

Кот Василь Васильович

Відокремлений структурний підрозділ «Рівненський фаховий коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України», Рівне
ORCID 0000-0002-5139-4391

Шинкарчук Назар Володимирович

Рівненський державний гуманітарний університет, Рівне
ORCID 0000-0001-9811-2497

Панасюк Василь Олексійович

Відокремлений структурний підрозділ «Рівненський фаховий коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України», Рівне
ORCID 0009-0002-9951-7028

Павловський Тарас Мирославович

Відокремлений структурний підрозділ «Рівненський фаховий коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України», Рівне
ORCID 0009-0000-7730-4713

РАДІОСИСТЕМА ОПОВІЩЕННЯ Й ІНФОРМУВАННЯ ПРО НАДЗВИЧАЙНІ ТА ШТАТНІ СИТУАЦІЇ НА БАЗІ ІСНУЮЧОЇ WI-FI-ІНФРАСТРУКТУРИ

***Анотація.** У статті розглянуто питання проектування та практичної реалізації локальної автоматизованої радіосистеми мовленнєвого оповіщення та інформування про надзвичайні й штатні ситуації з використанням наявної мережевої інфраструктури навчальної установи. Актуальність дослідження зумовлена потребою забезпечення оперативного, синхронного та надійного інформування людей у приміщеннях закладів освіти в умовах підвищених вимог до безпеки, а також обмежень на використання окремих зовнішніх цифрових сервісів. Запропонований підхід орієнтований на централізоване мовленнєве оповіщення, що не залежить від персональних пристроїв користувачів.*

Система побудована за клієнт-серверною архітектурою з централізованим керуванням аудіопотоками на серверному рівні та використанням розподілених кінцевих радіоточкових пристроїв. Серверна частина реалізована на базі відкритої програмної платформи AzuraCast, яка забезпечує формування, трансляцію та маршрутизацію потокового аудіо, підтримує пріоритетні режими мовлення, автоматизовані сценарії оповіщення та планування трансляцій. Застосування стандартних протоколів потокового мовлення дозволяє забезпечити стабільну роботу системи в межах локальної мережі без використання сторонніх хмарних рішень.

Кінцеві радіоточкові пристрої побудовано на базі мікроконтролерної платформи ESP32 із використанням цифрового аудіоінтерфейсу I²S та цифро-аналогового перетворювача з підсилювачем класу D MAX98357A, що забезпечує компактність, енергоефективність і заводостійкість клієнтських модулів. Описано реалізацію автоматизованого оповіщення про повітряні тривоги з використанням API сервісу alerts.in.ua та API платформи AzuraCast, а також підтримку планових режимів інформування. Практичну працездатність системи підтверджено її апробацією у навчальному закладі.

***Ключові слова:** система оповіщення, мовленнєве інформування, радіосистема, Wi-Fi-інфраструктура, ESP32, AzuraCast, автоматизація.*

RADIO-BASED ALERT AND INFORMATION SYSTEM FOR EMERGENCY AND NORMAL OPERATIONS USING EXISTING WI-FI INFRASTRUCTURE

***Abstract.** The paper addresses the design and practical implementation of a local automated radio-based voice alert and information system for emergency and routine situations using the existing network infrastructure of an educational institution. The relevance of the study is determined by the need to ensure timely, synchronized, and reliable notification of people inside educational buildings under increased safety requirements, as well as by restrictions on the use of certain external digital services. The proposed approach focuses on centralized voice alerting that does not depend on personal user devices.*

The system is based on a client-server architecture with centralized control of audio streams at the server level and the use of distributed end radio point devices. The server side is implemented using the open-source AzuraCast platform, which provides audio stream generation, routing, and broadcasting, supports priority alert modes, automated notification scenarios, and scheduled playback. The use of standard streaming protocols enables stable operation of the system within a local network without reliance on third-party cloud solutions.

End alert devices are implemented on the ESP32 microcontroller platform using the I²S digital audio interface and the MAX98357A digital-to-analog converter with a Class D amplifier. This hardware configuration ensures compact size, energy efficiency, and high interference immunity of the client modules. The paper describes the implementation of automated air-raid alert notifications based on the open API of the alerts.in.ua service and the AzuraCast API, as well as the support of scheduled information modes. The practical performance of the proposed system has been confirmed through testing in an educational institution.

