

# **Розподілене управління знаннями на основі архітектури Peer-to-Peer**

*В роботі розширено стандартне представлення P2P мереж як трирівневих сутностей для використання в розподілених системах управління знаннями. Запропоновано до розгляду четвертий рівень – інформаційний. Введено поняття глобальної віртуальної онтології.*

*В работе расширено стандартное представление P2P сетей как трехуровневых сущностей для использования в распределенных системах управления знаниями. Предложено ввести четвертый уровень – информационный. Введено понятие глобальной виртуальной онтологии*

*In this paper we extended the standard representation P2P networks as three-level entities for use in distributed knowledge management systems. Also we suggested the fourth, information level. Introduced the concept of global virtual ontology.*

**Ключові слова:** архітектура, метадані, Peer-to-Peer мережа, семантична інтероперабельність, розподілена система управління знаннями, глобальна онтологія.

## **Вступ**

Поширення цифрового обладнання вже давно перетворило користувачів зі звичайних споживачів на активних розбудовників цифрового контенту. Насправді, будь який сучасний електронний пристрій створює не тільки контент, але й формує метадані – наприклад, дату та час, коли був знятий фотознімок, технічні властивості фотографії чи знятого відео, відповідні GPS координати тощо. Користувачі часто й самі анотують власну інформацію додатковими метаданими, насамперед для покращення подальшого використання та різних операцій з даними. Тобто, вони нарощують автоматично генеровані описи шляхом додавання високоякісних та релевантних доменно-залежних метаданих.

Такий процес анотування відбувається починаючи з анотування на домашньому комп'ютері й закінчуючи відповідною функціональністю у майже усіх сучасних системах зберігання та/чи обміну інформацією.

Одразу відмітимо, що подібні системи в основному мають такі особливості. Вони побудовані на архітектурі „клієнт-сервер”. Взаємодія з системою реалізована, як веб-застосування: Flickr<sup>1</sup>, Twine<sup>2</sup>, Freebase<sup>3</sup>. Іноді існує й окремий клієнт, що встановлюється на

комп'ютері користувача (Humyo<sup>4</sup>). Однак, зараз все більшого поширення набувають середовища для запуску так званих збагачених Інтернет-застосувань (Rich Internet Applications, RIA), наприклад, Adobe AIR або ж браузері під конкретне застосування, такі, як Mozilla Prism. Межа між чистими веб- та десктопними клієнтами розмивається.

Більшість застосувань орієнтована на обмін інформацією тільки одного типу музика, відеофайли, фотографії та малюнки, торент-файли тощо.

Поширення цифрового контенту вимагає розробки масштабованої та потужної інфраструктури, яка здатна надавати спільний доступ, інтегрувати та обробляти величезні обсяги даних і робити все це з урахуванням семантики цих даних.

Однак, такі системи вимагають наявності різних метаданих на різних рівнях та їхньої інтеграції, оскільки заздалегідь не існує якоїсь універсальної схеми та й навряд чи вона буде взагалі колись існувати.

## **Концепція P2P мереж**

Саме через ці проблеми наразі спостерігається підвищена увага до альтернативних шляхів побудови систем обміну інформацією.

Одним з них є використання Peer-to-Peer (P2P) архітектури [1]. Але і відомі наразі P2P

<sup>1</sup> [www.flickr.com](http://www.flickr.com)

<sup>2</sup> [www.twine.com](http://www.twine.com)

<sup>3</sup> [www.freebase.com](http://www.freebase.com)

<sup>4</sup> [www.humyo.com](http://www.humyo.com)

системи або нав'язують примітивну семантичну структуру апіорі (наприклад, Napster чи Kazaa) і залишають непросту задачу семантичної аотації та інтеграції користувачу, або не торкаються питань семантики взагалі (наприклад, Gnutella чи практично усі системи, що будуються на основі Distributed Hash Table (DHT)). Вони просто підтримують неструктуровані з точки зору семантики подання даних, залишаючи інтерпретацію цих подань користувачеві (це, наприклад, часто робиться у формі надання псевдо-структурованих імен файлів, наприклад, „Enterprise-2x03-Mine-Field”, які містять певну найпростішу семантику).

