



УДК № 004.75

К. В. Кринкин, К. Г. Юденюк

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Использование географического контекста в интеллектуальных пространствах (Smart spaces)

Геокодирование и интеллектуальные пространства – 2 наиболее перспективных направления на современном мобильном рынке. Геокодирование позволяет пометить любые виды данных посредством добавления географических координат и времени. Интеллектуальные пространства как основа бесшовного распределенного коммуникационного поля для услуг предоставляют семантический уровень для обработки данных. Данная статья посвящена обсуждению интеграции самых популярных открытых платформ для интеллектуальных пространств и геокодирования (Smart-M3 и Geo2Tag) как возможному решению по созданию контекстно-зависимых проактивных услуг, основанных на местоположении (LBS).

Геокодирование, интеллектуальные пространства, услуги, основанные на местоположении, платформа Smart-M3, платформа Geo2Tag

В настоящее время существуют 2 наиболее перспективных направления развития программного обеспечения – услуги, основанные на местоположении пользователя, и распространяющиеся интеллектуальные среды (интеллектуальные пространства). Оба направления будут основой для проактивных сервисов, ориентированных на пользователей и вычислительные машины. Интеллектуальные пространства должны обеспечивать непрерывное распределение семантических данных и предоставлять средство коммуникации для услуг, которые могут быть запущены на различных персональных устройствах, автономных компьютерах и роботах. Наиболее необходимыми функциями разрабатываемого программного обеспечения являются проактивность и контекстозависимость, например, когда услуги будут адаптироваться к потребностям пользователя и его ситуациям, а также управлять решениями и поведением от имени пользователя [1]. Одна из главных частей контекста – данные о местоположении пользователя. Они могут быть использованы в двух случаях: для уточнения семантики запросов (когда услуга получает данные из интеллектуального пространства), а также для ограничения пространства поиска (как правило, нет никакого

смысла делать глобальный поиск). Геокодирование (или георазметка) является методом разметки реальных или виртуальных объектов посредством добавления географических координат и времени. При рассмотрении программного обеспечения приходится оперировать только с виртуальными (или цифровыми) объектами, такими, как мультимедиа, события, документы и т. д. До сих пор интеллектуальные пространства и системы геокодирования разрабатывались в основном отдельно, существует лишь несколько работ [2], [3], где обсуждается проектирование программного обеспечения интеграции интеллектуальных пространств и систем геокодирования. В данной статье обсуждаются требования и архитектура агента интеграции, названного как интегрированное геокодированное интеллектуальное пространство (Geocoded Smart Space, GCSS).

Статья построена следующим образом: вначале анализируются существующие решения в данной области, приводятся основные требования и прецеденты системы, далее рассматривается многоуровневая архитектура системы, обсуждается онтология и архитектура агента интеграции платформ и наконец – приводятся результаты проделанной работы и направления дальнейшего

исследования. С практической точки зрения будем использовать платформы Smart-M3¹ и Geo2Tag² как наиболее развитые открытые платформы для интеллектуальных пространств и геокодирования.

Анализ существующих решений. Наибольший успех при интеграции объектов интеллектуального пространства и геокодинга был достигнут исследовательской группой Pervasive Computing. Они сосредоточились на внешних услугах, основанных на местоположении (LBS) и кодировании объектов реального мира. В [2] предложены следующие основные подходы и компоненты для интеграции: пространственная онтология, онтологическая аннотация карты, ГИС-онтология населения и алгоритмы навигации. Такой подход оправдан с точки зрения приложений, но имеет несколько ограничений, если учесть контекстно-свободную интеграцию (без каких-либо предположений о предметной области).

В [3] упоминается метод распределения семантической информации, представляемой в виде древовидной структуры, в глобальном пространстве. Это похоже на географическую фрактальную структуру, которая обеспечивает такую же структуру данных интеллектуального пространства для применения в любом географическом положении. Распределение географической информации организовано в виде дерева с ортогональным алгоритмом навигации и поиска.