***Keywords:** alert system, voice notification, radio system, Wi-Fi infrastructure, ESP32, AzuraCast, automation.*

Постановка проблеми

© 2026 Кот В.В., Шинкарчук Н.В., Панасюк В.О., Павловський Т.М. Цей матеріал ліцензовано за умовами CC BY 4.0. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Оперативне та автоматизоване інформування про події, що впливають на безпеку й організацію роботи установ, є важливою складовою сучасної інфраструктури. У навчальних і громадських закладах системи оповіщення та інформування повинні забезпечувати своєчасне доведення інформації як про штатні події, пов'язані з повсякденною діяльністю установи, так і про надзвичайні ситуації, що потребують негайного реагування. Особливого значення набуває автоматизоване інформування про повітряні тривоги, їх скасування, а також проведення загальнонаціональної хвилини мовчання, що вимагає синхронної трансляції повідомлень без участі оператора та з мінімальними часовими затримками.

Традиційні системи радіоповіщення, побудовані на дротових або спеціалізованих каналах зв'язку, зазвичай характеризуються значними витратами на впровадження та обмеженою гнучкістю щодо масштабування й адаптації до змін умов експлуатації. У таких системах реалізація автоматизованих сценаріїв оповіщення часто є ускладненою або потребує використання додаткового спеціалізованого обладнання. Водночас у більшості сучасних установ уже функціонує розвинена Wi-Fi-інфраструктура, призначена для доступу до цифрових сервісів і мережних ресурсів, проте її можливості як транспортного середовища для реалізації систем аудіоінформування використовуються недостатньо.

Використання існуючої Wi-Fi-інфраструктури для побудови автоматизованої радіосистеми оповіщення та інформування дозволяє створити економічно доцільне, масштабоване та гнучке рішення без прокладання додаткових комунікацій. Даний підхід забезпечує централізоване керування повідомленнями, зменшує залежність від людського фактору та підвищує надійність інформування про надзвичайні й штатні ситуації, що визначає актуальність дослідження, присвяченого проектуванню радіосистеми оповіщення та інформування на базі існуючої Wi-Fi-інфраструктури.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проблематика систем оповіщення та інформування у надзвичайних і штатних ситуаціях представлена в наукових публікаціях фрагментарно, переважно в контексті використання мережевої інфраструктури, цифрових каналів сповіщення або промислових рішень мовленнєвого оповіщення. При цьому кількість робіт, у яких комплексно розглядається створення локальних автоматизованих мовленнєвих систем оповіщення на базі наявної інфраструктури установи, залишається обмеженою.

У роботі Божаткіна С. та ін. [1] розглянуто комп'ютерну систему оповіщення про надзвичайні ситуації, що використовує телекомунікаційне обладнання локальної мережі організації. Автори демонструють можливість застосування наявних мережних ресурсів для передачі повідомлень та аналізують загрози інформаційній безпеці таких систем. Водночас запропоноване рішення зосереджене переважно на мережних аспектах і не охоплює питання побудови розподілених кінцевих мовленнєвих пристроїв, призначених для безпосереднього оповіщення в приміщеннях будівель.

Практичну реалізацію цифрового подієвого інформування наведено у статті Пашковського Б. В. [2], де описано розробку Telegram-бота для сповіщення про повітряні тривоги. Запропонований підхід забезпечує швидке індивідуальне інформування користувачів мобільних пристроїв та демонструє ефективність автоматизованого поширення повідомлень. Однак слід враховувати, що використання месенджера Telegram у діяльності органів державної влади та на службових пристроях офіційно обмежене з міркувань кібербезпеки [7], що унеможливує його використання як базового інструмента централізованого оповіщення у навчальних та державних установах.

Підходи до побудови систем громадської безпеки з використанням технологій Інтернету речей розглянуто у роботі Zhang H. та ін. [3]. Автори пропонують масштабовану IoT-орієнтовану архітектуру оповіщення та реагування на надзвичайні події в реальному часі, яка забезпечує мінімальні затримки передачі інформації. Разом із тим такі рішення орієнтовані на міську або регіональну інфраструктуру та потребують складної багаторівневої інтеграції, що ускладнює їх впровадження в умовах окремих навчальних закладів.

