



# OSTIS-2012

(Open Semantic Technologies for Intelligent Systems)

УДК 004.822:514

## КОГНИТИВНЫЕ СЕТИ И ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ В ПОВЫШЕНИИ АДАПТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ В ГЕТЕРОГЕННОЙ БЕСПРОВОДНОЙ СРЕДЕ

Гладун А.Я.<sup>\*</sup>, Рогушина Ю.В.<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup> *Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем НАНУ и МОНУ, г.Киев, Украина*  
**glanat@yahoo.com**

<sup>\*\*</sup> *Институт программных систем НАНУ, г.Киев, Украина*  
**ladamandraka2010@gmail.com**

В работе рассматривается использование онтологий для представления базы знаний когнитивной сети, обеспечивающей повышение качества обслуживания в адаптивных коммуникационных системах, а также методы пополнения этой базы знаний.

**Ключевые слова:** онтология, когнитивная сеть, адаптивные коммуникационные системы.

### ВВЕДЕНИЕ

Развитие телекоммуникационных сетей является элементом общего процесса развития общества и тесно взаимосвязано практически со всеми процессами, происходящими в общественных отношениях, науке и технике, промышленности и других областях деятельности человека. Рост потребности в информационном обмене и его значимости в жизни обеспечивает внедрение новейших технологий в сетях телекоммуникаций. Последние, в свою очередь, также оказывают влияние на процессы, происходящие в жизни и деятельности человека.

Когнитивная организация взаимодействия сетей сегодня является ключом к успеху в обслуживании клиентов в сложных динамических конфигурациях сетей и эффективной их эксплуатации. Основные цели создания когнитивных сетей заключаются в том, чтобы на основании знаний о предметной области повысить эффективность использования коммуникационных ресурсов и увеличить производительность, как линий связи, так и сети в целом.

К когнитивным процессам относят деятельность, направленную на приобретение знаний: восприятие, рассуждение, принятие решения, разрешение возникших проблем и, возможно, интуицию. Использование таких процессов в управлении беспроводными сетями позволяет адаптировать систему к современной динамической

и гетерогенной беспроводной среде, к которой относятся Интернет, мобильная телефония и ряд других беспроводных систем.

Эта среда обеспечивает пользователю целый спектр новых программных приложений, которые поддерживаются разработчиками Web-сервисов. Но при этом существенно возрастает сложность, как пользовательских устройств, так и самой сети (в частности, на базе Интернет формируется новая концепция развития сетей NGN - сети следующего поколения). Усложняются при этом и задачи управления такими сетями [Bari, 2006]. Развитие новых технологий в телекоммуникациях вызывают в свою очередь потребность поддержки качества сервисов, защиты и мобильности для новых сервисов, которые могут быть доступны беспроводной гетерогенной сети. Поэтому, как и в других направлениях информационных технологий (ИТ), несмотря на существующие трудности, многими мировыми исследователями ведутся работы по внедрению семантических, ориентированных на знания методов и технологий в сетях.

Термин «когнитивные беспроводные сети» используется для обозначения сетей, способных учитывать текущий контекст выполняемых операций, осуществлять анализ, логический вывод и планирование, принимать решения и действовать в соответствии с принятым решением, а также учиться на собственном опыте [Thomas, 2007]. Когнитивная сеть включает также элементы, обеспечивающие ее функциональность (элементы ментальной деятельности, функции мониторинга,

сбора информации, исполнительные устройства и др.). Когнитивные сети могут динамически адаптировать свои рабочие параметры в соответствии с потребностями пользователей или изменения условий окружающей среды. Они могут учиться на основе предыдущего опыта и использовать знания, чтобы предопределить свои будущие решения. Когнитивные сети относят к сетям будущего и «они нужны просто потому, что они позволяют пользователям сосредоточиться на вещах, кроме настройки и управления сетями» [Kliazovich, 2010].

## **1. Когнитивные сети – основные определения и проблематика**

### **1.1 Определение когнитивной сети**

В последние годы термин "когнитивный" ("smart") часто применяют к различным конвергентным сетям и коммуникационным системам. В литературе встречаются упоминания о когнитивном радио, «смарт» радио [Mitola, 2005], интеллектуальной антенне [Alexiou, 2004], когнитивных пакетах, «смарт»-пакетах [Gelenbe, 2001] и когнитивных сетях [Ramming, 2004], [Thomas, 2007]. Объединяет эти технологии способность к самообучению и адаптации к новым условиям.

