

# Сетевая пространственная близость между мобильными устройствами

Д.Е. Намиот

**Аннотация**— В этой статье мы продолжаем серию исследований, посвященных применению (использованию) модели сетевой пространственной близости. В рамках этой модели классическая архитектура сервисов с использованием информации о местоположении, которая базируется на использовании данных о гео-координатах, предоставляемых пользователями, заменяется некоторой распределенной кибер-физической системой. Модель явно использует тот факт, что большинство сервисов, с использованием информации о местоположении, предоставляет некоторые местные (локальные) услуги. А предоставляемые пользователями гео-координаты используются как раз для определения близости при подборе сервисов (услуг). В рамках модели сетевой близости гео-вычисления заменяются прямым определением близости. А само это измерение близости основано на определении факта доступности (видимости) сигналов узлов беспроводных сетей. При этом могут использоваться как существующие узлы беспроводных сетей, так и узлы специально созданные, основной и единственной задачей которых как раз и является участие в определении близости. В настоящей статье рассматриваются вопросы построения новых моделей сервисов с использованием информации о местоположении.

**Ключевые слова**—LBS, сетевая близость, аналитика.

## I. ВВЕДЕНИЕ

Сервисы, использующие информацию о местоположении (LBS – location based services), являются одними из наиболее востребованных среди мобильных пользователей. Помимо таких сервисов востребованной является также аналитика (аналитические отчеты), связанные с анализом информации о перемещениях пользователей. Как подтверждение этого факта можно привести, например, следующие цифры:

- объем location-based services market составлял \$28.95 млрд. в 2019 году, и должен достигнуть \$183.81 млрд. к 2027 году [1];
- поисковый запрос “proximity services” на Google Scholar показывает более 41 000 упоминаний в патентах после 2016 года.

Если мы рассмотрим архитектуру LBS, то этот

элемент не менялся уже много лет. LBS системы представляют собой классический пример системы клиент-сервис, когда клиент (приложение) получает информацию о местоположении, в подавляющем большинстве случаев – с помощью систем глобального позиционирования (GPS) и передает эту информацию сервису. Сервис, получив координаты, подбирает наиболее “близкую” (в пространственном смысле) услугу – рис. 1.

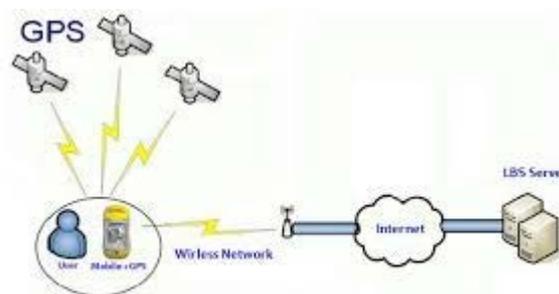


Рис. 1. LBS architecture [2]

Инновации в данной области касались только серверной части. Например, новые способы хранения гео-позиционной информации [2], описания гео-данных [3] и т.п.

Это простая модель, опирающаяся на повсеместное распространение смартфонов, поддерживающих работу с системами глобального позиционирования (GPS). Клиентское приложение получает текущие координаты (программно это стандартизировано, например, W3C) и может предоставить их сервису. Эта модель не всегда была такой. Например, еще в начале 2000-х годов клиентское приложение могло получить информацию о местоположении только от оператора связи (впоследствии – еще и от мэшапа, который эмулировал в некоторой степени работу оператора, предоставляя информацию о расположении базовых станций оператора), но распространение смартфонов свело все в итоге к использованию GPS и простой системе клиент-сервер.

В целом, LBS приложения являются типичными контекстно-зависимыми приложениями. Контекст в приложениях, классически, определяется как любые измеримые характеристики, которые могут быть добавлены к местоположению. То есть, текущее местоположение всегда является частью контекста [4].