Така ситуація є типовою ознакою ключової проблеми сучасних систем обміну інформації, браку семантичної інтероперабельності [2]. Семантична інтероперабельність – це базова властивість, яка необхідна для структурованого розподіленого пошуку, обміну та інтеграції даних.

Ця вимога до системи є основою для створення функціональності вищого рівня та більш складної обробки даних. Класичні спроби досягнути семантичної інтероперабельності інформаційних ресурсів, зокрема в областях інтеграції баз даних, погано масштабуються для використання в P2P системах. Не дивлячись на велику кількість підходів та концепцій (федеративні БД, медіатори [3], інтеграція інформації на основі онтологій [4,5]) всі реальні застосування далеко не завжди вирішують проблему сповна. Типовими прикладами більш специфічних систем з розширеною функціональністю є доменно-орієнтовані портали, такі як CiteSeer<sup>5</sup> чи SRS<sup>6</sup>. Вони інтегрують джерела даних з Інтернету та зберігають їхній вміст в централізованому сховищі.

Схеми інтегрованих даних конвертуються в загальну схему, яка є спрощеною для легкої інтеграції. Такий підхід використовує простий варіант архітектури обгортки-медіатора та вимагає немалих зусиль з боку розробників для забезпечення автоматизованої чи напів-автоматизованої генерації відповідностей схем даних, що надходять, з центральною схемою.

Існує декілька підходів до вирішення проблем забезпечення семантичної інтероперабельності, зокрема побудова глобальних схем (онтологій) [2] або створення локальних відповідностей між різними схемами системи [6].

Для реалізації відповідностей необхідна архітектура, яка дозволяє побудову системи збереження даних шляхом інкрементального додавання джерел. До того ж, кожне нове джерело будує відповідності в першу чергу між тими існуючими джерелами, які йому близькі. Звісно, у випадку з семантичним вебом відповідності між джерелами мають задаватися декларативно. Мають бути розроблені ефективні алгоритми, які можуть проходити семантичними маршрутами (semantic paths) використовуючи інформацію з відповідностей для отримання даних з віддалених, але пов'язаних вузлів мережі.

У будь-якій P2P системі пошукові запити розповсюджуються по мережі зв'язаних вузлів [7]. В разі участі різних схем даних, локальні відповідності використовуються для поширення запитів далі.

Якісні характеристики результату такого запиту значно залежать від якості самих локальних відповідностей. Відповідності між схемами можуть бути некоректними.

Тому, необхідною функціональністю системи обробки має бути вироблення адекватної поведінки у випадках некоректних відповідностей та наявність механізм, які дозволять обирати найбільш адекватні відповідності та застосовувати до даної відповідності процеси валідації. Корисною тут є перспектива не тільки виявлення некоректних відповідностей, а й їхнього виправлення. Уже розроблено багато мов опису знань для подання такої інформації. Найбільш відомим прикладом таких мов є RDF та мови, що побудовані на його основі: RDF Schema, DAML+OIL, OWL [8].

Однак, разом з просуваннями в розробці онтологій та мов подання знань стають дедалі серйознішими дві проблеми [9]. Перша з них полягає в тому, що концепція RDF все ще значно відірвана від реальних джерел даних та застосувань. Стандартним RDF-описам бракує засобів, які б адекватно відображали структурні відношення між об'єктами, які подаються в XML-форматі.