Анализ концепции когнитивных сетей показывает, что сейчас в интеллектуальных сетях четко обозначилось смещение интереса от управления ресурсами к пониманию и анализу и обеспечению пользовательских потребностей и сетевой «интеллект» перемещается все далее к «краям сети» [Balamuralidhar, 2008]. Однако ни одна из проанализированных работ, к сожалению, не определяет точно, что такое когнитивная сеть и не регламентирует, как она должна работать.

Когнитивная сеть – это тип сетей передачи данных, в которых обеспечивается возможность для семантической обработки текущего контекста операций, анализа, логического вывода и планирования своих действий, что позволяет принимать решения и действовать в соответствии с достигнутым решением с учетом предыдущего опыта [Ramming, 2004]. Когнитивные сети имеют способность думать, обучаться, запоминать и адаптироваться к непостоянным условиям для того, чтобы достигнуть своих целей и задач и, таким образом, должны владеть самосознанием. Архитектура когнитивных сетей базируется на технологиях принятия решений и технологиях управления знаниями о предметной области.

Когнитивные сети, прежде всего, будут использоваться для межуровневой оптимизации сети и управлять динамикой действий, одновременно используя параметры, принадлежащие множественным уровням в стеке протоколов сети.

В коллективной работе авторов из университета штата Вирджиния, США [Thomas, 2005] сформированы требования к когнитивной сети, где

она призвана обеспечить в заданный промежуток времени, лучшую непрерывную производительность, чем некогнитивная сеть. Когнитивность (познание) должно использоваться для того, чтобы улучшить управление ресурсом, качеством сервиса (QoS), безопасностью, управлением доступом и много других сетевых целей. Наиболее актуальными кандидатами для реализации когнитивных сетей авторы считают: специализированные (ad-hoc) сети; беспроводные сети в режиме инфраструктуры; наземные проводные сети и гибридные сети. Идеально, когнитивная сеть должна быть дальновидной и предусмотрительной, а не реактивной, немедленно реагирующей на действия и должна пытаться корректировать проблемы прежде, чем они произойдут.

В [Комашинский, 2011] рассматриваются пять уровней когнитивной системы (КС). В частности, выделено несколько взаимосвязанных доменов когнитивной системы: физический, информационный и когнитивный. Каждая из подсистем КС потенциально имеет в своем составе элементы, относящиеся к каждому из этих доменов. В физическом домене происходят энергетические процессы и взаимодействуют технические системы в процессе переноса информации между источниками и получателями. Информационный домен – это область, в которой находятся данные, информация, знания, методы. В когнитивном домене происходит анализ ситуаций и интеллектуальная деятельность, продуктом которой являются оценки и принятия решений. С учетом этого элементы КС классифицируются по отношению к подсистемам и доменам.

Уровень когнитивной подсистемы выполняет функции прикладного искусственного интеллекта и интеллектуального управления в реальном масштабе времени объектами, располагающимися на первом уровне архитектуры. Для этого КС постоянно взаимодействует с сетями сенсоров, исполнительных устройств и информационной подсистемой. КС содержит также комплекс инструментов (цифровых процессоров, нейропроцессоров, нечеткой логики, соответствующего математического, логического и программного обеспечения), который обеспечивает реализацию когнитивных прикладных процессов и сервисов.

Когнитивные сети могут быть централизованными или распределенными. Централизованный подход обеспечивает существенную обработку данных, коммуникацию, время и преимущества памяти, но обладают классическими недостатками централизованной архитектуры (например, узкие места производительности и единственные пункты отказа). Распределенные когнитивные сети могут быть сформированы как коллекция когнитивных объектов, которые включают интеллектуальные функциональные возможности, имеют возможности

логического вывода, характеризуются автономностью, социальной способностью, обучением из опыта, и адаптивностью, в то время когда они взаимодействуют с другими компонентами и действуют реактивным или проактивным способом для достижения своих целей [Thomas, 2006].

В когнитивных сетях явно не указывается способ представления знаний о сети, но при этом наличие таких знаний необходимо для обеспечения когнитивного цикла и выполнения целей сети. В частности, для представления таких знаний могут использоваться онтологии предметной области, пригодные как для машинной обработки, так и для понимания человеком-пользователем [Balamuralidhar, 2008].

## 2.1 Архитектура когнитивной сети

Расширяя последовательность шагов (цикл) реализации интеллектуального управления автономной системы, состоящего из последовательности “мониторинга, анализа, планирования и выполнения”, универсальная архитектурная платформа когнитивной системы может включать следующие модули: 1) модуль мониторинга и сбора данных; 2) модуль логического вывода (рассуждения); 3) модуль обучения; 4) модуль принятия решения; 5) исполнительный модуль; 6) модуль политики и 7) модуль управления знаниями как показано на Рис.1. Когнитивная система непрерывно зондирует свою среду, чтобы идентифицировать потенциальные условия, которые могли бы оказывать воздействие на ее функционирование.

