

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МОБИЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО- ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ

Показана целесообразность применения агентских технологий в системах управления функционированием крупномасштабных информационно-телекоммуникационных систем. Предложена математическая модель оптимального распределения агентов системы управления.

Expedience of the use of agent technologies in functioning management systems of large-scale information-telecommunication systems is shown. The management system agents optimal assignment mathematical model is offered.

Введение

В настоящее время практически все предприятия и организации для управления своими процессами деятельности используют различные информационные технологии. Организации с распределенной структурой широко используют информационно-телекоммуникационные системы (ИТС), в которых для объединения рассредоточенных подразделений часто используется сеть Интернет.

Эффективность работы ИТС существенно зависит от эффективности и бесперебойности функционирования информационных и телекоммуникационных ресурсов, предоставляемых ИТС пользователям. Особенностью современных ИТС является интеграция разнообразных, порой сильно различающихся компонентов и технологий, которая создает множество проблем в обслуживании ИТС, проявляющихся в сложности организации мониторинга и управления, контроля качества услуг, предоставляемых пользователям и т. д. Поэтому особую значимость приобретает разработка новых или совершенствование существующих систем управления ИТС.

Проблемы управления ИТС

Перспективы роста и развития крупных организаций непосредственно зависят от эффективности использования информационных и сетевых технологий, позволяющих накапливать и обрабатывать большие объемы аналитической информации, обеспечить эффективность процессов управления и использования информационных ресурсов, повысить надежность и оперативность информационного обмена. Информационно-телекоммуникационная система, которая призвана интегрировать и поддерживать

деятельность объектов информационной и телекоммуникационной структуры организаций, представляет собой гетерогенную среду, стремительно развивающуюся и требующую эффективного управления [1].

Проблемы повышения эффективности работы как информационных, так и сетевых технологий приобретают особую актуальность в связи с ростом стоимости программного обеспечения, серверных платформ и других инфраструктурных компонентов ИТС, когда производительность, надежность, время обработки запросов пользователей и стабильность работы при пиковых нагрузках не удовлетворяет требованиям со стороны бизнес-процессов, и не оправдывает больших инвестиций в информационные технологии. Для управления ИТС разрабатываются и внедряются системы управления функционированием (СУФ), которые не только осуществляют мониторинг и управление информационными и телекоммуникационными технологиями, но и управляют распределением ограниченных ресурсов ИТС, а также решают и другие задачи [1–4].

Сложность разработки СУФ ИТС больших корпораций, государственных и правительственных структур обусловлена множеством применяемых информационных технологий, сложностью и распределенностью ИТС, большим количеством используемого сетевого оборудования различных производителей, разнообразием ресурсов и услуг, предоставляемых пользователям, необходимостью совместной работы различных систем управления, непосредственно управляющих только отдельными технологиями или оборудованием без учета проблем, возникающих в других системах управления, динамики значимости процессов деятельности и пр. Эти и множество других проблем делают невозможным решение задачи создания единой универсальной централизованной СУФ ИТС, способной эффективно управлять различными крупномасштабными ИТС. Поэтому СУФ большими ИТС строятся по иерархическому принципу с делегированием функций удаленным компонентам СУФ, осуществляющим мониторинг и управление фрагментом ИТС в отдельной географической зоне или находящимся в ведении одного администратора. В условиях высокой степени интеграции и взаимосвязей компонентов ИТС особое значение приобретает вопрос определения количества и размещения удаленных компонентов СУФ. Несмотря на существование большого количества разнообразных решений в области мониторинга и управления ИТС, отсутствует методический аппарат, позволяющий решать задачи оптимизации размещения компонентов СУФ на аппаратных средствах ИТС.

