

М.Д. Василенко¹, В.Д. Бойко¹, В.М. Слатвінська²

¹Національний університет «Одеська юридична академія», Україна

²Міжнародний гуманітарний університет, Україна

ЖИВУЧІСТЬ ТА СТІЙКІСТЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ КОМПОНЕНТІВ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ РОЗУМНОГО МІСТА

У статті досліджуються проблеми живучості та стійкості функціонування компонентів інформаційних систем розумного міста. Авторами проаналізовано ситуацію із сучасними інтегрованими системами різного рівня інформаційної екосистеми розумного міста. Запропонована авторами альтернативна модель розвитку систем спирається на досвід впровадження та розробки наявних рішень глобальних інформаційних систем.

Ключові слова: «розумне місто», міське господарство, комп'ютерні технології, інформаційні системи.

Постановка проблеми

Багато дослідників відзначають збільшення кількості стихійних і техногенних катастроф. Зокрема, в роботі [1] йдеться про посилення частоти й руйнівності явищ, що створюють стихійні лиха. Відзначається також ключова і все зростаюча роль інформаційних міських систем і міської інформаційної екосистеми (МІЕ), якщо мова йде про розумні міста, а саме, в роботі [2] показано, що залучення МІЕ дозволяє скоротити й значно зменшити збиток від стихійних лих.

У сучасному міському середовищі набувають ширшого поширення інформаційно-комунікаційні системи (ІКС) різного виду і призначення. Так чи інакше вони стають підсистемами МІЕ, формуючи загальноміський інформаційний ландшафт. При цьому багато ІКС впроваджуються, запускаються і масштабуються з мінімальним урахуванням заходів безпеки, або зовсім без цього урахування. В праці [3] обговорювалися ризики того, що при впровадженні систем МІЕ пріоритетним стає інтерес виробника і проєктувальника інформаційних систем. Втім, надійності, безпеці і живучості впроваджуваних систем приділяється увага, яку не можна вважати достатньою. Це призводить до розширення "поверхні атаки" – можливостей для широкого спектру кібератак, що відповідно знижує надійність і живучість МІЕ, а часто і погіршує загальні умови функціонування інформаційних систем розумного міста. Крім того, надійність, безпека і живучість МІЕ мають значення не тільки в рамках зниження ризиків і зменшення "поверхні атаки", але і в ширшому значенні, пов'язаному з надійністю і живучістю систем МІЕ в цілому і в рамках несприятливих впливів (НВ) таких, як стихійні лиха,

техногенні катастрофи [4], помилки персоналу та навмисні дії по виведенню систем МІЕ з ладу.

Функціонування МІЕ в найближчому майбутньому з розширенням покриття системи буде все більше покладатися не тільки, на загальноміські інформаційні мережі та системи, але і на інформацію, що надходить від систем низового рівня. Розвиток цих систем привертає все більше уваги і ставить все більше питань і проблем. Зокрема склалася суперечлива ситуація з проєктуванням т. зв. систем розумного будинку та Інтернету речей (ІоТ). У найближчій перспективі широке поширення таких систем має привести до переходу систем розумного міста на новий рівень. Однак, нині розвиток низових інформаційних систем, так чи інакше пов'язаних з розвитком МІЕ, зіткнулося з низкою проблем, які можуть ускладнити впровадження і розробку подібних систем в майбутньому.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Основні питання структурування інформаційних потоків та організації МІЕ, а також роль і взаємодія стейкхолдерів в цьому контексті розглядалися нами в роботі [5]. Зокрема, можна порекомендувати роботу [6] в якій розгорнуто показано взаємодію місцевої влади і представників бізнесу, з одного боку, і жителів і гостей міста, з іншого. Важливим аспектом зазначеної роботи стала її концепція двостороннього потоку даних, коли кожна з розглянутих груп виступає одночасно і джерелом даних та бенефіціаром їх використання. При цьому влада і бізнес, визначаються як А-категорія, а жителів та гостей міста відносять в категорію В. Звідти відповідно можна виділити чотири основні напрямки у взаємодії:

* А-А: оперативне високорівневе управління міським середовищем;

* В-В: мережецентрична низова самоорганізація;

* В-А: випереджаюче міське управління;

* А-В: системи громадського інформування.

Втім, група В входить в три з чотирьох видів взаємодії, що підкреслює роль низових систем у загальному контексті МІЕ. Питання взаємодії стейкхолдерів і основних гравців в рамках МІЕ додатково розглядається в роботах [7] і [8]. В тих же роботах розглядалися так звані горизонтальні та вертикальні стратегії розвитку цифрових платформ. Розвиток цієї концепції можна простежити за роботами [9–12], автори яких вводять термін Platform Business Group (PBG) і розглядають стратегію впровадження на ринок великих китайських цифрових платформ: Baidu, Alibaba і Tencent, до яких додався ще Huawei, як "горизонтальну" ("платформо-орієнтовану"). Горизонтальний (платформо-орієнтований) розвиток розуміється як "особливий", східний шлях розвитку, при якому управління міською інформаційною екосистемою у всіх областях здійснюється одним великим гравцем ринку. "Вертикальний" розвиток, розуміється, як конкуренція великих гравців за свої спеціалізовані ніші-коли кожен гравець займається не стільки горизонтальним зростанням, скільки вдосконаленням і оптимізацією своїх послуг майже не роблячи зусиль з диверсифікації послуг і ресурсів в Інші сфери. У роботі [5] показано, що в довгостроковій перспективі виняткова опора на використання обох стратегій не є оптимальною з точки зору стейкхолдерів МІЕ. Монополізація інформаційного ландшафту МІЕ одним гравцем в рамках горизонтальної стратегії призводить до "інформаційної монокультури", відсутності конкуренції, фрагментації МІЕ на рівні глобальних "інформаційних регіонів" країни, що може призвести до утворення "доменів", зв'язки яких між собою будуть слабкими через конкуренцію різних платформ. При цьому використання "вертикальної стратегії" стикається з відсутністю синергетичного ефекту інтегрування різних рішень на одній платформі.