Но, в отличие от других контекстных данных, информация о местоположении занимает отдельное

место с точки зрения приватности пользователей. Для мобильных пользователей – это, очевидно, приватность абонентов телекоммуникационных компаний. Проблема сохранения приватности является горячей проблемой для большинства пользователей [5, 6]. Если воспользоваться упомянутым выше способом оценки научной значимости, то можно упомянуть более 310 000 ссылок после 2016 года по поисковому запросу "location sharing privacy" на scholar.google.com.

Необходимо отметить, что в рамках существующей модели сервисов с использованием информации о местоположении, нет никакой возможности избежать передачи информации о местоположении поставщику услуги. Можно, например, каким-то образом округлять координаты (например, spatial cloaking [7]), но принципиально у сервис-провайдера останется возможность отслеживать использование сервиса. Возможно использование других протоколов для "безопасного" обмена информацией о позиционировании [8], но они также не меняют базовой схемы.

Точно такая же схема остается в действии и для социальных сетей, где была введена специальная форма отметки о присутствии (check-in). Эта отметка вводилась как специальное сообщение в социальной сети, которое содержало информацию о местоположении. Идея состоит в том, чтобы искать других пользователей (другой контент) со схожими отметками о местоположении внутри или даже вне социального круга. В дальнейшем эта схема может быть расширена, так что действия, привязанные к такому типу записей, могут определяться самими пользователями [9]. Но при этом опять-таки принципиальным является необходимость передачи информации о местоположении стороннему провайдеру, в данном случае - социальной сети.

При этом можно отметить, что в большинстве LBS сервисов собственно информация о координатах не нужна. Координаты используются как ключи для поиска данных. Большая часть сервисов предоставляет услуги (информацию) поблизости от некоторой точки. Чаще всего это или текущее местоположение клиента ("найти что-то поблизости от меня"), либо его некоторое будущее (возможное) местоположение ("найти что-то поблизости от кафе С"). Это соображение открывает возможность использования других метрик (ключей) для представления и поиска данных в сервисах, использующих информацию о местоположении – а именно, прямо определять близость пользователя от "места" предоставления услуги.

С формальной точки зрения, описывая такую семантику на GeoSparql [10], например, это означает, что большинство сервисов основаны на выполнении (интерпретации) функции *nearby*

Вот так может выглядеть правило для интерпретации

данной функции:

```
? A geo : nearby ? B :- A ? geom ? g1
                          B ? geom ? g2
```

```
filter(distance(?g1, ?g2) <25)
```

в данном случае берутся геометрические характеристики объектов *A* и *B* и проверяется, что расстояние между ними меньше некоторого заданного предела (25 метров в данном примере). И, соответственно, в запросе, где оперируют конкретные объекты: *?cafe geo:nearby ?street*, функция *geo:nearby* будет интерпретироваться по указанному выше правилу.

Именно идея непосредственного измерения близости и была положена в основу нового подхода (новой архитектуры) LBS приложений. Вместо использования гео-координат для последующего вычисления пространственной близости предлагается эту близость непосредственно измерять. А в качестве таковой меры использовать ограниченность распространения сигнала беспроводных сетей. Доступность сигнала беспроводных сетей и будет служить подтверждением близости к источнику сигнала. Соответственно, при описании самих сервисов, вместо координат используется идентификация узлов беспроводных сетей. Такая модель получила название модели сетевой пространственной близости [11]. И настоящая статья посвящена рассмотрению новых моделей LBS приложений (сервисов).

Дальнейшая часть статьи структурирована следующим образом. В разделе II речь идет о модели сетевой пространственной близости и ее характеристиках, которые и обеспечивают новые модели сервисов. В разделе III речь идет об одном классе новых моделей LBS приложений, реализация которых как раз и обусловлена использованием сетевой пространственной близости.

## II. МОДЕЛИ СЕТЕВОЙ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ БЛИЗОСТИ

В рамках этого подхода для определения близости мобильных устройств (как было указано выше, это призвано заменить работу с гео-координатами) предлагается использовать физически ограниченное распространение сигнала беспроводных сетей.