Друга проблема стосується питань масштабування онтологій та узгодження між схемами в семантичному вебі. P2P (Peer-to-Peer) – концепція мережі рівних пірів (peers), в якій індивіди можуть спонтанно взаємодіяти без центральної координації [10]. Вузли можуть бути поєднані стабільними зв'язками або за допомогою ситуативних з'єднань. Виділяють такі основні характеристики P2P мереж [11]: *децентралізованість, автономність, спільне використання розподілених ресурсів та*

<sup>5</sup> <http://citeseer.ist.psu.edu>

<sup>6</sup> <http://srs.ebi.ac.uk>

сервісів.

У P2P мережі кожен вузол може надавати функціональність як сервера, так і клієнта; тобто може бути як постачальником, так і споживачем послуг та ресурсів. В якості таких ресурсів можуть виступати файли, інша структурована інформація, обчислювальні потужності, канали зв'язку, сховища даних тощо.

Не існує центральної координуючої сутності в організації мережі, у використанні ресурсів та комунікації між пірами. Будь-який вузол в P2P мережі може самостійно вирішувати, коли та в якому обсязі надавати ресурси іншим сутностям. В залежності від того, як вузли з'єднані між собою, розділяють структуровані та неструктуровані P2P мережі [12]. Неструктурована мережа формується у випадку, коли зв'язки між пірами встановлюються довільним чином. Такі мережі можна легко сконструювати. Коли новий пір хоче приєднатися, він просто копіює зв'язки вже існуючого вузла, а згодом доповнює їх своїми.

Коли користувач бажає знайти якусь інформацію, запит має бути розповсюджений так, щоб він дістався максимальної кількості пірів, які мають цю інформацію.

Зазначимо й недолік такої побудови. Популярна інформація скоріш за все буде доступна на багатьох вузлах, та запит, який надходить від будь-якого піра майже стовідсотково поверне те, що треба. А ось інформація, яку шукають рідко, може взагалі бути не знайдена через слабку поширеність.

Ще однією особливістю неструктурованих мереж є відсутність жодного зіставлення між піром та інформацією, яка йому належить. Тому не має гарантій, що розповсюдження запиту знайде потрібну інформацію. Просте розповсюдження запитів забиває мережу. Прикладами неструктурованих мереж є Gnutella та FastTrack.

Структуровані мережі використовують загальний протокол [12], який гарантує ефективність знаходження маршрутів будь-якому вузлу до визначеного піра, який має бажані дані, навіть якщо вони є дуже рідкісними. Для такої детермінованості необхідно мати структуровану систему відповідностей між даними та вузлами мережі. Найбільш використовуваною тут є побудова розподілених геш-таблиць (DHT). Вони відрізняються від звичайних геш-таблиць тим, що при додаванні чи вилученні запису не змінюється відображення ключів до записів. Прикладами структурованих мереж є Chord,

Pastry, CAN, Tulip тощо.

У багатьох P2P системах створюються (навмисно чи самі по собі) спеціальні типи вузлів, які відомі під назвою супер-пірів (super-peers), які можуть відігравати роль локальних серверів для групи користувачів, останні в цьому випадку називаються клієнт-пірами (client-peers) [13].

За своєю суттю існуючі P2P мережі є оверлейними. Вони є логічними надбудовами над існуючими мережами (зокрема, Інтернет), що дозволяє ефективно використовувати спеціалізовану функціональність та структурні властивості останніх. Більш того, P2P мережі традиційно вважаються трирівневими (рис.1). Нажаль, наразі не всі рівні ще є однаково розвинутими [10].

### **Рівень 1: P2P інфраструктури**

Включає в себе механізми та техніки, за допомогою яких відбувається комунікація та інтеграція компонентів мережі у цілому та, зокрема, застосувань. Головна мета рівня – забезпечити фізичну інтероперабельність, тобто створити потужну, інтегровану P2P інфраструктуру. Ця інфраструктура грає роль своєрідної сервісної платформи із стандартизованими API, протоколами комунікації та проміжним програмним забезпеченням у цілому, які можуть бути використані будь-яким застосуванням [14]. Взагалі кажучи, інтероперабельність – це спроможність будь-якої сутності спілкуватися, обмінюватися даними з будь-якою іншою сутністю та бути нею зрозумілою [9].