Крім перерахованих факторів, дієвим фактором є певна інерція в мисленні проектувальників МІЕ, які виросли в умовах розподілених ІКС 90-их років і при проектуванні припускають, що первинна комунікаційна мережа буде продовжувати функціонувати в майже будь-яких умовах, що далеко не завжди так.

Метою даної статті є розв'язання загального питання живучості та стійкості МІЕ, а також встановлення місця низових інформаційних елементів і систем у забезпеченні роботи МІЕ.

Виклад основного матеріалу

Взаємодія та інтеграція компонентів МІЕ

Якщо розглядати МІЕ, як єдиний комплекс, то всередині нього можна виділити два основних типу взаємодії, а разом з ним і інтеграції підсистем МІЕ, кожна з яких може представляти окрему ІКС.

Перший тип – "горизонтальний" – на рівні "шарів" ("островів") відносно однорідних систем. До таких, наприклад, відносяться датчики руху, розміщені на муніципальних транспортних засобах, які дозволяють отримувати і аналізувати більш-менш однорідну інформацію про рух міського транспорту. Користувачі й точки такої мережі, як правило, об'єднані не за територіальною (ієрархічною) ознакою, а всередині однорідного "шару".

Другий тип – "вертикальний" або ієрархічний, при якому інформація надходить з різних рівнів ДІЕ, об'єднаних в ієрархію за територіальною (підпорядкованою) ознакою. Прикладом територіальної ієрархії може служити розбиття "місто-район-мікрорайон – житловий комплекс-будинки-під'їзд-квартира".

Якщо додати до цієї картини чотири різних напрямки інформаційного потоку між А- і В-категоріями стейкхолдерів, описаних вище, отримаємо достатньо універсальну картину міського інформаційного ландшафту.

Як було зазначено вище, сучасні міські рішення стають, в основному, рішеннями "однієї системи", що стосується "горизонтальної" або "вертикальної" картини взаємодії ІКС в МІЕ. У цих системах взаємодія та інтеграція йдуть, в основному, по горизонталі, або зверху вниз по ієрархії (А-А, або, А-В системи). Наприклад, при найближчому розгляді ET City Brain, що описані в [13], представляють собою об'єднання декількох більш-менш однорідних "островів" ІКС в рамках одного або декількох інформаційних центрів. Такими "островами" можна вважати мережу дорожніх відеокамер, систему управління міськими світлофорами та мережу зв'язку офіцерів міської поліції. Аналогічним чином інший продукт-додаток "Smart Healthcare", описаний в [14], веде облік електронних медичних карт в муніципальних лікарнях і інтегрується у МІЕ як самостійна, але однорідна внутрішньо ІКС. У перерахованих прикладах видно, що в даний час МІЕ розглядаються, в основному, як ІКС, що складаються з відносно однорідних систем, де взаємодія з низовими інформаційними структурами рівня В обмежується тільки односторонніми системами оповіщення або інформування (інформаційні табло міського транспорту, оповіщення про стихійні лиха і т.д.).

Низовим системам в рамках МІЕ поки відводиться більш пасивна роль "одержувача" і "споживача" інформації. При цьому їх розвиток тільки в рідкісних випадках якимсь регламентується для інтеграції з міськими системами, а в більшості випадків системи віддано на відкуп виробникам обладнання та постачальникам рішень.

ІКС низового рівня

Інтернет речей і системи розумного будинку замислювалися і проєктувалися, як однорідна ІКС, а компоненти таких ІКС ("речі" Інтернету речей) мали сенсори, трансивери та контролери. Сенсори дозволяли збирати інформацію, контролери – керувати поведінкою "речі", трансивери забезпечували зовнішній зв'язок (найчастіше в бездротовому виконанні).

Вихідна інформація і вхідні керуючі впливу повинні були передаватися через хмарні сервіси дозволяючи управляти кожним компонентом системи Інтернету речей вручну або автоматично. Передбачалося, що автоматизація має будуватися декількома способами: на основі скриптів, на основі голосового або текстового управління і за допомогою систем штучного інтелекту. При цьому навіть базовий рівень управління, згідно скриптам або прописаним задалегідь алгоритмам, міг реалізувати складні патерни поведінки. Наприклад, при появі в області видимості домашньої інформаційної системи телефону з певним «*id*» – автоматично розблоковується дверний замок, потім перевіряється час доби (іноді освітленість), а при необхідності включається світло, а на придверний монітор виводиться нагадування і повідомлення з домашнього сервера в залежності від того, хто з членів сім'ї був упізнаний по «*id*».