С программной точки зрения, обнаружение беспроводного устройства – это получение его рекламной информации. Именно так работает, например, поиск соседних узлов в беспроводных сетях. Поиск соседних узлов - это определение всех узлов в сети, с которыми данный узел может напрямую связываться. Очевидно, что узлы должны использовать (передавать) некоторую идентификацию во время процесса обнаружения. И идея сетевой пространственной близости состоит именно в том, чтобы использовать эту идентификационную информацию (или некоторые надстройки для этой информации) для передачи пользовательских данных.

Ограниченная область распространения сигнала беспроводных сетей как раз и служит основанием для определения близости. При этом, в рамках предложенной модели, ни в какой форме не используются соединения, и не делается никаких попыток оценить местоположение. В этом отличие, например, от систем позиционирования, которые используют информацию о беспроводных сетях. Все они, в той или иной форме, используют информацию о предварительной разметке сигналов беспроводных сетей относительно узлов, с известным местоположением [12]. Отсутствие же требований к определению местоположения позволяет использовать для определения сетевой пространственной близости не только любые существующие узлы беспроводных сетей (точки доступа Wi-Fi, теги Bluetooth и т.д.), но и создавать такие узлы специально для задач определения близости. В последнем случае можно произвольно задавать идентификацию таких узлов (их рекламное представление), а также обновлять ее динамически [13]. Например, устройство Bluetooth Low Energy в режиме рекламы (рекламодатель) периодически передает рекламную информацию (рис.2) в трех каналах представления и слушает, ожидая ответа от других устройств. С другой стороны, устройство в режиме сканирования (так называемый сканер), периодически сканирует каналы представления (рекламные каналы) и слушает рекламную информацию от других устройств. Инициаторы отличаются только тем, что они могут отвечать лишь на конкретные типы рекламных пакетов. *Payload* на рисунке 2 как раз и позволяет передавать пользовательскую информацию в рекламном пакете без осуществления связи между устройствами.

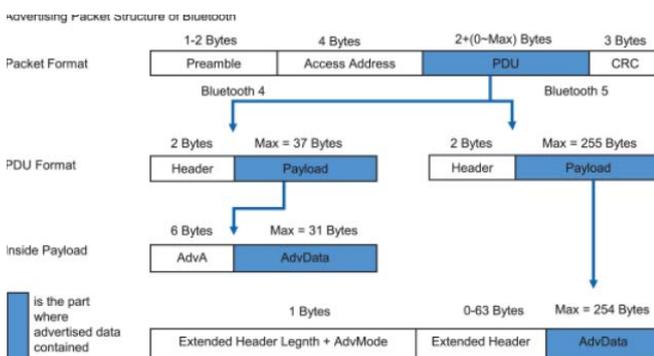


Рис.2. Рекламный пакет Bluetooth [14]

В качестве рекламного представления в этой работе используется не только его формат для Bluetooth LE, но и, например, SSID для узла Wi-Fi. Это также информация, распространяемая широкоэмитальным способом. А поскольку для узлов сетей в используемой модели (используемой архитектуре) не предполагается никаких соединений, то нет и никаких ограничений для задания содержимого таких рассылок. SSID в такой модели – это больше не название, которое должны запоминать пользователи. Это информация, которая предназначена не для конечных пользователей, а для приложений.

Таким образом, в модели сетевой пространственной близости гео-координаты заменяются идентификацией узлов беспроводных сетей. Соответственно, проверка близости, классически представленная как сравнение координат, в новой модели представляется как проверка видимости (доступности) определенных узлов беспроводных сетей. А эта проверка, в свою очередь, включает в фиксации получения рекламы (идентификации) беспроводного узла. Помимо рекламы беспроводного узла, которая фиксирует факт его доступности (видимости), могут учитываться и другие его доступные характеристики. Например, сила сигнала (RSSI), направление (для Bluetooth 5) и т.д. Эти характеристики могут учитываться в условиях для предоставления сервисов, учитывающих информацию о местоположении как дополнительные условия.