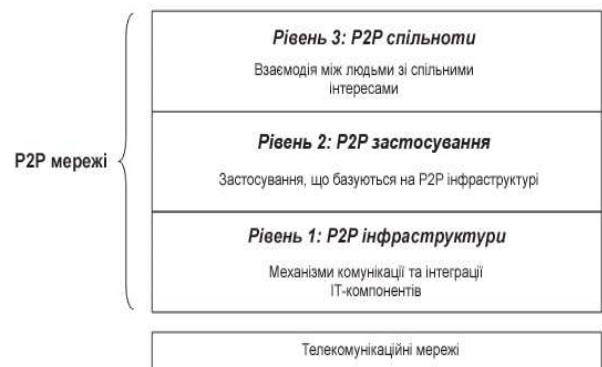


Рис. 1. Трирівнева архітектура P2P мереж

На даний час майже не існує інтероперабельності між різними P2P мережами, хоча вже певні кроки в цьому напрямку зроблені. Зокрема, у W3C та Global Grid Forum (GGF) періодично приходять дискусії про адекватні архітектурні рішення та протоколи, які можуть надати бажану інтероперабельність. Як кандидати розглядаються: платформа JXTA, веб-сервіси,

протокол XMPP (Jabber) та платформа Groove.

Ще одним важливим аспектом інфраструктурного рівня P2P мереж є питання безпеки. Розподілене використання ресурсів відбувається між пірами, які, як правило, не знайомі і не обов'язково довіряють один одному. В ідеалі, питання автентифікації, авторизації, перевірки доступності, цілісності даних та конфіденційності мають вирішуватися саме на інфраструктурному рівні. На даному рівні пір розглядається як технічна сутність (вузол в фізичній мережі, суб'єкт авторизаційних процесів тощо (peer as technical entity)).

### **Рівень 2: P2P застосування**

Традиційно P2P застосування класифікуються на категорії обміну повідомленнями, сумісного використання файлів, розподіленого виконання обчислень та сумісного виконання певних дій [10, 14]. Але така класифікація є більше історичною і не дає можливості підкреслити відмінності між різними категоріями. Тому краще виділяти аспекти, якими опікується те чи інше P2P застосування та спосіб його реалізації.

Акцент робиться в першу чергу на різноманітні типи ресурсів, які сумісно використовуються у мережі. Серед них можна зазначити: *інформація, файли, пропускну здатність* (P2P підходи здатні покращити балансування навантаження шляхом використання маршрутів, які є рідше використовуваними в даний момент), *місце для зберігання даних* (P2P застосування є фактично кластером, який формується на основі вже існуючої мережі (оверлейність)), *процесорні потужності* (використовуючи P2P застосування для об'єднання процесорних можливостей можна досягти значних обчислювальних потужностей). На цьому рівні пір все ще розглядається як логічна технічна сутність (клієнтська програма, вузол кешування тощо).

### **Рівень 3: P2P спільноти**

Можна визначити P2P спільноти як віртуальні спільноти, які використовують P2P застосування в якості платформ, що забезпечують комунікацію, колаборацію та координацію клієнтів [15]. Учасники спільноти можуть бути поєднані різними типами зв'язків, найпопулярнішим з яких є спільні інтереси. До того ж до них можуть включатися емоційні зв'язки, відчуття приналежності тощо. Піри на цьому рівні розглядаються як інформаційні сутності.

## **Задача розподіленого управління**

### **знаннями**

P2P мережі були давно відомі як потужний та зручний інструмент, розподіленого управління знаннями. Дане рішення виключає наявність центрального репозитарія, централізованого адміністрування, базується виключно на потребах користувача та є швидким і масштабованим.

