

Правова інформатика

УДК 681.3:004.6+314.1

БРАЙЧЕВСЬКИЙ С.М., кандидат фізико-математичних наук

РЕЗОНАНСНІ ЯВИЩА В СИСТЕМАХ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

Анотація. В роботі розглянуті специфічні ефекти, викликані наявністю двох груп коливних процесів – зміни параметрів оточуючого середовища та обробки вхідних даних системою. Показано, що за певних умов в системі можуть виникати резонансні явища, здатні призводити до її непередбачуваної поведінки.

Ключеві слова: інформаційні технології, Інтернет речей, резонанс.

Summary. The paper deals with specific effects caused by the presence of two groups of oscillatory processes – changes in environmental parameters and processing of input data by the system. It is shown that, under certain conditions, resonance phenomena may occur in the system, which can lead to its unpredictable behavior.

Keywords: information technology, Internet of things, resonance.

Аннотация. В работе рассмотрены специфические эффекты, вызванные наличием двух групп колебательных процессов – изменения параметров окружающей среды и обработки входных данных системой. Показано, что при определенных условиях системе могут возникать резонансные явления, способные приводить к ее непредсказуемому поведению.

Ключевые слова: информационные технологии, Интернет вещей, резонанс.

Постановка проблеми. Швидкий розвиток сучасних інформаційних технологій породжує нові виклики і нові ризики, що потребують ретельного вивчення. До їх числа відносяться і проблеми правового регулювання, пов'язані з використанням Інтернету речей (далі – IoT) [1]. Вони пов'язані з наявністю (принаймні, гіпотетичною) в поведінці систем IoT елементів соціальної поведінки [2]. Питання про природу соціальних відносин між людиною та технологічною системою є, взагалі кажучи, досить нетривіальним. В пропонованій роботі ми не маємо наміру обговорювати цю проблему в повному обсязі.

Ми не торкатимемось питань розумності машини, наявності у неї свідомості тощо. З практичної точки зору важливо те, що сучасні технологічні системи можуть призводити до наслідків, що однозначно не витікають із їх будови та тих задач, які перед ними ставить людина. Через це людина не в змозі відповідати за них. Ці наслідки не мають нічого спільного зі “свободою волі” машини і насправді викликані специфічними особливостями її функціонування. Але вони, по суті, відіграють таку ж роль, як і свідомі дії індивіда. Саме в такому розумінні ми говоримо про необхідність правового регулювання відносин людина – машина.

В пропонованій роботі ми зупинимось лише на одному аспекті проблеми – непередбачуваності поведінки системи, зумовленій нелінійними ефектами в її роботі.

Ми покажемо, що за певних умов в системі IoT можуть виникати резонансні явища, які призводять до непередбачуваних рішень, що приймає система. Йдеться про явище, аналогічне параметричному резонансу, яке зумовлене певним співвідношенням внутрішньої частоти роботи програмного комплексу та частоти зміни зовнішніх параметрів, що

використовуються як вхідні дані. Головна причина такої поведінки полягає в тому, що за рахунок обміну даними між різними компонентами системи IoT через мережу Інтернет, внутрішня частота роботи системи за порядком величини може співпадати з частотою зміни фізичних характеристик зовнішнього середовища.

Результати аналізу наукових публікацій. Правове регулювання в галузі використання технологічних (в тому числі інформаційних) систем саме по собі не є чимось новим. Мається на увазі правове регулювання відносин між людьми, які здійснюються за допомогою технологічних систем або у зв'язку з їх використанням.

При цьому виділяють дві основні категорії проблем:

- особливості функціонування технологічних систем як причина виникнення особливостей у додатковому правовому регулюванні;
- забезпечення захисту від наслідків нештатного функціонування технологічних систем.

Тобто суб'єктом права в будь-якому випадку є людина, а технологічна система виступає лише в ролі знаряддя в її руках. Отже, в ситуаціях, коли функціонування системи призводило до негативних наслідків, вважалося, що відповідальність за її дії несуть розробники, виробники та експлуатаційники, тобто люди.

Але сьогодні (принаймні, теоретично) розглядаються ситуації, відповідальність в яких може бути покладена саме на машину, незалежно від участі людини [2; 3]. Такий погляд на технологічні системи є принципово новим, оскільки передбачає можливість того, що їх функціонування може мати соціальні наслідки, а отже, вони самі можуть розглядатися як суб'єкти суспільних відносин. Фактично, сказане означає, що за певних умов технологічна система набуває елементів суб'єктності. На перший погляд, це суперечить загальноприйнятим уявленням про сутність технологічних систем. Адже вважається, що машина лише виконує програму, закладену в неї людиною. І разом з тим, розвиток сучасних інформаційних технологій, зокрема Інтернету речей, свідчить, що такі ситуації можливі. Якщо не вдаватися до наукової фантастики, то мова, очевидно, йде не про повноцінну суб'єктність машини, а про наявність в її функціонуванні окремих рис, характерних для справжнього суб'єкта – людини.

