



The Ministry of
Education and Science
of Ukraine

<https://nure.ua/>

Kharkiv National
University of
Radio Electronics

KITAM

2022

COLLECTION

OF STUDENTS' SCIENTIFIC PAPER

«Automation and Development of Electronic Devices»

ADED-2022

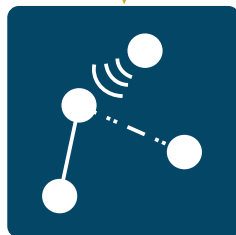
(Part 2)



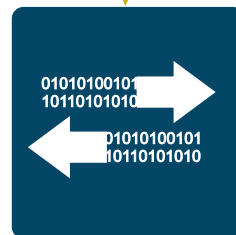
Industry 4.0



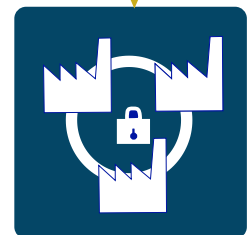
Digital control
life cycle



Distributed Computer
Systems



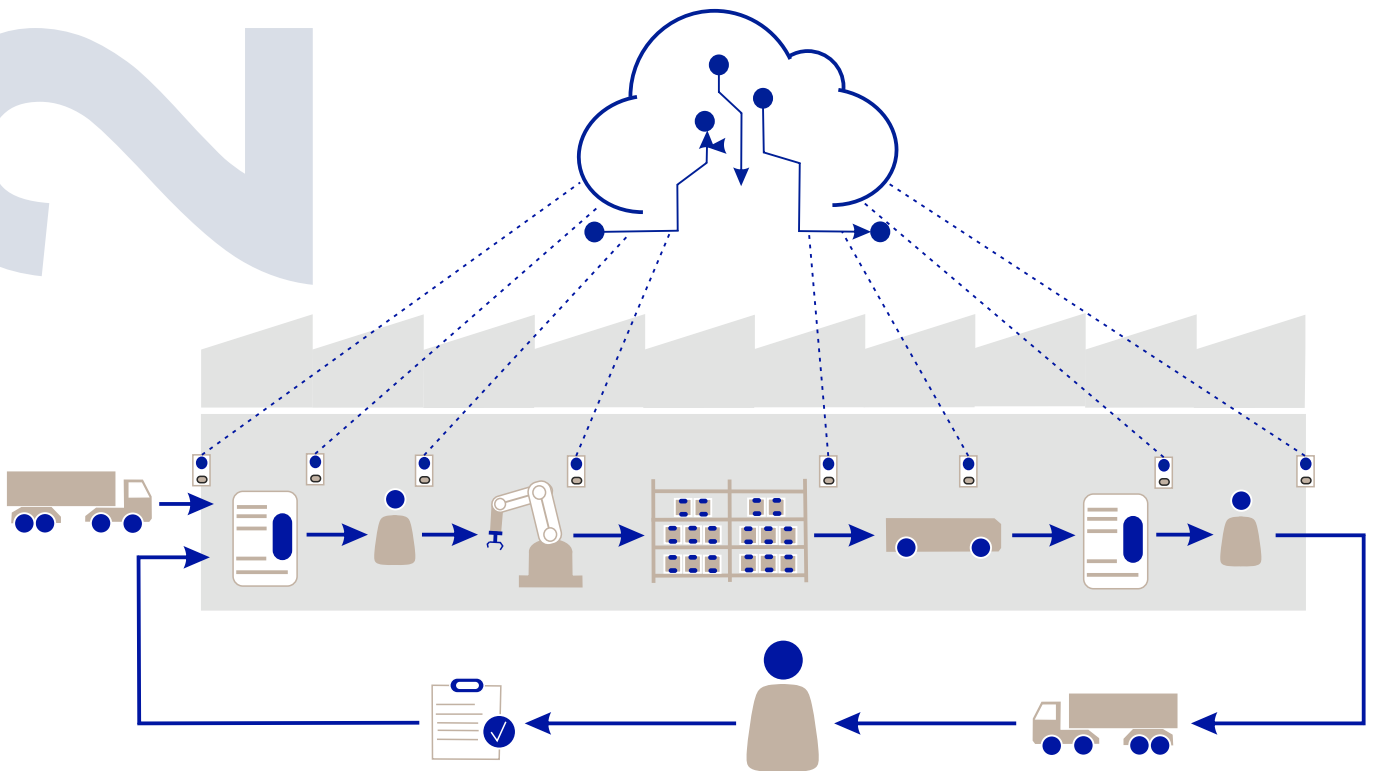
Fast
integration and
flexible
configuration



