

Моделирование контекста для взаимодействий мобильных агентов с коллекциями данных в изменяющемся информационном окружении

Леонтьев И.В.

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова
Институт Проблем Информатики РАН
ileon@ipi.ac.ru

Аннотация

В настоящее время широкое распространение получили мобильные устройства, персональные терминалы (PDA) и специализированные устройства-коммуникаторы, способные накапливать и обрабатывать информацию. Все чаще они используются в комбинации с мобильными телефонами или встроенными модулями беспроводной связи (GPRS, Bluetooth, 802.11b). Мобильность устройств и возможность обмена информацией открывает большие возможности для взаимодействия человека с информационными системами, составляющими его окружение: бизнес-системами, цифровыми киосками, картографическими и справочными системами, разнородными коллекциями данных.

Наличие точек беспроводного и стационарного доступа к системам позволяет накапливать и передавать данные с терминала в другие системы, запрашивать их сервисы, при этом перемещаясь в пространстве и оставаясь все время на связи. Однако и само окружение может самостоятельно получать информацию о появлении новых мобильных устройств, идентифицировать их, устанавливать с ними связь и настраивать доступные сервисы на основе сложившейся ситуации (текущего контекста) мобильного терминала.

В данной статье рассматриваются вопросы моделирования и спецификации контекста, функционирования программных агентов и вопросы семантического согласования контекстов на основе инфраструктуры, обеспечивающей контекстно-зависимые взаимодействия систем с мобильными терминалами, при использовании архитектуры посредника.

1 Введение

Мобильные устройства и терминалы, снабженные процессором и памятью, способные накапливать и обрабатывать информацию все прочнее входят в нашу жизнь. Для таких устройств разрабатываются аналоги наиболее распространенных приложений - планировщики расписаний, записные книги, клиенты электронной почты, а также специализированные приложения, в зависимости от применения и графических возможностей этих устройств [1]. К последним относятся программы, обеспечивающие оперативный доступ пользователя к данным посредством терминала - классификаторы, базы текстовой и картографической информации.

В медицине терминал является незаменимым помощником врача, помогая сохранять и быстро находить информацию о пациентах, получать более детальную информацию из смежных баз (диагноз, результаты исследований, назначенные лекарства).

Для правоохранительных служб - мобильный терминал позволяет быстро подключиться к соответствующей базе и проверить паспортные данные гражданина, номер автомобиля, права, данные на его владельца и получить другую доступную информацию.

В бизнесе для терминалов разрабатываются торговые и складские приложения для автоматизированного учета и инвентаризации товаров, для розничных продаж с колес (wan-selling) и использования торговыми представителями в командировках.

Геологи и географы используют графические возможности терминала для работы с картографической информацией, масштабируя карты и извлекая требуемые данные, а также привязывая свои записи к координатам на местности [16, 21].

Данные загружаются на терминал из внешних коллекций (баз данных, сервисов, файловых и Web-серверов) и обновляются с помощью процедур двупольной синхронизации в сеансовом режиме, либо в online-режиме.

2 Контекст мобильных агентов

2.1 Мобильные пользователи и их агенты

Представителем мобильного пользователя в информационном окружении является мобильный агент. Это программный компонент, действующий от имени и по поручению пользователя с определенной целью получения информации. Поэтому действия пользователя в некотором окружении и условиях рассматриваются как действия его программного представителя в определенном контексте - контексте мобильного агента - который можно специфицировать [10, 14].

Мобильные пользователи, например, путешественники и исследователи, представляют особый интерес. Помимо терминалов для сохранения записей, они используют часы, таймеры и устройства GPS для получения своих координат, что позволяет осуществить автоматическую привязку информации, вносимой в память терминала, к точке и времени ее обнаружения. Дополнительную информацию могут предоставить датчики (температуры, влажности, освещенности, движения) и прочее оборудование. Такие сведения будут полезны для последующего поиска и группирования результатов, а также оперативного выявления и анализа похожих ситуаций в сходных условиях.

Информация, автоматически полученная из таких устройств, формирует начальный (первичный) контекст мобильного агента. Данные могут объединяться в значения виртуальных "суперсенсоров"-анализаторов, дающих более релевантную информацию.

Как и во всех примерах использования терминала, пользователи-исследователи и путешественники записывают в него данные и запрашивают информацию по определенным шаблонам, предусмотренным сценарием их работы. Например, при описании объекта набор атрибутов и полей для внесения информации о нем может быть фиксирован, но может меняться в зависимости от уже введенных данных или по результатам распознавания типа объекта.