Применение агентских технологий в системах управления ИТС

Для решения задач мониторинга и управления большими ИТС целесообразно использовать агентские технологии [2, 5], которые применяются для управления программным обеспечением в Grid-системах [6], автоматизации деловых процессов поставщиков услуг и операторов связи [7], а

также для решения других задач. Основой агентских технологий является использование программных агентов. Программные агенты – это часть программного обеспечения, действующая от имени другой программы, т. е. может запустить программу от ее имени и с ее полномочиями, и способна участвовать в агентских взаимоотношениях.

Суть агентских технологий применительно к СУФ ИТС заключается в следующем.

Автономные программные агенты самостоятельно решают задачи СУФ для отдельной географической области или функциональной группы, а также координируют собственные действия для решения задач, поставленных перед СУФ системными администраторами.

В отличие от активных объектов и других типов программных компонентов, автономные агенты, обладая интеллектуальными свойствами и способностью перемещаться, могут самостоятельно устанавливаться и автономно действовать для достижения целей функционирования и решения поставленных перед ними задач, при этом координируя свои действия, как с другими агентами, так и с центральным узлом СУФ. Одной из таких задач является контроль функционирования аппаратно-программного обеспечения телекоммуникационных узлов и серверов приложений с возможностью, например, самостоятельного принятия решения и осуществления перезагрузки или реализации других мероприятий для восстановления эффективной работы серверов и других устройств. Автоматизация таких процессов позволяет существенно сократить расходы на эксплуатацию ИТС.

Автономные программные агенты должны обладать свойствами интеллектуальности [8], мобильности [9] и способности взаимодействовать [10].

Различная степень интеллектуальности позволяет агентам генерировать цели функционирования в зависимости от поставленных перед ними администраторами СУФ задач. При этом агенты могут иметь упреждающее поведение, обладать способностью обучения, самостоятельного принятия решений на основании собираемой от элементов ИТС информации о функционировании, распределять и перераспределять между собой задания.

Программные агенты могут быть стационарными или мобильными. Стационарные агенты не способны к перемещению в ИТС. Интеллектуальные мобильные агенты могут самостоятельно перемещаться в ИТС с учетом загруженности сети, неисправности или отключения отдельных узлов или фрагментов сети и пр., управляя своей миграцией. Мобильные агенты могут прекратить работу на одном узле и продолжить на другом. Естественно, что при этом на узлах должна иметься программная платформа, способная принять агента. Мобильные агенты представляют собой эффективное решение для автоматизации выполнения действий, связан-

ных со сбором и обработкой информации, необходимой для эффективного управления ИТС.

Способность взаимодействовать позволяет агенту осуществлять координированные действия совместно с другими агентами для достижения общих целей.

В отличие от технологии клиент-сервер, когда клиент через сеть обменивается с сервером запросами и ответами, в технологии мобильных агентов возможна миграция части распределенного приложения на сервер, в результате чего удаленное взаимодействие заменяется локальным.

Для того чтобы агенты могли перемещаться по сети и выполнять какие-либо действия в узлах, на которых они будут располагаться, должна существовать платформа, способная принять агента и создать ему условия, необходимые для решения задач, обеспечить его коммуникацию с другими агентами, а также идентификацию, управление агентом, целостность информации и пр. В качестве такой платформы может быть использована платформа разработки программного обеспечения SmartBase [1].

На основе стационарных и мобильных агентов строятся многоагентские СУФ, являющиеся агентскими системами и обладающие высокой гибкостью и степенью автоматизации при решении различных заданий СУФ в отдельном элементе, подсети, домене или зоне.

Преимуществами агентской технологии является:

- уменьшение загруженности ИТС за счет сокращения служебного трафика СУФ;
- возможность автономного выполнения задач управления функционированием;
- возможность работы без постоянной связи с центральным узлом СУФ;
- возможность конкурентного выполнения заданий в многоагентской среде;
- миграция агентов вместе с решаемыми ими задачами позволяет выравнивать использование вычислительных ресурсов и снизить вероятность перегрузки отдельных узлов;
- использование мобильных агентов освобождает администраторов от операций инсталляции, запуска и завершения использования программных компонентов СУФ.