Вважаємо, що в рамках обраної нами теми ключовим чинником є здатність машини самостійно приймати рішення. Підкреслимо, що йдеться не про імітацію прийняття рішення, що, взагалі кажучи, на наш час не є чимось особливим (прикладом може служити комп'ютер, що грає в шахи). Ми маємо на увазі здатність машини приймати рішення, яке однозначно не визначається алгоритмом, обраними значеннями його параметрів та структурою вхідних даних. Саме така поведінка машини дає підстави говорити про її відповідальність за власні дії, що є предметом правового регулювання.

Нижче ми проаналізуємо одну з таких можливостей, зумовлену нелінійними ефектами в IoT-системах. А саме, можливість виникнення в них параметричного резонансу (в широкому розумінні).

Нагадаємо, що термін “Інтернет речей” на початку означав концепцію впровадження радіочастотних міток в систему керування логістичними ланцюжками [4; 5]. З часом під IoT почали розуміти концепцію обчислювальної мережі фізичних предметів (“речей”), оснащених вбудованими технологіями для їх взаємодії одне з одним або з оточуючим середовищем [6]. Головна ідея полягала в тому, що використання таких мереж дозволить (принаймні, частково) виключити участь людини. На наш час переважає розуміння IoT як сукупності технічних систем і комплексів, що взаємодіють між собою через мережу Інтернет [1; 3]. Вважається, що концепція IoT в практичній реалізації має як технологічні, так і соціальні наслідки [2].

Метою статті є визначення нелінійної поведінки систем IoT, яка зумовлена наявністю в процесах обробки вхідних даних коливних процесів в умовах періодичної зміни параметрів зовнішнього середовища.

Виклад основного матеріалу. Нижче ми проаналізуємо один із аспектів можливих реалізацій цієї концепції. А саме, внесок в роботу системи IoT нелінійних ефектів, зумовлених резонансними явищами.

Коли ми говоримо про нелінійні ефекти, маємо на увазі те, що система IoT, взагалі кажучи, є нелінійною. Нагадаємо, що нелійними називають динамічні системи (тобто системи, стан яких змінюється в часі), що математично описуються нелінійними рівняннями. Навпаки, лінійні системи – такі, що описуються лінійними рівняннями [7]. Ми не будемо заглиблюватись в теорію нелінійних систем, обмежившись лише деякими загальними зауваженнями..

Строго кажучи, лінійних систем в природі не існує, тому що реальні процеси завжди описуються нелінійними рівняннями. Лінійна система – це свого роду абстракція, в якій лінійні рівняння дають результат, достатньо точний для практичних цілей. Системи, що не допускають такого абстрагування, зустрічаються достатньо рідко. Але часто нелінійність системи стає помітною в практичному плані за певних умов. Тоді кажуть про нелінійні ефекти в такій системі. Ми обмежимося одним з багатьох можливих явищ, пов'язаних з специфічною поведінкою навколишнього середовища системи IoT.

На рівні технологічної реалізації IoT є набором датчиків, що фіксують задані параметри навколишнього середовища, та пристроїв, що обробляють вхідні дані, отримані від датчиків. Для нас суттєво, що обмін даними здійснюється за допомогою мережі Інтернет. Метою створення такої системи є виключення безпосередньої участі людини, принаймні в частині функціональних можливостей системи. Це, в свою чергу, означає, що система IoT повинна на основі обробки отриманих вхідних даних приймати рішення, результатом яких буде реальний вплив на оточуюче середовище. Зрозуміло, що в тих випадках, коли прийняті рішення неадекватні фактичній ситуації, наслідки роботи системи можуть бути вкрай негативними. Як приклад, можемо розглянути протипожежну систему музейних приміщень, яка отримує дані про температуру середовища, швидкість її зміни (це потрібно для визначення загоряння на початковій стадії), концентрацію продуктів згоряння в повітрі тощо. Якщо система помилково визначить критичну ситуацію, вона спрацює, що призведе до блокування приміщення і відкачки повітря. В разі присутності в приміщенні, наприклад, групи екскурсантів, це може мати фатальні наслідки.

Важливим є питання про можливі причини виникнення таких ситуацій. Стандартними вважаються чинники, що утворюють три групи:

- помилки алгоритмів програмного комплексу;
- помилкові вхідні дані;
- невідповідні значення параметрів роботи алгоритмів, які встановлюють експлуатаційники в процесі налаштування системи в конкретних умовах.