Системи розумного будинку таким чином, як частина Інтернету речей, повинні бути відносно самодостатніми "островами", об'єднаними між собою за допомогою локальних бездротових технологій, а з іншими системами й з власниками – через Інтернет і хмарні технології. Так, у роботі [15] вказується, що у Великобританії на 2020 рік було доступно 13 категорій, об'єднаних в великі системи, що охоплюють 267 рішень від 113 різних виробників, і дається досить оптимістичний прогноз для галузі. Разом з цим інші автори [16–17] вказують на проблеми з впровадженням існуючих рішень, фрагментацію викликану різними підходами виробників і постачальників цих послуг) рішень. У дослідженні [18] вказується, що хоча системи розумного будинку сприймаються як комфортні і прості у використанні, у них склалася репутація дорогих, небезпечних і ненадійних систем. В цілому робиться висновок про різницю сприйняття систем розумного будинку в залежності від соціальної групи, рівня комп'ютерної грамотності та

орієнтованості на навчання новим технологіям або на підхід "plug and play". Більшість авторів сходяться в тому, що зараз системи Інтернету речей і розумного будинку переживають стагнацію і спад попиту. Це пов'язано з багатьма факторами, зокрема з дефіцитом напівпровідникових комплектуючих та їх подорожчанням, пов'язаним з порушеннями ланцюжків постачання, які сталися через пандемію корона вірусу. Складнощі у розвитку систем розумного будинку можуть бути пов'язані скоріше з системними проблемами, ніж з високою конкуренцією на ринку.

Серед проблем розумного будинку та Інтернету речей, як правило, виділяють дефіцит стандарту, ніж дефіцит виробників і підходів, що викликає фрагментацію систем, покликаних покликаними бути інтегрованими за своєю природою. Додатковою проблемою стало моральне і фізичне старіння систем розумного будинку, оскільки на відміну від смартфонів і електроніки, що носять, обсяг інвестицій на розгортання системи значно збільшується (середня система управління розумним будинком може на порядок-два перевищувати суму, необхідну для покупки флагманської моделі смартфона), збільшується вона і на модернізацію (при моральному старінні системи на відміну від смартфона складніше демонтувати і замінити її новими моделями). Тому модернізація вбудованої електроніки, побутової техніки тощо, що використано в розумному будинку, з часом почне представляти проблему, особливо, враховуючи можливості зміни протоколів взаємодії в найближчій перспективі: перехід на 5g, 5.4 Гц діапазону wifi і нових протоколів bluetooth, а в майбутньому можливо Li-Fi чи інших реалізацій Visible light communications (VLC).

Позитивними прикладами реалізації ІКС низового рівня в певній мірі можна вважати телефонний зв'язок та інтернет-системи. Цікаво відзначити, що і ті й інші збудовані на відкритому стандарті, не монополізовані основними гравцями ринку, побудовані за модульним принципом, в якому працює, як горизонтальне, так і вертикальне об'єднання різних діючих систем (з ручного сільського комутатора досі можна дозвонитися на мобільний телефон). Ці системи відносно просто модернізуються і дозволяють "мирне співіснування" різних за типом систем (наприклад, для телефонних мереж цілком можлива робота в режимах GSM/2-3-4-5G/ CMD/ і дротового зв'язку різних видів), а, крім того, вони самі можуть служити первинними мережами для передачі по них потоків даних. При цьому в системах розумного будинку досі не вироблено єдиних стандартів взаємодії, хоча спроби такої стандартизації неодноразово робилися. Можливим залишається використання первинної мережі (у вигляді мережі Інтернет), проте поки не реалізований єдиний стандарт на

управління "речами", частою ситуацією стає «vendor lock – in», коли виробник намагається замкнути користувача на себе. Електричний чайник і керована розетка можуть отримувати команди по Bluetooth протоколу взаємодії, але при цьому для управління чайником потрібно встановити на телефон додаток від виробника, а керована розетка вимагає наявності домашнього центру управління побутовою технікою.

Концепція інтерфейсу до ІКС МІЕ

Питання уніфікації та дефрагментації ІКС розумного будинку й ІКС МІЕ буде неминуче виникати на кожному етапі розвитку МІЕ та охоплення міським інформаційним ландшафтом низових мереж (розумні будинки, розумні домогосподарства і т. д.). Розв'язання цього питання стало можливим в декількох напрямках.

Перше – впровадження глобальних стандартів взаємодії, яких дотримуватимуться всі виробники обладнання та постачальники рішень – так як це сталося з протоколом TCP/IP і семирівневою моделлю взаємодії OSI.

Друге – використання програмного або апаратного інтерфейсу до міських ІКС МІЕ. В цій галузі ще не до кінця сформувалася термінологія, а оскільки таке рішення має забезпечувати інтерфейс з перетворенням інформації зі стандарту розумного будинку в ІКС МІЕ і назад, його можна було б назвати шлюзом (в англійській мові такі пристрої називаються gateway), але за функціями така система повинна бути набагато ширше й автономніше простого шлюзу і за своїми функціями наблизитися до маршрутизатора (router). Для простоти будемо називати його "хаб" за аналогією з системами розумного будинку, щоб підкреслити не тільки функцію переходу від одного стандарту до іншого, але і можливість проводити первинну обробку інформації «ad hoc», за місцем.