Агентские технологии с мобильными агентами отлично подходят для решения множества задач в СУФ специализированных ИТС, объединяющих множество различных информационных и сетевых технологий и предоставляющих конвергентные информационно-телекоммуникационные услуги. Кроме того, технология мобильных агентов прекрасно подходит для решения задач управления функционированием в специализированных ИТС с мобильными пользователями и группами пользователей, а также позволяет осуществлять адаптацию к изменяющимся характери-

стикам технических средств и изменяющимся потребностям пользователей при их перемещении.

При создании СУФ на основе агентской технологии необходимо решить множество вопросов, в частности, определить количество агентов, их расположение, выполняемые ими функции, правила взаимодействия с агентами, высшими по уровню иерархии – мета-агентами. Мета-агенты получают информацию от множества стационарных и мобильных агентов, обобщают эту информацию и обеспечивают выполнение функций СУФ в отдельной географической зоне или функциональной группе элементов ИТС, а также могут решать задачи управления функциональными или обеспечивающими подсистемами в АСУ больших организаций и предприятий. При этом мета-агенты, кроме взаимодействия с агентами и, при необходимости, с другими мета-агентами, поддерживают взаимодействие с главным мета-агентом, находящимся на центральном узле СУФ ИТС.

Целью статьи является разработка математической модели определения мест оптимального расположения мета-агентов системы управления информационно-телекоммуникационной системой.

Математическая модель определения мест оптимального расположения мета-агентов

Использование агентских технологий в СУФ является эффективным средством решения множества проблем управления ИТС больших организаций, корпораций, государственных структур, возникающих в результате использования большого количества разнообразных информационных и телекоммуникационных технологий, объединения множества локальных сетей и пр. Агентская система может повторять структуру ИТС, а агентов можно выстраивать в необходимые уровни иерархии, выделяя мета-агенты, главные мета-агенты и пр., устанавливать любые связи и зависимости между ними, добавлять, перемещать, совмещать и т. д. При этом на каждом аппаратном сервере или узле ИТС, в котором может быть размещен агент, должна быть установлена соответствующая платформа – специальное программное обеспечение, предоставляющее функциональность для создания, запуска и удаления агента, а также среду для выполнения агентов (набор необходимых библиотек и пр.).

Мета-агент самостоятельно выполняет задание, если ему выделены достаточные для работы ресурсы, он имеет соответствующие права и получает необходимую информацию от агентов. В противном случае он ищет другого мета-агента, способного выполнить задание или предоставить ему нужную информацию. Например, если мета-агент, отвечающий за работоспособность функциональной или обеспечивающей подсистемы АСУ, находящийся в одной подсети, не может непосредственно получить информацию о работоспособности элемента ИТС, находящегося в другой

подсети, он находит агента, который такую информацию может предоставить. После чего организовывается взаимодействие, при котором агенты, кроме решения собственных задач, действуют в интересах других агентов, т. е. получают информацию, обрабатывают ее или передают без обработки для обобщения мета-агентами.

Учитывая тот факт, что функциональность мета-агентов не зависит от их месторасположения и они могут перемещаться в сети, возникает задача оптимизации мест расположения мета-агентов.

Для решения этой задачи разработана следующая математическая модель.

Пусть $E = \{e_l\}$, $l = 1, \dots, L$, – множество элементов ИТС, в качестве которых выступает только активное оборудование (серверы, рабочие станции, коммутаторы и пр.), L – общее количество элементов.

$S = \{s_r\}$, $r = 1, \dots, R$, – множество групп элементов, R – количество групп. Состав каждой группы формируется администратором системы управления ИТС. В группы могут объединяться элементы, обеспечивающие отдельные сервисы ИТС, входящие в состав подсетей, выполняющие определенные функции ИТС и пр. Причем $s_r \subset E$, но не обязательно $e_l \in s_r$, для всех $l = 1, \dots, L$ и $r = 1, \dots, R$, т. е. могут быть элементы, не входящие ни в одну из групп множества S .

