnologiyasi - bu nafaqat tarmoq boshqaruvini soddalashtiradigan, balki xizmatlar sifatini oshiradigan, iqtisodiy jihatdan tejamkor va xavfsizlikni mustahkamlovchi muhim yondashuvdir. Bu texnologiya IT infratuzilmalarni avtomatlashtirish, resurslardan oqilona foydalanish va uzluksiz xizmat ko‘rsatishni ta’minlash yo‘lida zamonaviy tashkilotlar uchun zarur vositadir. Shu sababli, SDN kelajakdagi raqamli transformatsiya jarayonining ajralmas qismi hisoblanadi.

NFV (Network Function Virtualization) - bu tarmoq funksiyalarini (masalan, router, firewall, load balancer kabi) an’anaviy maxsus apparat qurilmalaridan ajratib, ular o‘rniga ularni dasturiy ta’minot shaklida, odatiy serverlarda yoki bulut muhitida ishlatish texnologiyasidir. Bu yondashuv tarmoq infratuzilmasini soddalashtiradi, resurslardan samarali foydalanish imkonini beradi va xizmatlarni tezroq ishga tushirishga yordam beradi[13].

NFV texnologiyasining asosiy xususiyatlari quyidagilardan iborat:

- moslashuvchanlik – tarmoq funksiyalarini istalgan vaqtda ishga tushirish, o‘zgartirish yoki to‘xtatish imkoniyati mavjud;
- masshtablilik – yuklama ortganda qo‘shimcha virtual resurslar ajratish mumkin;

ISSN 3030-3907

- tejamkorlik – maxsus qurilmalarga ehtiyoj kamayadi, bu esa xarajatlarni pasaytiradi;
- tez integratsiya – yangi xizmatlarni yaratish va joriy qilish jarayoni sezilarli darajada tezlashadi.

NFV zarurati tarmoq infratuzilmalari murakkablashgan va ko‘p tarmoqli xizmatlarga ehtiyoj oshgan hozirgi davrda ayniqsa muhim. Raqamli xizmatlar sonining oshishi, foydalanuvchi talablarining o‘zgaruvchanligi va IoT hamda 5G kabi texnologiyalarning rivojlanishi tarmoqni tez moslashuvchan va dastur orqali boshqariladigan holga keltirishni talab qiladi. NFV shu ehtiyojlarni qondiradi - u orqali xizmatlarni markazlashtirilgan holda boshqarish, avtomatlashtirish va tizimda nosozliklar bo‘lsa, ularni tezda hal qilish mumkin.

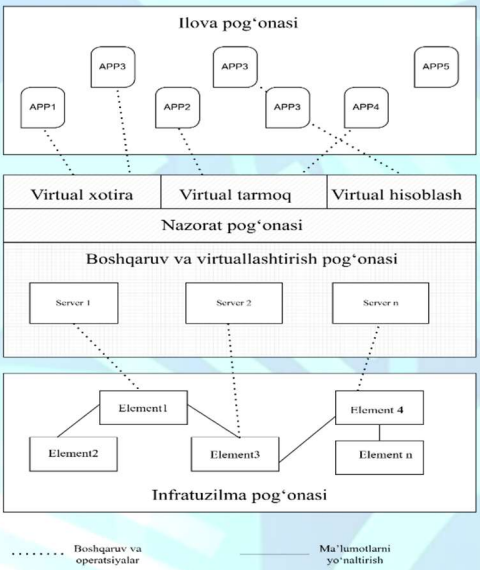
SDN (Software-Defined Networking) arxitekturasi tarmoqni boshqarish va optimallashtirishda muhim o‘rin tutadi. Bu arxitektura uchta asosiy pog‘onadan iborat: ilovalar pog‘onasi, boshqaruv pog‘onasi va infratuzilma pog‘onasi. Ilovalar pog‘onasida tarmoq xizmatlari va ilovalar joylashadi, ular SDN boshqaruvchisi bilan muloqot qilib, tarmoqni boshqaradi. Boshqaruv pog‘onasida SDN controller joylashib, u pastki infratuzilma qurilmalari bilan ishlaydi va tarmoq trafikini boshqarish uchun OpenFlow yoki boshqa protokollarni ishlatadi. Infratuzilma pog‘onasida esa tarmoq qurilmalari (switch, router) joylashgan bo‘lib, ular tarmoqdagi ma’lumotlarni uzatish va qabul qilish bilan shug‘ullanadi. SDN arxitekturasi tarmoqni markazlashtirilgan tarzda boshqarish imkonini beradi, bu esa tarmoqni samarali, tezkor va xavfsiz boshqarishni ta’minlaydi[14].