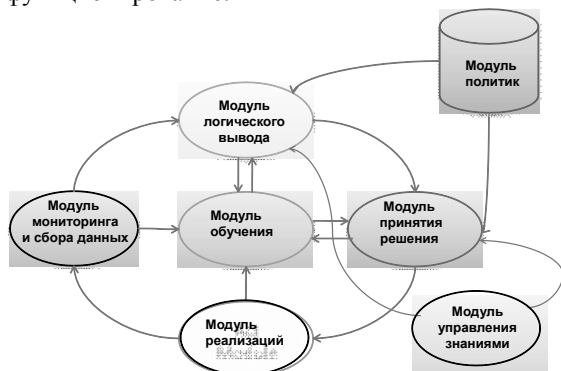


Рисунок 1 – Архитектура платформы когнитивной системы

Рассмотрим назначение основных модулей когнитивной сети. Модуль мониторинга и сбора данных объединяет, коррелирует и фильтрует данные до тех пор, пока условие, которое должно быть далее проанализировано, не будет идентифицировано. Наблюдения, зафиксированные модулем мониторинга и сбора данных, будут обработаны и проанализированы модулем логического вывода и в то же время они направляются в модуль обучения, который в

состоянии изучить и запомнить полезные наблюдения, которые могут помочь процессу принятия решения в будущем.

Модуль логического вывода определяет потенциальные действия, которые будут базироваться на наблюдениях, знаниях, приобретенном посредством модуля обучения и политик, хранящихся в модуле политики. Модуль принятия решений определяет действия, которые будут взяты из эксплуатации системы, а также из обучения на опыте. Исполнительный модуль реализует результаты обработки, полученные модулем принятия решения.

Модуль обучения может обучаться на основе нескольких источников, например, из собранной информации, стратегий, решений, и полученной обратной связи; он может также коррелироваться и выводить из этого знания.

Модуль управления знаниями доступен и используется другими модулями системы и предназначен: для создания и хранения онтологий и тезаурусов о предметной области (ПрО); для однозначного использования терминологии ПрО; для семантической обработки данных в «сырое» знание из неструктурированных и необработанных данных (все потоки данных должны быть связаны с онтологическими понятиями и количественными данными); для приобретения знаний модулем обучения (используется ID3, как индуктивный метод для создания дерева решений). Мы использовали оригинальный алгоритм для этой цели, который использован в некоторых различных экспертных системах.

Одним из важных элементов в любой беспроводной системе, который существенно влияет на качество передаваемых данных, является механизм хэндовера. Поэтому, концентрируясь на процессе управления хэндовером, модуль мониторинга и сбора данных идентифицирует подходящие сети доступа (среди множества сетей присутствующих на данный момент в эфире), которые могли бы обеспечить решение ABC-проблемы (автоматического выбора сети), измеряет и агрегирует QoS-связанную информацию, наблюдает за текущим контекстом (например, скорость пользователя и местоположение пользователя, состояние зарядки его батареи) и направляет эти метаданные к модулю логического вывода. Модуль логического вывода решает, нужно ли инициализировать процесс хэндовера (переключение на другую базовую станцию), принимая во внимание накладные расходы передачи данных и потенциальные эффекты зашумленности, основываясь на информации, полученной от модуля мониторинга и сбора данных и знания, приобретенного от модуля обучения и модуля управления знаниями. Кроме того, на этом шаге отбрасываются сети-кандидаты доступа в случае, если они не удовлетворяют определенной политике, принятой в системе. Например, сеть, возможно, не в состоянии оказать требуемую услугу или

удовлетворить минимальные требования QoS, ожидаемые пользователем (например, минимальная скорость передачи данных). В дополнение, в случае, если пользователь движется с высокой скоростью, сети с маленьким ареалом покрытия могут быть изъяты из списка кандидатов (например, WLAN исключены в случае, если скорость пользователя превышает порог). Кроме того, модуль логического вывода может ограничивать список кандидатов, в случае, если репутация оператора сети-кандидата, управляющего определенной сетью доступа, слишком низкая.

## 2. Методы многокритериального выбора сетей обслуживания

### 2.1. Обзор традиционных методов выбора сетей обслуживания

Предоставление услуг в базирующейся на IP гетерогенной беспроводной сетевой среде требует выбора оптимальной сети доступа, чтобы снизить стоимость или повысить качество сервиса. На выбор сети в такой среде влияет множество различных факторов, и в настоящее время не существует общепринятого подхода для решения этой проблемы.