Cyber-physical
system

ЗБІРНИК

студентських наукових статей
«Автоматизація та приладобудування»
ADED-2022
(Випуск 2)
[електронне видання]



→ Industry 4.0

- Головий редактор** **Невлюдов Ігор Шакирович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.
- Редакційна колегія:** **Филипенко Олександр Іванович**, доктор технічних наук, професор, декан факультету Автоматики та комп'ютеризованих технологій, Харківського національного університету радіоелектроніки.
Цимбал Олександр Михайлович, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.
Андрусевич Анатолій Олександрович, доктор технічних наук, професор, начальник Криворізького коледжу національного авіаційного університету
Косенко Віктор Васильович, доктор технічних наук, професор, зам. директора Державного підприємства «Південний державний проектно-конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості».
Замірець Микола Васильович, доктор технічних наук, професор, директор Державного підприємства Науково-дослідного технологічного інституту приладобудування.
Свищ Володимир Митрофанович, доктор технічних наук, професор, радник директора Державне науково-виробниче підприємство «Об'єднання Комунар».
Фомовська Олена Владиславівна, кандидат технічних наук, доцент завідувач кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського.
Кухаренко Дмитро Володимирович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського
Демська Наталія Павлівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.
Фурманова Наталія Іванівна, кандидат технічних наук, доцент, в.о. декана факультета Радіоелектроніки і телекомунікацій, Національного університету «Запорізька політехніка».
- Відповідальний редактор:** **Євсєєв Владислав В'ячеславович**, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

Сторожук В.А., Вісковатов М.А.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14

E-mail: vadym.storozhuk @nure.ua; maksym.viskovatov@nure.ua.

Анотація: У даній статі було проаналізовані сучасні системи моніторингу виробництв, приведені їх основні недоліки, після чого на основі отриманої інформації була розроблена система моніторингу виробничих процесів. Була описана структура такого проекту, обрані основні елементи системи.

Ключові слова: автоматизована система, ESP-32, моніторинг, датчики, мікросервіси.

AUTOMATED MONITORING SYSTEM IN THE WORKSPACE

V.Storozhuk, M.Viskovatov,

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, pr. Nauki, 14

E-mail: vadym.storozhuk @nure.ua; maksym.viskovatov@nure.ua.

Abstract: In this article the modern systems of production monitoring were analyzed, their main disadvantages were given, and then, on the basis of the information received, the system of monitoring of production processes was developed. The structure of such a project was described, the main elements of the system were selected.

Keywords: automated system, ESP-32, monitoring, detectors, microservices.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Сучасний світ не стоїть на місці і дедалі скоріше учать людини у виробництві стає меншою. Для успішної роботи системи потрібні системи перевірки людиною стану виробничих процесів. Моніторинг показників автоматизованих систем є однією із умов, дотримання котрої може гарантувати швидку реакцію на порушення процесів виробництва. Використання автоматичних систем моніторингу дозволяє вибудувати найбільш ефективну реакцію на випадок виникнення порушень на будь-якому виробничому етапі. Наразі існує чимало готових рішень (деякі з них будуть розглянуті далі), але далеко не усі можуть врахувати специфіку певних типів виробництв та їх потреб до подібних систем.

ВСТУП. Промислова автоматизація і контролюючі системи покривають різні типи контролюючих систем, які включають наглядний контроль та збір даних і розподілені системи управління, що отримують дані з промислових процесів за допомогою специфічних пристроїв – програмних логічних контролерів, віддалених блоків-терміналів та інших інтелектуальних електронних пристроїв. У свою чергу вони оперують даними з виробничих процесів.