Информация, задаваемая пользователем, а также его действия и их последовательность, совместно с происходящими событиями в окружении агента пользователя – формируют основной (высокоуровневый) контекст мобильного агента.

2.2 Понятие контекста

Контекст – это совокупность информации и знаний, используемая для характеристики сущности и ее текущего состояния (человека, оборудования, помещения, агента или программ), релевантная интересам пользователя, в рамках которой рассматриваются происходящие события и выполняются действия. Контекст включает в себя часть информации об окружающей среде, детализация контекста зависит от предметной области.

2.3 Исследования в области контекстной настройки приложений

Наиболее близкими к нашей теме являются исследования в области context-aware computing. Это понятие подразумевает использование характеристик среды, таких как местоположения, время, идентификатор пользователя, действия и передача их вычислительному устройству (сервису), чтобы последний смог предоставить информацию, релевантную текущему контексту.

Известны ранние проекты HP и AT&T по созданию систем активных бэйджей, позволяющих отслеживать перемещения сотрудников по зданию офиса. Через точки доступа по активным бэйджам определялось местоположение, и система перенаправляла входящие телефонные звонки данному человеку на ближайший к нему стационарный телефон [21].

Из последних разработок интересны "поля датчиков", которые спонсирует DARPA. Например, в сельском хозяйстве датчики устанавливаются на полях, и снимают показания о температуре воздуха, влажности, скорости ветра и передают в компьютер. Будучи установленными вдоль дорог, датчики могут отслеживать грузопоток, скорость, количество и частоту перемещающегося транспорта. На основе этих "контекстных" данных соответствующие системы могут начать выполнение одного из определенных сценариев (в виде последовательности действий) и рассылать уведомления. Военное применение таких систем очевидно.

Проекты по созданию переносимого мобильного кода, способного настраивать свою функциональность на контекст (среду исполнения и точку запуска) основываются на динамическом наследовании, методике уточняющих шаблонов (mixins), и описаны в работах [4, 7, 8]

Использование контекстной информации при работе информационных систем требует разработки инфраструктуры, позволяющей моделировать контекст, контролировать его состояние и извлекать требуемые значения параметров, помещать обновления в контекст, уведомлять других участников о внесенных изменениях.

3. Моделирование контекста

3.1 Особенность подхода

В основе нашего подхода лежит четкая объектно-ориентированная спецификация элементов, формирующих и составляющих контекст, параметризуемая спецификация потоков работ, связь контекстной информации с потоком работ в виде пред-/пост-условий и ЕСА-правил (что позволяет динамически формировать и выполнять экземпляр потока работ) а также связь понятий онтологии и выполняемых активностей для учета семантики функционирования последних.

Задача состоит в том, чтобы конкретизировать поток работ (заданный проектировщиком мобильного приложения) фрагментами потоков работ существующих сервисов, исполняя часть действий в виде вызова методов сервиса, и возможно даже целых процессов. При этом, в отличие от [13], конкретизация исполняемого потока работ учитывает контекст и изменения в окружении мобильного агента, и подходящая ветвь потока работ выбирается и параметризуется нужным образом. Предполагается, что тогда формируемый поток работ (сценарий работы агента) будет наиболее точно соответствовать контекстным условиям и изменениям в окружении.

3.2 Поддерживающая инфраструктура

В нашем подходе, инфраструктура для функционирования мобильных приложений и поддержки их контекстной настройки на среду, включает в себя следующие базовые компоненты:

- База метаинформации предметно-ориентированного посредника (хранящая спецификации сервисов/ресурсов и их способностей на языке Синтез [12]);
- База понятий, их отношений и взаимосвязей (предметно-ориентированная онтология) (например, [6])
- Адаптеры для информационных сервисов (Web-сервисов, баз данных и наследуемых систем) составляющих окружение мобильного агента и способных предоставить ему часть своей функциональности с помощью вызовов методов; В качестве примера рассмотрим Web-сервисы, для которых можно применить стандартизованные интерфейсы доступа (SOAP/XML)
- Программное обеспечение, установленное на терминале, и мобильный агент, работающий в соответствующей среде исполнения в инфраструктуре. При этом агент может быть реально мобильным (сериализуемым и перемещающимся вслед за пользователем, запускаясь в точке назначения). Технологии Java/XML и языки миграции агентов [4,7,11] позволяют реализовать такие компоненты.