NFV (Network Function Virtualization) arxitekturasi tarmoq funksiyalarini virtualizatsiya qilishni maqsad qilgan. NFV uchta asosiy komponentdan iborat: VNF (Virtual Network Functions), NFVI (Network Functions Virtualization Infrastructure) va MANO (Management and Orchestration). VNFlar an’anaviy apparat qurilmalari o‘rniga dasturiy tarmoq funksiyalarini ta’minlaydi, masalan, firewall yoki router. NFVI virtualizatsiya infratuzilmasi bo‘lib, VNFlar uchun zarur bo‘lgan resurslarni taqdim etadi, bu resurslar serverlar, saqlash tizimlari va tarmoq inshootlarini o‘z ichiga oladi. MANO tizimi esa VNFlarni boshqarish, orkestratsiya qilish va monitoring qilishni amalga oshiradi. NFV arxitekturasi tarmoqni yanada moslashuvchan va tejamkor qilishga yordam beradi, chunki u tarmoq funksiyalarini apparatga bog‘lanmasdan, dasturiy ta’minot shaklida amalga oshiradi.

1-rasmda arxitekturaning umumiy tavsifi keltirilgan. Taklif etilgan arxitektura ONF (Ong, 2017) va ETSI (Matias va boshq., 2015) tomonidan ilgari surilgan va qo‘llab-quvvatlangan dizayn tamoyillariga asoslangan bo‘lib, ularni o‘zida uyg‘unlashtiradi. Mazkur model to‘rtta aniq belgilangan pog‘onadan tashkil

ISSN 3030-3907

topgan: infratuzilma, boshqaruv va virtualizatsiya, ilovalar, hamda orkestratsiya va boshqaruv pog‘onalari[12].



1-rasm. IoT uchun SDN/NFV arxitekturasi.

Turli pog‘onalar o‘z navbatida ost pog‘onalardan iborat (2-rasm), quyidagicha:

1. Infratuzilma pog‘onasi

Ushbu pog‘ona tarkibiga tarmoq trafigini uzatish uchun zarur bo‘lgan apparat vositalari va asosiy dasturiy komponentlar kiradi. An’anaviy tarmoq qurilmalaridan farqli ravishda, IoT qurilmalari ichki sensorlar orqali o‘zlarining trafigini generatsiya qiladi. Shu munosabat bilan, ikki tomonlama yoki gibrid funksionallik taklif etiladi.

IoT tugunlari o‘zlarining standart imkoniyatlariga muvofiq AODV (Chakeres va Belding-Royer, 2004), BCHP (Gondaliya va Kathiriya, 2016), DSDV (Perkins va boshq., 2001) kabi an’anaviy marshrutlash protokollarini bajaradi. Agar tugunlar IoT boshqaruvchisi (controller) bilan ulangan bo‘lsa, ular ma’lumotlar pog‘onasi sifatida ishlaydi va boshqaruv pog‘onasi tomonidan taqdim etiladigan konfiguratsiyani kutadi.

Southbound API esa ma’lumotlar va boshqaruv pog‘onalari o‘rtasidagi aloqani ta’minlaydi.

2. Boshqaruv va virtualizatsiya pog‘onasi

Mazkur pog‘ona ma’lumotlarni uzatish harakatlarini boshqarish hamda NFV (Tarmoq funksiyalarini virtualizatsiyalash) ilovalarini ishga tushirish uchun virtual resurslarni taqdim etadi. Ushbu maqsadlarda, u boshqaruv pog‘onasi va virtualizatsiyalangan elementlardan tashkil topgan.

Boshqaruv pog‘onasi asosiy boshqaruv funksiyalarini bajaradi. Qurilmalar menejeri (Device Manager) boshqaruvchi bilan ulanayotgan mavjud tugunlarni

ISSN 3030-3907

ro‘yxatdan o‘tkazadi va ularga boshqaruv pog‘onasiorqali xabarlar yuborish imkonini beradi. Tugunlarning yagona identifikatsiyasi (masalan, IP manzili, MAC manzili) hamda boshqa identifikatsiya parametrlaridan boshqa modullar ham foydalanishi mumkin.