Представлення нових технологій і різних типів систем зв'язку у виробничому середовищі зробило значний прогрес у полі автоматизації та контролю. Вони значно покращили можливості систем наглядового контролю та збору даних для стеження за багатьма критичними структурами у режиму реального часу у різних ділянках – енергії, транспорту, води, хімічних процесів, нафти та газу. Даний «ландшафт» розширюється пропозицією комунікацій і зв'язків для будь якого виробничого пристрою, особливо з представленням інтернет технологій [1].

Представлення так званих інформаційних і комунікаційних технологій у виробничому секторі стало випробовуванням для інженерів і дослідників хто активно шукає та розробляє рішення, які базують на мережі, і в той же час покращує процеси автоматизації у термінах

операцій [3], включаючи віддалений контроль і стеження виробничих процесів. Це гарантує точний потік інформації у режимі реального часу [2].

При такому сценарії, нові рішення, які базуються на парадигмі віддалених обчислень, дозволяють дослідникам використовувати сервісно-орієнтовані інтерфейси архітектури. Даний підхід представляє нові концепції й парадигми, ідентифіковані як Інтернет Речей, що націлений на зв'язок інфраструктури інформаційних і комунікаційних технологій з різними пристроями (датчики виробництва, розумні лічильники, радіочастотні ідентифікатори, смартфони) за допомогою бездротового підключення [4].

Метою даної роботи є створення системи моніторингу стану виробничих процесів за допомогою вимірювальних пристроїв, мікроконтролерів та сучасних інформаційних технологій. Під робочими процесами мається на увазі створення фізичного продукту, а моніторинг є необхідною частиною для покращення ефективності його створення.

Наразі усі високотехнологічні підприємства потребують подібні системи моніторингу, що враховують специфіку їх виробництва та продукту, що виготовляється. Критично важливо якомога швидше сповістити систему про виключні ситуації, що потребують певних дій з боку робітників і не можуть бути врегульовані автоматично. Так, обійтись без складних систем моніторингу можливо – кожний оператор верстату, чи будь який інший співробітник мав би через рівні проміжки часу проводити огляд стану системи згідно розробленого чек-листа, тим самим забезпечуючи підтримку коректної роботи системи на кожному етапі виробництва. Але такі «паперові» дані майже не підлягають повноцінному аналізу за великий проміжок часу. Також питання збереження такої інформації стає актуальною – тому що необхідно виділяти цілі приміщення-архіви для їх збереження, коли «цифровий» моніторинг може мати на увазі збереження усіх даних на твердотільних носіях, що займають менше місця у сотні разів, чи взагалі реалізують їх відправку у хмарні сервіси. Також серйозною проблемою можуть стати випадки, коли неможливо розмістити вимірювальний прилад у безпечному для людини місці. У таких випадках розміщення сенсору для зчитування показників – найбезпечніший варіант.

Як приклад, для розв'язку задачі автоматизації моніторингу виробництва, візьмемо процес виготовлення їстівної продукції з подальшим її фасуванням. Для такого виробництва критичними точками можуть стати:

- кліматичні умови - для харчових виробництв дотримання санітарних норм є найважливішим критерієм;
- швидкість виготовлення на різних етапах виробництва – усе має відбуватися синхронно, так як виробництво не має простоювати;
- тиск, є важливою характеристикою при, наприклад, розливі рідини у ємності, термічній обробці чи процесах, що потребують герметичності.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ. Отже, реалізація подібних механізмів є досить актуальною задачею, тому була висунута ідея створення такої системи. Для моніторингу перелічених вище характеристик будуть використані наступні датчики:

- датчик вологості та температури;
- інфрачервоний датчик перешкод;
- датчик тиску.

Також були висунуті вимоги до самої системи моніторингу:

- платформонезалежність – перегляд даних має бути доступним з будь якого пристрою;
- масштабованість – така система має бути легко-масштабованою, так як сучасні виробництва активно розвиваються і завжди має бути можливість до змін у системі моніторингу;
- віддалений доступ – доступ до стану системи не має бути незалежний від поточного місцеположення людини, що бажає отримати доступ до цих даних.

Сформувавши завдання, можливо окреслити властивості системи, за допомогою яких дані вимоги будуть задоволені.