Состояние элементов каждой группы контролируется отдельным мета-агентом, который может самостоятельно собирать информацию, характеризующую работоспособность элементов группы, или получать обобщенную информацию от стационарных или мобильных агентов, располагающихся на элементах групп.

Бинарная матрица $G = \|g_{rl}\|$, $r = 1, \dots, R$, $l = 1, \dots, L$ – фиксирует принадлежность l -го элемента r -й группе:

$$g_{rl} = \begin{cases} 1, & \text{если } e_l \in s_r \\ 0 & \text{— в противном случае.} \end{cases}$$

Зададим $Z = \{z_k\}$, $k = 1, \dots, K$ – множество линий связи между элементами, k – номер линии связи, K – количество линий связи между элементами ИТС.

Определим квадратную бинарную матрицу $W = \|w_{ij}\|$, $i, j = 1, \dots, L$, ij -й элемент которой фиксирует наличие связи между i -м и j -м элементами множества E

$$w_{ij} = \begin{cases} 1, \text{если между элементами } e_i \text{ и } e_j \\ \text{имеется непосредственная связь,} \\ 0 \text{—в противном случае.} \end{cases}$$

Бинарная матрица $C^a = \|c_{rl}^a\|$, $r = 1, \dots, R$, $l = 1, \dots, L$ – фиксирует расположение r -го мета-агента на l -м элементе для отдельной a -й комбинации, $a = 1, \dots, A$, из всех возможных комбинаций A размещения мета-агентов на элементах ИТС

$$c_{rl}^a = \begin{cases} 1, \text{если } r\text{-й мета-агент} \\ \text{располагается на элементе } e_l, \\ 0 \text{—в противном случае.} \end{cases}$$

Подмножество $H \subset E$ из N элементов определяет те элементы ИТС, на которых установлена соответствующая платформа и могут быть размещены мета-агенты групп.

С учетом того, что на отдельном элементе ИТС может быть установлено несколько мета-агентов, количество возможных комбинаций A размещений R мета-агентов на одной из N допустимых позиций, вычисляется следующим образом

$$A = N^R. \quad (1)$$

Зададим трехмерную матрицу $U_{R \times L \times K}^a = \|u_{rlk}^a\|$, $r = 1, \dots, R$, $l = 1, \dots, L$, $k = 1, \dots, K$, элемент u_{rlk}^a которой определяет, задействована ли линия связи z_k для передачи информации r -му мета-агенту о функционировании элемента e_l для a -й комбинации размещения мета-агентов. Причем

$$u_{rlk}^a = \begin{cases} 1 & \text{если информация от элемента } e_l \\ & \text{передается соответствующему мета-} \\ & \text{агенту } r\text{-й группы по каналу } z_k; \\ 0 & \text{— в противном случае.} \end{cases}$$

Зададим матрицу $V^a = \|v_{rk}^a\|$, $r = 1, \dots, R$, $k = 1, \dots, K$, элемент v_{rk}^a которой определяет, задействована ли k -я линия связи при передаче информации о функционировании r -й группы элементов r -м мета-агентом главному мета-агенту или в центральный узел СУФ ИТС, в который стекается вся

информация о функционировании групп элементов, и, после обобщения этой информации, делается вывод о функционировании ИТС. Значение элементов матрицы V^a определяется следующим образом

$$v_{rk}^a = \begin{cases} 1, & \text{если информация от } r\text{-го мета-агента} \\ & \text{группы к главному мета-агенту проходит} \\ & \text{через канал } z_k; \\ 0, & \text{– в противном случае.} \end{cases}$$