Якщо система є лінійною, то незначні відхилення в кожній з груп ведуть до незначних відхилень в поведінці системи як такої. Отже, по-перше, при правильному налаштуванні не виникатиме позаштатних ситуацій, а, по-друге, якщо такі ситуації й виникатимуть, вони не матимуть помітних наслідків. Важливо те, що поведінка лінійної системи прогнозована. Дійсно, знаючи використовувані алгоритми та конкретні значення параметрів, ми можемо покроково пройти весь тракт системи і визначити критичні точки, в яких можуть виникати збої. Тому відповідальність за негативні

наслідки функціонування системи лежить на проектувальниках, виробниках та експлуатаційниках.

Але можуть виникати інші ситуації, в яких поведінка системи стає не прогнозованою, і не існує способу визначити, коли і за рахунок чого відбувся збій. Єдине, що нам доступне – гіпотетично припустити можливість подібної поведінки. В таких випадках має сенс говорити про “відповідальність” машини. Нижче ми обговоримо одну з них, в основі якої лежить явище параметричного резонансу [8 – 10]. Такі явища виникають, коли встановлюється певна відповідність внутрішньої частоти коливної системи та частоти коливань значення її параметра.

Відразу зауважимо, що явища, про які ми будемо говорити нижче, не є параметричним резонансом в стандартному розумінні (як його розуміють у фізиці), оскільки система IoT, строго кажучи, не є осцилятором в класичному значенні цього слова. Маємо лише певні аналогії, які дозволяють моделювати конкретні реальні ситуації. Звичайно, ми будемо використовувати спрощену картину, оскільки реальні системи IoT набагато складніші і з точки зору функціональних задач, і з точки зору технічної реалізації. Наша мета полягає в дослідженні принципових можливостей.

Для такого моделювання нам перш за все потрібно визначити, що є аналогом власної частоти осцилятора. Цей аналог ми і будемо називати внутрішньою частотою системи.

Можливість визначення такого аналога зумовлена тим, що робота програмного комплексу системи IoT завжди є циклічною. В її основі лежить цикл, який здійснює обхід всіх портів, по яких надходять вхідні дані, і виконує їх обробку. Якщо при черговому обході нових даних немає, цикл нічого не робить. Даний цикл може бути “схований” на низькому рівні і керуватися безпосередньо операційною системою, але ця обставина не змінює суті справи. Тому робота системи, незалежно від конкретної реалізації, від початку характеризується певною частотою. Обробка вхідних даних може мати (і, скоріш за все, має) внутрішні цикли, які характеризуються своїми частотами. Суперпозиція цих частот і є аналогом власної частоти класичного осцилятора. Ця частота, очевидно, не пов’язана з фізичним рухом (в тому чи іншому сенсі). Йдеться про періодичну зміну стану системи, але цього достатньо для розуміння специфічних ефектів взаємодії такої системи з оточуючим середовищем.

Наступним кроком є визначення аналога амплітуди коливань системи, з величиною якої, власне, і пов’язане явище резонансу. Ми в цьому плані використовуватимемо змінну (в найпростішому випадку це простий лічильник), величина якої збільшується або зменшується залежно від стану зовнішнього оточення. Оскільки значення даної змінної (будемо називати її контрольною) відбиває стан оточення системи, воно здійснює коливання, в тому числі і за рахунок періодичного обнуління на початку деяких циклів. Тому ця змінна може під обраним нами кутом зору, розглядатися як амплітуда коливань системи. Якщо її значення після завершення чергового циклу досягає певної величини, система спрацьовує в той чи інший спосіб, тим самим виконуючи свою задачу.

Обхід стандартних портів в звичайних комп’ютерних системах здійснюється процесором і тому має достатньо високу частоту, щоб не брати до уваги коливні ефекти. Але в системах IoT ситуація інша. Ключову роль відіграє та обставина, що ці системи є системами з розподіленими параметрами [8 – 9]. Так називають системи, просторові масштаби процесів в яких сумірні з просторовими масштабами зміни фізичних параметрів оточення. Важливо, що стан таких систем визначається функціями кількох незалежних змінних, що, як правило, залежать не лише від часу, а й від просторових

координат. А обмін даними в системах IoT здійснюється через Інтернет, що має кінцеву швидкість передачі сигналу (яка, до того ж, не є сталою через різноманітні технічні чинники).

Отже, маємо такі специфічні особливості роботи систем IoT:

- поточний набір вхідних даних формується за допомогою різних датчиків, які не обов'язково точно синхронізовані, а отже, системі, можливо, доводиться чекати, поки не буде завершено формування повного набору;
- датчики, що визначають градієнти параметрів (швидкості їх зміни), можуть мати помітний час спрацьовування;
- наявність вкладених циклів, які обробляють дані від різних комплексів датчиків, і передають результати обробки іншим програмним компонентам;
- обмін даними здійснюється по мережі Інтернет, що також займає певний час, який, до того ж, не є сталим в часі.

