

Ա.Կ. ԿԱՄԱՆՅԱՆ, Ա.Գ. ԿԱՄԱԼՅԱՆ

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОРГАНИЗАЦИИ УСЛОВНЫХ
ПЕРЕХОДОВ И ПРЕДИКАТНЫХ КОМАНД В
МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМАХ**

Рассмотрены два способа организации реализации ветвления в программах: с использованием команд перехода и условных (предикатных) команд. Разработана система команд процессора, включающая условные команды. Предложена конвейерная схема условных команд для блока выполнения (Ex) команд.

Ключевые слова: конвейер, схема предсказания, предиктор, предикатные команды, развертывание цикла (Loop unrolling).

A.K. TUMANYAN, A.G. QAMALYAN

**RESEARCH OF THE METHODS FOR ORGANIZING CONDITIONAL
TRANSITIONS AND PREDICATIVE COMMANDS IN
MICROPROCESSOR SYSTEMS**

Two ways of organizing the implementation of branching in programs are considered: using transition commands and conditional (predicate) commands. A system of processor commands has been developed, including conditional commands. A pipeline scheme for executing conditional commands for the command execution (EX) block has been developed.

Keywords: pipeline, prediction scheme, predictor, predicate commands, Loop unrolling.

ՀՏԴ 004.383.2

Ծ.Ս. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Լ.ՅՈՒ. ԹՈՐՈՍՅԱՆ, Ա.Բ. ԱԹՈՅԱՆ

**ԽՈՒՑԱՆՑԵՐՈՒՄ ՄԻՋԱՆԿՅԱԼ ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ ԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏ ՄՇԱԿՄԱՆ
ԱՌԱՋԱՐԿՈՒԹՅՈՒՆ**

Հետազոտվել են ԽՈՒ (Internet of Things) ցանցերում տվյալների մշակման և փոխանցման փուլերը: Կատարվել է դրանց համեմատում: Առաջարկվել է ԽՈՒ ցանցերում եզրային հաշվարկների փուլերում տվյալների մշակման և փոխանցման իրականացման արդյունավետ լուծում՝ հիմնված արհեստական բանականության վրա:

Առանցքային բառեր. ԽՈՒ ցանց, եզրային հաշվարկներ (edge computing), արհեստական բանականություն (ԱԲ), փոքր տվյալներ (Small Data):

Ներածություն: Այսօր գիտության, տեխնիկայի և տեխնոլոգիական տարբեր բնագավառներում կիրառվում են ԽՈՒ ցանցերը, որոնց միջոցով հնարավոր է կատարել տարաբնույթ տվյալների հավաքագրում, մշակում և վճիռների կայացում:

Դրանք ենթադրում են տվյալների կուտակման, մշակման և փոխանակման միջոցով առարկաների տեղեկատվական փոխազդեցություն:

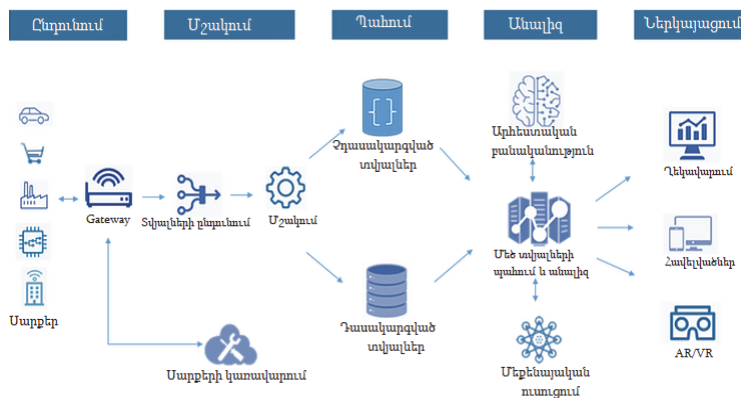
IoT ցանցերը լայն կիրառում են գտնում արդյունաբերական, գյուղատնտեսական, բժշկական, ռազմական և տեխնոլոգիական այլ բնագավառներում՝ ավտոմատացնելով կառավարման խնդիրները, ինչպես նաև լուծելով վերահսկման շատ հարցեր և պարզապես հեշտացնելով մարդու առօրյա կյանքը: IoT ցանցերը համարվում են «մեքենա-մեքենա» (M2M – machine to machine) համագործակցության լավագույն օրինակ, և քանի որ այսօր ցանկացած գործընթաց ավտոմատացվում է, ապա այս տեխնոլոգիայի դերը, նրա ընձեռած հնարավորությունները և արդյունավետությունը այժմ շատ արդիական են և կիրառելի:

Խնդրի դրվածքը: IoT ճարտարապետությունը ներառում է առաջին հայացքից իրար հետ անհամատեղելի երկու իրեր. մի կողմից՝ դրանք մեծ քանակությամբ ծայրամասային սարքեր են՝ փոքր հաշվողական հզորությամբ, էներգիայի ցածր ծախսով, իրադարձությունների արձագանքման բարձր արագությամբ, իսկ մյուս կողմից՝ տվյալների մշակման, դրանց պահման և դասակարգման ամպային սերվերներ՝ հաշվողական մեծ հզորությամբ, հաճախ մեքենայական ուսուցման և վերլուծության տարրերով [1]:

IoT ցանցերում կարևոր միավոր է տվյալը: Այստեղ գեներացվում են երկու տեսակի տվյալներ՝ փոքր տվյալներ (Small Data) և մեծ տվյալներ (Big Data):

IoT ցանցերում տվյալների մշակումը: IoT ցանցերում տվյալների մշակումը, անկախ նրանց բնույթից, պետք է անցնի հետևյալ հինգ փուլերով. ընդունում, մշակում, պահում, վերլուծում, ներկայացում:

Ընդունման և մշակման փուլում տվյալները կոչվում են փոքր՝ Small data: Սրանք այն տվյալներ են, որոնք համակարգ են մտնում տվիչներից, սենսորներից և խելացի սարքավորումներից:



Նկ. 1. IoT ցանցերում տվյալների մշակման փուլերը

Պահման, վերլուծման և ներկայացման փուլերում տվյալները կոչվում են մեծ՝ Big data: Սրանք ամպում կամ միջանկյալ այլ համակարգերում հավաքված տվյալներն են, որոնց վերլուծության հիման վրա կատարվում են խելացի սարքավորումների կառավարում, այլ համակարգերի աշխատեցում, մարդկանց իրազեկում և վճիռների կայացում [2]:

Ընդունման փուլում տվյալների ընդունման և հաղորդման սարքերը իրական ժամանակում հազարավոր տվիչներից ու սենսորներից ստանում են փոքր ծավալի տվյալներ: Հետո կատարվում է այդ տվյալների միջանկյալ մշակում, ոչ անհրաժեշտ տեղեկույթի ոչնչացում, իսկ պիտանի տվյալների փոխանցում տվյալների մշակման հաջորդ մակարդակ: Տվյալների պահպանումը կատարվում է տվյալների բազաներում: Տվյալները լինում են դասակարգված (կառուցվածքային) և չդասակարգված (ոչ կառուցվածքային): Կառուցվածքային տվյալներն ունենում են հստակ սահմանված կառուցվածք, ինչը հնարավորություն է տալիս արագ որոնում կատարել և վերլուծություն իրականացնել:

Վերլուծման փուլում կատարվում է տարբեր աղբյուրներից ստացված տվյալների հիման վրա վճիռների կայացում: Այստեղ հիմնականում օգտագործվում են արհեստական բանականության, մասնավորապես՝ մեքենայական ուսուցման գործիքամիջոցները: Եվ միայն վերլուծման փուլից հետո է կատարվում տվյալների ներկայացում: Այն ներկայացնում է կամ անհրաժեշտ տեղեկույթի տրամադրում կիրառողին՝ հավելվածների միջոցով, կամ դրա հիման վրա այլ համակարգերի ղեկավարում:

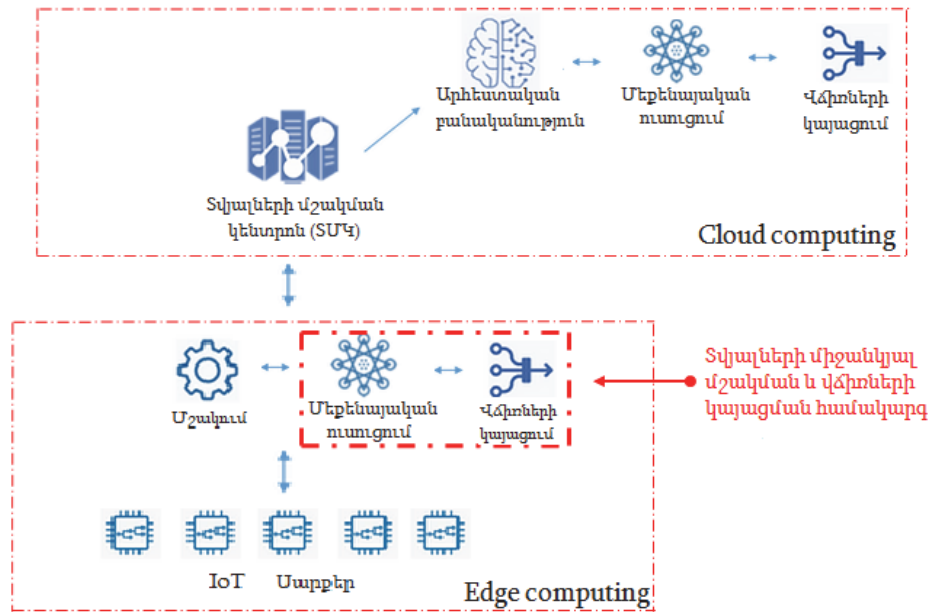
IoT ցանցերում միջանկյալ տվյալների արդյունավետ մշակումը: IoT ցանցերում տվյալների մշակման մոտեցումներն են.