Будем считать оптимальным такое расположение мета-агентов, при котором суммарные затраты D^a на произведение вычислений мета-агентами при a -м расположении мета агента $D_{\text{дан}}^a$, и передачу всей информации в агентской системе при a -м расположении мета-агента $D_{\text{ид}}^a$ будут наименьшими для всех возможных комбинаций A размещения мета-агентов, т.е. будет выполнено условие

$$\min D^a = \min_{\{D_{\text{расч}}^a + D_{\text{пер}}^a\}}, \quad a = \quad A \quad (2)$$

Введем матрицу $P = \|p_l\|, l=1, \dots, L$, элемент p_l которой равен объему информации о функционировании l -го элемента множества E , передаваемому мета-агенту каждой из групп, в которую входит элемент e_l , и матрицу $Q = \|q_r\|, r=1, \dots, R$, элемент q_r которой соответствует объему данных передаваемых от r -го мета-агента главному мета-агенту (в центральный узел СУФ ИТС).

Зададим вектор $\bar{Y} = \{y_k\}$, $k=1, \dots, K$, элемент y_k которого определяет стоимость передачи единицы информации по каналу z_k .

Тогда суммарные затраты на передачу всей информации в агентской системе при a -м расположении мета агента $D_{\text{ид}}^a$ можно определить следующим образом:

$$D_{\text{пер}}^a = \sum_{k=1}^K \left(\sum_{r=1}^R \sum_{l=1}^L p_l \cdot u_{rlk}^a + \sum_{r=1}^R q_r \cdot v_{rk}^a \right) \cdot y_k \quad (3)$$

Для расчета затрат на выполнение вычислений r -м мета-агентом группы необходимо знать стоимость вычислительных ресурсов элемента множества E , на котором расположен r -й мета-агент и объем выполняемых агентом вычислений.

Зададим вектор $\bar{X} = \{x_r\}$, $r=1, \dots, R$, где x_r – доход от сервисов, предоставляемых элементами r -ой группы, и вектор $\bar{M} = \{m_l\}$, $l=1, \dots, L$, где m_l – дополнительный доход от l -го элемента множества E .

Матрицей $T = \|t_r\|, r=1,...,R$ зададим потребности в вычислительной емкости для каждого r -го мета-агента.

Тогда

$$D_{pxi}^r = \sum_{n=1}^R \sum_{l=1}^L (x_r \cdot g_n + m_l) \cdot t_r. \quad (4)$$

Для определения оптимальных мест расположения мета-агентов в ИТС необходимо произвести перебор по всем возможным комбинациям из A с учетом критерия (2) и составляющих (3) и (4).

Для примера рассмотрим структуру ИТС предприятия, приведенную на рис. 1.