Shuningdek, administrator maxsus maqsadlar uchun o‘zining boshqaruv pog‘onasi modullarini qo‘shish imkoniyatiga ega. Bunday ilovalar SDN (Dasturiy ta’minot orqali aniqlanadigan tarmoq) ilovalari deb nomlanadi.

O‘z navbatida, saqlash, tarmoq va hisoblash resurslari kabi virtualizatsiyalangan resurslar - ya’ni NFV ilovalari - virtual infratuzilmaga yuklab olish, o‘rnatish yoki sozlash uchun mavjud bo‘ladi. Ushbu ilovalar yuqori darajadagi ilovalar sifatida qaraladi.

3. Ilovalar pog‘onasi

Turli NFV (Tarmoq funksiyalarini virtualizatsiyalash) ilovalari aynan shu pog‘onada joylashadi. Ushbu pog‘ona kompyuter fanlarida qo‘llaniladigan virtualizatsiya tamoyillariga asoslanadi, ya’ni turli foydalanuvchi ilovalari har xil operatsion tizimlar (OS) muhitida bajarilishi mumkin, biroq ular bir xil apparat resurslarini umumiy ravishda ishlatadi.

Mazkur holatda, har xil foydalanuvchilar virtualizatsiyalangan resurslar - saqlash tizimlari, tarmoq infratuzilmasi va hisoblash quvvatlarini o‘z ilovalarini mustaqil (izolyatsiyalangan) muhitda ishga tushirish uchun birgalikda foydalanishi mumkin.

NFV ilovalariga quyidagilar misol bo‘la oladi: axborot xavfsizligiga oid ilovalar, foydalanuvchi tajribasini baholovchi tizimlar (QoE), ma’lumotlar tahlili ilovalari va boshqalar.

4. Orkestratsiya va boshqaruv pog‘onasi

Ma’lumotlar va boshqaruv pog‘onasini ajratish paradigmasi, tarmoq funksiyalarining dasturiy asosda amalga oshirilishi hamda resurslarning virtualizatsiyalashuvi infratuzilmaning turli pog‘onalarini muvofiqlashtirishni talab qiladi. Shu sababli, Orkestratsiya va boshqaruv pog‘onasi infratuzilmaning boshqa pog‘onalarida ish olib boradi va ularning holatiga ta’sir ko‘rsatish imkoniyatiga ega.

Ushbu pog‘onaning asosiy vazifasi - VNF (Virtual Tarmoq Funksiyalari) ilovalari va boshqaruv ilovalarining ishga tushirilishi va faoliyat yuritishi uchun yetarli resurslar mavjudligini ta’minlashdir.

Bu maqsadda, ushbu pog‘ona quyidagi uchta ost pog‘onadan tashkil topgan:

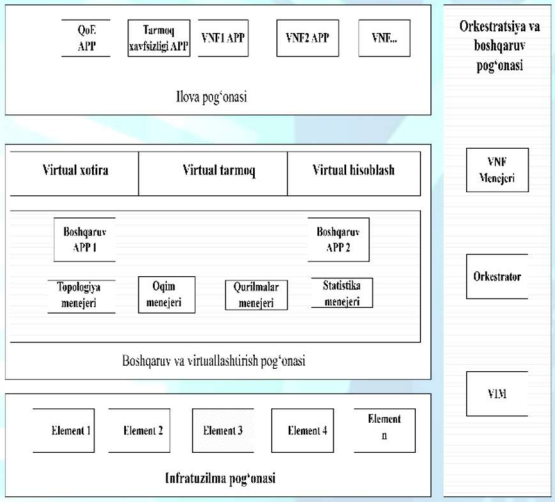
- VNF menejeri (VNF Manager);
- orkestrator (Orchestrator);
- virtual infratuzilma menejeri (VIM - Virtual Infrastructure Manager);

ISSN 3030-3907

VIM mavjud infratuzilmaning holati va mavjud virtualizatsiyalangan resurslar (ya'ni saqlash, tarmoq va hisoblash imkoniyatlari) haqida aniq va yangilangan tasavvurga ega bo'ladi. Bu ma'lumotlar Orkestratorga uzatiladi.