В данной статье описано создание интеллектуальной системы посредством комбинирования работы двух платформ (Smart-M3 и Geo2Tag) и использования Smart-M3-агента (процессора знаний) в качестве связующего звена обеих платформ. Главное отличие данного метода от предыдущих заключается в использовании общей платформы Smart-M3 для обработки знаний пространства. Платформа Smart-M3 и ее процессоры знаний (агенты) берут на себя всю работу по получению, сбору, анализу и обработке знаний, описанных с помощью онтологий.

Использование и представление геоданных в платформе Smart-M3 добавляет такое новое свойство к данным пространства, как местоположение в пространстве и времени, что позволит расположить объекты в реальном мире, а также даст возможность их поиска в пространстве (комната, город и другие объекты реального мира).

Ключевые требования системы и сценарии использования. Выделим несколько вариантов использования системы:

- географическая разметка данных интеллектуального пространства;
- ограничение контекстного поиска (фильтрация по контексту данных);
- уточнение условий контекстного поиска.

Система GCSS должна эффективно реализовывать главные возможности систем обоих типов (интеллектуальных пространств и геокодирования):

– *предоставление интерфейсов к семантическим данным.* Предоставление интерфейса для подключения к платформе и доступ к ее семантическим данным. Данная возможность реализована в API платформы Smart-M3 (Qt, Python, Java);

– *распределенное хранение семантической информации.* Платформа Smart-M3 имеет собственное хранилище данных, которое может быть заменено на более стабильное и производительное. Текущая стабильная версия платформы Smart-M3 0.9 использует хранилище Berkeley DB;

– *интерфейсы для ассоциации семантических объектов с геотегами.* Разработка двухстороннего механизма преобразования геоданных в семантические объекты (триплеты) и создание онтологии платформы Geo2Tag;

– *временная и пространственная фильтрация.* Разработка соответствующих алгоритмов для поиска и фильтрации семантических данных интеллектуального пространства.

Также должны приниматься во внимание нефункциональные требования:

– *производительность* – возможность работы с большими объемами геотегов. Для данных целей необходимо реализовать поддержку таких функций, как автономная обработка больших объемов данных в облачном хранилище и локальное индексирование/кеширование контекста;

– *совместимость* – система GCSS должна быть доступна с использованием унаследованных интерфейсов (например, SSAP или REST), которые необходимы для бесшовной интеграции с существующими системами.

На данный момент существуют все возможности для работы с платформой Smart-M3 и разработки ее агентов (процессоров знаний), однако нет механизма преобразования геотегов в триплеты пространства, а также алгоритмов их поиска и

¹ Smart-M3 – <http://en.wikipedia.org/wiki/Smart-M3>

² Geo2Tag – <http://geo2tag.org>

фильтрации, за исключением тех, что поддерживают платформы Smart-M3 и Geo2Tag. Последние версии платформ Smart-M3 и Geo2Tag достаточно стабильны, но не лишены недостатков (например, невысокая безопасность и производительность платформы Smart-M3).

Список основных вариантов использования агента интеграции платформ:

- управление платформой Smart-M3. Операции подключения (join, leave), работы с данными (insert, query, delete, update), управления подписками (subscribe, unsubscribe);

- управление платформой Geo2Tag. Основные запросы платформы, подключение, обработка данных, поиск и фильтрация данных;

- механизм преобразования геоданных в данные пространства (triples);

- алгоритмы поиска и фильтрации данных пространства, например посредством SparQL-запросов;

- механизм ранжирования данных пространства (выборка последних актуальных данных о местоположении).

Последние 3 варианта использования агента реализуют основные возможности агента интеграции платформ для расширения пространства геоданными, которые будут служить для определения местоположения объектов пространства, а также их поиска. Первые 2 варианта доступны с помощью платформ Smart-M3 и Geo2Tag.

