

УДК 004.5

В. П. Горбулін¹, О. Г. Додонов², О. С. Горбачик², М. Г. Кузнецова²

¹Інститут проблем національної безпеки

Чоколівський бульвар, 13, 03186 Київ, Україна

²Інститут проблем реєстрації інформації НАН України

вул. М. Шпака, 2, 03113 Київ, Україна

Розподілені комп'ютерні системи як складові інформаційних інфраструктур

Розглянуто особливості створення та властивості розподілених комп'ютерних систем. Обґрунтовано необхідність інтегрування механізмів підвищення живучості розподілених комп'ютерних систем при їхньому включенні в інформаційні інфраструктури.

Ключові слова: розподілена комп'ютерна система, інформація, інформаційна інфраструктура, живучість.

В існуючому діловому середовищі чітко простежується тенденція зростання значущості інформаційної складової у різноманітних бізнес-процесах. Інформаційне забезпечення стає одним із центрових понять сучасного світу. Своєчасно отримана інформація дозволяє адекватно зрозуміти поточну ситуацію, передбачити подальший розвиток, проаналізувати події і прийняти необхідні обґрунтовані рішення [1]. Комп'ютерні системи (КС), де створюються, обробляються та зберігаються інформаційні ресурси, стали невід'ємними складовими різноманітних систем керування, компонентами складних технічних, адміністративних, економічних та інших систем, що забезпечують життєдіяльність суспільства. Більшість із таких КС є територіально-розподіленими системами зі складною організаційною структурою, з високою інтенсивністю процесів інформаційної взаємодії.

Цінність інформаційних ресурсів, результативність їхнього опрацювання, продуктивність інформаційної взаємодії залежать від вирішення питань організації доступу до інформаційних ресурсів, захисту інформації і авторських прав, систематизації різноманітної інформації і документів, узгодженості управління та представлення структурованих даних і неструктурованого «контенту» [2]. Інформація може розглядатись як кількісна характеристика інтерпретації сприйнятих сигналів (даних, текстів та ін.). Інформація — загальнонаукова категорія, що є загальною мірою будь-якої інтерпретації, яка виконується суб'єктом по відношенню до будь-якого сприйнятого сигналу як із зовнішнього, так і з внутрішнього се-

редовища [3, 4]. У сучасній інформатиці існують, як мінімум, 5 підходів до виміру інформації:

— *ентропійний підхід*, який дозволяє відповісти на питання: «Скільки інформації містить об'єкт Y відносно об'єкта X»;

— *алгоритмічний підхід*, орієнтований на питання: «Скільки потрібно інформації, щоб відтворити (описати) об'єкт X»;

— *комбінаторний (алгебраїчний) підхід*, при якому кількість інформації, яка міститься в слові (послідовності нулів та одиниць) по суті вимірюється мінімальною довжиною програми, необхідної для відтворення цього слова (послідовності);

— *семантичний підхід*, який розкриває змістовну сутність кожного повідомлення, його семантику;

— *прагматичний підхід*, у якому кількість інформації, одержаної приймачем, пропонується оцінювати за ступенем її корисності для досягнення визначеної цілі.

В інформатиці розрізняють процесуальну та структурну складові інформації. Структура розглядається як статична організація інформації, певний результат (база даних, база знань), тоді як процес аналізується в динаміці: отримання, перетворення, представлення, збереження, відтворення інформації, інформаційна взаємодія [4].

При опрацюванні інформації однаково важливі як структурна, так і процесуальна складова. Деякі структури утворюються під час обробки інформації, а процеси деяким чином керовані структурами. Оскільки структура та процес взаємопов'язані, не завжди можна розділити їхні функції, а при остаточному аналізі процеси та структури мають бути поєднані в єдиній інформаційній системі. Це поєднання відбувається в комп'ютерних системах обробки інформації.