Можливо, що у віддаленому майбутньому в галузі розумного будинку та Інтернету речей буде введений такий стандарт і це дозволить оптимально організувати взаємодію розумного будинку і МІЕ. Однак, сьогодні все прискорює інформатизація домогосподарств і міських інфосистем, а це потребує рішень вже зараз. Нами пропонується концепція «гейта» ІКС МІЕ, як пристроя, що забезпечує інтерфейс між системами розумного будинку і МІЕ.

Деталі реалізації хаба

Концепція, яка може бути реалізована у вигляді програмного забезпечення, що встановлюється на центральну систему домогосподарства, так і в апаратному вигляді як пристрій аналогічно іншим пристроїв Інтернету речей, сконцентрована в проявах функціонування **хаба**. Програмна реалізація такої системи буде сильно ускладнюватися вище згаданю фрагментацією систем розумного будинку і необхідністю підтримувати програмне забезпечен-

ня хоча б найбільших гравців ринку, в той час, як апаратна реалізація може спиратися на існуючі загальні стандарти (модель OSI), легко модернізуючись при оновленні всієї системи.

Така система може являти собою додатковий хаб, а по суті недорогий інтерфейс між системами розумного будинку і МІЕ. При цьому, оскільки мова йде про системи розумного будинку, взаємодія може бути організована за допомогою тієї чи іншої форми провідного підключення. Очевидно, що умови стаціонарної міської квартири або замського будинку найчастіше дозволяють прокласти кабель до кінцевої точки монтажу такого хаба.

З точки зору МІЕ і ІКС, що взаємодіють, таке підключення, крім дешевизни та мінімального інвазивного впливу на паралельно працюючі з ним контекстні ІКС, володіє численними перевагами. Воно не вимагає дефіцитного ресурсу діапазону радіочастот, стійке до атак і зовнішніх впливів, оскільки у зловмисника відсутня можливість проведення звичайної атаки через бездротове з'єднання. Підключення такого модулю може бути досить просто реалізовано технічно, оскільки в більшості сучасних домогосподарств вже так чи інакше реалізоване кабельне введення: від старих абонентських систем провідного мовлення до кабельних входів інтернет-провайдерів. Таке введення може бути реалізовано в різних варіантах. Це може бути "реальна мережа" – всі хаби одного будинку з'єднуються з загальнобудинковим серверним пристроєм, який в свою чергу через кабельну мережу підключається до районного або загальноміського сервера МІЕ, приблизно так, як це реалізовано для базових станцій мобільного зв'язку. Це може бути і "віртуальна мережа"; в цьому випадку хаб або одна з ланок ієрархії збору і передачі інформації може підключатися до мережі місцевого інтернет-провайдера. На рівні домогосподарства, це може бути апаратний хаб, включений в локальну комп'ютерну мережу домогосподарства нарівні з іншими її складовими: просто підключений до вільного порту домашнього роутера. У такому варіанті зв'язок з центральними міськими серверами МІЕ буде здійснюватися по інтернет-каналах провайдера з використанням захищеного протоколу та криптографічного захисту переданої та одержуваної інформації. Це може бути гібридне рішення, коли всі домашні хаби використовують рішення у варіанті "реальна мережа" – загальнобудинковий сервер, а сам сервер пов'язаний з центральними системами МІЕ через первинну мережу інтернет-провайдера, що обслуговує будинок. Таке рішення, на наш погляд, відрізняється найбільшою гнучкістю.

При цьому загальнобудинкова система (гібридна або реальна) може використовувати джерело автономного живлення так, як це зараз

реалізується в загальнобудинкових маршрутизаторах інтернет-провайдерів, що додатково забезпечить стійкість мережі навіть при вельми серйозних проблемах, наприклад, відключеннях світла тривалістю до трьох чотирьох годин.

Крім того, загальнобудинкова система може забезпечувати додаткову функціональність із збору та управління загальнобудинковими системами. Наприклад, в ній може бути реалізований збір інформації з датчиків зовнішньої метеостанції (температура, вологість і т. д.), стан дверей під'їзду (замкнена-відкрита), включення освітлення в під'їзді, інформування про стан ліфта та положення його кабіни, управління камерами в під'їзді, напруга та інші параметри в мережі електропостачання, тиск у водопроводі, температура і стан централізованих систем опалення, забезпечення функцій домофона і внутрішньобудинкового комунікатора.

Переваги запронованої системи

З точки зору МІЕ реалізація такої низової інтерфейсної мережі матиме вирішальну перевагу у вигляді оперативного збору інформації. Втім, завдяки розподіленій реалізації такої системи, попередня обробка інформації може відбуватися вже на рівні домогосподарств і загальнобудинкових систем, що знизить загальні вимоги до центральних систем управління та збору інформації МІЕ. Це значно підвищить оперативність управління міським середовищем і зменшить час реакції на можливі несанкціоновані втручання (НВ). Наприклад, при відключеннях світла буде легко отримати інформацію як про джерело відключення, так і про стан мереж в безпосередній близькості від відключеної ділянки.