Многоуровневая архитектура системы GCSS (рис. 1). Каждый уровень системы отвечает за свои функции и содержит свой собственный интерфейс. Выделяют следующие уровни системы GCSS:

- *Уровень интерфейсов* (Interfaces), отвечающий за представление и обработку данных приложений и сервисов.

- *Уровень интеграции* (Integration), включающий компоненты для преобразования географических данных из формата платформы Geo2Tag в формат платформы Smart-M3 и наоборот.

- *Уровень промежуточного программного обеспечения* (Domain engines), содержащий соответствующие реализации промежуточного программного обеспечения платформ интеллектуального пространства и геокодирования.

- *Уровень поддержки облачных данных* (Data cloud backend) – дополнительный компонент, который может быть использован для предоставления дополнительных сервисов, таких, как авто-

номная обработка данных, хранение BLOB-объектов, индексирование, кеширование и т. д.

Основными компонентами функциональности системы GCSS являются платформы Smart-M3 и Geo2Tag. Уровень интеграции отвечает за преобразования данных платформ. За хранение данных отвечает уровень промежуточного ПО, который состоит из основных хранилищ данных платформ Geo2Tag и Smart-M3 (Postgress DB, Berkeley DB).

Для работы с большими объемами геоданных и увеличения производительности системы планируется добавить поддержку работы с облачными хранилищами, например с хранилищем для автономной обработки данных.

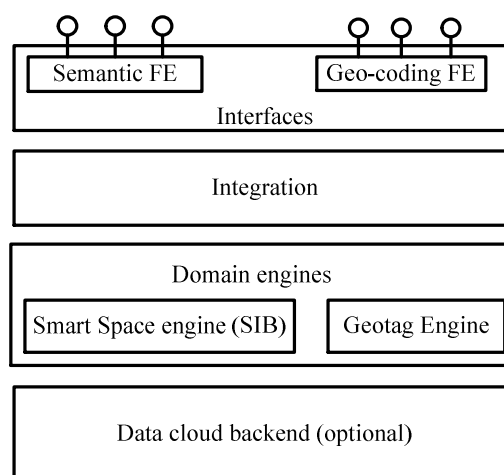


Рис. 1

Главным объектом интеграции платформ является агент интеграции, или медиатор. К его главным задачам относятся обеспечение взаимодействия между платформами Smart-M3 и Geo2Tag, а также преобразование данных платформ к одному общему формату (триплет). Каждая платформа предоставляет необходимые программные интерфейсы (API).

Агент интеграции платформ. Рассмотрим основные компоненты агента интеграции платформ. Во-первых, познакомимся с онтологией агента, которая отображает составные данные платформы Geo2Tag, а затем обсудим архитектуру самого агента интеграции и его компонентов [4].

Онтология GCSS (рис. 2) состоит из четырех классов – класс пользователя, канал тегов, сам тег и его координаты. Класс *Пользователь* (User) отвечает за представление пользователя платформы Geo2Tag в пространстве, *Канал тегов* (Channel) описывает совокупность тегов по определенному критерию, класс *Тег* (Tag) описывает сам тег дан-