По-перше, для вирішення питання платформонезалежності було обрано використовувати браузер та засоби мережі Internet для доступу до результатів моніторингу, адже веб-браузер нині є на будь-якій платформі – будь-то операційна система Windows, Linux, MacOS чи телефон на базі Android або IOS. Також, таке рішення допомагає нам спростити можливість віддаленого доступу – виконавши деплой нашої системи на будь-який VPS сервер (AWS, Heroku, Microsoft Azure, тощо) ми гарантуємо доступ до наших сервісів не лише із локальної мережі виробництва, а й з будь якої точки світу, де є internet-покриття. Нарешті, протокол HTTPS допоможе забезпечити необхідну безпеку при пересиланні даних до віддаленого серверу.

Перед тим, як перейти до вирішення питання масштабованості системи було запропоновано окреслити структуру взаємодії датчиків та віддаленого веб-додатку. Схематичне зображення такої взаємодії приведені на рисунку 1.1.

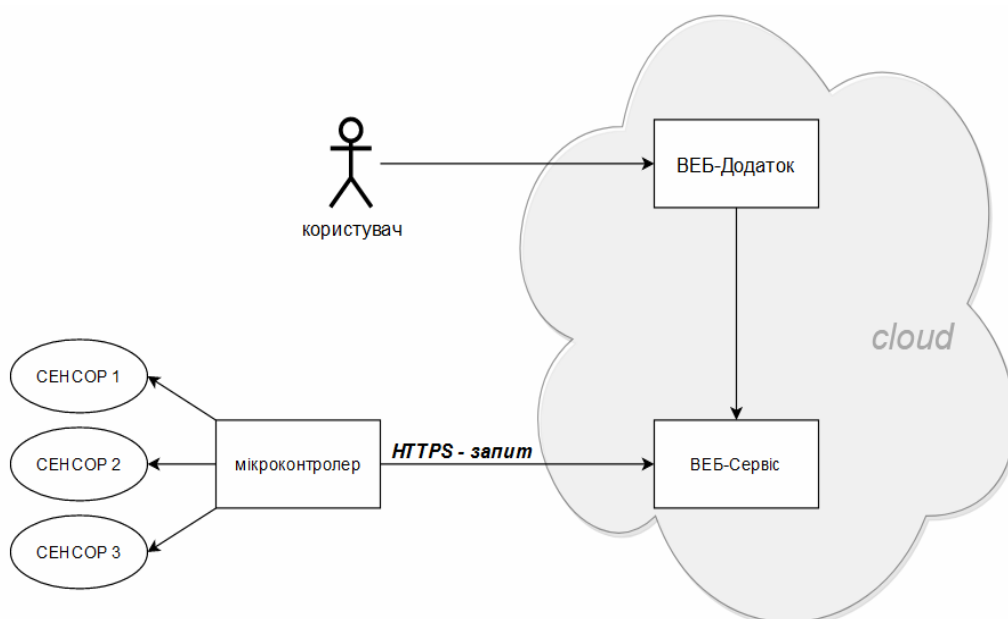


Рисунок 1.1 – Схематичне зображення роботи систему моніторингу

Отже, принцип роботи наступний – мікроконтролер зчитує дані з сенсорів та, використовуючи протокол HTTPS відсилає результати вимірювань до нашого веб-сервісу, який буде займатися їх зберіганням. У разі потреби, користувачі можуть звернутися до цього сервісу, використовуючи веб-додаток, щоб дізнатися про поточний стан системи або проаналізувати результати вимірювань за певний проміжок часу, наприклад.

Тепер, вирішуючи питання масштабованості системи, було прийняте рішення використовувати мікросервісну архітектуру для розробки веб-сервісу та веб-додатка. Мікросервіси — архітектурний стиль, за яким єдиний застосунок будується як сукупність невеличких сервісів, кожен з яких працює у своєму власному процесі та спілкується з рештою, використовуючи прості та швидкі протоколи передачі даних, зазвичай HTTPS. Ці сервіси будуються навколо бізнес-потреб і розгортаються незалежно один від одного з використанням зазвичай повністю автоматизованого середовища. Існує абсолютний мінімум централізованого керування цими сервісами. Самі по собі вони можуть бути написані з використанням різних мов програмування і технологій зберігання даних. Основною перевагою мікросервісів є просте масштабування та незалежність. Так як усі вони мають

єдиний протокол взаємодії, для додавання нового модулю необхідно лише описати цей протокол так само, як і для усіх інших сервісів, що робить розробку достатньо швидкою.