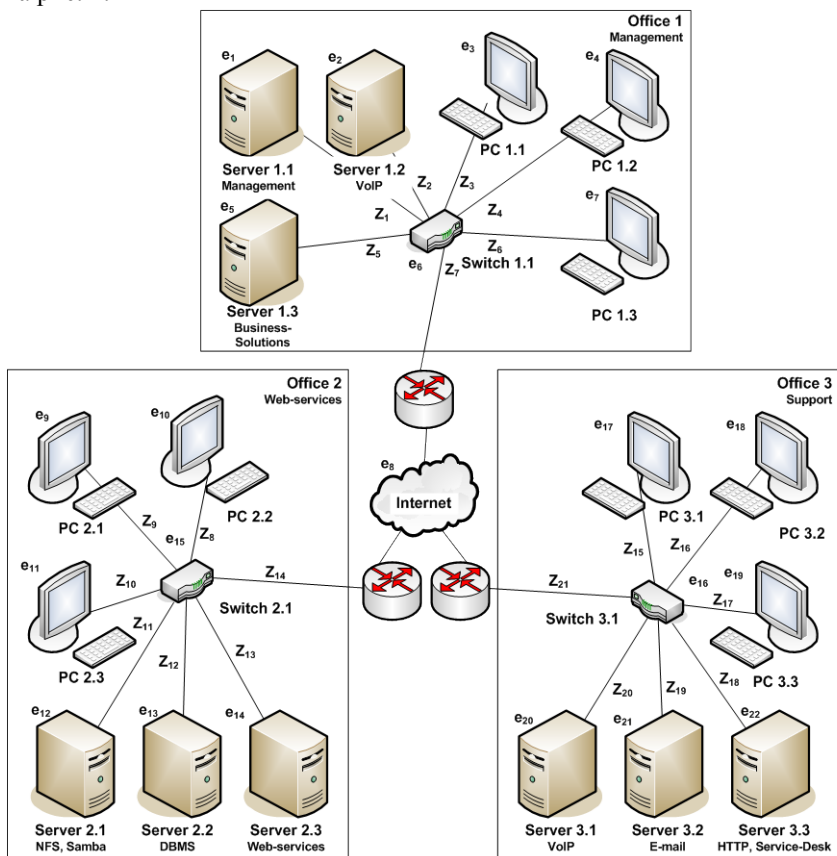


Рис. 1. Пример структуры ИТС предприятия

Предположим, что предприятие имеет три офиса, каждый из которых выполняет определенные функции. Подсети офисов объединены посредством Интернет. Причем первый офис выполняет функции управления, второй – хранилища и web-сервисов, а третий – поддержки клиентов. В

каждом офисе имеется по три сервера, три рабочих станции и одному коммутатору. Подключение к Интернет производится через соответствующие маршрутизаторы. Для рассматриваемого примера $L = 22$.

Сервисы ИТС предприятия группируются по выполняемым функциям. В табл. 1 приведен состав групп сервисов и серверов, которые их предоставляют.

Табл. 1. Группы сервисов ИТС и серверов их обеспечивающих

№ группы	Сервисы (серверы)
1	Management (Server 1.1), DBMS (Server 2.2)
2	Business solutions (Server 1.3), DBMS (Server 2.2), e-mail (Server 3.2)
3	Web-services (Server 2.3), DBMS (Server 2.2)
4	VoIP (Server 3.1), DBMS (Server 2.2)

Каждую группу сервисов, а также каждую группу элементов отдельной подсети будет контролировать собственный мета-агент, собирающий информацию от элементов ИТС, посредством агентов, расположенных в соответствующих узлах, либо непосредственно опрашивая элементы. Для четырех групп сервисов и трех подсетей необходимо семь мета-агентов ($R = 7$).

Распределение элементов ИТС по группам приведено в табл. 2.

Табл. 2. Состав групп, контролируемых мета-агентами

r	Состав групп множества S
1	$\{e_1, e_{13}\}$
2	$\{e_5, e_{13}, e_{21}\}$
3	$\{e_{14}, e_{13}\}$
4	$\{e_{20}, e_{13}\}$
5	$\{e_1, e_2, e_3, e_4, e_5, e_6, e_7\}$
6	$\{e_9, e_{10}, e_{11}, e_{12}, e_{13}, e_{14}, e_{15}\}$
7	$\{e_{16}, e_{17}, e_{18}, e_{19}, e_{20}, e_{21}, e_{22}\}$

Пусть $H = \{e_1, e_2, e_5, e_{12}, e_{13}, e_{14}, e_{20}, e_{21}, e_{22}\}$. Тогда $N = 9$.

Предположим, что сервер «Server 1.1» является центральным узлом СУФ и на нем располагается главный мета-агент.

По выражению (1) определим значение A . Количество возможных комбинаций расположения мета-агентов $A = 4782969$.

Для упрощения расчетов, предположим, что значения элементов матрицы P и Q будут равны единице. Данное предположение вполне соответствует действительности, поскольку объемы информации о функцио-

нировании элементов ИТС, а также данные передаваемые от мета-агентов главному мета-агенту могут быть приблизительно одинаковыми.