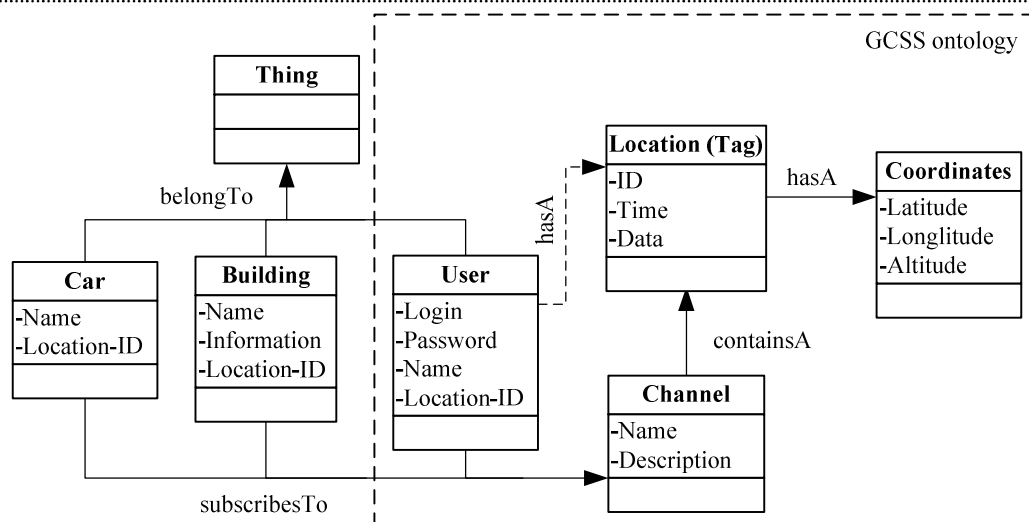


Рис. 2

ных. Пользователи могут подписываться на неограниченное количество каналов, канал может содержать безлимитное количество тегов. Класс *Пользователь* может напрямую связываться с тегом положения через свойство *hasA*. *Координаты* (*Coordinates*) выделены в отдельный класс для более удобного их представления в онтологии агента.

Существующий пользователь платформы Geo2Tag будет автоматически связываться со своим пользователем в пространстве Smart-M3. Если последний отсутствует, будет создаваться новый пользователь с информацией о местоположении и подписанными каналами тегов. Местоположение можно привязать к любому объекту пространства, добавив новое свойство (идентификатор местоположения) к классу объекта онтологии пространства. Свойство *Data* класса *Tag* в основном используется для поиска и фильтрации объектов пространства, но также может быть использовано для ассоциации объектов.

Стоит отметить, что местоположение пользователя или другого объекта пространства (не статического) со временем может изменяться и, для того чтобы данные оставались актуальными, необходимо предусмотреть обработку этой ситуации. Платформа Smart-M3 предоставляет механизм публикации – подписок, который позволяет, подписавшись один раз на определенные триплеты пространства, автоматически получать новые данные при их изменении. В рассматриваемом случае этими данными выступают свойства классов *Тег* и *Координаты*.

Агент будет использовать объектно-ориентированную модель представления данных пространства, т. е. представлять семантические дан-

ные в виде классов объектов и их свойств, а также сформированные связи триплетов (подписка). В первой версии агента интеграции пространство будет наполняться только геоданными, которые будут связываться со своими объектами (человек, предмет и т. д.) через свойство *Data*. В дальнейшем планируется расширить пространство добавлением информации о пользователях и их каналах.

Онтология агента может быть создана с помощью специального генератора онтологий Smart-M3 – SmartSlog [5] или представлена в виде объектно-ориентированной модели, где каждый триплет пространства представлен в виде программного объекта и хранится в локальной памяти компьютера.

Архитектура агента GCSS представлена на рис. 3. Все данные платформы Geo2Tag хранятся в базе данных на специально выделенном сервере. Платформа Geo2Tag позволяет записывать и извлекать данные с помощью определенных REST-запросов в JSON-формате. Также существуют различные клиенты для работы с платформой Geo2Tag, в основном для мобильных платформ.

Для интеграции с платформой Smart-M3 служит специальный посредник (медиатор, агент). Его главной задачей является преобразование данных из формата одной платформы (Geo2Tag, JSON/XML) в формат другой (Smart-M3, XML) [3].

Агент состоит из трех основных компонентов:

- Обработчика платформы Geo2Tag (Geo2Tag service handler).
- Механизма преобразования геоданных в триплеты (Geotags to Triples conversion handler).
- Обработчика платформы Smart-M3 (Smart-M3 handler).