Orkestrator esa VIMdan olingan ma'lumotlarga asoslanib, virtualizatsiyalangan elementlarning barqaror ishlashi va izolyatsiyasini ta'minlaydi. Bundan tashqari, u virtual tarmoq funksiyalarining (VNF) ishga tushirilishiga faqatgina zarur virtual resurslar mavjud bo'lsa ruxsat beradi.

So'ngra, VNF menejeri mavjud VNFlarni tashkillashtiradi va ularni ro'yxatga oladi. Shuningdek, u mijozlardan kelib tushgan NFV ishga tushirish so'rovlarini qabul qiladi va tegishli tartibda bajaradi[7].



2-rasm. IoT uchun SDN/NFV arxitekturasi

1. Tadqiqot natijasi

Taklif etilgan arxitekturaning amaliyotda qo'llanilishi mumkinligini namoyish etish maqsadida, simulyatsiya natijalari infratuzilma hamda boshqaruv va virtualizatsiya pog'onalarining xatti-harakatlariga yo'naltirildi. Shu maqsadda Mininet (Lantz va boshq., 2010) asosidagi emulyatsiya qo'llanildi. Mininet - bu SDN (Software Defined Networking) uchun keng qo'llaniladigan emulyator bo'lib, Python skriptlari orqali moslashtirilgan tarmoq topologiyalarini yaratish imkonini beradi. U virtual xostlar, OpenFlow (OF) protokoli asosida ishlovchi kommutatorlar va virtual ulanishlarni emulyatsiya qiladi[12].

Shu bilan birga, real vaqtli ilovalardagi emulyatsiya samaradorligi tizimning apparat imkoniyatlariga bog'liq bo'lib, kichik hajmdagi topologiyalardan foydalanish natijalar aniqligi hamda CPU va xotira resurslarining izolyatsiyasini ta'minlaydi.

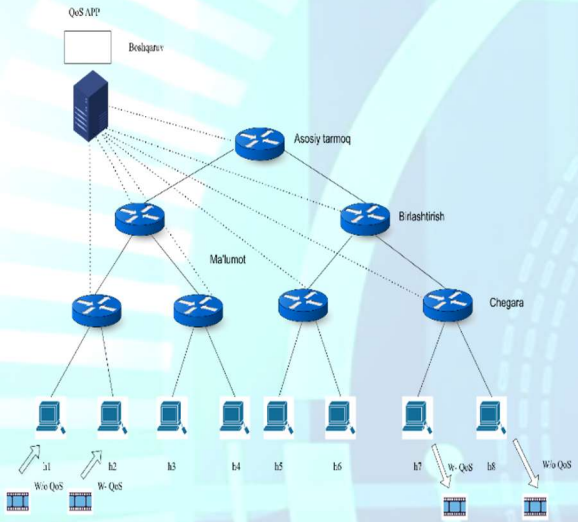
Topologiya quyidagi qurilmada emulyatsiya qilindi: Acer Swift 3 (Intel i7, 2.7 GHz, 8 GB RAM) noutbukida ishlovchi Linux Ubuntu 16.04 virtual mashinasi. 3-rasmda tasvirlangan topologiya odatiy ma'lumotlar markazini ifodalaydi va yadro (core), agregatsiya (aggregation) hamda chekka (edge) pog'onadagi OF-

ISSN 3030-3907

kommutatorlarni (s1–s7) o‘z ichiga oladi. Barcha kommutatorlar Floodlight boshqaruvchisiga ulangan. Floodlight SDN xizmatlariga murojaat qilish uchun REST API interfeysini taqdim etadi va bu orqali SDN ilovalarni yaratish mumkin bo‘ladi.

Mazkur tajribada QoS-App (Wallner va Cannistra, 2013) nomli SDN ilovasi qo‘llanilgan. Har bir chekka kommutator (s4–s7) ikkita virtual xost (h1–h8)ga ulangan. Bu xostlar IoT qurilmalarini ifodalaydi va video oqimi (streaming) ma’lumotlarini generatsiya qiladi.