На рівні прикладних реалізацій поширені промислові системи мовленнєвого оповіщення, зокрема рішення ІТС [4], які забезпечують централізоване відтворення голосових повідомлень у разі аварійних і штатних подій. Такі системи підтверджують практичну доцільність мовленнєвого оповіщення в будівлях, проте є комерційними, закритими за архітектурою та потребують значних фінансових витрат.

Нормативні вимоги до організації оповіщення населення в Україні визначено постановою Кабінету Міністрів України № 733 [5], у якій окреслено загальні принципи своєчасності та надійності інформування у разі загрози або виникнення надзвичайних ситуацій. При цьому нормативні документи не встановлюють конкретних технічних рішень щодо реалізації локальних мовленнєвих систем оповіщення в установах. Прикладом сучасного цифрового сервісу подієвого інформування є Alerts.in.ua [6], який забезпечує централізоване поширення повідомлень про повітряні тривоги через мережу Інтернет, однак орієнтований переважно на персональні пристрої користувачів і не вирішує задачі оповіщення в приміщеннях.

Отже, наведений огляд дозволяє стверджувати, що питання побудови локальних автоматизованих радіосистем мовленнєвого оповіщення на базі наявної мережевої Wi-Fi інфраструктури установи потребує подальшого опрацювання.

Метою даного дослідження є розроблення та обґрунтування підходу до побудови локальної автоматизованої радіосистеми мовленнєвого оповіщення та інформування про надзвичайні й штатні події на базі наявної мережевої Wi-Fi інфраструктури установи, орієнтованої на підвищення оперативності, надійності та автономності процесів інформування.

Для досягнення поставленої мети необхідне розв'язання таких основних задач:

- розроблення архітектури локальної радіосистеми оповіщення з використанням доступних апаратно-програмних засобів та наявної мережевої інфраструктури;
- визначення принципів автоматизації формування й відтворення мовленнєвих повідомлень для надзвичайних і штатних сценаріїв;
- реалізація прототипу кінцевого пристрою мовленнєвого оповіщення та дослідження його функціональних можливостей.

Результати дослідження

У межах дослідження реалізовано локальну автоматизовану радіосистему мовленнєвого оповіщення та інформування, побудовану за клієнт-серверним принципом із використанням централізованого сервера потокового мовлення та розподілених кінцевих радіоточкових пристроїв. Така архітектура передбачає зосередження всієї логіки керування мовленням, автоматизації сценаріїв і взаємодії з зовнішніми сервісами на серверному рівні, тоді як кінцеві пристрої виконують функцію приймання й відтворення аудіопотоків. Загальну структурну схему локальної радіосистеми оповіщення та інформування наведено на рис. 1.