Проблема выбора сети среди гетерогенных беспроводных сетей получила недавно большое внимание из-за развития конвергентных коммуникационных систем. В [Song, 2004] предлагается объединить две математические методики в алгоритме для выбора сети между Универсальной Системой Мобильной Связи (UMTS) и беспроводными локальными сетями (WLANs). В этой работе аналитический процесс иерархии и теория систем Грея используются для того, чтобы оценить персональные настройки пользователя и требования сервиса и скомбинировать приоритетные установки атрибутов QoS с производительностью альтернативных сетей для того, чтобы принять решение о выборе сети.

Динамическая система, выбирающая сеть для предоставления сервиса, базирующегося на текущих рыночных условиях, таких как QoS и, стоимости атрибутов, был описана в [Le Bodic, 2000]. Используя предложенную структуру, пользователь может выбрать сеть доставки по телефону. Выбор сети, основанный на стратегии распределения ресурсов для наиболее эффективного использования ресурса в гетерогенной сетевой среде, был предложен в [Bari, 2007]. Базирующаяся на нечеткой логике многокритериальная система принятия решения, производящая выбор сети доступа в гетерогенной сетевой среде, описана в [Hongvan, 2003]. Простая система, поддерживающая политику хэндовера, в рамках гетерогенных беспроводных сетей представлена в [Гладун, 2009], которая позволяет пользователям выражать свою политику согласно с тем, какая из них является лучшей беспроводной системой в любой момент, и

выбирать компромисс между сетевыми характеристиками и динамическим поведением, таким как стоимость, производительность, и потребляемая мощность. У механизмов, описанных в вышеупомянутых работах, есть существенные недостатки.

Факторы, рассматриваемые в решающем процессе, недостаточны; например, информация о поддерживаемых типах доступа, поддерживаемые типы аутентификации, и поддерживаемые партнеры по роумингу, не рассматриваются в решающем процессе, которые описанные в этих трудах.

Использование примеров описанных сценариев являются ограниченными и не реалистичными для перспективы развертывания или бизнес-моделей, используемых в промышленности. В результате они не обеспечивают законченных и развертываемых решений проблемы.

Решение о выборе сети в гетерогенной беспроводной среде зависит от различных факторов. Проблема выбора сети может быть решена, используя MADM-алгоритмы. MADM был активной областью исследования с 1970-ых. Из-за их детерминированной природы и несложной реализации, алгоритмы MADM нашли применение в решении большого количества проблем, от общественных наук до исследования операций. Они могут использоваться в комбинации с нечеткой логикой, где входные значения атрибутов ясно не определены.

Этапы процесса выбора сети на основе рассмотренных выше методов представлены на рис.2.



Рисунок 2 – Процесс принятия решения при выборе сети.

Следует отметить, что на всех этих этапах не используются формализованные знания об анализируемых сетях и их свойствах, а лишь на основе анализа их формальных параметров.

### 2.2. Принятие решения по выбору сети

В механизме, который осуществляется при помощи сети, предложенном в [Bari, 2007], сеть

помогает терминалу в процессе выбора, выполняя сбор данных и их анализ, обеспечивая ранжирование сетей. Архитектура предлагает использование трех базирующихся на сети функциональных объектов: 1) узел сбора данных (DCN) для поиска сетевых характеристик; 2) узел объявления сервиса (SAN) для обеспечения данных обслуживающих сервисы; 3) узел аутентификации, авторизации и учета (AAA) для AAA-информации.

Вместе они обеспечивают входные данные для базирующегося на сети логического объекта оценки, который вычисляет ранжирование сети для использования терминалом при выборе сети. Кроме того, терминал обеспечивает свое местоположение и любую другую информацию, которую могла бы рассматривать сеть для анализа (сервис/QoS по запросу, просмотры PLMN, SSIDs, и т.д.).

Процесс начинается с терминала, пытающегося получить связь с сетью, несмотря на то, какой бы ни была эта сеть (с или без аутентификации). Этот начальный доступ к сети подобен получению информации у справочного стола по сегодняшней телефонной сети с коммутацией каналов. Начальная сеть, возможно, не оптимальная сеть для требуемого сервиса и может быть заменена, как только будет собрана достаточная информация, чтобы принять решение. Используя информацию, собранную от узлов DCN, SAN, и AAA, и ту которую обеспечивает терминал, сеть вычисляет ранжирование подходящих сетей доступа и предоставляет их терминалу. В завершении этой работы мы представляем комплексный алгоритмический подход, который будет использоваться базирующимся на сети логическим объектом оценки в предложенной архитектурной платформе.