Virtual xostlar VLC server orqali “highway cif” nomli video faylni RTP/UDP protokoli orqali uzatadi. Ushbu video MPEG-4 formatida kodlangan bo‘lib, fayl hajmi 4.23 MB, o‘lchami esa 352×288 pikselni tashkil etadi. Video jami 2000 kadrdan iborat bo‘lib, davomiyligi 66 soniyani tashkil qiladi.



3-rasm: Test topologiyasi.

Tajriba maqsadi - tarmoqning normal ishlashiga ta’sir qilmasdan, switchlarning ishlash xususiyatlarini moslashtirish uchun boshqaruv imkoniyatlarini namoyish qilishdir. Tajriba ikki oqimni uzatishni o‘z ichiga oladi. Birinchi oqim (w/o-QoS) h1 dan h8 gacha yuboriladi, ikkinchi oqim (w-QoS) esa h2 dan h7 gacha video uzatadi. Ikkala video bir vaqtning o‘zida tarmoq orqali yuboriladi. Streaming jarayonida, 45 soniyadan so‘ng, QoS-App boshqaruvga yuklab olinadi va o‘rnatiladi. Keyin, QoS-App avtomatik ravishda oqimga qarab, tarmoqdagi aloqalarning kengligini boshqarish uchun sozlanadi. w-QoS oqimi (h2 dan h7 gacha) maksimal ma’lumot uzatish tezligi 2 Mbps bilan cheklanadi, ikkinchi oqim w/o-QoS (h1 dan h8 gacha) esa maksimal ma’lumot uzatish tezligi 0.4 Mbps bilan cheklanadi. So‘ngra, qabul qilingan oqimlar turli video fayllarga saqlanadi.

Qabul qilingan fayllar Evalvid vositasi (Telekommunikatsiya tizimlari bo‘limi, Klaue va boshqalar, 2003) yordamida qayta ishlanadi. Ushbu maqsadda,

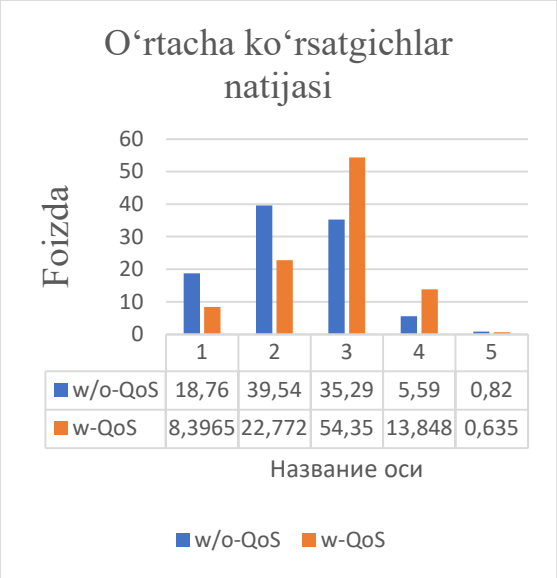
ISSN 3030-3907

fayllar .yuv formatiga dekodlanadi va Evalvid uzatilgan va qabul qilingan oqimlar o‘rtasidagi Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) va Structural Similarity Index Metric (SSIM) ni baholaydi. Bir nechta jarayonlar bir vaqtning o‘zida bitta VMda (mininet, Floodlight, VLC, Evalvid) bajarilayotganligi sababli, testlar o‘rtasida CPU va xotira resurslariga bog‘liq kichik o‘zgarishlar kuzatiladi. Shuning uchun, Monte-Karlo usuli qo‘llaniladi. Ya’ni, senariy 20 marta sinovdan o‘tkazilib, tegishli o‘rtacha qiymat baholanadi.

Distorsiyalarni kamaytirish maqsadida, 20 ta kadrning o‘rtacha qiymati bilan trend chizig‘i tasvirlangan. Boshida ikkala oqimning xatti-harakatlari o‘xshash (eng yaxshi harakat) bo‘lib, shu sababli ularning o‘rtacha PSNR qiymatlari aniq o‘xshash bo‘ladi. QoS-App Floodlight controllerga yuklab olinib va konfiguratsiya qilingan nuqtani ko‘rsatadi. QoS-App konfiguratsiyasidan so‘ng, kommutatorlarning xatti- harakatlari avtomatik ravishda o‘zgartiriladi, oqimlarni aniqlab, turli QoS siyosatlarini belgilaydi. Natijada, h2-h7 trafiki w/o-QoS oqimi bilan solishtirganda yaxshiroq PSNR darajalarini ko‘rsatadi. Shu kontekstda, w-QoS o‘rtacha qiymati 26,54 dB ni tashkil etadi, w/o-QoS oqimi esa 23,73 dB. Tajribalar shuni ko‘rsatadiki, kutilmagan ta’sir asosan shu vaqtda tez harakatlanayotgan sahnalar bilan bog‘liq. Tarmoq yuklamasi ortib, natijada PSNR kamayadi.