Але, інструменти пошуку інформації в P2P мережах є примітивними, тобто сучасні P2P рішення не є достатніми для ефективного вирішення задач зберігання та сумісного використання знань. Системи управління знаннями (СУЗ), які базуються на P2P технологіях, починають працювати та давати певні результати шляхом встановлення відповідного програмного забезпечення на клієнтській машині. Та настає момент коли примітивні запити вже не можуть справлятися з великою кількістю знань у мережі. За участі у мережі різнорідних вузлів гостро постає питання про семантичне узгодження наявних та майбутніх даних.

Системи, що побудовані з одночасним використанням концепцій як P2P застосувань, так і семантичного вебу поєднують переваги та намагаються нівелювати вказані недоліки [16].

Сучасна всевітня мережа поєднує у собі як елементи клієнт-серверної архітектури, так і P2P елементи. Одна з головних причин відмови від централізованої архітектури – вузькі місця створюються вже не тільки в фізичному, а й в семантичному плані, оскільки будь яка центральна сутність, що виступає в ролі сервера, буде нав'язувати своє бачення наявних даних усім своїм клієнтам.

У системах, що засновані на архітектурі P2P, таких проблем немає: кожен пір має своє бачення даних системи, що виражається у створенні локальних схем (чи онтологій, як часткового випадку). Звісно ж, така гнучкість у вирішенні проблеми має свою ціну – постає питання: як узгоджувати усі ці схеми?

Саме для вирішення таких проблем у цій роботі пропонується архітектура, що дозволить, з одного боку, використовувати усі переваги P2P технологій для обміну знаннями, а з іншого – забезпечити семантичну інтероперабельність вузлів у мережі. Першим кроком у напрямку вирішення таких питань є потреба у зміні поглядів на СУЗ, які побудовані на P2P архітектурі. Починають говорити про пірінгові системи управління даними (peer data management system, PDMS) [6,9]. Мета PDMS – надання децентралізованої, розширюваної архітектури управління даними, в якій кожен користувач може легко ділитися власними

даними, схемами цих даних чи відповідностями між схемами різних користувачів.

Важливо зазначити, що централізований характер традиційних СУЗ нехтує суб'єктивним по суті характером особистих знань та соціальними характеристиками колективних знань. З такої точки зору знання є суб'єктивним, оскільки їх інтерпретація залежить від контексту, в якому знаходиться той, хто інтерпретує та від його власного погляду на знання (а саме схеми).

Колективне знання може бути результатом тільки постійного процесу переговорів між агентами, які знаходяться в схожих чи різних контекстах. З цього випливає неможливість існування центрального репозитарія чи центрального медіатора, оскільки це вимагатиме узгоджень щодо єдиного подання колективних знань, що скоріш за все є дуже дорогим процесом і призводить до втрати суттєвої частини інформації. Отже, замість централізації та нормалізації знань, розподілена СУЗ (PCУЗ) займається підтримкою локальних процесів управління знаннями в межах незалежних, автономних одиниць. Знання управляється в тому ж контексті, в якому воно створюється та використовується.

Локальні процеси УЗ можуть відбуватися на трьох рівнях: особисте управління знаннями, віртуальні та розподілені спільноти, віртуальні та мережні організації. Теоретичні основи PCУЗ самі по собі говорять на користь використання P2P систем, оскільки вони є рішенням, в якому збалансовано автономію користувачів та необхідну їхню координацію.

Найбільш вдалим вибором схеми для таких систем вважаються онтології, тобто явні концептуалізації певного домену. Коли з'являється необхідність в обміні знаннями, частини онтологій можуть бути поставлені у відповідність одна одній, що уможливує інтерпретацію запитів та відповідей інших агентів. При сучасному стані технологій задача автоматичної побудови відповідностей є цілком вирішуваною, хоча б на рівні евристик.

Замість того, щоб бути створеною штучно, вважається, що глобальна онтологія має виникнути поступово, формуючись знизу догори в результаті процесу встановлення зв'язків між локальними концептуалізаціями користувачів. Але такий сценарій теж уявляється малоімовірним, оскільки врешті-решт приводить до ситуації з централізованою онтологією, як і у випадку клієнт-серверної архітектури.