Таким чином, необхідно окреслити повний функціонал веб-сервісу та веб-додатку, після чого «розбити» його на самостійні «сервіси». Для комфортної, та, найголовніше, ефективної взаємодії користувача та системи моніторингу було винесено такий функціонал:

- має бути реалізований перегляд поточних показників усіх вимірювальних приборів. Маючи простий доступ до результатів вимірювань ми можемо забезпечити оперативну реакцію на незначні відхилення в роботі;
- можливість надання інструкцій на випадок критичного стану. Це може бути як включення системи аварійного сповіщення, push-повідомлення у месенджері чи на електронній пошті, в залежності від потреб певного виробництва чи отримувача цього повідомлення (наприклад, незначні відхилення не потребують термінової реакції, тому потреба у включенні сигналізації відсутня);
- логування - пасивний збір статистичних даних протягом певного проміжку часу – може допомогти передбачити помилки в роботі, що можуть з'явитись у майбутньому, або ж переглянути якість та швидкість виконання робіт на певному проміжку часу.

АНАЛІЗ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ. Ефективність великих підприємств досить сильно залежить від стану устаткування на кожному етапі виробництва. Для реалізації якомога швидкої реакції на помилки в системі та безперервно контролювати усі критичні точки компанії закупають високотехнологічні систему моніторингу. Один із лідерів на світовому ринку є OpenNMS (Open Network Monitoring System) – безкоштовний open-source проект, що працює за архітектурним паттерном «публікація-підписка», доступний на усіх популярних операційних системах. Основною одиницею збору інформації є так званий інтерфейс, який являє собою контейнер для певної групи сервісів (у OpenNMS сервісами являються вимірювальні прибори). Декілька інтерфейсів можуть об'єднуватись у «ноди», для простішого групування приладів під час аналізу даних. Для збору інформації використовуються так звані «колектори», які підтримують протоколи HTTP/HTTPS та SNMP. У OpenNMS присутня можливість реалізації своїх «подій» - наборів команд, що будуть виконані у разі, наприклад, досягнення критичних значень певним інтерфейсом. Єдиним суттєвим недоліком є передача даних у застарілому форматі XML, який достатньо важко аналізувати сторонніми програмними засобами. Уся конфігурація також виконується за допомогою XML.

Однією з найпопулярніших систем також є Icinga – open-source відгалуження від іншої системи моніторингу, Nagios. Основною перевагою Icinga є підтримка більшості реляційних СУБД. Структура Icinga оптимізована для розгортання розподілених систем моніторингу, при якій можливо створення декількох агентів моніторингу, які здійснюють перевірки і направляють результати на основний вузол. Також однією з переваг даного ПЗ є те, що уся логіка збереження й аналізу вимірювань реалізована як REST API – тому є можливість створення та додавання своїх доповнень до системи. Нажаль, Icinga не має можливості розгортання системи не у локальній мережі, тому питання забезпечення серверної складової полягає на виробництво, що використовує ПЗ.

РІШЕННЯ ЗАДАЧІ Проаналізувавши усі вимоги та різні системи моніторингу, було запропоновано наступний підхід до реалізації:

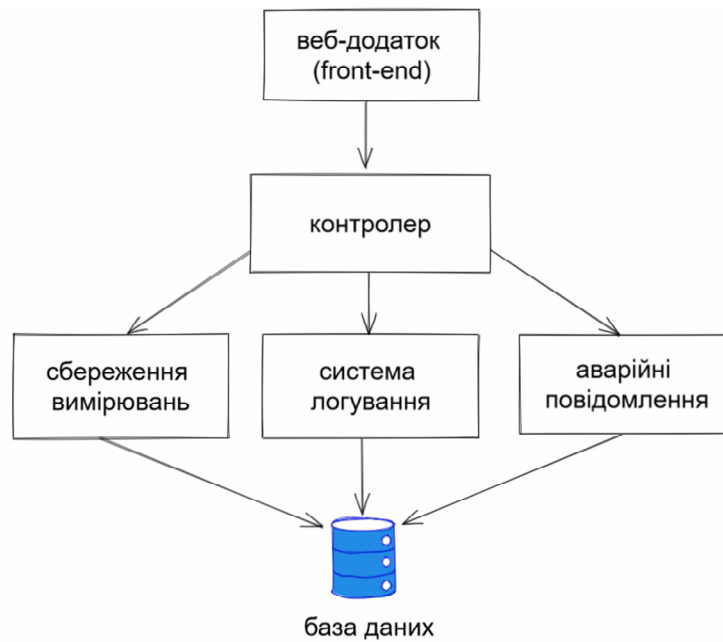


Рисунок 1.2 – Схематичне зображення архітектури проекту

На даній схемі контролер – елемент програми, що оброблює веб запити та перенаправляє користувача у потрібний блок програми для отримання необхідного результату.

Кожен блок схеми є окремим сервісом, що використовуючи HTTPS запитує взаємодіє з іншими у разі необхідності. Такий підхід вирішує дві великі проблеми класичних «монолітних» архітектур – складність модифікації та масштабування. Наприклад, компанія вирішує створити Telegram-бота, який буде відправляти працівникам повідомлення, у разі якщо у системі якийсь параметр не відповідає нормі. У такому разі, наша система моніторингу отримає наступний вигляд:

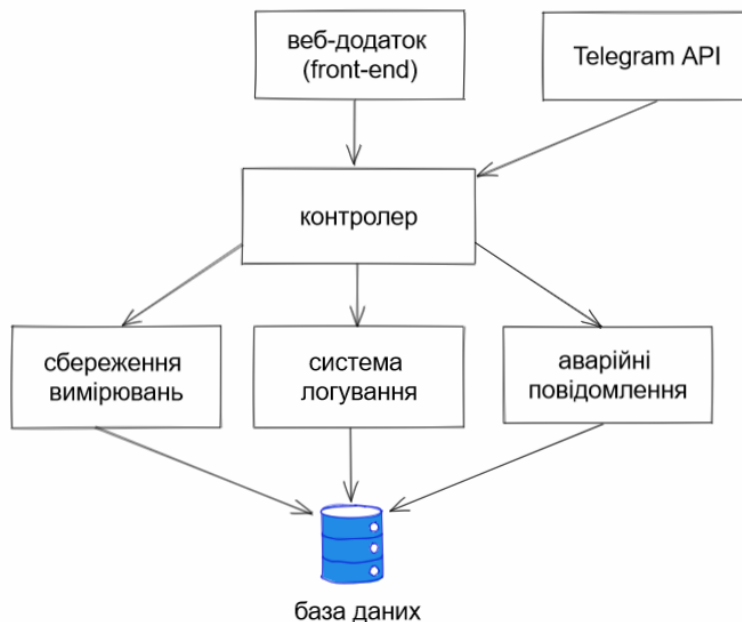


Рисунок 1.3 – Схематичне зображення архітектури проекту

До переваг такого підходу також можливо додати їх відмовостійкість – так як взаємодія усіх сервісів відбувається за допомогою веб-запитів а не на рівні програмного забезпечення, можливо майже повністю гарантувати, що у разі несправності одного з модулів уся інша

частина системи буде працювати коректно, так як на рівні обробки запиту можливо реалізувати будь-яку інструкцію щодо помилок (мається на увазі обробка відповідей від сервісу із кодами помилки 4xx та 5xx). Тому, якщо наприклад, система логування з якихось технічних причин перестала працювати, дані все ще будуть зберігатись у системі та можуть бути переглянуті у браузері.