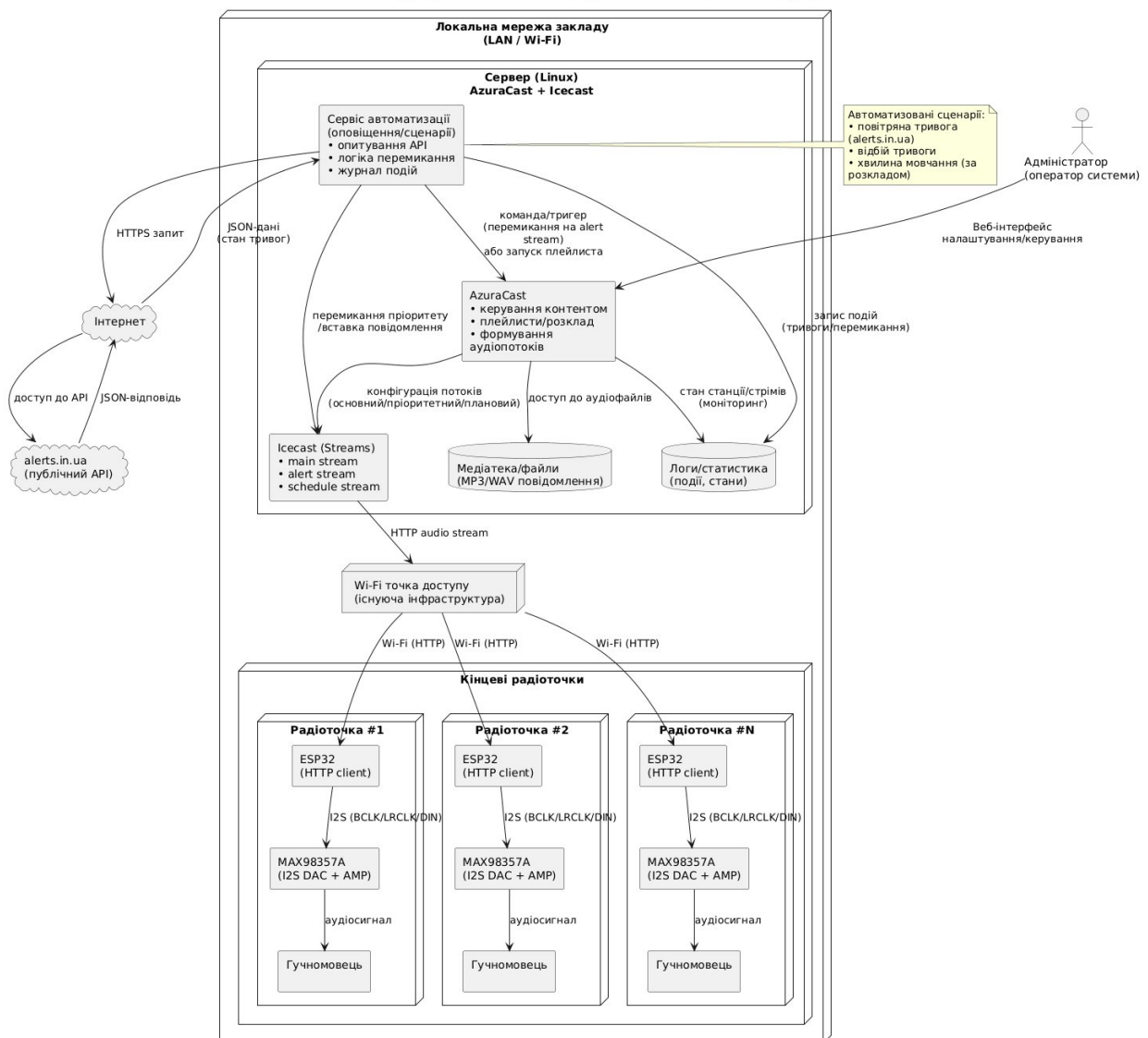


Рис. 1. Загальна схема локальної радіосистеми оповіщення та інформування

Серверна частина системи розгортається на локальному сервері у внутрішній мережі навчального закладу та реалізується на базі програмної платформи AzuraCast. Дана платформа виконує функції приймання, маршрутизації та трансляції аудіопотоків, а також централізованого керування режимами мовлення. AzuraCast забезпечує роботу потокового мовлення з використанням стандартних протоколів (HTTP/Iccast),

підтримує одночасне обслуговування кількох незалежних потоків і дозволяє гнучко налаштовувати їхні параметри в межах однієї серверної інсталяції. Важливою особливістю платформи є підтримка пріоритетних потоків і плейлистів, що дає змогу реалізовувати сценарії примусового переривання основної трансляції для відтворення термінових повідомлень.

Вибір AzuraCast зумовлений відкритою архітектурою, наявністю веб-інтерфейсу адміністрування, підтримкою стандартних форматів аудіоконтенту та можливістю інтеграції із зовнішніми програмними сервісами через API без використання сторонніх хмарних рішень. Через веб-інтерфейс платформи здійснюється керування медiateкою, налаштування потоків, формування плейлистів і моніторинг стану трансляцій у реальному часі. Інтерфейс керування сервером наведено на рис. 2.