Тому є очевидною потреба у понятті, яке є, по суті, більш гнучкою формою подання

поглядів на певний домен, водночас не змінюючи основної суті поняття «онтологія». Пропонується сформулювати таке поняття як «віртуальна глобальна онтологія».

Наявність віртуальної глобальної онтології досягається шляхом організації системи обміну інформацією, в якій всі знання про опис цієї інформації наявні не у централізованому оформленому вигляді, а в якості комплексної сутності, що включає в себе:

- набори локальних схем та відповідностей між ними; алгоритми побудови таких наборів та їхнього узгодження з іншими;

- механізми формулювання запитів в термінах власних схем; інтелектуальні процедури переформулювання запитів та повернення релевантних результатів;

- можливості по використанню вже наявної інформації відносно усіх аспектів системи (включаючи кешовані результати запитів, «пам'ять» системи про переформулювання запитів, про побудовані відповідності та схеми);

- зручний інтерфейс пошуку із залученням центрального вузла;

- сучасні можливості для комунікації учасників мережі у зручний, бажано децентралізований спосіб (як приклад такої комунікації можна навести якусь реалізацію протоколу XMPP).

Тому, концепція віртуальної глобальної онтології органічно вписується у розподілену P2P архітектуру, у той же час подає систему як щось більше, ніж просто набір розподілених локальних даних.

### **Інформаційний рівень розподіленої P2P архітектури**

Зазначене вище приводить до висновку: недостатньо розглядати тільки три рівні в архітектурі сучасних P2P мереж. Навіть застосування, досить далекі від PDMS та СУЗ, потребують відокремлення рівня, на якому будуть існувати основні інформаційні потоки у мережі. Ми пропонуємо називати цей рівень *інформаційним рівнем*.

На цьому рівні піри вже розглядаються як інформаційні сутності, причому акцент робиться на пірах, як вузлах, що містять дані. Аспект комунікації не розглядається як спілкування між індивідами, що робиться на рівні P2P спільнот.

Комунікація на інформаційному рівні – це обмін даними, що описані певним чином, та пошуковими запитамі. P2P системи УЗ можуть містити механізми, що підтримують у мережі певну структуру [1]. Головний орієнтир тут:

яка була початкова структура і наскільки далеко від неї можуть відходити піри. Можливими є три варіанти: усі піри розділяють єдину схему; в системі існує набір альтернативних схем, кожна з яких використовується різними групами пірів; в системі немає явного групування пірів на групи та існує достатнє розмаїття схем; кожен пір має власну схему домену та є фактично незалежною сутністю мережі.

Архітектура, в якій усі піри розділяють єдину схему виникає тільки у штучних, ідеальних випадках, коли усі піри розділяють єдину концептуалізацію домену.

Така архітектура є найменш гнучкою, оскільки піри весь час мають узгоджувати та домовлятися щодо підтримки спільної онтології при кожній зміні локальних онтологій. Це може бути зроблено або за допомогою потужного механізму голосування, або шляхом утворення центральної точки контролю. Перевага такого методу полягає у відсутності необхідності підтримки відповідностей між онтологіями. У системі з певним набором альтернативних схем, кожна з яких використовується різними групами пірів, більш менш адекватно реалізується ситуація, коли кожна спільнота має різні (хоча, можливо, і в чомусь спільні) концептуалізації тих самих (чи схожих) доменів.

У випадку змін у схемах скоріше за все з'явиться необхідність у певному корегуванні управління, але зміни торкатимуться тільки тих пірів, які розділяють цю схему. Побудова відповідностей між онтологіями необхідно лише тоді, коли існує обмін знаннями між спільнотами. В такому випадку, побудова та управління відповідностями може здійснюватися пірами, які знаходяться «на перетині» спільнот.