Отже, покращиться можливість оповіщення населення про планові або позапланові відключення тих чи інших систем: з'явиться можливість надсилати оповіщення централізовано, а не викладати їх на веб-сервері організації, як це робиться зараз в більшості випадків. При цьому, реалізація власного інтерфейсу дозволить не залежати від конкретного постачальника даних та інформації, що має сильно спростити та здешевити підтримку і супровід МІЕ.

З точки зору виробників систем розумного будинку, наявність уніфікованого та універсального протоколу взаємодії дасть перевагу у використанні інформації про МІЕ "від постачальника". Наприклад, навігатор або планувальник-органайзер користувача зможе використовувати інформацію про стан міського транспорту та про доступність тих або інших міських сервісів і служб в оперативному режимі. Парадоксальним чином, наявність відкритої точки входу та універсального інтерфейсу може поліпшити ситуацію з фрагментацією систем внутрішнього будинку, оскільки зможе дозволити

мешканцям використовувати хаб як середовище обміну інформацією один з одним.

З точки зору рядового користувача витрати на установку у себе хабу окупляться завдяки більш тісній взаємодії з МІЕ і загальнобудинковими системами, а також, можливо, позитивним чином позначаться на роботі систем розумного будинку. І тут розкривається важливий аспект проблеми: при умовах відкритої та прозорої реалізації системи істотно зменшуються ризики щодо приватності, оскільки сам користувач отримає можливість контролювати вихідну інформацію.

Підвищення стійкості ІКС МІЕ використовує розподілені системи взаємодія

Сучасні інформаційні системи не володіють достатньою автономністю і є вразливими до більшості НВ. Мова йдеться як про свідомі спроби виведення системи з ладу, де найбільш поширеним типом є кібератака, так і про помилки персоналу або про наслідки стихійних лих і техногенних катастроф (див. [4]).

У роботі [19] наводиться наочне порівняння: для 2012 року вихід з ладу умарного сервісу становив в середньому 7,5 годин на рік, в той час як для міської мережі цей середній показник становить 15 хвилин на рік. У цій же роботі вказується, що дані про багато збоїв і непрацездатності інформаційних сервісів не висвітлюються широко і тому створюється враження безперебійної роботи цих сервісів. Останній за часом приклад, а саме, майже шестигодинний збій у роботі соціальної мережі Facebook [20], який призвів до виходу з ладу не тільки Facebook, але і пов'язаних з ним сервісів (Instagram і WhatsApp).

В умовах впливу НВ важливим стає не тільки управління ліквідацією наслідків безпосередніх загроз, а й боротьба за функціональну живучість з метою не допустити розвалу системи. В результаті НВ системи можуть безпосередньо виходити з ладу не тільки системи, а й породжуватися "вторинні ефекти", впливаючи на суміжні з ними (по горизонталі і вертикалі структури МІЕ) системи. Для загального розвалу інформаційної системи в результаті НВ часто не обов'язково, щоб було виведено 100% її підсистем, а досить просто створити зниження працездатності одного або декількох ключових компонентів системи.

Характерним прикладом крихкості сучасної інформаційної інфраструктури став випадок зі зливами, які в липні 2021 року призвели до виходу з ладу значної частини інфраструктури по всій Європі, включаючи Україну [21]. Автори статті теж виявилися свідками того, що відбувалося. Зокрема, в Одесі через зливи надовго було знеструмлено декілька районів міста [22]. В умовах відсутності

електроенергії базові станції мобільного зв'язку розраховані на роботу протягом приблизно 4 годин автономної роботи, після чого вони вимагають додаткових дій (наприклад, підключення переносного дизель-генератора, якщо робота станції вважається пріоритетною). До полудня станції мобільного зв'язку в знеструмлених районах або не працювали, або були сильно перевантажені вхідними дзвінками. Аналогічним чином були перевантажені всі суміжні стільники, оскільки користувачі з "мертвих зон", переміщаючись в суміжні зони, створювали додаткове навантаження значно вище штатної. Єдиним функціонуючим засобом зв'язку в "мертвих зонах" протягом приблизно доби виявилось fm-радіо, в тому числі, вбудоване в смартфони.

Цікаво, що при наявності запиту на постачання смартфонів чіпом для прийому fm радіомовлення (система екстреного оповіщення за допомогою fm-радіо є реально надійною, а часто і єдиною функціонуючою в зонах стихійних лих, що не перевантажує мережу мобільного зв'язку масовою розсилкою sms-повідомлень, дальність роботи системи обмежена радіусом дії міських fm-станцій, енергоспоживання мобільного телефону при роботі на прийом fm-трансляції набагато нижче, ніж для звичайного інтернет-з'єднання) виробники і продавці смартфонів часто блокують їх FM-чіпи, або вживають всіх заходів до зменшення їх "помітності" серед телефонних додатків з метою перемикавання призначеної для користувача уваги на онлайн-сервіси, що поставляються через інтернет [23].

Системи МІЕ, що спрямовані на профілактику, запобігання, зменшення наслідків та усунення НВ, повинні спиратися на максимально відкриті та прозорі рішення, а ще повинні мати достатню надмірність, щоб зберігати можливість функціонування навіть в умовах втрати централізованого управління.