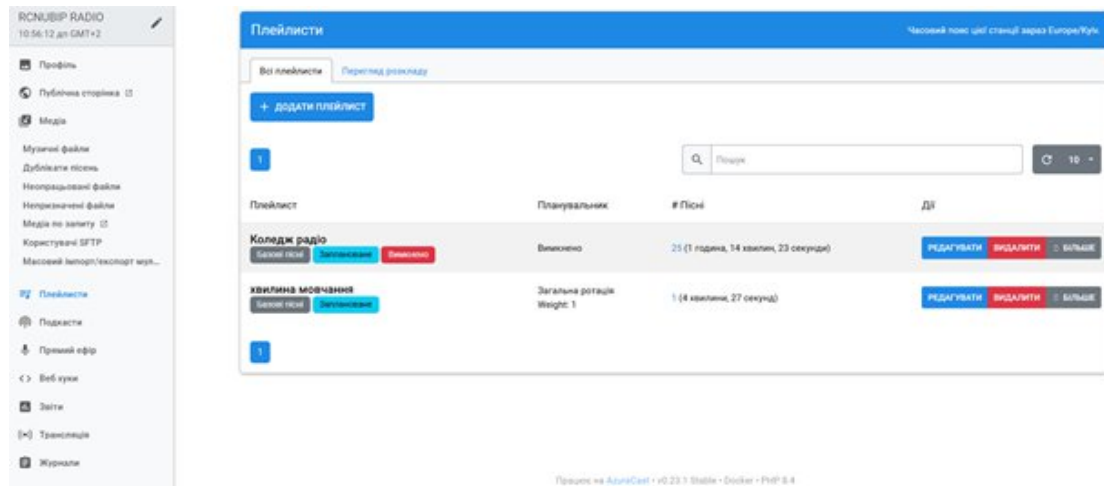


Рис. 2. Інтерфейс керування сервером AzuraCast

У процесі конфігурації серверної частини було сформовано основний аудіопотік для повсякденного мовлення та окремий пріоритетний потік, призначений для оповіщення про надзвичайні події. Перемикання між потоками виконується автоматично на серверному рівні, що виключає потребу внесення будь-яких змін у програмну або апаратну конфігурацію кінцевих радіоточкових пристроїв. Такий підхід спрощує масштабування системи, оскільки додавання нових клієнтських вузлів не потребує їхнього індивідуального налаштування з точки зору сценаріїв оповіщення.

Кінцеві радіоточкові пристрої системи реалізовано на базі мікроконтролерної платформи ESP32 (Lolin32 Lite). Вибір даної платформи зумовлений наявністю інтегрованого Wi-Fi-інтерфейсу, достатньою обчислювальною потужністю для приймання та декодування потокового аудіо, а також апаратною підтримкою цифрового інтерфейсу I²S, який широко застосовується в системах цифрового аудіо [8]. Застосування ESP32 дозволяє безпосередньо підключати радіоточкові пристрої до наявної бездротової мережі навчального закладу без використання додаткових комунікаційних модулів.

Схема підключення елементів радіоточкового пристрою ґрунтується на прямому з'єднанні ліній тактування та даних інтерфейсу I²S мікроконтролера з входами цифро-аналогового перетворювача MAX98357A, який поєднує функції ЦАП (цифро-аналоговий перетворювач) і підсилювача потужності класу D [8]. Така схема підключення є типовою для аудіозастосунків на базі ESP32, рекомендована виробниками апаратних компонентів і дозволяє реалізувати відтворення аудіосигналу без використання аналогових аудіотрактів на стороні мікроконтролера. Структурну схему підключення компонентів радіоточкового пристрою наведено на рис. 3, а її реалізацію на рис. 4, а.