В рамках данной статьи, самой важной составляющей инфраструктуры является:

- Система поддержки взаимодействий мобильных агентов с сервисами, состоящая из:
 - Репозитория спецификаций сервисов, поддерживающего спецификации BPEL4WS [3], DAML-S [5]
 - Обработчика запланированного потока работ (workflow engine), спецификации для которого задаются в виде WPDЛ или DAML-S Process Model
 - Обработчика контекстной информации, использующего разработанную нами модель контекста (будет детально описана ниже), а также связь функциональ-

ных элементов – активностей из потока работ – с онтологическими понятиями.

3.3 Настройка мобильного агента на контекст

Приложения для мобильных устройств обычно реализуют предопределенную функциональность, заданную проектировщиком приложения. Интерактивный процесс с пользователем представляется в виде последовательности допустимых заранее определенных действий и заполнения полей на формах. Формы упорядочиваются проектировщиком приложения или вызываются через меню. При этом сценарий работы пользователя, как процесс, фиксирован и допускает лишь незначительную модификацию в виде допустимого порядка вызова форм и переходов.

Однако хотелось бы, чтобы пользователь мог выполнять свою работу по сценарию, который наиболее точно отвечает условиям, сложившимся и складывающимся на момент его выполнения. Так контекстная информация (первичный и основной контекст) могут влиять на ход процесса, например, пропуская определенные шаги его выполнения в зависимости от условий или данных.

В качестве примера рассмотрим приложение, установленное на мобильном терминале пользователя, путешествующего и участвующего в научных конференциях в различных странах.

3.4 Пример сценария работы мобильного агента

Проектировщик приложения задает определенный процесс-шаблон, по которому будет выполняться работа этого приложения. Например, предположим, что пользователь желает использовать мобильный терминал для следующих действий:

- a) Получать на свой терминал по электронной почте уведомления о конференциях;

При этом:

- Получать сведения только из признанных источников, указанных им явно;
 - Специфицировать предпочтительную тематику конференций;
 - Задать временной интервал о конференциях для их группирования;
 - Напоминать о приближении или наступлении важных дат конференции (сроки подачи тезисов, срок представления полного текста статьи, время проведения конференции);
 - Упорядочивать конференции, происходящие в месте текущего пребывания пользователя (городе, стране), как более приоритетные; определять город по координатам GPS; ближайшую конференцию – по времени ее начала;
- b) Если пользователь терминала сам является рецензентом или членом программного комитета, то в зависимости от его настроек (например, в виде пароля рецензента) становится доступной новая функциональность. В

- интерактивном процессе пользователя активируются соответствующие формы. При этом информация с терминала попадает в центральную базу рецензий конференции только при подтверждении правильности пароля рецензента.
- с) Получение текста статей с сервера конференции для просмотра.
При поиске рецензируемых статей применяются поисковые поля: тематика, раздел, название, авторы.
 - d) Для рецензентов – аннотация и полный текст статьи могут быть получены на терминал в текстовом формате, и пользователь сможет выставить ей оценку или ввести комментарий.
 - e) Для рядовых участников конференции функциональность выставления оценок за статьи не видна. Более того, доступны для просмотра только аннотации статей.
 - f) Помимо поиска статей конференции, пользователь может запросить другие интересные его статьи (или статьи из библиотеки)
 - g) Поиск может вестись по различным серверам, задаваемым пользователем в своих предпочтениях, или по всем зарегистрированным в терминале поисковым службам (к которым реализован интерфейс в мобильном агенте и адаптере)
 - h) Приоритетность поиска задается авторами и языком статьи (напр., англоязычные – на altavista.com, sitesee.com; русскоязычные – rambler.ru, inion.ru)
 - i) Каждый сервер или электронная библиотека, предоставляющие доступ к своим документальным коллекциям, используют собственный интерфейс, поисковые формы и язык запросов. Соответствующим образом модифицируется набор поисковых полей для заполнения на терминале.
 - j) Можно специфицировать поиск статей, близких по тематике к указанной статье или близких по ключевым словам; ранжировать их (пороговые значения задаются с терминала).
 - k) При поиске, по GPS координатам определяется примерное местоположение пользователя. Координаты преобразуются в дом и улицу, что, например, по серверу CityMap соответствует университетскому корпусу. Это означает, что пользователь находится в здании университета, где обычно есть не только электронная библиотека. Поэтому поиск нужной статьи можно начинать в ее электронном каталоге, и получить твердую копию в этом же университете.
 - l) В случае, если статья не найдена на поисковом сервере, то делается попытка найти страницы авторов и осуществляется поиск ее на домашних страницах авторов

- m) В случае, если статья не найдена на странице автора, то осуществляется поиск ее на сервере издательства
- n) Если было подобрано несколько одинаковых статей, то результаты предоставляются пользователю для выбора, либо могут быть заранее отфильтрованы на основе настроек пользователя.