У системі де немає явного поділу пірів на групи та існує достатнє розмаїття схем можлива ситуація, коли буде наявна певна ієрархія, утворена у результаті появи пірів, які є найбільш активними та схеми яких є найбільш популярними, адекватними чи повними. Побудова відповідностей є необхідною, але цілком можливе часткове чи повне використання вже існуючих за допомогою додаткової інфраструктури.

Як правило, різниця у схемах різних пірів є досить невеликою, що уможливило досить ефективну роботу методів автоматичної побудови відповідностей. Оскільки піри утворюють більш-менш однорідну спільноту без явних виокремлень, від системи з такою архітектурою вимагається ефективний та

зручний механізм розповсюдження та переформулювання запитів, які курсують системою.

Архітектура, в якій кожен пір має власну схему домену та є фактично незалежною сутністю мережі, подає систему де навіть схожі знання описані у різний спосіб. Це найбільш гнучкий сценарій, оскільки у ньому кожна онтологія управляється її піром, але вона є досить утопічною, оскільки припускається повна децентралізованість. Наявність відповідностей тут є необхідністю.

## **Висновки**

Останні події у світі новітніх технологій комунікації та соціальної взаємодії в Інтернет показали неспроможність традиційної архітектури справлятися з дійсно надвеликими навантаженнями.

Як приклад цього можна навести нестабільність надзвичайно популярного зараз мікроблогінг-сервіса Twitter, автори якого зараз просто не в змозі справитися з великою кількістю користувачів. Це в першу чергу пов'язано із поганою масштабованістю централізованих клієнт-серверних застосувань.

Частково з історичних, частково з технологічних причин, вузли P2P мереж не можуть безпосередньо бути адресовані із звичайного вебу. Але при наявності вже зазначеної вище додаткової архітектури (яка подається у формі веб-середовища з потужною функціональністю) можлива часткова адресація пірів, принаймні через вибраний контент чи метадані пірів, копії яких зберігаються на сервері (наприклад, відповідності). З іншого боку, відмова від традиційної клієнт-серверної архітектури уможливило зручне визначення, яку інформацію викладати у спільний доступ. Мережа стає дуже динамічною – піри майже в будь-який час можуть під'єднуватися до неї, ділитися даними та шукати дані інших.

В цій роботі висунуто низку тверджень, що розширюють та уточнюють вже більш-менш традиційні описи P2P мереж та проблем подання знань у них.

По-перше, розширено стандартне представлення P2P мереж як трирівневих сутностей. Оскільки задачі зберігання та обміну інформацією стають у сучасних P2P мережах надважливими та виділяється поняття пірінгової системи управління даними (PDMS), запропоновано ввести четвертий рівень P2P мереж – інформаційний.

Висунуто та обгрунтовано припущення про те, що у РСУЗ не є можливим та доцільним виділення та підтримка централізованої схеми

чи онтології.

Запропоновано більш гнучке поняття глобальної віртуальної онтології, що включає в себе не тільки власне локальні описи даних користувачів, а й алгоритми по їхньому автоматичному узгодженню та по уточненню запитів на їхній основі.

Однак разом із неодмінними перевагами, у розподілених системах обміну інформації виникають і проблеми, однією з найголовніших з яких є проблема узгодження різних локальних схем користувачів. Потрібно запропонувати реалізацію методу, що виконує таке узгодження.

### Список літератури

1. Mika, P., 2006, A Methodology for Distributed Knowledge Management Using Ontologies and Peer-to-Peer, *Semantic Web And Peer-To-Peer*, c. 283-300.

2. Aberer, K., Cudre-Mauroux, P. and Hauswirth, M., 2006, Semantic Gossiping: Fostering Semantic Interoperability In Peer Data Management Systems, *Semantic Web And Peer-To-Peer*, c. 259-275.

3. Wiederhold G., 1992, Mediators in the Architecture of Future Information Systems, *IEEE Computer* 25(3), c.38-49

<http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/login.jsp?url=http://ieeexplore.ieee.org/iel1/2/3459/00121508.pdf%3Farnumber%3D121508&authDecision=-203> (12.01.12).