Розподілені комп'ютерні системи (РКС) є системоутворюючою складовою сучасних інформаційних інфраструктур. Комп'ютерні технології забезпечують інформаційну інтегрованість при наявній географічній розподіленості. Характеризуючи РКС, як правило, визначають такі особливості як відкритість, паралельність, масштабованість, відмовостійкість, прозорість, спільність використання ресурсів, що надають певні переваги при розв'язанні низки задач. Завдяки відкритості РКС легко виконувати розширення системи, додаючи нові ресурси. Паралельність передбачає можливість одночасного виконання декількох процесів на різних комп'ютерах у РКС, які можуть взаємодіяти під час їхнього виконання; масштабованість — можливість додавання нових властивостей і методів. Відмовостійкість РКС — це здатність системи забезпечити стійкість до деяких апаратних чи програмних відмов, підтримати часткову функціональність системи за рахунок наявної надмірності.

Завдяки спільності використання дорогих периферійних пристроїв можна вирішити задачу підвищення економічності (набагато дешевше дозволити спільну роботу з принтером декільком користувачам, ніж купувати й обслуговувати окремий принтер для кожного користувача), забезпечити можливість гнучкого розподілу робіт з дорогими ресурсами, такими як суперкомп'ютери або високопродуктивні сховища даних.

Завдяки прозорості приховується різниця в представленні даних і способах доступу користувачів до ресурсів (можуть використовуватися робочі станції з різ-

ними процесорами, операційними та файловими системами); місце фізичного розташування ресурсів; факти переміщення ресурсів; факт існування декількох копій ресурсу, що створюються для підвищення продуктивності (прозорість реплікацій); факт доступу кількох користувачів до одного ресурсу; факти виникнення відмов у системі та відновлення ресурсу тощо.

Крім зазначених вище особливостей для РКС властиві також складність, непередбачуваність реакції системи на деякі події, що пов'язано з неможливістю надання повного та вичерпного опису всіх їхніх складових, з виникненням синергетичних ефектів при поєднанні різнорідних компонентів.

Розробка програмного забезпечення для РКС принципово відрізняється від програмування для централізованих систем. Мережева операційна система, виконуючи завдання керування локальними ресурсами комп'ютера, має також вирішувати численні задачі з надання мережевих послуг. Розробка мережевих застосувань ускладнюється через необхідність організувати спільну роботу їхніх частин, що виконуються на різних машинах. Відсутність усталених стандартів породжує питання забезпечення сумісності програмного забезпечення.

Продуктивність РКС залежить не тільки і не стільки від швидкодії окремих процесорів-комп'ютерів, скільки від швидкості та якості роботи розподіленої мережі, від вирішення питань організації зв'язку за бездротовими лініями зі значною кількістю мобільних пристроїв.

Проблемою стає забезпечення безпеки складових КРС, а також захисту інформації, яка надходить каналами зв'язку чи зберігається у розподілених ресурсах, сталості процесів інформаційної взаємодії між складовими. Підтримка безпечного функціонування РКС у порівнянні з централізованою системою значно ускладнюється [5].

Зазначеними особливостями РКС пояснюються випадки, коли іноді без явно зрозумілих причин порушується функціонування системи, і не завжди зрозуміло, що необхідно зробити для відновлення її працездатності. Ступінь довіри до РКС, тобто впевненість у тому, що РКС буде функціонувати так, як очікується, і порушень у роботі не буде (зокрема, не будуть порушуватися достовірність, цілісність і конфіденційність даних), можна визначати через відповідні вимоги до характеристик РКС, таких як: працездатність (властивість системи виконувати свої функції у будь-який час експлуатації); безвідмовність (властивість системи коректно (так, як очікує користувач) функціонувати увесь період експлуатації); безпечність (властивість системи щодо безпеки її функціонування для людей і навколишнього середовища); захищеність (властивість системи протистояти випадковим або навмисним вторгненням у процес її функціонування) [6, 7].

Працездатність і безвідмовність є показниками імовірнісного характеру й можуть бути визначені кількісно. Безпечність і захищеність, як правило, не подаються у числових показниках, але їх порівнюють за відносною шкалою показників.

Працездатність, безвідмовність, безпечність і захищеність є основними складовими інтегрованої характеристики РКС — живучості, що визначається як властивість складної системи адаптуватися до непередбачених ситуацій, протистояти небажаним впливам і виконувати загальносистемну ціль функціонування за рахунок зміни поведінки і структури [8]. Поняттям «небажані впливи» визначають рі-

зноманітні атаки на систему, можливі відмови, збої і порушення в роботі технічного та програмного забезпечення, катастрофічні впливи природного чи техногенного походження, але важлива не природа впливів, а їхні наслідки для системи [9]. Наявність властивості живучості дозволяє системі функціонувати не тільки за наявності небажаних впливів, але й при їхньому накопиченні, зберігатися як цілому в екстремальних для неї умовах.