3.5 Основные положения подхода для моделирования контекста

Предлагаемый в данной работе подход к обеспечению динамически формирующихся и контекстно-ориентированных взаимодействий мобильных агентов с изменяющейся информационной средой, основывается на следующих положениях:

- Гибкая и расширяемая распределенная инфраструктура для поддержки взаимодействий мобильных агентов с информационным окружением;
- Информационное окружение (среда) состоит из доступных мобильному агенту пользователя настраиваемых (параметризуемых контекстной информацией) сервисов, серверов приложений, разнородных коллекций данных, а также информации с датчиков;
- Данные, накапливаемые в мобильном агенте пользователя в ходе работы с информационным окружением, а также действия пользователя формируют контекст мобильного агента;
- Контекст влияет не только на функциональность мобильного агента, но и на появление и поведение доступных агенту сервисов из информационного окружения;
- Поддерживается динамическое подключение агентов к среде и их отключение, автоматическое переключение контекста;
- Для радиоканала – контекст обнаруживается динамически, например, в момент вхождения мобильного агента в зону действия радиоточки (AccessPoint);
- Менеджер контекста (менеджер агентов) использует управляемую событиями (event-driven) ЕСА-модель, с помощью событий координирует взаимодействия между агентами и объектами среды, выполняющими роль как генераторов, так и с потребителями событий;
- Рассылка событий и их влияние зависит от физического контекста (например, информацией от датчиков), а также семантического контекста, задаваемого пользовательскими и другими данными;
- Фильтры событий позволяют сократить число обрабатываемых событий (из тех, что генерируются в среде);
- События упорядочиваются в соответствии с приоритетами в очереди событий;

- Событие может иметь связанную с ним дополнительную информацию, реализовать дополнительное поведение;

Сервисом мы называем определенную последовательность функциональных вызовов, возможно формирующую поток работ, с целью выполнения определенных действий и получения информации.

Выполнение указанных действий со стороны пользователя или сервиса может формировать события.

Событие – это значимое (в данной предметной области) порождаемое в некоторый момент времени атомарное проявление.

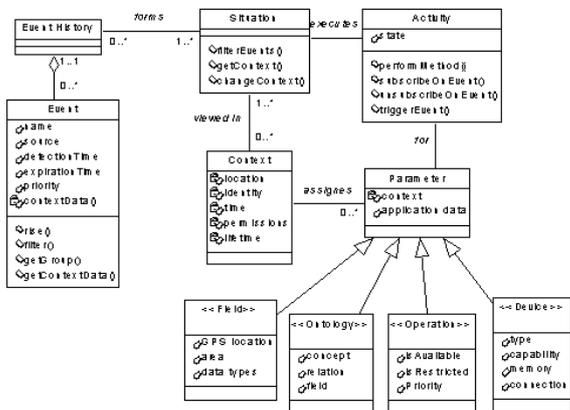
Проявление события и реакция на него всегда рассматривается в некотором контексте, в рамках которого событие считается релевантным (допустимым). Например, может учитываться время (deadline), в течение которого событие актуально для пользователя или системы;

Ситуация – это совокупность текущей контекстной информации, текущего состояния информационных систем, а также накопленных пользователем данных и выполненных действий, возможно требующая выполнения действий со стороны пользователя или систем.

Ситуация, сложившаяся в некоторый момент времени, определяется не только состоянием объектов среды и агентов, но и совокупностью событий, произошедших до этого момента (“историей событий”). Распознавание ситуации при возникновении события осуществляется на основе специфицированной связи ситуации с событиями. Связь задается с помощью параметризуемых шаблонов событий (группа, тип события);

Большинство существующих систем (реактивные) реагируют на отдельные события, происходящие в среде. Однако события могут не требовать непосредственной реакции в момент их обнаружения, но влиять на последующие действия пользователя или систем (проактивные). В данной работе предлагается накапливать события, и использовать сформированную историю событий в качестве дополнительной составляющей контекста.