4. Hull, R., 1997, Managing Semantic Heterogeneity in Databases: A Theoretical Perspective, *Symposium on Principles of Database Systems (PODS97)*, c. 11,

5. <http://w3.msi.vxu.se/~per/IVC743/p51-hull.pdf> (12.01.12).

6. Ouksel, A. and Ahmed, I., 1999, Ontologies are not the Panacea in Data Integration: A Flexible Coordinator to Mediate Context Construction, *Distributed and Parallel Databases* 7(1), c. 7-35, <http://www.springerlink.com/content/w811m5x7765t2648/>(12.01.12).

7. Tatarinov, I., Ives, Z., Madhavan, J., Halevy, A., Suci, D., Dalvi, N., Dong X., Kadiyska, Y., Mikalu, G. and Mork, P., 2006, The Piazza Peer Data Management Project, c. 47-52,

<http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=945721.945732> (12.01.12).

8. Zeinalipour-Yazti, D., Kalogeraki, V. and Gunopulos, D., 2003, Information Retrieval in Peer-To-Peer Networks, c. 20-26,

<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1009226.1009238> (1 травня 2008).

9. Dean, M., Connolly, D., van Harmelen, F., Hendler, J., Horrocks, I., McGuinness, D.L., Patel-Schneider, P.F. and Stein, L.A., 2002, OWL web ontology language 1.0 reference, W3C Working Draft, <http://www.w3.org/TR/owl-ref/> (12.01.12).

10. Ives, Z., Halevy, A., Mork, P. and Tatarinov, I., 2004, Scalable, Peer-Based Mediation Across XML Schemas and Ontologies, c. 556-567, <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=775231> (12.01.12).

11. Schoder, D., Fischbach, K., Schmitt, C., 2005, *Core Concepts In Peer-to-Peer Networking*, Idea Group, 311 c.

12. Oram, A., 2001, *Peer-to-Peer: Harnessing The Power of Disrupting Technologies*, O'Reilly, 430 c.

13. Miller, M., 2001, *Discovering P2P*, Sybex, 496c.

14. Nejdil, W. et al., 2003, Super-peer-based routing and clustering strategies for RDF-based peer- to-peer networks, *Proceedings of the Twelfth International World Wide Web Conference (WWW 2003), Budapest, Hungary*, c.1-7, <http://www2003.org/cdrom/papers/refereed/p510/p510-nejdil/p510-nejdil.html> (12.01.12).

15. Schoder, D. and Fischbach, K., 2002, Peer-to-peer, *Wirtschaftsinformatik* 44(6), c. 164.

16. Hummel, J. and Lechner, U., 2002, Business models and system architectures of virtual communities. From a sociological phenomenon to peer-to-peer architectures, *International Journal of Electronic Commerce* 6(3), c. 1-7, <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1286964> (12.01.12).

Stuckenschmidt, H., van Harmelen, F., Siberski, W. and Staab, S., 2006, Peer-to-Peer and Semantic Web, *Semantic Web And Peer-To-Peer*, c1-21

## Відомості про авторів



**Глибовець Микола Миколайович** - доктор фіз.-мат. наук, професор, декан факультету інформатики Національний університет "Києво-Могилянська Академія".  
напрямок наукових інтересів – розподілені системи інтелектуального типу, програмні системи підтримки електронного навчання.  
E-mail: [glib@ukma.kiev.ua](mailto:glib@ukma.kiev.ua)



**Жигмановський Андрій Андрійович** - магістр комп'ютерних наук, напрям наукових інтересів - автоматизація бізнес процесів, розподілені системи, семантичний веб.  
Email: [andrew.zhygmanovsky@gmail.com](mailto:andrew.zhygmanovsky@gmail.com)

Стаття надійшла до редакції 23.02.2012 р.