Пусть $y_7 = 5$, $y_{14} = 5$, $y_{21} = 5$, а все остальные значения вектора \bar{Y} – нулевые, в связи с тем, что остальные линий связи являются фрагментами локальных сетей.

Примем $\bar{X} = \{4, 8, 25, 10, 0, 0, 0\}$, а все значения вектора \bar{M} – нулевыми.

Предположим, что потребности в вычислительной емкости для каждого мета-агента пропорциональны количеству элементов в группе, которую контролирует данный мета-агент. Тогда $T = \|2, 3, 2, 2, 7, 7, 7\|$.

Результаты, полученные после алгоритмизации и программирования представленной математической модели, приведены в табл. 3.

Табл. 3. Результаты моделирования

D^a	a	Элементы, на которых располагаются мета-агенты						
		$r = 1$	$r = 2$	$r = 3$	$r = 4$	$r = 5$	$r = 6$	$r = 7$
80	614662	e_2	e_2	e_{12}	e_{22}	e_2	e_{12}	e_{22}
80	611017	e_{22}	e_2	e_{12}	e_2	e_2	e_{12}	e_{22}
80	612475	e_2	e_2	e_{12}	e_{12}	e_2	e_{12}	e_{22}

Как видно из табл. 3 минимальное значение D^a , равное 80, получено сразу для трех возможных комбинаций расположения мета-агентов.

Вывод

Разработанная модель позволяет оптимальным образом расположить мета-агенты, являющиеся компонентами системы управления функционированием информационно-телекоммуникационной системой. Интерес для дальнейших исследований представляет совершенствование модели, с целью уменьшения количества вычислений, необходимых для поиска оптимального решения, а также ее доработка, позволяющая определить оптимальное количество мета-агентов.

Список литературы

1. Теленик С.Ф., Ролік О.І., Букасов М.М., Соколовський Р.Л. Система управління інформаційно-телекомунікаційною системою корпоративної АСУ// Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка. — К.: «БЕК+», — 2006. — № 45. — С. 112—126.
2. Теленик С. Ф., Ролік О.І., Терещенко П.І., Літвінцов О.В. Модель управління розподілом ресурсів інформаційно-телекомунікаційної системи збройних сил України// Збірник науков. праць ОТ і ВБ України. — 2006. — №5 (34). — С. 117—124.
3. Теленик С.Ф., Ролік О.І., Букасов М.М., Терещенко П.І. Управління доступом до обмежених ресурсів інформаційно-телекомунікаційної мережі АСУ спеці-

- ального призначення // Зб. наук. праць ЦНДІ ЗС України. — 2006. — № 3 (37). — С. 33—43.
4. Теленик С.Ф., Ролік О.І., Букасов М.М. Моделі управління розподілом обмежених ресурсів в інформаційно-телекомунікаційній мережі АСУ// Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка. — К.: Еко-тех, — 2006. — № 44. — С. 234—239.
 5. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Теория активных систем: Состояние и перспективы. М.: Синтег, 1999. — 128 с.
 6. Тржец К., Ежич Г., Кушек М., Дешич С. Дистанционное управление программным обеспечением с помощью агентов/ Ericsson Nikola Tesla, REVIJA 18 (2005) 1. — pp. 57—67.
 7. Fricke, S., Bsufka, K., Keiser, J., Schmidt, T., Sessler, R., Albayrak, S., “Agent-based Telematic Services and Telecom Applications”, Communications of the ACM, vol. 44 (2001), no. 4., pp. 43—48.
 8. Knapik, M., Johnson, J., Developing Intelligent Agents for Distributed Systems: Exploring Architecture, Technologies, and Applications, McGraw-Hill, New York, 1998.
 9. Cockayne, W. R., Zyda, M., Mobile Agents. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 1997.
 10. D’Inverno, M., Luck, M., Understanding Agent Systems. Springer-Verlag, Berlin, 2001.