### III. ОБ ОДНОЙ МОДЕЛИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕТЕВОЙ БЛИЗОСТИ

Определение доступных сетевых узлов (это еще часто называется сетевым отпечатком) может быть выполнено непосредственно в клиентском мобильном приложении. Проверка условий предоставления услуг, зависящих от местоположения, может быть тогда выполнена также непосредственно на стороне клиента, если его приложение включает копию базы данных с информацией о сервисах, либо на стороне сервиса, куда обращается клиент, передавая данные о доступном сетевом окружении (сетевой отпечаток).

Формально, определение близости может быть представлено как некоторый предикат

$$P(N_1, N_2, \dots, N_k) \rightarrow \{A, C\}$$

Где  $N_i$  – описание видимого (доступного) узла. Это описание включает в себя, как указано в разделе II, все доступные (измеряемые) характеристики конкретного сетевого узла, включая информацию о его рекламном представлении. Логические элементы в этом предикате могут описывать условия, налагаемые на эти характеристики. Например, описывать возможные границы для силы сигнала *RSSI* или просто проверять факт доступности узла с заданным рекламным представлением:

$$N.RSSI < -70$$

$$\exists N.SSID = "Cafe"$$

Логическая комбинация (*AND*, *OR*, *NOT*) таких элементов и образует предикат, который и выполняется для проверки близости к заданным опорным узлам (узлу) беспроводной сети. *A* и *C* в указанной формуле есть возможные действия и контент, соответственно.

Именно вычисление таких предикатов и есть проверка сетевой близости. Набор такого рода правил может также лежать в основе системы нечеткой логики для выбора правил из нескольких подходящих [15]. На практике, в мобильном приложении (например, приложение от торгового ритейлера) проверяется

информация о доступных (видимых) сетевых узлах, на основании которой приложение может понять, находится ли в данный момент пользователь в одном из торговых комплексов (залов) и в каком именно из них, или же приложение запущено вне стен торгового комплекса [16].

В настоящей же работе рассматривается модель (архитектура), которая описывает LBS приложения, ставящие в основу предоставления услуг близость нескольких мобильных устройств между собой.

В системе присутствуют следующие стороны:

- Поставщик (поставщики) контента (услуг), зависящих от местоположения
- Оператор (провайдер) определения близости (может совпадать с поставщиками услуг)
- Заказчик услуги, оперирующий несколькими мобильными устройствами (опорными устройствами)
- Пользователи (мобильные клиенты)

Схема работы подобного рода системы выглядит следующим образом.

1. Заказчик услуги ассоциирует предоставление своего контента (выполнение каких-либо действий) с близостью клиентских мобильных устройств и мобильных устройств, выбранных им (заказчиком) в качестве выделенных (опорных) мобильных устройств.
2. Опорные устройства периодически сообщают провайдеру оператору определения близости информацию о доступном им сетевом окружении (видимые сетевые узлы, отпечатки).
3. Клиентские устройства (мобильные приложения) для запроса LBS услуг передают провайдеру определения близости информацию о доступном (видимом) сетевом окружении.
4. Провайдер сравнивает клиентскую информацию и данные от опорных устройств. При совпадении выдается контент, ассоциированный с соответствующим опорным устройством.

Это проиллюстрировано на рисунке 3. Опорное устройство в таком случае выполняет роль тега. При этом такой тег автоматически является мобильным (подвижным тегом).

На рисунке 3 представлено опорное устройство А, клиентское устройство В и общая (доступная для обоих устройств) точка доступа Wi-Fi. В данном случае эта точка доступа и определяет общее сетевое окружение, которое означает взаимную близость устройств А и В. Правило для предоставления сервиса (услуги) для клиентского устройства А (приложения на этом устройстве) выглядит следующим образом: “сетевое окружение для А подобно сетевому окружению для В”. Отметим, что здесь необходимо представлять информацию только об идентификации опорного

устройства В.

