AXBOROTLARNI UZATISH VA QAYTA ISHLASH QURILMALARINI NAZORAT QILISH TIZIMLARI VA ALGORITMLARI

Shaymamatova Nasiba To'ychi qizi
Navoiy Davlat Konchilik va Texnologiyalar universiteti
Agromuhandislik va komunikatsion texnologiyalar fakulteti

Annotatsiya. Mazkur tezisda axborotlarni uzatish va qayta ishlash qurilmalarini nazorat qilish tizimlarining ishlash prinsiplari, tarkibiy qismlari hamda nazorat algoritmlari tahlil qilinadi. Zamonaviy avtomatlashtirilgan tizimlarda sensorlardan olinadigan ma'lumotlarni yig'ish, qayta ishlash, uzatish va ular asosida boshqaruv qarorlarini shakllantirish jarayonlari ko'rib chiqiladi. PLC, SCADA va sanoat aloqa protokollarining nazorat tizimlaridagi o'rni yoritiladi. Shuningdek, ma'lumotlarning ishonchliligi, uzatish kechikishi, signalni filtrlash va xatoliklarni aniqlash masalalariga e'tibor qaratiladi. Tadqiqot natijasida axborotlarni nazorat qilish jarayonining asosiy bosqichlari tizimlashtirildi hamda ma'lumotlarni yig'ishdan boshqaruv signalini shakllantirishgacha bo'lgan algoritmik ketma-ketlik taklif qilindi.

Kalit so'zlar: axborot uzatish, ma'lumotlarni qayta ishlash, nazorat tizimi, PLC, SCADA, sensor, algoritm, sanoat avtomatlashtirish, aloqa protokoli, boshqaruv.

Аннотация. В тезисе рассматриваются принципы функционирования систем контроля устройств передачи и обработки информации, их основные компоненты и алгоритмы контроля. Анализируются процессы сбора, обработки и передачи данных от датчиков, а также формирования управляющих решений на их основе. Рассматривается роль PLC, SCADA и промышленных протоколов связи в современных системах автоматизации. Особое внимание уделяется достоверности данных, задержкам передачи, фильтрации сигналов и обнаружению ошибок. В результате систематизированы основные этапы информационного контроля и предложена последовательность алгоритмических операций от получения данных до формирования управляющего сигнала.

Ключевые слова: передача информации, обработка данных, система контроля, PLC, SCADA, датчик, алгоритм, промышленная автоматизация, протокол связи, управление.

Abstract. This thesis examines the operating principles, main components, and control algorithms of systems used for monitoring information transmission and processing devices. The processes of collecting, processing, and transmitting sensor data and generating control decisions are analyzed. Particular attention is paid to PLC, SCADA, and industrial communication protocols used in modern automation systems. Data reliability, transmission delays, signal filtering, and error detection are also considered. As a result, the main stages of information control are systematized, and an algorithmic sequence from data acquisition to control signal generation is proposed.

Keywords: information transmission, data processing, control system, PLC, SCADA, sensor, algorithm, industrial automation, communication protocol, control.

Kirish

Axborotlarni uzatish va qayta ishlash qurilmalarini nazorat qilish zamonaviy avtomatlashtirish tizimlarining muhim yo'nalishlaridan biridir. Ishlab chiqarish, energetika, transport, telekommunikatsiya va boshqa texnik sohalarda katta hajmdagi ma'lumotlarni real vaqtga yaqin rejimda yig'ish, uzatish va

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

qayta ishlash talab etiladi. Bunday jarayonlarda ma'lumotlarning aniqligi va o'z vaqtida yetkazilishi boshqaruv qarorlarining sifatiga bevosita ta'sir qiladi [1].