Test oqimlarining SSIM ko‘rsatkichi tasvirlangan. w-QoS o‘rtacha SSIM qiymati 0,814 ni tashkil etadi, w/o-QoS streaming esa 0,738. Nihoyat, yuqoridagi natijalar MOS (Mean Opinion Score) hisoblanishi orqali umumlashtirilgan. MOS (ITU, 1996) foydalanuvchining qabul qilish darajasini (QoE) baholashni maqsad qilgan. Shkalasi quyidagicha taklif etilgan: (5) a’lo darajada, (4) yaxshi, (3) o‘rtacha, (2) yomon, va (1) juda yomon. Ushbu ma’lumotlar asosida, streaming davomida o‘rtacha MOS hisoblanadi. w/o-QoS uchun o‘rtacha qiymat 2,302 ni tashkil etadi, w-QoS streaming esa 2,755. Olingan natijalar controllerning tarmoq ishlash xususiyati dinamik ravishda o‘zgartirish va foydalanuvchi talablariga qarab ma’lumot oqimlarini balanslash qobiliyatini namoyish etadi[16].

ISSN 3030-3907



4 - rasm. O‘rtacha ko‘rsatgichlar natijasi (MOS)

4. Xulosa va takliflar

Tadqiqotning natijalari shuni ko‘rsatadiki, SDN (Software-Defined Networking) va NFV (Network Function Virtualization) texnologiyalarining IoT tarmoqlarida qo‘llanilishi juda samarali bo‘lishi mumkin. SDN va NFV texnologiyalari yordamida tarmoqni markazlashtirilgan boshqarish va resurslarni virtualizatsiya qilish orqali IoT tarmoqlari uchun optimal ishlash, kengayish va xavfsizlikni ta’minlash mumkin. Tadqiqotda, SDN va NFV texnologiyalarining integratsiyasi IoT tarmoqlarining samaradorligini oshirishga, tarmoq boshqaruvini osonlashtirishga va qurilmalar o‘rtasidagi aloqalarni yaxshilashga yordam beradi. SDN tarmoq boshqaruvini markazlashtirish orqali IoT tarmoqlarida boshqarish jarayonlarini soddalashtiradi, bu esa tarmoq resurslaridan samarali foydalanish va ularning optimallashtirilgan ishlashini ta’minlaydi. NFV esa tarmoq funktsiyalarini virtualizatsiya qilib, IoT qurilmalarining bir-biri bilan o‘zaro aloqalarini yaxshilash va tarmoqning yuqori samaradorlikda ishlashini ta’minlashga xizmat qiladi. Tadqiqotda ta'kidlanganidek, bu ikki texnologiya birgalikda IoT tarmoqlarining kengayishiga va tarmoq resurslarining samarali taqsimlanishiga yordam beradi.

Tadqiqot natijalari shuni ham ko‘rsatdiki, SDN va NFV texnologiyalarining xavfsizlikni ta’minlashdagi roli muhimdir. SDN yordamida tarmoqning markazlashgan boshqaruvi xavfsizlikni yaxshilashga imkon beradi, NFV esa tarmoqni virtualizatsiya qilib, xavfsizlikni yanada kuchaytiradi. Bu xususiyatlar IoT tarmoqlarida ma’lumotlarni himoya qilish va tarmoqni hujumlardan saqlashga yordam beradi.

Olib borilgan tadqiqot natijalari yuzasidan quyidagi tavsiyalarni ishlab chiqish mumkin:

ISSN 3030-3907

- xavfsizlikni ta’minlashni kuchaytirish. SDN va NFV yordamida tarmoq xavfsizligini yanada oshirish uchun yangi xavfsizlik yondashuvlarini ishlab chiqish zarur. IoT tarmoqlarida xavfsizlikni kuchaytirish, tarmoqni hujumlardan himoya qilish va foydalanuvchi ma’lumotlarini himoya qilishga alohida e'tibor qaratish kerak.