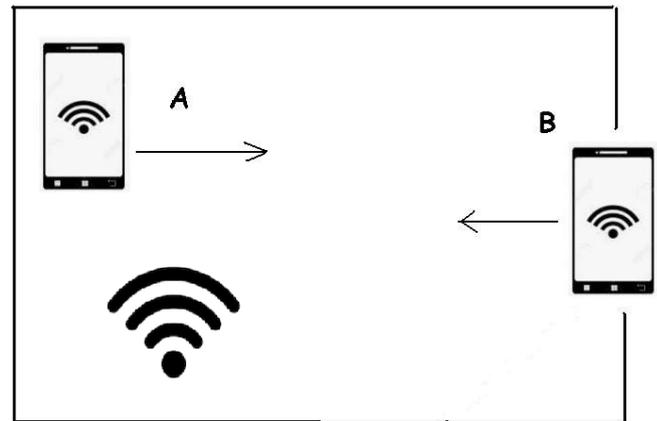


Рис.3. Определение общего сетевого окружения.

В такой форме предложенная схема для LBS приложений имеет ясное бизнес-представление (бизнес-модель). Заказчик услуги получает от провайдера поддержку в части определение близости произвольных клиентских устройств относительно заказанных опорных устройств. Эти опорные устройства (мобильные телефоны, мобильные терминалы) заказчик услуги размещает (перемещает) произвольным образом внутри собственных помещений (территории, транспортных средств и т.д.). Мобильное приложение на опорном устройстве может быть одинаковым для всех пользователей. Все, что от него требуется – это периодически отправлять информацию о сетевом окружении провайдеру.

Клиентское мобильное приложение должно также отправить провайдеру информацию о сетевом окружении. Эта отправка является подтверждением желания получить услугу (услуги) зависящие от местоположения. Можно заметить, что концептуально такая отправка соответствует понятию check-in в социальных сетях. В социальных сетях – это запись (сообщение) с информацией о местоположении, призванная как раз обеспечить информацию от сети (социального круга) с учетом указанного местоположения. В описанной модели – это сигнал о том же самом.

В рамках такой бизнес-модели провайдер услуги может оценивать свою работу самым разнообразным способом. Это может быть какая-то единая (плоская цена), может зависеть от количества устройств. Поскольку в такой модели все проверки на предоставление услуг проходят через провайдера, то возможны схемы биллинга (тарифы) с учетом количества обращений, их интенсивности, а также времени выполнения запросов.

Это новая архитектура для LBS приложений и новая бизнес-модель для поставщиков услуг.

Очевидно, что провайдер близости может также и хранить информацию о действиях и контенте (то есть,

собственно привязанные к местоположению данные). Особенно интересным является схема, в которой таким провайдером вычисления близости будет выступать телекоммуникационный оператор. В настоящее время схема LBS полностью децентрализованная. Клиенты определяют свое местоположение самостоятельно, операторы не представлены в бизнес-моделях LBS. В предложенной же схеме мобильный оператор получает естественную роль провайдера для вычисления близости (фактически – для альтернативной формы гео-вычислений).

Использование рекламного представления беспроводного узла приводит в данном случае к еще одной сервисной модели. Речь идет о широковещательной рассылке какой-либо текстовой информации. Следует отметить несколько важных моментов. В таких службах нет необходимости организовывать скоординированную работу передатчика и получателей информации. Достаточно просто повторить весь текст несколько раз. Затем любой приемник, участвующий в процессе в середине передачи (который появился рядом с передатчиком после начала трансляции), будет принимать и отображать только часть информации в первом цикле приема, а затем принимать и отображать весь текст. Это будет полная имитация информационной ленты на табло.

Для передачи длинных текстов мы можем разделить их на пакеты меньшей длины (строки), последний символ которых указывает на необходимость конкатенации следующего пакета при получении. Таким образом, получатель может собрать отдельные части в полный текст.

Во-вторых, может быть несколько передатчиков. Приемники будут различать их по адресам, которые присутствуют в рекламных пакетах.

Кроме того, очевидно, что мы можем поддержать представление в тексте некоторой структурированной информации. Например, при отображении полученного текста он автоматически выделяет номера телефонов, адреса электронной почты и т. д. Это позволит нам отображать данные, наиболее удобные для последующего использования (возможность прямо позвонить по номеру и т.д.).