Nazorat tizimining asosiy vazifasi fizik jarayonlardan ma'lumotlarni olish, ularning holatini baholash, aniqlangan ma'lumotlarni qayta ishlash va zarur hollarda boshqaruv signalini shakllantirishdan iborat. NIST tomonidan ishlab chiqilgan OT xavfsizligi bo'yicha qo'llanmada sanoat boshqaruv tizimlari fizik jarayonlarni monitoring qilish va boshqarish bilan bog'liq ekani ko'rsatilgan [1].

Asosiy qism

Axborotlarni uzatish va qayta ishlash tizimining umumiy tuzilmasida sensorlar birlamchi axborot manbai hisoblanadi. Sensor fizik parametrni elektr signaliga aylantiradi. Olingan signal keyinchalik kontroller yoki ma'lumotlarni qayta ishlovchi qurilmaga yuboriladi. PLC kabi dasturlanuvchi kontrollerlar kiruvchi signallarni belgilangan algoritm asosida qayta ishlab, ijro qurilmalariga boshqaruv signallarini uzatishi mumkin [2].

Bunday tizimning umumiy ishlash ketma-ketligini quyidagicha ifodalash mumkin:

Sensor → signalni qabul qilish → tekshirish → filtrlash → qayta ishlash → aloqa kanali orqali uzatish → boshqaruv qarorini shakllantirish → ijro qurilmasi → qayta aloqa.

Ma'lumotlarni nazorat qilishning birinchi bosqichi signalni qabul qilishdir. Ushbu bosqichda o'lchangan fizik parametr raqamli tizimga kiritiladi. Analog signal mavjud bo'lgan holatda analog-raqamli o'zgartirish amalga oshiriladi.

Keyingi bosqichda ma'lumotning ishonchliligi tekshiriladi. Bunda signalning ruxsat etilgan diapazonda ekanligi, aloqa kanalining ishlashi va ma'lumotning yaxlitligi baholanadi. Noto'g'ri yoki chegaradan tashqari qiymat aniqlanganida tizim tegishli diagnostika algoritmini ishga tushirishi mumkin [1].

Ma'lumotlarni qayta ishlash jarayonida shovqinlarni kamaytirish uchun raqamli filtrlash usullaridan foydalaniladi. Harakatlanuvchi o'rtacha filtr shunday usullardan biri bo'lib, ketma-ket o'lchovlarning o'rtacha qiymatini hisoblash orqali tasodifiy tebranishlarni kamaytirishga xizmat qiladi.

Nazorat tizimlarida axborot almashinuvi ham muhim ahamiyatga ega. Modbus protokoli sanoat qurilmalari o'rtasida ma'lumot almashish uchun keng qo'llaniladigan amaliy qatlam protokollaridan biridir. Uning asosiy ishlash tamoyili so'rov va javob almashinuviga asoslanadi [3].

Yuqori darajadagi sanoat tizimlarini integratsiya qilishda OPC UA texnologiyasi ham muhim o'rin tutadi. OPC UA turli ishlab chiqaruvchilarning qurilmalari va dasturiy tizimlari o'rtasida ma'lumot almashish uchun standartlashtirilgan mexanizmlarni taqdim etadi [4].

Tarmoqli nazorat tizimlarida aloqa kechikishi va paketlarning yo'qolishi alohida muammo hisoblanadi. Tadqiqotlarda tarmoq orqali boshqariladigan tizimlarda namuna olish, aloqa kechikishi va paket yo'qotilishi boshqaruv tizimining ishlashiga ta'sir qilishi ko'rsatilgan [5].

Shu sababli nazorat algoritmi faqat sensor qiymatini qayta ishlash bilan cheklanmasligi kerak. Algoritm aloqa holatini, ma'lumotning yaroqliligini va tizimning xavfsiz holatini ham hisobga olishi lozim.

Nazorat algoritmining umumlashtirilgan ko'rinishini quyidagicha ifodalash mumkin:

Boshlash → ma'lumotni olish → ma'lumotni tekshirish → xatolikni aniqlash → signalni filtrlash → ma'lumotni qayta ishlash → belgilangan qiymat bilan taqqoslash → boshqaruv signalini shakllantirish → ijro qurilmasiga uzatish → natijani qayta tekshirish.