Объекты, необходимые для моделирования контекста, и их взаимосвязь показаны на рисунке 1.



Для автоматического переключения контекста предлагаются две альтернативы:

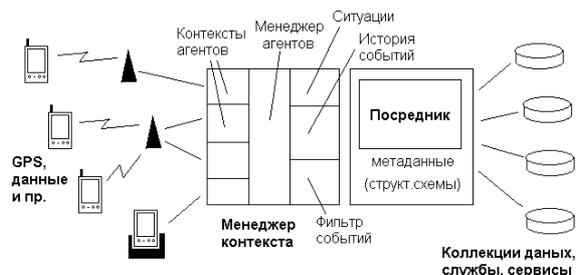
Вариант1: Формирование нескольких контекстов, и явная смена контекста через передачу объектов-данных. В этом случае происходит смена схемы контекста, с которой (и по которой) работал агент, на другую.

Вариант2: Динамически изменяемый (например, расширяемый) контекст. Дополнительные элементы подключаемого контекста добавляются к старому, формируя новый активный контекст. Активная схема, по которой работал агент, также изменяется (расширяется).

4. Архитектура системы для поддержки контекстной настройки мобильных агентов

Мы рассматриваем окружение, формируемое информационными системами, сервисами, серверами приложений и коллекциями данных, которые мобильный агент может запрашивать или использовать для обмена информацией.

С помощью менеджера контекста (менеджера агентов), системы из информационного окружения получают сведения о контексте мобильного агента. В состав контекста могут входить непосредственно данные с GPS приемника агента (в виде топографических координат) или уже адаптированный менеджер контекста результат – дом, улица, город. Указанную адаптацию менеджер контекста выполняет с помощью посредника неоднородных информационных коллекций, запрашивая у посредника данные из требуемые ресурсы (например, баз данных Oracle Spatial, серверов CityMap, Web-сервисов т.п.)



Мобильный агент накапливает данные, вводимые пользователем в ходе работы, а также выполняемые пользователем действия. Другая информация генерируется в агенте автоматически – координаты местоположения (GPS), время, идентификатор пользователя, идентификатор устройства. Информацию, необходимую для формирования контекста, менеджер контекста запрашивает у агента.

5. Заключение

В данной статье предложен подход к моделированию контекстной информации, играющей очень важную роль при использовании мобильных при-

ложений и мобильных агентов, для настройки мобильных приложений и их функционирования в изменяющихся условиях. Базовый сценарий работы мобильного приложения задается разработчиком в виде потока работ и параметризуемых активностей в нем. Параметризация позволяет выбрать нужную функциональность в зависимости от контекстных параметров-объектов, при этом возможно часть функций будут выполняться внешними сервисами. Сформированный и запущенный на исполнение новый экземпляр потока работ предоставит пользователю мобильного терминала наиболее подходящую и соответствующую сложившимся контекстным условиям функциональность. Часть функциональности мобильного агента подстроится под контекст, другая часть будет признана “нерелевантной” контексту и будет игнорироваться. Тем самым обеспечивается контекстная настройка сервисов для мобильных пользователей (например, для доступа к коллекциям данных) и взаимодействие их мобильных агентов в изменяющемся информационном окружении.