Сучасним РКС притаманна властивість живучості — відмова окремих елементів не призводить до виходу з ладу всієї системи, усунення несправності часто проводиться автоматично, поведінка системи може змінюватися залежно від параметрів зовнішнього середовища.

РКС підвищеної живучості мають спеціальні механізми забезпечення живучості та здатні обирати оптимальний режим функціонування за рахунок власних внутрішніх ресурсів, перебудови структури, зміни функцій і поведінки окремих підсистем. Вибір поведінки системи виконується відповідно до змін зовнішнього середовища та функціонального інваріанту системи, який можна назвати внутрішньою метою її функціонування [8], що передбачає наявність деякої множини можливих різних наслідків, об'єднаних загальною властивістю відповідності одній зовнішній причині в даних умовах. Отже, змінювати поведінку можуть тільки системи, які в принципі виключають жорсткий зв'язок зовнішньої причини вибору з фактичною поведінкою системи в результаті вибору (зовнішні причини викликають наслідки, які не можуть бути передбачені однозначно).

РКС у складі інформаційних інфраструктур, як правило, орієнтовані на опрацювання інформації та надання користувачам різноманітних інформаційних послуг. У процесах створення й обробки інформації в РКС, процесах інформаційної взаємодії приймає участь людина, тому РКС слід віднести до, так званих, нерелекських систем, реакція яких на керуючий вплив, переданий каналом зворотного зв'язку, має складний, не завжди передбачуваний характер, і відповідно, управління системою може не бути функціонально залежним від їхньої поведінки.

Сучасна методологія розробки РКС передбачає: аналіз прикладної області, визначення та формалізацію вимог до розподіленого середовища РКС; вибір моделей інформаційної взаємодії компонентів РКС та інформаційного обслуговування користувачів (моделей інформаційних служб, мережевої ОС, необхідних застосувань); вибір архітектури системи та визначення принципів інтеграції; визначення принципових рішень, методів організації і комплексу засобів захисту інформації у РКС і відповідно в інформаційній інфраструктурі, що базується на РКС.

Участь людини в процесах опрацювання інформації ще більше підсилює природну невизначеність умов функціонування РКС, породжує функціональну неоднозначність, непостійність множини функцій. Значно розширює множину ризиків. Отже, умови функціонування РКС у складі інформаційних інфраструктур можна визначити як такі, що характеризуються багатьма видами невизначеності, а в передбачуваних умовах суттєвою стає властивість живучості. Це має враховуватися методологією розробки та впровадження РКС. Методологія проектування та розробки таких систем має бути розвинута в напрямку розробки методик інтеграції та застосування механізмів підвищення живучості РКС і відповідно забезпечення функціональної сталості інформаційних інфраструктур. Парадигма ство-

рення живучих РКС передбачає інтеграцію наявних засобів підвищення надійності, відмовостійкості, компенсації та адаптивності в механізми забезпечення та підвищення живучості, зокрема, механізми:

— *розпізнавання* — механізм виявлення атак, успішних вторгнень, підвищення ризику виходу з ладу життєво-важливих (критичних) компонентів РКС, ризиків втрати чи викривлення інформації;

— *протидії* — механізм підтримки визначених умов функціонування і мінімізації збитків, які пов'язані з переходом РКС у нештатний режим функціонування;

— *відновлення* — механізм відновлення функціональності та працездатності компонентів РКС і системи в цілому при небажаних впливах, а також після припинення впливів;

— *адаптації* — механізм цілеспрямованої зміни параметрів і структури системи на основі інформації про зміни в умовах функціонування, виникнення непередбачених ситуацій, про наслідки щодо порушення захищеності інформаційного ресурсу;

— *реорганізації* — механізм перерозподілу функцій компонентів РКС, які вийшли з ладу, між працездатними компонентами або, у разі неможливості перерозподілу, — перехід системи до нової цілі функціонування;

— *реконфігурації* — механізм автоматичної перебудови структури мережі обміну інформацією для досягнення найбільшої ефективності виконання цілі функціонування на наявних працездатних ресурсах РКС;

— *реконструкції* — механізм редукції цілі функціонування та ресурсів РКС до визначених базових рівнів, коли система може виконувати чітко окреслену множину функцій або забезпечити плавність деградації визначених параметрів.