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

Agar olingan ma'lumot belgilangan chegaralarda bo'lsa, tizim normal boshqaruv rejimida ishlaydi. Agar parametr chegaraviy qiymatga yaqinlashsa, ogohlantirish hosil qilinishi mumkin. Kritik qiymat aniqlanganda esa avariya yoki himoya algoritmi ishga tushiriladi.

PLC dasturlashning standartlashtirilishi ham nazorat algoritmlarini ishlab chiqishda muhim ahamiyatga ega. IEC 61131-3 standartida dasturlanuvchi kontrollerlar uchun Structured Text, Ladder Diagram, Function Block Diagram va Sequential Function Chart kabi dasturlash vositalari belgilangan [6].

Axborotlarni uzatish va qayta ishlash tizimining samaradorligini baholashda bir nechta ko'rsatkichlar muhim hisoblanadi. Ularga ma'lumotni uzatish vaqti, aloqa kechikishi, paketlarning yo'qolishi, o'lchash aniqligi, qayta ishlash vaqti hamda nazorat xatosi kiradi.

Boshqaruv xatosini umumiy holda quyidagicha ifodalash mumkin:

$$e(t) = r(t) - y(t)$$

bu yerda **r(t)** — talab qilinadigan qiymat, **y(t)** — tizim tomonidan o'lchangan haqiqiy qiymat, **e(t)** esa boshqaruv xatosidir [7].

Raqamli tizimlarda ushbu tenglama diskret ko'rinishda:

$$e[k] = r[k] - y[k]$$

shaklida ifodalanadi. Mazkur yondashuv raqamli kontrollerlarda boshqaruv algoritmlarini amalga oshirish imkonini beradi.

Axborot xavfsizligi ham nazorat tizimining ajralmas qismidir. OT tizimlari fizik jarayonlarni boshqarishi sababli ularda mavjudlik, ishonchlilik va xavfsizlik talablari birgalikda ko'rib chiqilishi kerak [1]. Tizimning aloqa interfeyslarini himoyalash, foydalanuvchilarni autentifikatsiya qilish, tarmoq segmentatsiyasi va ma'lumotlarning yaxlitligini nazorat qilish himoya mexanizmlarining muhim qismlaridir.

Natijalar va muhokama

O'rganilgan ilmiy va texnik manbalar asosida axborotlarni uzatish va qayta ishlash qurilmalarini nazorat qilish tizimlarida ma'lumotlar oqimini boshqarish bir nechta o'zaro bog'langan bosqichlardan tashkil topishi aniqlandi. Ushbu bosqichlarning har biri tizimning umumiy ishonchliligiga ta'sir qiladi.

Birinchidan, sensorlardan olinadigan ma'lumotlar sifatini nazorat qilish zarur. Noto'g'ri boshlang'ich ma'lumot keyingi algoritmlar qanchalik aniq bo'lmasin, noto'g'ri boshqaruv qaroriga olib kelishi mumkin.

Ikkinchidan, aloqa protokolini tanlash tizimning vazifalariga mos bo'lishi kerak. Oddiy qurilmalararo ma'lumot almashinuvida Modbus kabi protokollar qo'llanilishi mumkin, murakkab integratsiya va semantik ma'lumot almashinuvida esa OPC UA kabi texnologiyalar kengroq imkoniyat beradi [3; 4].

Uchinchidan, nazorat algoritmida xatoliklarni aniqlash va xavfsiz holatga o'tish mexanizmi mavjud bo'lishi kerak. Bu ayniqsa ishlab chiqarish va energetika kabi fizik jarayonlarni boshqaradigan tizimlar uchun muhimdir.

To'rtinchidan, tarmoq orqali boshqariladigan tizimlarda kechikish va paket yo'qotilishi hisobga olinishi zarur. Tadqiqotlar tarmoq parametrlarining boshqaruv tizimlari barqarorligiga ta'sir qilishi mumkinligini ko'rsatadi [5].