Таким чином, наявність окремої, ієрархічно вибудованої мережі хабів дозволить створити додатковий резерв стійкості і живучості для МІЕ навіть у разі втрати централізованого управління. Як було зазначено вище, перш за все підвищується оперативність оповіщення населення про можливі НВ, що дозволяє швидше реагувати і локалізувати можливі наслідки НВ. У разі втрати централізованого управління, на кожному з можливо пошкоджених ділянок МІЕ виникають питання підтримки його працездатності. У загальному випадку це обмежується діагностикою та відновленням несправностей системи, однак крім цього ще залишається питання взаємодії із суміжними системами горизонтальної і вертикальної ієрархії. Так, наявність загальнобудинкового серверу дозволяє не тільки зберегти керування будинкової системи і своєчасно оповістити мешканців будинку про можливі втрати зв'язку, а й при наявності

комунікаційної функції дозволить мешканцям зберегти контакт (що в умовах багатоповерхового будинку в спальному районі не завжди є тривіальною функцією) і самоорганізуватися.

Аналогічним чином, наявність хаба, як незалежної точки взаємодії для Інтернету речей і розумного будинку з МІЕ, дозволить домогосподарству довше зберігати автономність і скоротити час реакції на НВ, а отже і підвищить стійкість домогосподарства до НВ.

Навіть якщо розглянута система зберегла або відновила свою справність, часто просте включення в МІЕ, без урахування стану "сусідів" загрожує непередбачуваними наслідками. Це ставить завдання децентралізованої взаємодії та відновлення підсистем, де також можна буде знайти застосування запропонованої нами системи.

Висновки та перспективи подальших розвідок

Отже, запропонована концепція взаємодії низових ІКС і ІКС МІЕ не тільки дозволяє вирішити або значно пом'якшити питання взаємодії низових систем з МІЕ, а і створює досить високий рівень надмірності з управління та інформування, підвищуючи таким чином стійкість МІЕ до НВ, що виникають за різних обставин: від свідомих спроб виведення системи з ладу, до наслідків стихійних лих і техногенних катастроф.

Впровадження описаної нами концепції дозволить краще організувати взаємодію усередині вертикальних і горизонтальних зв'язків МІЕ за категоріями В-В (мережевоцентрична низова самоорганізація, наприклад, при втраті зв'язку з центральними системами МІЕ), В-А: (випереджальне міське управління з подачею заявок на обслуговування "знизу") і А-В: (системи громадського інформування) і дозволить зняти багато питань фрагментації й закритості сучасних реалізацій рішень розумного будинку та Інтернету речей.

Література

1. Tesselaaar M. *Impacts of climate change and remote natural catastrophes on EU flood insurance markets: An analysis of soft and hard reinsurance markets for flood coverage* / Tesselaaar M., Botzen W., Aerts J.C. // *Atmosphere*. – 2020. – Vol. 11, no. 2. – P. 146. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos11020146>
2. Ford D.N. *Smart cities with digital twin systems for disaster management* / Ford D.N., Wolf C.M. // *Journal of management in engineering*. – 2020. — Vol. 36, no. 4. — P. 04020027.
3. Бойко В.Д. «Розумне місто» в контексті кібербезпеки: інциденти, ризики, загрози / Бойко В.Д., Василенко М.Д. // *Комунальне господарство міст, Сер.: Технічні науки та архітектура*. – 2020. – Вип. 4(157). – С. 184–191. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2020-4-157-184-191>
4. Băsescu C. *Immunizing systems from distant failures by limiting*