Процесс решения выбора сети в гетерогенной сетевой среде можно рассматривать как MADM-проблему, которая оценивает ряд альтернатив, используя их атрибуты. Решающий процесс ранжирует альтернативы в порядке предпочтения, используя набор атрибутов, которые обеспечивают различные аспекты, посредством которых альтернативы могут быть рассмотрены.

Решение о выборе сети зависит от нескольких факторов, которые можно разделить на две категории: 1) атрибуты, включающие параметры, не связанные, которые редко изменяются и поэтому могут обычно обеспечиваться сетью; 2) атрибуты, связанные с QoS, как динамические, так и в значительной степени статические.

В Таблице 1 представлен список атрибутов, которые могут быть учтены при выборе сети, используя алгоритм, предложенный в этой статье, с разделением их на эти две категории.

Таблица 1. Атрибуты, учитываемые при выборе сети.

Атрибут	Описание атрибута	Категория
Имя оператора ON	идентификация оператора (например, партнер по роумингу SSID или идентификатор PLMN ID), для которого нужна остальная информации.	1
Механизм аутентификации AM	механизм аутентификации, используемый партнером роуминга (например, SIM или пароль пользователя).	1
Технология доступа AT	Технология беспроводного доступа для использования (например, UMTS, WiMAX, WLAN).	1
Географическое положение GL	информация о географическом положении базовой станции.	1
Область покрытия CA	измерение зоны покрытия, например, hotspot физического адреса	1
Стоимость байта CB	транспортные расходы оператора для отдельной сети доступа с учетом использования лицензированного спектра частот и соглашения о роуминге.	2
Суммарная полоса пропускания ТВ	диапазон полосы пропускания, доступной для всеобщего использования для линий беспроводного доступа	2
Разрешенная полоса пропускания AB	полоса пропускания, разрешенную для пользовательского использования	2
Коэффициент использования U	измерение текущего использования беспроводного канала	2
Задержка пакета D	средняя задержка пакета в пределах системы доступа	2
Дрожание пакета J	средние изменения задержки в пределах системы доступа	2
Потеря пакета L	средняя норма потери пакета в пределах системы доступа.	2

### 3. Семантические технологии в выборе сети обслуживания

#### 3.1. Технологии Semantic Web как основа представления знаний

Проект Semantic Web предлагает мощный практический подход к получению средств управления большим количеством информации и информационных услуг. Основными компонентами

Semantic Web являются онтологии, сервисы и программные агенты [Хорошевский, 2008]. Semantic Web базируется на наборе открытых стандартов [Андон, 2008], в частности, на языках описания метаданных RDF [RDF, 2002]; представления онтологий OWL [OWL, 2004]; запросов к RDF SPARQL [SPARQL, 2008]; определения правил SWRL [SWRL, 2004].

Более детальный анализ технологий Semantic Web и их использование в разработке интеллектуальных приложений приведен в [Гладун, 2008, Gladun, 2009], а проблемы управления знаниями в Semantic Web - в [Гладун, 2007].

Модель знаний Semantic Web можно интегрироваться с прикладными программами и использоваться для отдельных доменно-ориентированных бизнес-логик из самой программы. Таким образом, Semantic Web – это мощное направление для повышения эффективности распределенного и совместного доступа к информации и ее использование прикладными программами. Технологии Semantic Web целесообразно применять и для управления адаптивными коммуникационными системами.

### **3.2. Формализация понятия логического вывода на онтологиях на базе DL**

Важной особенностью онтологий и языков их представления, разработанных в рамках Semantic Web, является то, что они базируются на дескриптивных логиках. Дескриптивные логики (DL) возникли как расширения фреймов и семантических сетей механизмами формальной логики. DL позволяют описывать понятия предметной области в формализованном виде. Каждая DL является логикой первого порядка. Базовые элементы DL – это множество классов NC; Множество индивидуумов NI; Множество отношений NR. DL объединяют в себе, с одной стороны, богатые выразительные возможности, а с другой – удовлетворительные вычислительные свойства (разрешимость и относительно невысокую вычислительную сложность основных логических проблем), что позволяет применять их на практике.

Каждая конкретная DL характеризуется набором конструкторов и индуктивным правилом, с помощью которого составленные концепты данной логики строятся из атомарных концептов и атомарных ролей, используя эти конструкторы. В частности, OWL-DL является синтаксической вариацией высоко выразительной дескриптивной логики SHOIN(D).

Ключевое отличие логик (например, логики предикатов первого порядка FOL, DL, а также OWL) от других формальных языков - это наличие формальной семантики, для которой используется язык, отличный от языка описания синтаксиса. Этот язык лишенный неоднозначностей естественного языка, на котором описывают семантику, например, языков программирование, и потому значения логических утверждений всегда строго определены (в отличие от неформального описания семантики).