- qo‘llash ssenariylarini kengaytirish. Tadqiqotda IoT tarmoqlarida SDN va NFV texnologiyalarining qo‘llanilishini kengaytirish uchun real dunyo ssenariylarini yaratish va tarmoqni sinovdan o‘tkazish zarur. Shuningdek, bu texnologiyalarni aqlli shaharlar, sanoat avtomatizatsiyasi va boshqa IoT tizimlarida integratsiya qilishni ko‘rib chiqish muhimdir.

- resurslar va energiya samaradorligini oshirish. IoT tarmoqlarining kengayishi bilan resurslardan samarali foydalanish muhim ahamiyatga ega. SDN va NFV texnologiyalarini yanada optimallashtirish va energiya samaradorligini oshirish orqali tarmoqning ishlash samaradorligini yanada yaxshilash mumkin.

- raqamli infratuzilmani modernizatsiya qilish. IoT tarmoqlarining samarali ishlashi uchun raqamli infratuzilmani zamonaviy texnologiyalar bilan ta'minlash zarur. SDN va NFVni joriy qilish, IoT tarmoqlarining yanada yuqori samaradorlikda ishlashini ta’minlashga yordam beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti qarori, PQ–357-son, 2022-yil 22-avgust. “Davlat xizmatlarini raqamlashtirish va aholi hamda tadbirkorlar uchun ularni qulaylashtirish chora-tadbirlari haqida”. Portal.gov.uz

2. Toshkent xalqaro investitsiya forumi. (2023-yil 28-aprel). “IoT texnologiyalarining iqtisodiyotdagi o‘rni va samaradorligi muhokamasi”. Portal.gov.uz

3. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Farmoni, 2024-yil. “2025-yildan xususiy internet-provayderlarga xalqaro internetga to‘g‘ridan-to‘g‘ri ulanish huquqini berish to‘g‘risida”. Gazeta.uz

4. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti tashabbusi bilan. (2020-yil). “Raqamli O‘zbekiston — 2030” strategiyasi.

5. Iyer, P., & Gupta, M. IoT Virtualization: A Survey of Software Definition & Function Virtualization Techniques for Internet of Things. arXiv, 2019.

6. Gupta, A., & Sharma, S. Integrated NFV/SDN Architectures: A Systematic Literature Review. arXiv, 2018.

7. Mellouk, A., & Benmohamed, A. Network Function Virtualization: State-of-the-art and Research Challenges. arXiv, 2015.

8. Elhoseny, M., & Elaziz, M. A. SDN/NFV Based Internet of Things for Multi-Tenant Networks. Scholar Publishing, 2020.

ISSN 3030-3907

9. Kumar, R., & Saini, H. IoT Challenges and Issues: A Comprehensive Review of Software Defined Networking and Network Function Virtualization Solutions. International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM), 2020.
10. Jain, P., & Choudhury, A. Exploring Network Softwarization and Virtualization by Applying SDN/NFV to 5G and IoT. Springer, 2020.
11. Zhou, Q., & Li, Z. A Novel SDNFV IoT Architecture Leveraging Softwarization Technology Services to Alleviate IoT Network Resource Restrictions. International Journal of Engineering and Technology (IJETT), 2020.
12. Sana, M. A., & Shah, M. A. Resilient Cyber-Physical Systems: Using NFV Orchestration. Springer, 2020.
13. Mounir, M., & Boubaker, M. An Energy-Efficient SDN/NFV Framework for Low-Power IoT Networks. Dalhousie University, 2020.
14. Wang, Y., & Zhang, Y. Toward an AI-Enabled O-RAN-based and SDN/NFV-driven 5G & IoT Network Era. IEEE, 2021.
15. Rehman, M. H., & Abbasi, Q. H. SDN and NFV for Internet of Things: State of the Art and Future Perspectives. Springer, 2021.
16. Shah, M. A., & Molla, R. SDN and NFV Integration for IoT Networks: A Survey of Applications and Challenges. Elsevier, 2020.

ISSN 3030-3907