Edge computing – եզրային հաշվարկներ, Fog Computing – մշուշային հաշվարկներ, Cloud Computing – ամպային հաշվարկներ [3]:

IoT ցանցերում տվյալների մշակման խնդիրները ի հայտ են գալիս մեծ տվյալների մշակման ժամանակ: IoT-ի խնդիրներից է գերմեծ և տարաբնույթ տվյալների հետ աշխատանքը: Տվիչները և սենսորները չափում են անհրաժեշտ բնութագրերը (ջերմաստիճան, ճնշում, մակարդակ, տատանում և այլն), գրանցելով շրջակա միջավայրում փոփոխությունները և թե ոչ նրա ստատիկ վիճակը: Այդպիսի սարքավորումների իրականացման գինը և կիրառումը գնալով ընկնում է, ինչը թույլ է տալիս քիչ ծախսերով կատարել շատ մեծ տվյալների հավաքագրում: Այսօր տվյալների հավաքագրման համար կարելի է օգտագործել անլար և լարային ցանցերի տարբեր տեսակներ, և նույնիսկ մեկ ցանցի շրջանակներում կիրառվում են ցանցային միացման տարբեր տեխնոլոգիաներ:

Տվիչների մեծ մասը հիմնված է ալիքային սկզբունքի վրա. կատարում է ձայնային, ուլտրաձայնային, լուսային և ջերմային ալիքների ընդունում: Բայց

գոյություն ունեն սարքավորումներ, որոնք չափում են ֆիզիկական բնութագրերը (ինդուկտիվություն, տարողություն, ճնշում և այլն): Տարբեր տեսակի տվիչները միավորելով՝ հնարավորություն են ընձեռում՝ բարձրացնելու IoT ցանցերի որակը և դրանց «խելացիության սատիճանը»:



Նկ. 2. Եզրային հաշվարկների փոխում AIoT-ի ներդրման առաջարկ

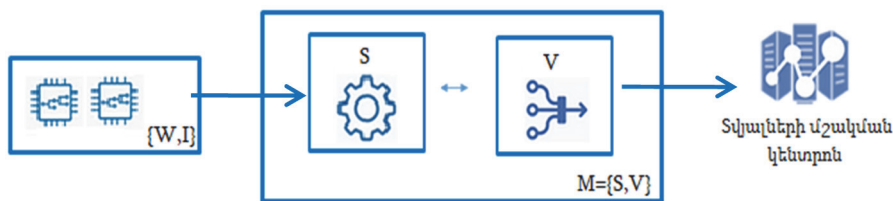
Այսօր լայն տարածում է գտել տվյալների հիմնավոր մշակումը հենց եզրային հաշվարկներում. այսինքն տվյալները մշակվում են անմիջապես IoT սարքավորումներին մոտ, որոնք հենց գեներացնում են այդ տվյալները: Հաջորդ քայլը տեղեկոյթի ավելի արդյունավետ վերլուծության համար արհեստական բանականության (ԱԲ) օգտագործումն է: Եզրային հաշվարկներում նպատակահարմար է լինում IoT-ի և ԱԲ-ի, այսպես կոչված, AIoT (AI+IoT) հիբրիդի կիրառումը [4]: AIoT-ի իրականացման համար անհրաժեշտ են կոմպոնենտներ, որոնք կկարողանան կատարել փոքր տվյալների արդյունավետ մշակում և միջանկյալ վճիռների կայացում: Երբ փորձում ենք սարքից, տվիչներից հավաքագրված տվյալները փոխանցել ամպ, ի հայտ են գալիս նրանց փոխանցման հետ կապված հապաղման խնդիրներ: Երբ այդ տվյալները փոխանցվում են չմշակված տեսքով, առանց դասակարգման, ապա այդ հապաղումները մեծանում են, և հետևաբար՝ համակարգի ընդհանուր արտադրողականությունը փոքրանում է: Քանի որ մարդը ունակ չէ այնպես արագ և ճշգրիտ մշակել տվիչներից ստացվող այդ ծավալի տվյալները, ուստի եզրային հաշվարկներում տվյալների արդյունավետ մշակման