В связи с этим представляется целесообразным использовать OWL-DL для представления базы знаний когнитивной сети.

### **3.3. Обучение когнитивной сети**

Обучение представляет собой пополнение или изменение базы знаний (БЗ) на основе накопленного опыта. В нашем случае предполагается, что БЗ когнитивной сети представлена в виде онтологии. Таким образом, процесс обучения КС представляет собой пополнение и усовершенствование такой онтологии. В процессе обучения онтология может быть пополнена новыми терминами, могут быть обнаружены новые связи между уже существующими терминами. Кроме того, онтология может быть пополнена новыми экземплярами уже существующих классов, а содержащиеся в ней экземпляры могут быть модифицированы или вообще удалены из онтологии.

Для пополнения онтологии существует несколько основных способов:

- ручное внесение изменений на основе знаний и опыта эксперта: осуществляется в каком-либо редакторе онтологий экспертом предметной области, однако этот процесс занимает много времени, сложен и дорог;
- автоматизированное пополнение онтологий: этот процесс также требует участия человека-эксперта, однако значительная часть работы может быть выполнена соответствующим программным обеспечением.

Автоматизированное пополнение онтологий может быть осуществлено на основе различных методов: 1) логических операций над онтологиями (интеграция, сопоставление, выравнивание и т.д.); 2) извлечения знаний из внешних информационных ресурсов (ИР) – естественных языковых документов, например, документация на новый тип предложенных услуг, сведения о провайдерах), структурированных метаданных, мультимедиа (например, рекламные ролики разных провайдеров); 3) индуктивного обобщения слабоструктурированных данных для построения правил предметной области (например, обработка потоков данных о месторасположении клиентов и провайдеров, качестве сигнала, объемах передаваемой информации).

Чтобы на основе онтологии улучшить работу системы, нужно извлечь из онтологии, содержащиеся в ней знания. Для выполнения логических запросов используют язык SPARQL, а для определения истинности того или иного утверждения – ризонеры (reasoners).

В целом, существует два подхода к реализации логического вывода: на базе правил (rule-based) – с использованием алгоритмов forward-chaining или backward-chaining и на основе семантического табло (semantic tableau). На базе правил реализованы, например, Semantics-SDK и OwlIm, а на базе семантического табло – Pellet, FaCT++ и Hermi. Все эти ризонеры можно интегрировать в OWL API –

фреймворк для работы с онтологиями (представление онтологии в памяти, возможность ее модификации на уровне объектов и т.п.), который уже де-факто стал стандартом, и в Jena. Базовые возможности Pellet следует рассматривать в свете: загрузки онтологии; логического вывода и выполнения SPARQL-запросов.

### 3.4. Информационная поддержка формирования базы знаний КС

Для того, чтобы система способна была обеспечить принятие эффективных решений, необходимо обеспечить поступление актуальных сведений об имеющихся ресурсах коммуникативных систем – сервисах, предлагаемых провайдерами, их качестве, доступности, стоимости и т.д., и об отзывах клиентов о реальном состоянии предлагаемых сервисов. Очевидно, что такие сведения регулярно меняются и требуют постоянного обновления. Источником такой информации могут быть ресурсы Web, доступ к которым и преобразование в онтологическую БЗ обеспечивает семантическая поисковая система. В качестве формального описания интересующей при поиске предметной области используется онтологическая БЗ когнитивной сети.

Мультиагентная информационно-поисковая система (МАИПС) с развитыми средствами интеллектуализации ее поведения, которая детально описана в [Рогущина, 2010] и [Гришанова, 2009], предоставляет пользователю высоко релевантные результаты поиска, которые достигаются благодаря:

- ориентации системы на пользователей, которые имеют в сети постоянные информационные интересы и требуют постоянного поступления соответствующей информации (поисковая система направлена на выполнение сложных многоразовых запросов в довольно узких профессиональных областях);
- применению программных агентов, которые способны действовать в динамической среде, учась на собственном опыте;
- использованию БЗ предметной области, которая представлена в виде онтологии.