Shunday qilib, axborotlarni uzatish va qayta ishlash qurilmalarini nazorat qilish algoritmi quyidagi tamoyillarga asoslanishi lozim: **aniqlik, o'z vaqtida ishlash, ma'lumotlar yaxlitligi, xatoliklarni aniqlash, qayta aloqa, xavfsizlik va diagnostika.**

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

Xulosa

Axborotlarni uzatish va qayta ishlash qurilmalarini nazorat qilish tizimlari zamonaviy avtomatlashtirish tizimlarining muhim tarkibiy qismi hisoblanadi. Ularning samarali ishlashi ma'lumotlarni yig'ish, tekshirish, qayta ishlash, uzatish va boshqaruv qarorini shakllantirish jarayonlarining izchil tashkil etilishiga bog'liq.

Tadqiqot natijasida sensorlardan boshlanadigan va ijro qurilmasiga boshqaruv signalini yetkazish bilan yakunlanadigan algoritmik ketma-ketlik tizimlashtirildi. PLC, SCADA, Modbus va OPC UA kabi texnologiyalar axborotlarni uzatish, qayta ishlash va nazorat qilishning turli darajalarida muhim vositalar sifatida qaraladi.

Nazorat tizimlarini loyihalashda faqat ma'lumotlarni qayta ishlash tezligiga emas, balki ma'lumotlarning ishonchliligi, aloqa kechikishi, xatoliklarni aniqlash va axborot xavfsizligiga ham e'tibor qaratish zarur. Bunday kompleks yondashuv axborotlarni uzatish va qayta ishlash qurilmalarining barqaror, ishonchli va xavfsiz ishlashini ta'minlashga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

[1] Stouffer K., Pease M., Tang C., Zimmerman T., Pillitteri V., Lightman S., Hahn A., Saravia S., Sherule A., Thompson M. Guide to Operational Technology (OT) Security. NIST Special Publication 800-82 Rev. 3. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, 2023. **1–12, 25–48-b.**

[2] Petruzella F.D. Programmable Logic Controllers. 5th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2016. **1–35, 77–110-b.**

[3] Modbus Organization. MODBUS Application Protocol Specification V1.1b3. 2012. **1–50-b.**

[4] OPC Foundation. OPC Unified Architecture, Part 1: Overview and Concepts. OPC Foundation. **4.1–4.2-bo'limlar.**

[5] Hespanha J.P., Naghshtabrizi P., Xu Y. A Survey of Recent Results in Networked Control Systems // Proceedings of the IEEE. 2007. Vol. 95, No. 1. **138–162-b.**

[6] International Electrotechnical Commission. IEC 61131-3:2025. Programmable Controllers — Part 3: Programming Languages. Geneva: IEC, 2025. **1–518-b.**

[7] Åström K.J., Murray R.M. Feedback Systems: An Introduction for Scientists and Engineers. Princeton: Princeton University Press, 2008. **1–25, 95–126-b.**

[8] Gopal M. Digital Control Engineering. New Delhi: New Age International, 1988. **31–94, 175–252-b.**

[9] International Society of Automation. ANSI/ISA-95.00.01: Enterprise-Control System Integration — Part 1: Models and Terminology. ISA. **1–60-b.**

[10] Bolton W. Programmable Logic Controllers. 6th ed. Oxford: Newnes, 2015. **1–32, 93–126-b.**

[11] van de Wouw N., Naghshtabrizi P., Cloosterman M.B.G., Hespanha J.P. Tracking Control for Networked Control Systems // Proceedings of the 46th IEEE Conference on Decision and Control. 2007. **4441–4446-b.**

[12] International Electrotechnical Commission. IEC 62443-3-3: Industrial Communication Networks — Network and System Security. Geneva: IEC. **1–150-b.**

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.