համար առաջարկվում է օգտագործել ԱԲ-ի մեքենայական ուսուցման գործիքամիջոցները:

ԱԲ-ը արդեն լայնորեն կիրառվում է IoT ցանցերում, երբ կատարվում են մեծ տվյալների դասակարգում և վճիռների կայացում: IoT ցանցերի աշխատանքի բարելավման և արագացման համար եզրային մշակող սարքերում առաջարկվում է նմանատիպ խելացի համակարգերի կիրառում, որոնք կկատարեն տվյալների միջանկյալ մշակում:

Այսպիսով, եզրային հաշվարկների մակարդակում ներդրված համակարգը ինքը կմշակի դեռևս մեծ չդարձած տվյալները, կֆիլտրի դրանք և կորոշի, թե որ տվյալը պետք է անտեսել, որը պետք է անմիջապես ուղարկել ամպ, որը պետք է մշակել միջանկյալ վճիռ կայացնել:

Տվյալների միջանկյալ մշակման համակարգի նկարագրությունը: Ընդհանուր առմամբ, համակարգը կազմված է բազմաթիվ օբյեկտներից, որոնք փոխհամագործակցում են միմյանց հետ, և շատ տվիչներից, որոնք չափում են օբյեկտի բնութագրերը և փոխանցում դրանք տվյալների մշակման կենտրոն:



Նկ. 3. Առաջարկվող համակարգի ընդհանուր սխեման

Կատարվել են հետևյալ նշանակումները.

$\{W,I\}$ – բազմակոմպոնենտ համակարգ,

$M=\{S,V\}$ - խելացի համակարգ:

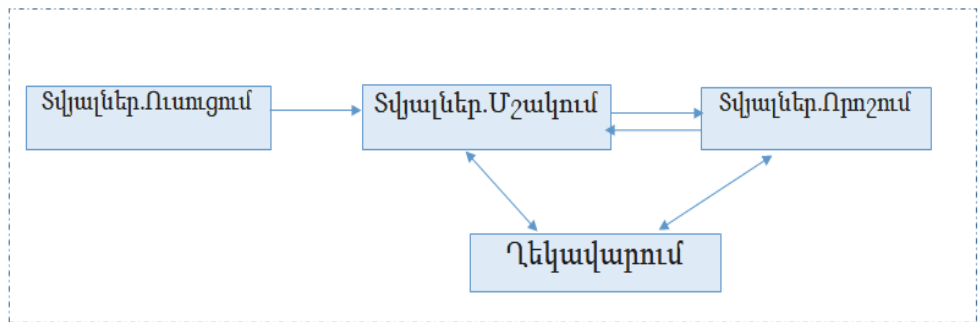
Բազմակոմպոնենտ համակարգը՝ $\{W,I\}$ -ն. ներկայացված է $W=\{w_1 \dots w_{|w|}\}$ օբյեկտների բազմությամբ և I օբյեկտների վիճակների փոփոխման մոդելով:

Խելացի համակարգը՝ $M=\{S,V\}$, կազմված է ղեկավարման S և վճիռների կայացման V կենտրոններից:

IoT ցանցում տվյալների միջանկյալ մշակման համակարգի նկարագրումը:

Ավտոմատացված համակարգում ուսցումը կատարվում է գործողությունների կառավարման հանգույցի միջոցով ստացվող ազդանշանների հիման վրա: Տվյալ հանգույցը մշտական կապի մեջ է մոդելավորման գործիքների և շահագործվող ցանցում ներդրված մշտադիտարկման համակարգերի հետ: Ստանալով նոր տվյալներ՝ գործողությունների կառավարման հանգույցը դրանք գրանցում է տվյալների բազայում: Բազայում տվյալների գրանցումը և ընթերցումը կատարվում

է տվյալների կառավարման հանգույցի միջոցով: Գործողությունների կառավարման հանգույցի տվյալների բազային անմիջական հասանելիություն չունենալը որոշակի ճկունություն է հաղորդում ավտոմատացված համակարգին: Շնորհիվ այն բանի, որ տվյալների հետ աշխատանքը կատարվում է առանձին ենթահանգույցի միջոցով, հնարավոր է դառնում հեշտությամբ փոփոխել տվյալների բազան կամ դրա կառուցվածքը՝ չազդելով ընդհանուր համակարգի աշխատանքի վրա:



Նկ. 3. Տվյալների մշակման և վճիռների կայացման համակարգի կառուցվածքը

Տվյալներ. Ուսուցում. ենթահամակարգը պատասխանատու է մուտքային տարբեր աղբյուրներից ստացված տվյալների հիման վրա ուսուցման գործընթացը կազմակերպելու համար:

Տվյալներ. Մշակում. ենթահամակարգը պատասխանատու է ուսուցման համակարգից եկած տվյալների վերլուծություն կատարելու համար:

Տվյալներ. Որոշում. ենթահամակարգը պատասխանատու է միջանկյալ վճիռներ կայացնելու համար:

Ղեկավարում ենթահամակարգը նախատեսված է համակարգի կառավարման և դրանով եկող ազդանշանների մշակման համար:

Այսպիսով, արդեն նախնական մշակում անցած փոքր տվյալները հետագայում փոխանցվում են տվյալների մշակման ավելի բարձր մակարդակ (Fog կամ Cloud): Իսկ ամպային հարթակներում կոնտեյներացման տեխնոլոգիայի լայն տարածում ստանալուց հետո ռեսուրսների դինամիկ կառավարման համար լայնորեն կիրառվում են օրկեստրացման գործիքամիջոցները: Դրանցից առավել տարածված են Docker Swarm-ը և Kubernetes-ը: Չնայած երկու համակարգերն էլ ունեն նման գործառույթ, սակայն բավականին տարբերվում են միմյանցից [5]:

Եզրակացություն: Այսպիսով, IoT ցանցերում տվյալների մշակման և փոխանցման իրականացման համար առաջարկվում է, նախքան ամպ ուղարկելը, կատարել միջանկյալ տվյալների դասակարգում: Դրա համար անհրաժեշտ է եզրային հաշվարկների մակարդակում կիրառել արհեստական բանականության վրա

հիմնված խելացի համակարգեր, որոնք կուսուցանվեն նախապես՝ ելնելով տվյալ IoT ցանցի պահանջներից, և կկատարեն տվյալների արագ վերլուծում, միջանկյալ վճիռների կայացում: AIoT հայեցակարգը կիրառելով Edge Computing-ում՝ մշակվող տվյալները լինում են փոքր ծավալով, հստակ դասակարգված, արագ հասանելի, հեշտ պահվող և վերլուծության ենթարկվող:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ ՑԱՆԿ

1. **Боронин П., Кучерявый А.** Интернет вещей как новая концепция развития сетей связи // Информационные технологии и коммуникации. – 2014. – № 3. – С. 7–29.
2. <https://knowledge.wharton.upenn.edu/article/small-data-new-big-data/>
3. <https://www.winsystems.com/cloud-fog-and-edge-computing-whats-the-difference/>
4. <https://www.embedded.com/what-is-the-ai-of-things-aiot/>
5. **Հովհաննիսյան Ծ.Ս., Թորոսյան Լ.Յու., Շիտիկյան Հ.Հ.** IoT և կլիենտ-սերվեր համակարգերի ամպային հարթակներում տեղակայման և օրկեստրացիայի համակարգերի հետազոտություն և համեմատական վերլուծություն // ՀԱՊՀ Լրաբեր. Գիտական հոդվածների ժողովածու. – Եր.: Ճարտարագետ, 2021. – Մաս 2. – Էջ 306-312:

Ц.С. ОГАННИСЯН, Л.Ю. ТОРОСЯН, А.Б. АТОЯН

ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО ЭФФЕКТИВНОЙ ОБРАБОТКЕ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ДАННЫХ В СЕТЯХ IoT

Исследованы этапы обработки и передачи данных в IoT сетях. Проведено их сравнение. Предложено эффективное решение на основе искусственного интеллекта по обработке и передаче данных на этапах граничных вычислений в IoT сетях.

Ключевые слова: сеть IoT, граничные вычисления, искусственный интеллект, малые данные.

T.S. HOVHANNISYAN, L.Y. TOROSYAN, A.B. ATOYAN

A PROPOSAL ON THE EFFICIENT PROCESSING OF INTERMEDIATE DATA IN IoT NETWORKS

The phases of data processing and transmission in IoT networks are investigated. Their comparison is made. An effective artificial intelligence-based solution for data processing and transmission at the edge computing stages in IoT networks has been proposed.

Keywords: IoT network, edge computing, artificial intelligence, Small Data.