В созданной поисковой системе интегрированно используются:

- онтологии и тезаурусы ПроО;
- теоретико-множественные операции над тезаурусами;
- генерация тезаурусов по естественно-языковым текстам;
- технологии Web 2.0 (облака тэгов – для визуализации поисковых тезаурусов; социальных сервисов – для взаимодействия между пользователями);
- технологии Semantic Web;
- оригинальные алгоритмы упорядочения информационных ресурсов, найденных

системой, с учетом веса онтологических терминов;

- критерии оценки читабельности текста для поиска информации, которая отвечает персональным потребностям пользователя;
- методы индуктивного вывода для обобщения опыта работы поисковой системы;
- мультиагентный подход к созданию модели интеллектуальной поисковой системы;

Пользователь может обращаться к онтологиям, созданных другими пользователями - пересматривать их, задавать за ними контекст поиска, копировать из них нужные фрагменты, но не имеет права изменять их. ИПС может предусматривать поиск онтологий, которые содержат введенные пользователем термины, а также поиск онтологий, похожих на выбранную пользователем онтологию. Это позволяет создавать группы пользователей с общими информационными интересами и предотвратить дублирование в выполнении одинаковых многоразовых запросов разных пользователей. Адекватным средством представления таких онтологий есть язык OWL.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе представлены исследования, касающиеся когнитивных сетей как перспективной технологии для улучшения производительности современных гетерогенных беспроводных систем. Результатом исследования явилась модель управления когнитивной сети, основанной на управлении знаниями и использовании технологий Semantic Web. Предложенные в данной работе подходы к использованию семантических методов для улучшения обслуживания клиентов гетерогенных беспроводных сетей требуют дальнейшей доработки и развития.

Внедрение знание-ориентированной системы управления когнитивной сети сегодня вполне реально, поскольку базируется на ряде разработок авторов в области онтологического анализа, информационного поиска в неструктурированном распределенном пространстве и опытом реализации ряда прикладных информационных систем и приложений на основе семантических технологий.

Когнитивная сеть, состоящая из коллекции элементов (потенциальных ресурсов), посредством обучения, логического вывода и принятия решений, динамически адаптируется к изменяющимся сетевым условиям, с целью оптимизации непрерывной производительности в сети.

Однако проблема когнитивных сетей имеет множество нерешенных вопросов, которые требуют своего дальнейшего развития. В проанализированных нами работах решались часто только некоторые частные проблемы когнитивных сетей, поэтому у нас была попытка интегрированного подхода с использованием знание-ориентированных технологий.



Мы выделяем проблемы и требования, которые мотивируют исследования и реализацию когнитивных сетей: сетевая сложность, беспроводная среда, цели конечного пользователя (переносного терминала) не удовлетворяют текущим подходам к архитектуре сети и недостаточно проработанными.

Сложность беспроводных сетей приводит к проблемам, которые нельзя решить путем использования локальных и реагирующих на какие-либо действия протоколов, а многоуровневый подход к сетевому стеку иногда препятствует тому, чтобы когнитивная сеть смогла достигнуть непрерывных целей. В связи с этим модель управления когнитивной сетью должна задействовать различные уровни протоколов и не должна быть жестко привязана к семиуровневой эталонной сетевой модели, но способна учитывать и обрабатывать семантику ПрО.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- [Alexiou, 2004] Alexiou Angeliki and Haardt Martin. Smart antenna technologies for future wireless systems: trends and challenges. IEEE Communications Magazine, 42(9):90–97, 2004.
- [Balamuralidhar, 2008] Balamuralidhar P. and Prasad R., "A context driven architecture for cognitive nodes", Wireless Personal Communications 45 (2008), pp. 423–434.
- [Bari, 2007] Bari F., Leung V.C.M., "Automated network selection in a heterogeneous wireless network environment", IEEE Network Magazine Volume: 21 Issue:1 2007, pp.34-40.
- [Bari, 2006] Bari F. and Leung V. C. M., "Service Delivery over Heterogeneous Wireless Networks: Network Selection Aspects," Proc. ACM IWCMC, Vancouver, Canada, July 2006.
- [Gelenbe, 2001] Gelenbe E., Lent R., and Xu Z. Design and performance of cognitive packet networks. Performance Evaluation, 46(2-3):155–176, 2001.
- [Gladun, 2009] Gladun A., Rogushina J. Use of Semantic Web technologies in design of informational retrieval systems // in Book "Building and Environment", 2009 Nova Scientific Publishing, New-York, USA. – P.89-103.
- [Hongvan, 2003] Hongvan S., Chen H. and Lingge J., "Intelligent Signal Processing of Mobility Management for Heterogeneous Networks," Proc. Int'l Conf. Neural Networks and Signal Processing, Nanjing, China, Dec. 2003.
- [Kliazovich, 2010] Kliazovich D., Granelli F., Nelson Luis Saldanha da Fonseca N.L. Which Architectures for the Cognitive Networks of the Future?: ICST'S Global Community Magazine 09/25/2010, University Trento, Italy.
- [Le Bodic, 2000] Le Bodic G. et al., "Dynamic 3G Network Selection for Increasing the Competition in the Mobile Communications Market," Proc. IEEE VTS-Fall, 2000, Boston, MA, Sept. 2000.
- [Mitola, 2005] Mitola Joseph. Cognitive Radio: An Integrated Agent Architecture for Software Defined Radio. PhD thesis, Royal Institute of Technology (KTH), 2005.
- [OWL, 2004] OWL Web Ontology Language, Reference, W3C Recommendation 10 February 2004. – <http://www.w3.org/TR/owl-ref/>
- [Ramming, 2004] Ramming C. Cognitive networks. In DARPA Tech, 2004.
- [RDF, 2002] RDF Model Theory, W3C Working Draft 29 April 2002. – <http://www.w3.org/TR/rdf-mt/>
- [Song, 2004] Song Q. and Jamalipour A., "Quality of Service Provisioning in Wireless LAN/UMTS Integrated Systems Using Analytic Hierarchy Process and Grey Relational Analysis," Proc. IEEE GLOBECOM, Dallas, TX, Nov./Dec. 2004.
- [SPARQL, 2008] SPARQL Query Language for RDF, W3C Recommendation, 2008, <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>
- [SWRL, 2004] SWRL: A Semantic Web Rule Language Combining OWL and RuleML, W3C Member Submission 21 May 2004. – <http://www.w3.org/Submission/SWRL/>.
- [Thomas, 2005] Thomas R.W., DaSilva L.A., MacKenzie A.B., "Cognitive Networks," Proc. IEEE DySPAN 2005, Nov. 2005, pp. 352–60.