Перехід до ідеології проектування та розробки живучих РКС дозволяє інакше вирішувати традиційні задачі, які виникають при їхній експлуатації, а саме:

— забезпечити досягнення загальносистемної цілі функціонування у заздалегідь непередбачуваних умовах функціонування;

— забезпечити адаптивне керування безпекою РКС;

— будувати систему захисту інформації на схемах «що, якщо», а не на класичних схемах «захисту від», які неефективні в розподіленій відкритій інформаційній інфраструктурі опрацювання та зберігання даних;

— вирішувати задачу підтримки цілісності й конфіденційності змістовної частини інформаційного забезпечення не як задачу обмеження доступу, а як задачу прогнозування критичних ситуацій.

Забезпечення сталого функціонування інформаційної інфраструктури, складовими якої є РКС, можна розглядати як розв'язання проблеми підтримки якісного виконання важливих функцій державного управління, національної безпеки, управління екологічно небезпечними виробництвами тощо, оскільки в умовах глобалізації будь-яка важлива для економіки та суспільства функція потребує наявності безпечної та надійної інфраструктури (енергетичної, телекомунікаційної, транспортної, фінансової, інформаційної та ін.) [1]. Зростає взаємозалежність інфраструктур, жорсткішають вимоги до якості їхнього функціонування, але не зникає ймовірність розвитку каскадних відмов із катастрофічними наслідками при пошкодженні окремих елементів загальної інфраструктури. Живучість загальної

інфраструктури сьогодні є необхідною умовою сталого існування та розвитку сучасного суспільства.

1. *Горбулін В.П.* Системно-концептуальні засади стратегії національної безпеки України / В.П. Горбулін, А.Б. Качинський. — К.: ДП «НВЦ «Євроатлантикінформ», 2007. — 592 с.
2. *Горбачик О.С.* Організація корпоративної аналітичної діяльності та сучасні технології її підтримки / О.С. Горбачик // Реєстрація, зберігання і оброб. даних. — 2006. — Т. 8, № 3. — С. 32–39.
3. *Воройский Ф.С.* Информатика. Новый систематизированный толковый словарь-справочник / Ф.С. Воройский. — М.: Физматлит, 2003. — 760 с.
4. *Кузнєцов Н.А.* Фундаментальное значение информатики в современной научной картине мира / Н.А. Кузнєцов, О.Е. Баксанский, Н.А. Гречишкина // Информационные процессы. — 2006. — Т. 6, № 2. — С. 81–109.
5. *Кузнєцова М.Г.* Застосування механізмів підвищення живучості для забезпечення захищеності інформаційного ресурсу у розподілених системах / М.Г. Кузнєцова // Реєстрація, зберігання і оброб. даних. — 2006. — Т. 8, № 3. — С. 40–47.
6. *Додонов А.Г.* Живучесть и надежность сложных систем. Методическое пособие / А.Г. Додонов, М.Г. Кузнєцова, Е.С. Горбачик. — Международный научно-учебный центр ЮНЕСКО/МПИ информационных технологий и систем, 2001. — 163 с.
7. *Соммервил И.* Инженерия программного обеспечения / И. Соммервил. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. — 624 с.
8. *Додонов А.Г.* Введение в теорию живучести вычислительных систем / А.Г. Додонов, М.Г. Кузнєцова, Е.С. Горбачик. — К.: Наук. думка, 1990. — 184 с.
9. *Додонов О.Г.* Живучість інформаційно-аналітичних систем: понятійний апарат, моделі аналізу та оцінки / О.Г. Додонов, О.С. Горбачик, М.Г. Кузнєцова // Реєстрація, зберігання і оброб. даних. — 2007. — Т. 9, № 3. — С. 61–72.

Надійшла до редакції 28.11.2008