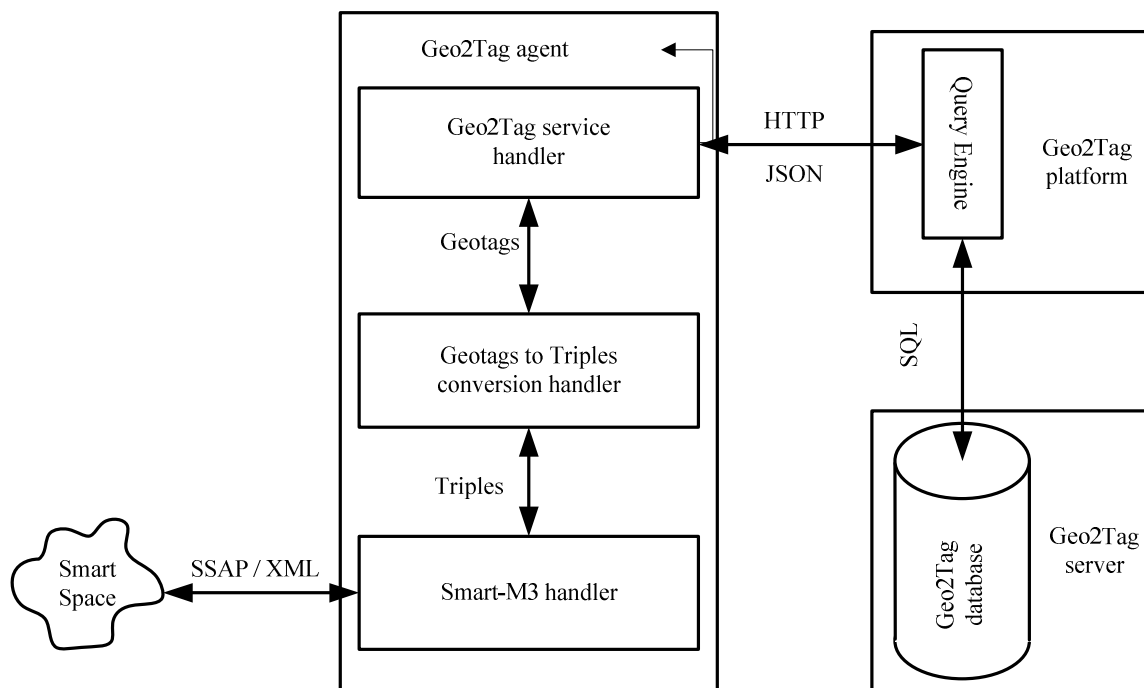


Рис. 3

Обработчик платформы Geo2Tag отвечает за получение геоданных платформы, он подключается к базе данных сервера и запрашивает данные с помощью специальных классов запросов. Механизм преобразования геоданных в триплеты необходим для приведения полученных геоданных к виду, удобному для создания триплетов. На последнем этапе происходит подключение к пространству, создаются триплеты в соответствии с онтологией, которые затем помещаются в пространство Smart-M3.

Таким образом, в данной статье представлены основные требования и варианты использования разрабатываемой системы, а также многоуровневая архитектура агента интеграции платформ Smart-M3 и Geo2Tag. Интеграция, выполненная с использованием специального процессора знаний платформы Smart-M3, позволит контролировать оба пространства и переводить данные из одного пространства в другое и наоборот.

Основные результаты работы:

- разработан прототип агента интеграции платформ;
- разработан первоначальный механизм преобразования данных платформ;
- создан механизм фильтрации, основанный на возможностях платформы Geo2Tag.

Следующим шагом в разработке агента будет завершение процесса интеграции платформ, использование алгоритмов поиска и фильтрации, а также добавление возможности автономной обработки данных в облачном хранилище.