В такой схеме отпадает необходимость в отдельном хранении информации о гео-привязанном контенте. Вся необходимая информация будет непосредственно транслироваться опорными устройствами. А получателями таких данных смогут стать все мобильные клиенты, оказавшиеся поблизости от опорного устройства.

С точки зрения бизнес-модели такая опция открывает новые формы подачи (представления) рекламного контента, который может быть динамическим (опорные устройства могут, конечно, менять свои рассылки) и локализованным (доступным только в ограниченной

области).

#### IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В этой статье представлена еще одна возможная схема для сервисов с использованием информации о местоположении. Она базируется на использовании архитектурных решений модели сетевой пространственной близости. В рамках представленной модели сравниваются характеристики сетевого окружения пользовательских (клиентских) устройств и некоторых выделенных мобильных устройств, которые играют роль мобильных тегов. Соответственно, близость клиентского мобильного устройства и некоторого опорного устройства и является основанием для предоставления сервиса. Предложенная схема открывает новые возможности для построения бизнес-моделей сервисов с использованием информации о местоположении.

#### БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Location-based service market <https://www.alliedmarketresearch.com/location-based-services-market>. Retrieved: Dec, 2020
- [2] Almasri, S., et al. "Location-based services enhancement using Zone-based Up-date Mechanism." PGNet Liverpool John Moores 8th annual conference. Liverpool, UK. 2007.
- [3] Malik, Kaleem Razzaq, et al. "A generic methodology for geo-related data semantic annotation." *Concurrency and Computation: Practice and Experience* 30.15 (2018): e4495.
- [4] Namiot, Dmitry, and Manfred Sneps-Snepp. "Context-aware data discovery." 2012 16th International Conference on Intelligence in Next Generation Networks. IEEE, 2012.
- [5] Zhao, Yuchen, Juan Ye, and Tristan Henderson. "Privacy-aware location privacy preference recommendations." *Proceedings of the 11th international conference on mobile and ubiquitous systems: Computing, networking and services*. 2014.
- [6] Tsai, Janice Y., et al. "Location-sharing technologies: Privacy risks and controls." *Isjlp* 6 (2010): 119.
- [7] Chow, Chi-Yin, Mohamed F. Mokbel, and Xuan Liu. "A peer-to-peer spatial cloaking algorithm for anonymous location-based service." *Proceedings of the 14th annual ACM international symposium on Advances in geographic information systems*. 2006.
- [8] Namiot, Dmitry, and Manfred Sneps-Snepp. "Where are they now—safe location sharing." *Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networking*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2012. 63-74.
- [9] Namiot, Dmitry, and Manfred Sneps-Snepp. "Customized check-in procedures." *Smart Spaces and Next Generation Wired/Wireless Networking*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2011. 160-164.
- [10] Battle, Robert, and Dave Kolas. "Geosparql: enabling a geospatial semantic web." *Semantic Web Journal* 3.4 (2011): 355-370.
- [11] Namiot D., Seps-Snepp M. On Content Models for Proximity Services //2019 24th Conference of Open Innovations Association (FRUCT). – IEEE, 2019. – С. 277-284.
- [12] Han D. et al. Building a practical Wi-Fi-based indoor navigation system //IEEE Pervasive Computing. – 2014. – Т. 13. – №. 2. – С. 72-79.
- [13] Namiot, Dmitry, and Manfred Sneps-Snepp. "On proximity-based information delivery." *International Conference on Distributed Computer and Communication Networks*. Springer, Cham, 2018.
- [14] Yin J. et al. A survey on Bluetooth 5.0 and mesh: New milestones of IoT //ACM Transactions on Sensor Networks (TOSN). – 2019. – Т. 15. – №. 3. – С. 1-29
- [15] Namiot D. On proximity services programming //International Journal of Open Information Technologies. – 2020. – Т. 8. – №. 3. – С. 47-54.
- [16] Namiot D., Seps-Snepp M. On physical web browser //2016 18th Conference of Open Innovations Association and Seminar on Information Security and Protection of Information Technology (FRUCT-ISPIT). – IEEE, 2016. – С. 220-225.