Тому реальні проміжки часу отримання і обробки чергової порції вхідних даних може суттєво зростати і досягати значень, сумірних з часовими характеристиками фізичних процесів. Відповідно, і внутрішня частота нашої системи може виявитись достатньо низькою, внаслідок чого резонансні явища стають цілком можливими.

Наприклад, якщо отримання і обробка даних контролю зростання температури оточення буде протягом достатнього часу співпадати з періодичним її зростанням, а періодичне зниження буде ігноруватись, значення контрольної змінної почне необмежено зростати, що викличе спрацьовування системи в умовах, для яких воно не передбачене.

Особливість подібної поведінки системи полягає в тому, що виникнення резонансного явища, взагалі кажучи, неможливо спрогнозувати. Неадекватне зростання контрольної змінної викликано не алгоритмами програмного комплексу (вони працюють в штатному режимі) і не значеннями характеристик зовнішнього середовища (вони знаходяться в межах припустимого). Причиною є нелінійні ефекти, викликані особливостями роботи системи, пов'язаними з двома категоріями періодичних процесів – внутрішніх та зовнішніх. Виникнення їх зумовлене саме наявністю розподіленої системи датчиків, які в режимі реального часу постійно формують набори вхідних даних.

Висновки.

Отже, ми бачимо, що за певних умов характер взаємодії IoT з оточуючим середовищем може призводити до нелінійних ефектів з елементами непередбачуваної поведінки системи. Один із можливих випадків пов'язаний з періодичністю зміни параметрів оточення.

Таким чином, суто технологічні властивості системи IoT можуть зумовити її функціонування, що значною мірою моделює власну поведінку. Під власною поведінкою системи ми розуміємо здатність виконувати дії, які не визначаються однозначно її технологічними властивостями. Ця поведінка не впливає з алгоритму, а також з наявних значень показів датчиків і параметрів налаштування. Оскільки системи IoT безпосередньо впливають на перебіг подій в реальних ситуаціях, маємо підстави вважати описані вище явища такими, що містять в собі елемент суспільних відносин. Маємо на увазі, що функціонування технологічних систем в сучасному світі може виходити за рамки однозначного виконання команд людини, і, тим самим, стає елементом суспільних процесів.

Тому, враховуючи можливі негативні для суспільства наслідки, вона може сприйматися як суб'єкт соціальних відносин і підлягати правовому регулюванню. Наприклад, у випадку явної загрози для суспільства, така система може бути демонтована за рішенням суду.

Використана література

1. Баранов О.А. Интернет речей і штучний інтелект: витoki проблеми правового регулювання: зб. матеріалів II-ї міжнародної науково-практичної конф. *IT-право: проблеми та перспективи розвитку в Україні*, м. Львів, 17 лист. 2017 р. Львів: НУ “Львівська політехніка”, 2017. 318 с. С. 18-42.
2. Глобальная информационная инфраструктура, аспекты протокола Интернет и сети последующих поколений. Сети последующих поколений – Структура и функциональные модели архитектуры. Обзор Интернета вещей: Рекомендации МСЭ-Т У.2060 (06/2012). Серия У. URL: <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11559>
3. Баранов О.А. “Интернет речей” як правовий термін. *Юридична Україна*. 2016. № 5 – 6. С. 96-103. URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/urykr_2016_5-6_16.pdf
4. Леонид Черняк. Платформа Интернета вещей. *Открытые системы. СУБД*. 2012. № 7. URL: <https://www.osp.ru/os/2012/07/13017643>
5. Kevin Ashton. That ‘Internet of Things’ Thing. In the real world, things matter more than ideas. *RFID Journal* (22 June 2009). <<http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>>
6. Internet of Things. Gartner IT glossary. Gartner (5 May 2012). – “The Internet of Things is the network of physical objects that contain embedded technology to communicate and sense or interact with their internal states or the external environment”. <<https://www.gartner.com/it-glossary/internet-of-things>>
7. Боулдинг К. Общая теория систем – скелет науки. Москва: Наука, 1969.
8. Мандельштам Л.И. Лекции по теории колебаний. Москва: Наука, 1972.
9. Рабинович М.И., Трубецков Д.И. Введение в теорию колебаний и волн. Москва: Наука, 1984.
10. Магнус К. Колебания. Введение в исследование колебательных систем. Москва: Мир, 1982. 304 с.
11. Бутковский А.Г. Теория оптимального управления системами с распределенными параметрами. Москва: Наука, 1965.

~~~~~ \* \* \* ~~~~~