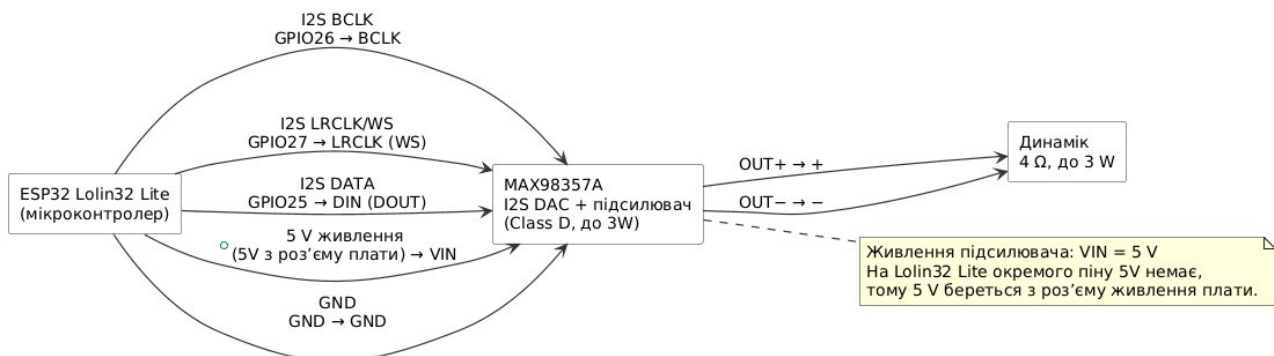


Рис. 3. Структурна схема підключення компонентів радіоточкового пристрою

Програмна логіка клієнтського пристрою забезпечує автоматичне підключення до локальної мережі, встановлення HTTP-з'єднання з сервером потокового мовлення, приймання аудіопотоку, його буферизацію та безперервну передачу даних у модуль I2S відповідно до стандартних прикладів програмної реалізації цифрового аудіовиходу для ESP32. Такий підхід підвищує завадостійкість системи, спрощує апаратну реалізацію та забезпечує стабільну роботу радіоточок у режимі тривалої безперервної трансляції.

Фізично апаратні модулі можуть інтегруватися як у корпуси існуючих гучномовців (рис. 4. б), так і в окремі корпуси, виготовлені засобами 3D-друку. Підключення до мережі здійснюється через бездротову Wi-Fi-інфраструктуру закладу, а живлення подається через стандартний USB-інтерфейс плати ESP32 від стаціонарних джерел. Після підключення до мережі кінцевий пристрій автоматично встановлює з'єднання з сервером AzuraCast і починає відтворення відповідного аудіопотоку. У разі короткочасного зникнення мережевого з'єднання програмна логіка клієнта забезпечує автоматичне перепідключення та відновлення трансляції без втручання оператора.

Автоматизоване оповіщення про повітряні тривоги реалізовано на серверному рівні з використанням відкритого програмного інтерфейсу сервісу alerts.in.ua та API платформи AzuraCast. Для цього розроблено окремий серверний скрипт, який у фоновому режимі з визначеним інтервалом здійснює моніторинг стану повітряних тривог шляхом надсилання HTTP-запитів до API alerts.in.ua з використанням персонального токена доступу. Отримана відповідь у форматі JSON аналізується серверною службою, після чого формується подієве рішення щодо зміни режиму мовлення. У разі фіксації активної тривоги за допомогою API AzuraCast ініціюється автоматичне перемикання трансляції на пріоритетний аудіопотік або запуск спеціального плейлиста зі звуковим сигналом тривоги та мовленнєвим повідомленням. Після отримання події відбою тривоги система автоматично повертається до основного режиму мовлення.



а. Підключення модуля MAX98357A до мікроконтролерної платформи



б. Зовнішній вигляд прототипу пристрою вбудованого у заводську точку оповіщення «ВЕЛЛЕЗ 6АС100ПН-2»