# Network spatial proximity between mobile devices

Dmitry Namiot

**Abstract—** In this article, we continue a series of studies devoted to the application (use) of the network spatial proximity model. Within this model, the classical architecture of services using location information, which is based on the use of geo-coordinates data provided by users, is replaced by some distributed cyber-physical system. The model explicitly exploits the fact that most location-based services provide some local (local) service. And the geo-coordinates provided by users are used just to determine the proximity when selecting services (services). Within the network proximity model, geo-computation is replaced by direct proximity definitions. And this very proximity measurement is based on determining the availability (visibility) of the signals of wireless network nodes. In this case, both existing nodes of wireless networks can be used, as well as specially created nodes, the main and only task of which is precisely to participate in determining proximity. This article discusses how to build new service models using location information.

**Keywords—** Bluetooth; BLE; network proximity.

## REFERENCES

- [1] Location-based service market <https://www.alliedmarketresearch.com/location-based-services-market>. Retrieved: Dec, 2020
- [2] Almasri, S., et al. "Location-based services enhancement using Zone-based Up-date Mechanism." PGNet Liverpool John Moores 8th annual conference. Liverpool, UK, 2007.
- [3] Malik, Kaleem Razaq, et al. "A generic methodology for geo -related data semantic annotation." *Concurrency and Computation: Practice and Experience* 30.15 (2018): e4495.
- [4] Namiot, Dmitry, and Manfred Sneps-Sneppe. "Context-aware data discovery." 2012 16th International Conference on Intelligence in Next Generation Networks. IEEE, 2012.
- [5] Zhao, Yuchen, Juan Ye, and Tristan Henderson. "Privacy-aware location privacy preference recommendations." *Proceedings of the 11th international conference on mobile and ubiquitous systems: Computing, networking and services*. 2014.
- [6] Tsai, Janice Y., et al. "Location-sharing technologies: Privacy risks and controls." *Isjlp* 6 (2010): 119.
- [7] Chow, Chi-Yin, Mohamed F. Mokbel, and Xuan Liu. "A peer-to-peer spatial cloaking algorithm for anonymous location-based service." *Proceedings of the 14th annual ACM international symposium on Advances in geographic information systems*. 2006.
- [8] Namiot, Dmitry, and Manfred Sneps-Sneppe. "Where are they now—safe location sharing." *Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networking*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2012. 63-74.
- [9] Namiot, Dmitry, and Manfred Sneps-Sneppe. "Customized check-in procedures." *Smart Spaces and Next Generation Wired/Wireless Networking*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2011. 160-164.
- [10] Battle, Robert, and Dave Kolas. "Geosparql: enabling a geospatial semantic web." *Semantic Web Journal* 3.4 (2011): 355-370.
- [11] Namiot D., Sneps-Sneppe M. On Content Models for Proximity Services //2019 24th Conference of Open Innovations Association (FRUCT). – IEEE, 2019. – C. 277-284.
- [12] Han D. et al. Building a practical Wi-Fi-based indoor navigation system //IEEE Pervasive Computing. – 2014. – T. 13. – №. 2. – C. 72-79.
- [13] Namiot, Dmitry, and Manfred Sneps-Sneppe. "On proximity-based information delivery." *International Conference on Distributed Computer and Communication Networks*. Springer, Cham, 2018.
- [14] Yin J. et al. A survey on Bluetooth 5.0 and mesh: New milestones of IoT //ACM Transactions on Sensor Networks (TOSN). – 2019. – T. 15. – №. 3. – C. 1-29
- [15] Namiot D. On proximity services programming //International Journal of Open Information Technologies. – 2020. – T. 8. – №. 3. – C. 47-54.
- [16] Namiot D., Sneps-Sneppe M. On physical web browser //2016 18th Conference of Open Innovations Association and Seminar on Information Security and Protection of Information Technology (FRUCT-ISPIT). – IEEE, 2016. – C. 220-225.