[Thomas, 2006] Thomas R.W., Friend D.H., DaSilva L.A., MacKenzie A.B., Cognitive Networks: Adaptation and Learning to Achieve End-to-End Performance Objectives // IEEE Communications Magazine, December 2006, pp.234-242.

[Thomas, 2007] Thomas R.W. Cognitive Networks. – [http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-07172007-150149/unrestricted/Thomas\\_CognitiveNetworksDiss4.pdf](http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-07172007-150149/unrestricted/Thomas_CognitiveNetworksDiss4.pdf).

[Андон, 2008] Андон Ф.И., Гришанова И.Ю., Резниченко В.А. Semantic Web как новая модель информационного пространства интернет, Проблемы програмування. 2008. № 2-3, 417-430.

[Гладун, 2009] Гладун А.Я., Рогушина Ю.В. Использование технологии Semantic Web для интеллектуального управления в динамических распределенных системах // International Book Series "Information Sciences and Computing", 2009, Varna, Bulgarien. – P.143-153.

[Гладун, 2007] Гладун А.Я., Рогушина Ю.В., Штонда В.М. Онтологический анализ Web-сервисов в интеллектуальных сетях // Proc. of The XIII-th International Conf. "Knowledge-Dialogue-Solution", ITHEA, Sofia, V.2, 2007. – С.451-459.

[Гладун, 2008] Гладун А.Я., Рогушина Ю.В. Технологии Semantic Web и их использование при разработке интеллектуальных приложений // Проблемы програмування, № 2-3, 2008. – С.385-394.

[Гришанова, 2009] Гришанова И.Ю., Рогушина Ю.В. Комп'ютерна програма "Мультиагентна інформаційно-пошукова система "МАПС"("МАПС") // Свідцтво про реєстрацію авторського права на твір №32015

[Комашинский, 2011] Комашинский В., Мардер Н., Парамонов А. От телекоммуникационной к когнитивной инфокоммуникационной системе. – Технологии и средства связи №4, 2011.С.-67-75.

[Рогушина, 2010] Рогушина Ю.В., Гришанова И.Ю. Літературний твір наукового характеру "Модель мультиагентної інформаційно-пошукової системи "МАПС"("Модель МАПС"). – Свідцтво про реєстрацію авторського права на твір №32068.

[Хорошевский, 2008] Хорошевский, В.Ф. Пространства знаний в сети Интернет и Semantic Web (Ч.1) / В.Ф.Хорошевский // Искусственный интеллект и принятие решений. - 2008. - № 1. - С.80-97.

## COGNITIVE NETWORKS AND THE ONTOLOGICAL ANALYSIS IN ADAPTIBILITY AND SERVICE REFINEMENT OF HETEROGENEOUS WIRELESS ENVIRONMENT

Gladun A. \*, Rogushina J. \*\*

*\* International Research and Training Center of Information Technologies and Systems of National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine*

**glanat@yahoo.com**

*\*\* Institute of software systems of National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine*

**ladamandraka2010@gmail.com**

This paper discusses the use of ontologies for knowledge representation of cognitive network that provides refinement of services in adaptive communication systems. Methods of this knowledge base completion are proposed.

**Keywords:** ontology, cognitive network, adaptive communication systems.