- lampport exposure / Băescu C., Ford B. // *Proceedings of the twentieth ACM workshop on hot topics in networks*. – New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2021. – Pp. 199–205. DOI: <https://doi.org/10.1145/3484266.3487387>
5. Бойко В.Д. "Розумне місто" в контексті системи штучного інтелекту та великих даних: Можливі стратегії, ризики / Бойко В.Д., Василенко М.Д. // *Комунальне господарство міст*. – 2021. – Вип. 1(161). – P. 241–249. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2021-1-161-241-249>
6. Lim C. *Smart cities with big data: Reference models, challenges, and considerations* / Lim C., Kim K.-J., Maglio P.P. // *Cities*. – 2018. – Vol. 82. – Pp. 86–99. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.04.011>
7. Appio F.P. *Understanding smart cities: Innovation ecosystems, technological advancements, and societal challenges* / Appio F.P., Lima M., Paroutis S. // *Technological Forecasting and Social Change*. – 2019. – Vol. 142. – P. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.12.018>
8. Kong L. *A systematic review of big data-based urban sustainability research: State-of-the-science and future directions* / Kong L., Liu Z., Wu J. // *Journal of Cleaner Production*. – 2020. – Vol. 273. – P. 123142. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123142>
9. Eisenmann T., Parker G. *Platform envelopment* // *SSRN Electronic Journal*. – Elsevier BV, 2010.
10. Eisenmann T. *Platform envelopment* / Eisenmann T., Parker G., Van Alstyne, M. // *Strategic Management Journal*. – 2011. – Vol. 32, no. 12. – P. 1270–1285. DOI: <https://doi.org/10.1002/smj.935>
11. Jia K. *Mobile internet business models in china: Vertical hierarchies, horizontal conglomerates, or business groups* / Jia K., Kenney M. // *Berkeley Roundtable on the International Economy Working Paper*. – 2016. – Vol. 6.
12. Jia K. *The application of artificial intelligence at chinese digital platform giants: Baidu, alibaba and tencent* / Jia K., Kenney M., Mattila J., Seppala T. // *ETLA reports*. – 2018. – Is. 81.
13. *The Chronicles of Cloud Building in Hangzhou: Part 2* / Alibaba Cloud Community. – 2020.
14. *City Brain Now in 23 Cities in Asia* / Alibaba Cloud Community. – 2020.
15. Sovacool B.K. *Smart home technologies in Europe: A critical review of concepts, benefits, risks and policies* / Sovacool B.K., Furszyfer Del Rio D.D. // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2020. – Vol. 120. – P. 109663. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109663>
16. Hosek J. *A SyMPHOnY of integrated IoT businesses: Closing the gap between availability and adoption* / Hosek J., Masek P., Andreev S., Galinina O., Ometov A., Kropfl F., Wiedermann W., Koucheryavy Y. // *IEEE Communications Magazine*. – 2017. – Vol. 55, no. 12. – P. 156–164. DOI: <https://doi.org/10.1109/MCOM.2017.1700028>
17. Fantacci R. *Short paper: Overcoming IoT fragmentation through standard gateway architecture* / Fantacci R., Pecorella T., Viti R., Carlini C. // *2014 IEEE world forum on internet of things (WF-IoT)*. – IEEE, 2014. – P. 181–182. DOI: <https://doi.org/10.1109/WF-IoT.2014.6803149>
18. Agerskov M. *Perceived Barriers to Consumer Acceptance of Smart Homes in The Finnish Market: Master's thesis*. – Aalto University. School of Business, 2019. – P. 54 + 19.
19. Gagnaire M. *Downtime statistics of current cloud solutions* / Gagnaire M., Diaz F., Coti C., Cerin C., Shiozaki K., Xu Y., Delort P., Smets J.-P., Le Lous J., Lubiarsz S., others // *International Working Group on Cloud Computing Resiliency, Tech. Rep.* – Citeseer, 2012.
20. Madory D. *Facebook's historic outage, explained* [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу: <https://www.kentik.com/blog/facebooks-historic-outage-explained/> (дата звернення 17.11.2021).
21. Fekete A. *Here comes the flood, but not failure? Lessons to learn after the heavy rain and pluvial floods in Germany 2021* / Fekete A., Sandholz S. // *Water*. – 2021. – Vol. 13, no. 21. DOI: <https://doi.org/10.3390/w13213016>
22. Одеса О. *Сайт міста. У ніч на 22 липня в одесі випало понад двомісячну норму опадів* [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу: <https://omr.gov.ua/ua/news/224106/> (дата звернення 17.11.2021).
23. Bennett D.M., LaForce S. *FM radio and RBDS-based emergency alerting: Possibilities and potholes*. – 2013.

References

- Tesselaar, M., Botzen, W., Aerts, J.C. (2020). Impacts of climate change and remote natural catastrophes on EU flood insurance markets: An analysis of soft and hard reinsurance markets for flood coverage. *Atmosphere*, 11(2), 146. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos11020146>
- Ford, D.N., Wolf, C.M. (2020). Smart cities with digital twin systems for disaster management. *Journal of management in engineering*, 36(4), 04020027.
- Boyko, V., Vasilenko, N. (2020). Smart city in the context of cybersecurity: Incidents, risks, threats. *Municipal economy of cities*, 4(157), 184–191. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2020-4-157-184-191> [in Ukrainian]
- Băescu, C., Ford, B. (2021). Immunizing systems from distant failures by limiting lampport exposure. *Proceedings of the twentieth ACM workshop on hot topics in networks*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 199–205. DOI: <https://doi.org/10.1145/3484266.3487387>
- Boyko, V.D., Vasilenko M.D. (2021). Smart city in the context of artificial intelligence and big data: possible strategies and risks. *Municipal economy of cities*, 1(161), 241–249. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2021-1-161-241-249> [in Ukrainian]
- Lim, C., Kim, K.-J., Maglio, P.P. (2018). Smart cities with big data: Reference models, challenges, and considerations. *Cities*, 82, 86–99. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.04.011>
- Appio, F.P., Lima, M., Paroutis, S. (2019). Understanding smart cities: Innovation ecosystems, technological advancements, and societal challenges. *Technological Forecasting and Social Change*, 142, 1–14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.12.018>
- Kong, L., Liu, Z., Wu, J. (2020). A systematic review of big data-based urban sustainability research: State-of-the-science and future directions. *Journal of Cleaner Production*, 273, 123142. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123142>
- Eisenmann, T., Parker, G. (2010). *Platform envelopment*. SSRN Electronic Journal, Elsevier BV.
- Eisenmann, T., Parker, G., Van Alstyne, M. (2011). Platform envelopment. *Strategic Management Journal*, 32(12), 1270–1285. DOI: <https://doi.org/10.1002/smj.935>
- Jia, K., Kenney, M. (2016). Mobile internet business models in china: Vertical hierarchies, horizontal conglomerates, or business groups. *Berkeley Roundtable on the International Economy Working Paper*, 6.
- Jia, K., Kenney, M., Mattila, J., Seppala, T. (2018). The application of artificial intelligence at chinese digital platform

giants: Baidu, alibaba and tencent. *ETLA reports*, 81.