Открытые вопросы для дальнейшего развития проекта: общая производительность системы, безопасность системы, эффективный мониторинг за объектами, временная и пространственная фильтрация, возможность работы с мультимедийными данными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Context Aware Computing for The Internet of Things: A Survey / C. Perera, A. Zaslavsky, P. Christen, D. Georgakopoulos // IEEE Communications Surveys and Tutorials. 2013. Vol. PP, is. 99. P. 1–44.
2. Kolomvatsos K., Papataxiarhis V., Tsetsos V. Semantic Location Based Services for Smart Spaces // 2nd Intern. Conf. on Metadata and Semantics Research (MTSR), Corfu, Greece, Springer, 2009. P. 515–525.
3. Krinkin K., Yudenok K. Geo-coding in Smart Environments: Integration Principles of Smart-M3 and Geo2Tag // In Proc. of the 13th Intern. Conf., NEW2AN 2013 and 6th Conf. ruSMART 2013, St. Petersburg, Rus-

sia, August 28–30. Proceedings. Springer. Lecture Notes in Computer Science. 2013. P. 107–116.

4. Integration of Smart-M3 Applications: Blogging in Smart Conference / D. Korzun, I. Galov, A. Kashevnik et al. // Proc. 4th Conf. Smart Spaces (ruSMART 2011), Springer, Saint-Petersburg, Russia, August 22–23, 2011. P. 51–62.

5. Multilingual ontology library generator for Smart-M3 information sharing platform / D. Korzun, A. Lomov, P. Vanag et al. // Intern. j. on Advances of Intelligent System. 2011. 4 (3&4). P. 68–81.

K. V. Krinkin, K. G. Yudenok
Saint-Petersburg state electrotechnical university «LETI»

Geographical Context Usage in Smart Spaces Environments

Geo-tagging and smart spaces are two promising directions in modern mobile market. Geo-tagging allows to markup any kind of data by geographical coordinates and time. This is the basis for defining geographical context which can be used in different types of applications. Smart spaces as the basis for seamless distributed communication field for software services provides semantic level for data processing. Most desired feature of coming software is pro-activeness and context awareness, i.e. services will be able to adapt to the user's needs and situations and be able to manage decisions and behaviors on behalf of the user. The paper is dedicated discussion of integration most popular open platforms for smart spaces and geo-tagging (Smart-M3 and Geo2Tag) as possible solution for creation context aware proactive location based (LBS) services.

Geo-coding, Smart Spaces, Location-based services, Smart-M3, Geo2Tag

УДК 681.513.1

С. А. Романов
Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Применение метода имитации отжига при синтезе робастных линейных систем управления

Рассматривается рандомизированный подход к синтезу линейных систем управления. Проанализированы имеющиеся подходы, предложен метод имитации отжига при синтезе для случая, когда целевая функция не может быть вычислена аналитически.

Робастное управление, рандомизированные алгоритмы, оптимизация, неопределенность

Управление при наличии неопределенности в описании объекта является одной из ключевых тем современной теории управления. Для линейных систем имеется большое количество подходов, в рамках которых осуществляется анализ и синтез таких систем. Их условно разделяют на две группы – адаптивное и робастное управление. В рамках робастного подхода существуют различные методы [1]: μ -синтез, H_∞ -управление, количественная теория обратной связи (QFT), харитоновские методы и др.

К сожалению, робастному подходу присущи существенные недостатки [2]: NP-сложность многих задач анализа и синтеза, разрывность радиуса устойчивости, а также излишний консерватизм. Одним из способов преодоления указанных недостатков является переход к вероятностному представлению неопределенности. В этом случае на

множестве неопределенных параметров $Q \subseteq \mathbb{R}^n$ задается вероятностная мера $p(q)$, $q \in Q$ и рассчитывается вероятность выполнения (невыполнения) заданного свойства. В случае мультилинейной и более сложных видов неопределенности такой подход снижает консерватизм, однако в общем случае не упрощает задачи и может быть даже вычислительно сложнее, так как требует вычисления кратных интегралов и может быть выполнен лишь в ограниченных случаях. Например, такое вычисление возможно в случае определения вероятности устойчивости мультилинейных систем с симметричной унимодальной плотностью распределения [3].

Вычислительная сложность при вероятностном подходе разрешается применением рандомизированных алгоритмов. Подробно ознакомиться с этим направлением можно, например, в работах [2], [4].