Таким чином, зібравши докупи усі вимоги до запропонованої системи та вирішивши усі архітектурні питання, була розроблена система моніторингу виробничих процесів, збереження вимірювань у якій відбувається за наступним принципом:

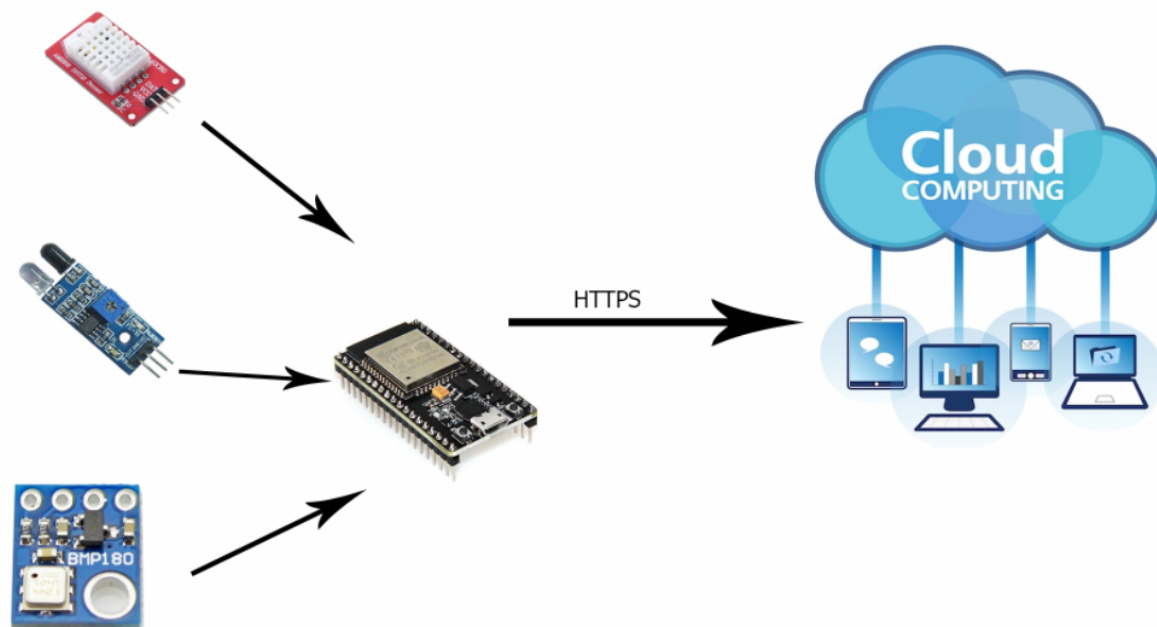


Рисунок 1.4 – Схематичне зображення роботи системи

Для управління датчиками та пересилкою даних було обрано модуль розробника DEVKITV1 побудований на мікромодулі ESP-WROOM-32 - новому мініатюрному високопродуктивному поєднанні Wi-Fi + BT + BLE модулем від компанії Espressif, призначеним для широкого спектра застосувань, починаючи від мікропотужних мережевих датчиків до найскладніших програм. На модулі зібрана вся необхідна мінімальна периферія, достатня для швидкого і комфортного старту роботи. Модуль підтримує весь стек протоколів стандартів WiFi 802.11n і BT4.2 з пропускну швидкістю до 150Мб/с, чого більш ніж достатньо для передачі цифрових даних[5-7].

Для реалізації моніторингу за такими параметрами як температура та вологість було обрано сенсор DHT22. Це два датчики в одному корпусі, результати вимірювання яких передають на цифровий блок з аналого-цифровим перетворювачем і на виході з датчика отримують цифровий сигнал. Модуль зібраний на базі ємнісного чутливого датчика вологості, NTC-термістора і 8-бітного АЦП. АЦП необхідний для перетворення аналогових сигналів датчика в цифрові. Особливостями датчика є: низьке енергоспоживання і малі розміри. Затримка передачі отриманих значень становить 2 секунди. Датчик вимірює відносну вологість навколишнього середовища в діапазоні 0 - 100%, а температуру від -40 до +80 °С. Таке рішення є більш ніж достатнім у питанні вимірювань параметрів навколишньої середовища у промисловій зоні.