13. *The Chronicles of Cloud Building in Hangzhou: Part 2* (2020). Alibaba Cloud Community.

14. *City Brain Now in 23 Cities in Asia* (2020). Alibaba Cloud Community.

15. Sovacool, B.K., Furszyfer Del Rio, D.D. (2020). Smart home technologies in Europe: A critical review of concepts, benefits, risks and policies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 120, 109663. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109663>

16. Hosek, J., Masek, P., Andreev, S., Galinina, O., Ometov, A., Kropfl, F., Wiedermann, W., Koucheryavy, Y.A (2017). SyMPHOnY of integrated IoT businesses: Closing the gap between availability and adoption. *IEEE Communications Magazine*, 55(12), 156–164. DOI: <https://doi.org/10.1109/MCOM.2017.1700028>

17. Fantacci, R., Pecorella, T., Viti, R., Carlini, C. (2014). Short paper: Overcoming IoT fragmentation through standard gateway architecture. *2014 IEEE world forum on internet of things (WF-IoT)*, IEEE, 181–182. DOI: <https://doi.org/10.1109/WF-IoT.2014.6803149>

18. Agerskov, M. (2019). *Perceived Barriers to Consumer Acceptance of Smart Homes in The Finnish Market*. Master's thesis. Aalto University. School of Business.

19. Gagnaire, M., Diaz, F., Coti, C., Cerin, C., Shiozaki, K., Xu, Y., Delort, P., Smets, J.-P., Le Lous, J., Lubiarz, S., others. (2021). *Downtime statistics of current cloud solutions*. International Working Group on Cloud Computing Resiliency, Tech. Rep. Citeseer,

20. Madory, D. (2021). *Facebook's historic outage, explained*. URL: <https://www.kentik.com/blog/facebook-historic-outage-explained/> (accessed 17.11.2021).

21. Fekete, A., Sandholz, S. (2021). Here comes the flood, but not failure? Lessons to learn after the heavy rain and pluvial floods in Germany 2021. *Water*, 13(21). DOI: <https://doi.org/10.3390/w13213016>

22. Odessa O. city website. *On the night of July 22, more than two months of precipitation fell in Odessa* (2021). URL:

<https://omr.gov.ua/ua/news/224106/> (accessed 17.11.2021). [in Ukrainian]

23. Bennett, D.M., LaForce, S. (2013). *FM radio and RBDS-based emergency alerting: Possibilities and potholes*.

Рецензент: д-р техн. наук, професор В.М. Тупкало, Інститут інтелектуальної власності та права Національного Університету «Одеська юридична академія», Україна.

Автор: ВАСИЛЕНКО Микола Дмитрович
доктор фізико-математичних наук, доктор юридичних наук, професор, професор кафедри кібербезпеки

Національний університет «Одеська юридична академія»

E-mail – nvas08@ukr.net

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8555-5712>

Автор: БОЙКО Віктор Дмитрович
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри кібербезпеки

Національний університет «Одеська юридична академія»

E-mail – boyko-work@ukr.net

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5929-657X>

Автор: СЛАТВІНСЬКА Валерія Миколаївна
викладач кафедри кримінального права, процесу та криміналістики

Міжнародний гуманітарний університет

E-mail – slatvinskaya_valeriya@ukr.net

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6082-981X>

SURVIVABILITY AND SUSTAINABILITY OF SMART CITY INFORMATION SYSTEM COMPONENTS

M. Vasilenko¹, V. Boyko¹, V. Slatvinska²

¹National University "Odessa Law Academy", Ukraine

²International Humanitarian University, Ukraine

The article examines the problems of survivability and stability of functioning of components of Smart City Information Systems. The relevance of the topic is related to the wide dissemination and implementation of information and communication technologies at various levels. The degree of relevance is great. The authors analyze the situation with modern integrated systems of various levels of the smart city information ecosystem. One of the main problems of implementing smart home systems is the fragmentation and fragmentation of the market - each manufacturer seeks to lock the user to its standard, which leads to the lack of uniform standards of interaction. As a result, the usability of smart home systems worsens, the cost of ownership and support increases, and the security of their use decreases – including potentially increasing the area of cyberattacks. In addition, disparity in standards and vendor lock-in lead to excessive complexity of interaction between smart home systems and the smart city information ecosystem. All of the above pushes users away from the existing market and leads to a decrease in sales, which leads to stagnation in this market segment. The alternative model of system development proposed by the authors is based on the experience of implementing and developing existing solutions for Global Information Systems. The solution should be based on open interaction protocols at all levels of the information ecosystem, which will allow manufacturers to develop their product taking into account and in the context of interaction with other products. The construction of modules and components of such a system is considered separately. ideally, each of the smart home modules should not lose its qualities both in the context of the Smart Home information ecosystem and outside it.

Keywords: "smart city", urban economy, computer technologies, information system.