Литература

- [1] Bernes-Lee T., Hendler J., Lassila O. “The Semantic Web”, *Scientific American*, 284(5): 34-43, 2001
- [2] Bettini L., Bono V., Venneri B. “Towards Object-Oriented Klaim”, *TOSCA 2001, ENTCS, vol. 62*, Elsevier, 2001
- [3] Business Process Execution Language for Web Services Version 1.1., IBM Corp., <http://www-106.ibm.com/developerworks/webservices/library/ws-bpel/>
- [4] Ciancarini P., Franze F., Mascolo C. “Using a Coordination Language to Specify and Analyze Systems Containing Mobile Components”. *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology*, 9(2): 167-198, 2000
- [5] DAML-S Home Page. <http://www.daml.org/services/>, 2002
- [6] Dean M., Connolly D., Hendler J., et al “OWL Web Ontology Language 1.0. Reference”, <http://www.w3.org/TR/owl-ref/>, July 2002
- [7] Ferrari G., De Nicola R., Pugliese R., “Klaim: a Kernel Language for Agents Interaction and Mobility”, *IEEE Transactions on Software Engineering*, 24(5):315-330, IEEE Computer Society, 1998.
- [8] Fischmeister S., Lugmayr W.. “The supervisor-worker pattern”. In *Pattern Languages of Programs (PLoP '99)*, Monticello, IL, August 15-18, 1999, Aug. 1999.
- [9] Grosz B., Poon T. “Representing Agent Contracts with Exceptions using XML Rules, Ontologies, and Process Descriptions”, *Proc. Intl. Conf. on the World Wide Web (WWW-2003)*, 2003
- [10] Hendler J. “Agents and the Semantic Web”, *IEEE Intelligent Systems Journal*, April 2001, <http://www.computer.org/intelligent/ex2001/x2toc.htm>
- [11] Jazayeri M., Lugmayr W. “Gypsy: A component-based mobile agent system”. In *Eighth Euromicro Workshop on Parallel and Distributed Processing*, pages 126-34, Rhodes, Greece, January 19-21, 2000, Jan. 2000. IEEE Computer Society Press.
- [12] Kalinichenko L.A., “SYNTHESIS: A Language for Description, Design and Programming of Interoperable Information Resource Environment”, *Institute for Problems of Informatics of the Russian Academy of Sciences*, September 1995
- [13] Kalinichenko L.A., Dogac A., Ozsu M., Sheth A. “Workflow Reuse and Semantic Interoperation Issues”, *Advances in Workflow Management Systems and Interoperability*, NATO Advanced Study Institute, Istanbul, August 1997
- [14] Kotz D., R.S.Gray. “Mobile Agents and the Future of the Internet”. *ACM Operating Systems*, 1999 <http://www.cs.dartmouth.edu/~dfk/papers/kotz:future/>
- [15] Massimo Paolucci, Takahiro Kawamura, Terry R. Payne, and Katia Sycara, "Semantic Matching of Web Services Capabilities", *The First International Semantic Web Conference (ISWC)*, Sardinia (Italy), June, 2002. <http://www.daml.org/services/ISWC2002-Matchmaker.pdf>
- [16] Miller, L. L., N. Sathe, M. Hua, D. Sekaran, S. Nusser and P. Zhao. 2001. “An infrastructure for delivering geospatial data to field users”. *Proceedings of the IASTED International Conference on Parallel and Distributed Computing and Systems*. pp. 378-382.
- [17] Nusser, S., L. Miller, K. Clarke, M. Goodchild. 2001. “Future views of field data collection in statistical surveys”. *Proceedings of dg.o 2001 National Conference on Digital Government Research*, Los Angeles, CA.
- [18] Payne T., Singh R., Sycara K., "RCal Browsing Schedules - An Agent-based approach to navigating the Semantic Web", *The First International Semantic Web Conference (ISWC)*, Sardinia (Italy), June 2002. <http://www.daml.org/services/ISWC2002-cal.pdf>
- [19] Schilit B., Adams N., Want R., "Context-aware computing applications", *Proceedings of the Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*, Santa Cruz, California, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, Ca., pp. 85-90, Dec. 1994.
- [20] Schilit B., Theimer M., Welch B., “Customizing Mobile Applications”, *USENIX Mobile & Location-Independent Computing*, Cambridge, Massachusetts, 1993 http://www.usenix.org/publications/library/proceedings/mobile93/full_papers/schilit.txt
- [21] Want R., Hopper A., Falcao V., Gibbons J., "The active badge location system", *ACM Transactions on Information Systems*, 10, 1, pp. 91-102, 1992.

***Modeling of the Context for Mobile
Application Agent in Dynamic Environment***

Leontiev I.V.

Mobile devices, personal communicators and PDAs, capable of storing and processing information, become useful in different areas of our life. A broad range of operating systems in available, capabilities and processing power is also arising. Using wireless communication or sell-phones capabilities, this devices give an ability to the user to be always online, and to connect to the Internet or exchange data with other systems (digital libraries, document IRS, relational databases, GEO and CityMaps, business systems) almost everywhere. Usually, mobile devices use specialized application programs that are able to perform required functionality. This functionality is developed by software designer and can't be altered. But the main advantage of the small mobile devices is portability. So, the important problem is – how to create a context-aware application, and what infrastructure has to be done, to perform once-coded functionality of the mobile application (agent) to be tuned by context. It helps to retrieve data from different information resources and digital libraries, to request some third-party services for processing, based on context information, current location, situation and user needs. In this article, we address the object-oriented approach for context modeling, based on context specifications, workflow and context relations with ontology, dynamic choosing of workflow instance with context parameterization.