Рис. 4. Зовнішній вигляді і внутрішня частина прототипу системи оповіщення

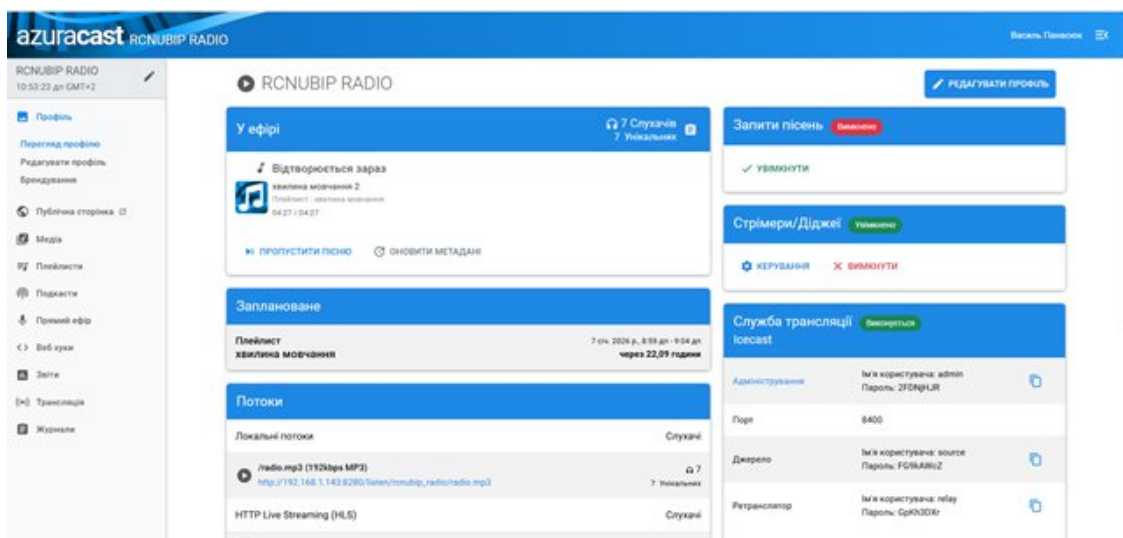


Рис. 5. Інтерфейс налаштувань планового сценарію AzuraCast

Крім надзвичайних сценаріїв, у системі реалізовано автоматизовані планові режими інформування, зокрема відтворення хвилини мовчання у визначений час. Для цього використовується механізм планування трансляцій платформи AzuraCast, який дозволяє задавати часові інтервали, пріоритети потоків та порядок їх активації. Завдяки цьому забезпечується автоматичне переривання основного мовлення у заданий час і його коректне відновлення після завершення планового повідомлення. Приклад роботи автоматизованого планового сценарію наведено на рис. 5.

Для організації оперативних оголошень у режимі прямого ефіру в системі додатково використовується програмне забезпечення BUTT (Broadcast Using This Tool, рис. 6.). Воно виконує функцію клієнта потокового мовлення та дозволяє передавати аудіосигнал із мікрофона або лінійного входу безпосередньо на сервер AzuraCast у режимі реального часу з мінімальною затримкою. Застосування BUTT дає змогу поєднувати автоматизовані та ручні режими інформування в межах єдиної радіосистеми без зміни її базової архітектури.



Рис. 6. Програмне забезпечення BUTT для організації прямого ефіру

Описана вище локальна автоматизована радіосистема мовленнєвого оповіщення та інформування впроваджена в експлуатацію та проходить практичну апробацію у ВСП «Рівненський фаховий коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України» [9]. У процесі дослідної експлуатації, система продемонструвала стабільну роботу серверної та клієнтської частин, коректне функціонування автоматизованих сценаріїв оповіщення й планових режимів інформування, а також можливість масштабування без змін базової архітектури. Отримані результати підтверджують придатність запропонованого підходу для використання в установах і доцільність його подальшого розвитку та вдосконалення.

Висновки і перспективи подальших досліджень

У результаті проведеного дослідження підтверджено можливість ефективного використання наявної мережевої інфраструктури навчального закладу для побудови локальної автоматизованої радіосистеми мовленнєвого оповіщення та інформування. Реалізована клієнт-серверна архітектура дозволяє централізовано керувати аудіопотоками, сценаріями мовлення та режимами оповіщення, забезпечуючи синхронне відтворення повідомлень у всіх приміщеннях, де встановлено радіоточкові пристрої.

Застосування серверної платформи AzuraCast як ядра системи потокового мовлення дало змогу реалізувати як безперервні режими повсякденного інформування, так і пріоритетні сценарії оповіщення про надзвичайні події без необхідності використання сторонніх хмарних сервісів. Використання відкритого програмного інтерфейсу платформи забезпечує автоматизоване керування трансляціями, інтеграцію з зовнішніми інформаційними сервісами та розширення функціональних можливостей системи без зміни її базової архітектури.

Кінцеві радіоточкові пристрої, реалізовані на базі мікроконтролерної платформи ESP32 із використанням цифрового аудіоінтерфейсу I²S, дозволили створити компактні та енергоефективні клієнтські вузли, придатні для інтеграції в існуючі гучномовці або спеціалізовані корпуси. Такий підхід забезпечує високу завадостійкість, стабільність відтворення аудіопотоків і спрощує апаратну реалізацію системи. Масштабування системи досягається шляхом додавання нових радіоточок без необхідності їхнього індивідуального налаштування з боку сервера.