Моніторинг проходу продукції на конвеєрі можливо реалізувати за допомогою датчика перешкод YL-63 (FC-51). Датчик складається з інфрачервоного випромінювача і фотоприймача. Джерело випромінює інфрачервоні хвилі, які відбиваються від перешкоди і фіксуються фотоприймачем. Датчик виявляє перешкоди в діапазоні відстаней від нуля до

встановленої граничної межі. Він побудований на основі компаратора LM393, який видає напругу на вихід за принципом: виявлено перешкоду - логічний рівень HIGH, не виявлено - логічний рівень LOW, такий стан показує і червоний світлодіод, який розміщений на датчику. Порогове значення залежить від налаштування датчика і регулюється за допомогою встановленого на модулі потенціометра. Для індикації живлення на датчик встановлено зелений світлодіод [8-11].

Вимірювання тиску можливо реалізувати використовуючи датчик BMP180 Датчик BMP180 побудований за магніторезистивною технологією, завдяки чому має високу точність і лінійність, а також низький рівень шумів.

ВИСНОВКИ. Тема моніторингу показників автоматизованих систем є надзвичайно важливою у наш час, зменшення участі людини у виробництві призвело до того, що вона має слідкувати та своєчасно реагувати на виключні ситуації, тому вкрай важливо мати систему моніторингу, яка б зберігала та відображала стан виробничої системи. Рішення, запропоноване у даній статті, допоможе підтримувати виробництво у ефективному та відмовостійкому стані.

ЛІТЕРАТУРА

1. Calvo, M. Marcos, D. Orive, I. Sarachaga, “A methodology based on distributed object-oriented technologies for providing remote access to industrial plants,” *Control Engineering Practice*, 14 (8), pp. 975-990, 2006. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conen.gprac.2005.05.008>.
2. T. Sauter, S. Soucek, W. Kastner, and D. Dietrich, “The evolution of factory and building automation,” *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 5 (3), pp. 35-48, 2011. <http://dx.doi.org/10.1109/MIE.2011.942175>.
3. M. Jain, A. Jain, and M. Srinivas, “A web based expert system shell for fault diagnosis and control of power system equipment,” *Proceedings of Intl. Conf. Condition Monitoring and Diagnosis (CMD-08)*, 2008, pp. 1310–1313. <http://dx.doi.org/10.1109/cmd.2008.4580217>.
4. S. Li, L.D. Xu, and S. Zhao, “The internet of things: a survey,” *Information Systems Frontiers*, 17 (2), pp. 243-259, 2015. <http://dx.doi.org/10.1007/s10796-014-9492-7>.
5. Attar, H., & et al.. (2022). Control System Development and Implementation of a CNC Laser Engraver for Environmental Use with Remote Imaging. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, Article ID 9140156, <https://doi.org/10.1155/2022/9140156>.
6. Невлюдов І. Ш., Андрусевич А. О., Євсєєв В. В., Новоселов С. П., Демська Н. П. Проектування мобільних маніпуляційних роботів: Монографія. – Х. :, 2022. – 427 с.
7. Khalid, M. S., Yevsieiev, V., Nevliudov, I. S., Lyashenko, V., & Wahid, R. (2022). HMI Development Automation with GUI Elements for Object-Oriented Programming Languages Implementation. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 70.1, 139-145.
8. Невлюдов, И., Стародубцев, Н., Евсеев, В., & Демская, Н. (2021). AUTOMATION OF FLEXIBLE HMI INTERFACE DEVELOPMENT FOR CYBER-PHYSICAL PRODUCTION SYSTEMS. *SWorldJournal*, 1(09-01), 11–27. <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2021-09-01-009>
9. Yevsieiev V. Development of A System for the Production Process Monitoring Using Telegram Bot / V. Yevsieiev, S. Maksymova, S. Starikova // The III International Scientific and Theoretical Conference “The Current State of Development of World Science: Characteristics and Features” August 5, 2022. Lisbon, Portuguese Republic. P. 70-72.
10. Nevliudov, I., & et al.. (2021). Development of a cyber design modeling declarative Language for cyber physical production systems, *J. Math. Comput. Sci.*, 11(1), 520-542
11. Nevliudov, I., & et al.. (2020). Method of Algorithms for Cyber-Physical Production Systems Functioning Synthesis. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 8(10), 7465-7473..