Особливу увагу в роботі приділено реалізації автоматизованого оповіщення про повітряні тривоги, що здійснюється на серверному рівні з використанням відкритого API сервісу alerts.in.ua та API платформи AzuraCast. Такий підхід дозволяє оперативно реагувати на зміну стану тривоги і автоматично керувати пріоритетними аудіопотоками, забезпечуючи мінімальну затримку між фіксацією події та початком мовленнєвого інформування. Додатково система підтримує планові режими мовлення, зокрема автоматизоване відтворення хвилини мовчання та можливість організації оперативних оголошень у режимі прямого ефіру.

Практична апробація розробленої системи у ВСП «Рівненський фаховий коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України» засвідчила її стабільну роботу, надійність та

відповідність вимогам реального освітнього середовища. Отримані результати підтверджують доцільність використання запропонованої радіосистеми як ефективного інструменту мовленнєвого оповіщення та інформування в навчальних установах.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на розширення функціональних можливостей системи, зокрема інтеграцію додаткових джерел подієвої інформації, реалізацію резервних каналів передавання даних. Перспективним також є впровадження механізмів пріоритизації повідомлень залежно від типу події та умов експлуатації системи.

Список використаної літератури

1. Bozhatkin S., Guseva-Bozhatkina V., Farionova T., Burenko V., Pasiuk B. Emergency notification computer system via telecommunication equipment of the organization's local network // *Comput. Syst. Inf. Technol.* – 2023. – № 1. – С. 21–28. – ISSN 2710-0766. – DOI: 10.31891/csit-2023-1-3.
2. Пашковський Б. В. Розробка Telegram-бота для сповіщення про повітряну тривогу в Україні // *Вісн. Херсон. нац. техн. ун-ту.* – 2025. – № 3(94). – Ч. 2. – С. 388–392.
3. Zhang H., Zhang R., Sun J. Developing real-time IoT-based public safety alert and emergency response systems // *Sci. Rep.* – 2025. – Vol. 15. – Art. 29056. – DOI: 10.1038/s41598-025-13465-7.
4. Мовленнєве оповіщення / ІТС : промисл. системи оповіщення та інформування [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <https://vintana.com.ua/ua/g90331645-movlennye-opovischennya-its> (дата звернення: 06.02.2026).
5. Про затвердження Порядку оповіщення населення у разі загрози або виникнення надзвич. ситуацій : постанова Каб. Міністрів України від 27.09.2017 № 733 [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/733-2017-%D0%BF> (дата звернення: 06.02.2026).
6. Alerts.in.ua – сервіс інформування про повітряні тривоги в Україні [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <https://alerts.in.ua> (дата звернення: 06.02.2026).
7. В Україні заборонили використання Telegram на службових пристроях в органах влади : [Електрон. ресурс] / ЮРЛІГА. – 20.09.2024. – Режим доступу: https://jurliga.ligazakon.net/news/230670_v-ukran-zaboronili-vikoristannya-telegram-na-sluzhbovikh-pristroyakh-v-organah-vladi (дата звернення: 06.02.2026).
8. Афанасьєв Ю. Як зробити Bluetooth колонку з ESP32 та зовнішнім ЦАП MAX98357 [Електрон. ресурс] // YouTube. – 2022. – Режим доступу: <https://www.youtube.com/watch?v=UV6DLB6xmQg> (дата звернення: 07.02.2026).
9. Відокремлений структурний підрозділ «Рівненський фаховий коледж НУБіП України» : офіц. сайт [Електрон. ресурс]. — Режим доступу: <https://rfs.nubip.edu.ua/> (дата звернення: 07.02.2026).
10. ESP32 LOLIN32 Board : user guide and technical reference [Електрон. ресурс]. – Wemos, 2021. – Режим доступу: <https://megma.ma/wp-content/uploads/2021/08/Wemos-ESP32-Lolin32-Board-BOOK-ENGLISH.pdf> (дата звернення: 07.02.2026).
11. Analog Devices. MAX98357A I2S Digital Input Class D Amplifier : datasheet [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/MAX98357A-MAX98357B.pdf> (дата звернення: 07.02.2026).

Надійшла до редакції: 25.02.26

Прийнята до друку: 12.06.26

Опубліковано: 30.06.26