

ОП

АКАДЕМИЯ

СОВРЕМЕННЫХ

ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ

ТЕХНОЛОГИЙ

- ОП** Основы построения современных
Инфокоммуникационных Систем
- ОП.7.** Сенсорные сети. Вводный курс.
(количество частей – 2)
- ОП.7.01** Структура и функционирование сенсорных
сетей (СС)
(количество частей – 1, число страниц - 6)

ОП.7

Сенсорная сеть – это распределенная сеть необслуживаемых миниатюрных электронных устройств - узлов сети, обменивающихся информацией по беспроводной связи и способных регистрировать данные о параметрах внешней среды и передавать их на базовую станцию с помощью ретрансляции от узла к узлу. Структура простой сенсорной сети показана на рисунке 1.

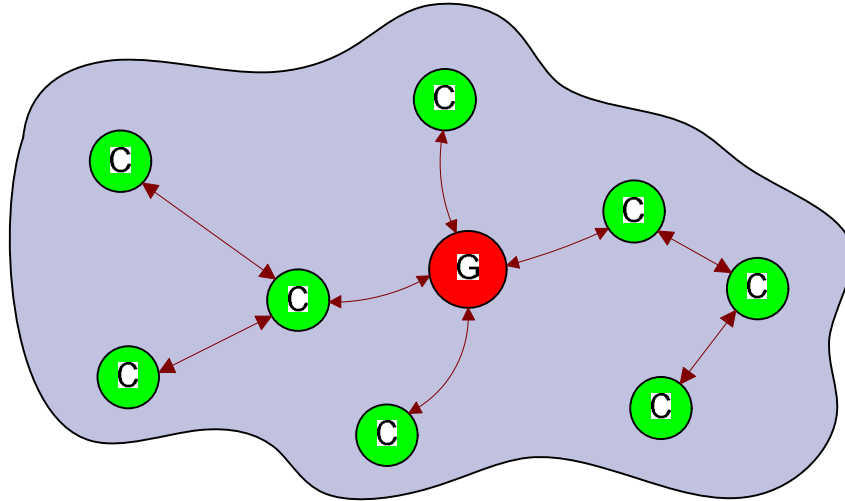


Рис. 1. Структура кластера сенсорной сети; С- сенсор, G – базовая станция (шлюз)

Представленная модель СС подразумевает использование базовой станции и/или командных узлов, которым сенсоры передают потоки данных с определенной периодичностью или в зависимости от каких-либо событий [2]. В итоге для экономии ресурсов сеть разделяется на кластеры. Каждый сенсор принадлежит определенному кластеру, в каждом кластере присутствуют один или несколько шлюзов, которые в свою очередь соединяются с командным узлом, находящемся в достаточном удалении. Пример такой модели представлен на рисунке 2.

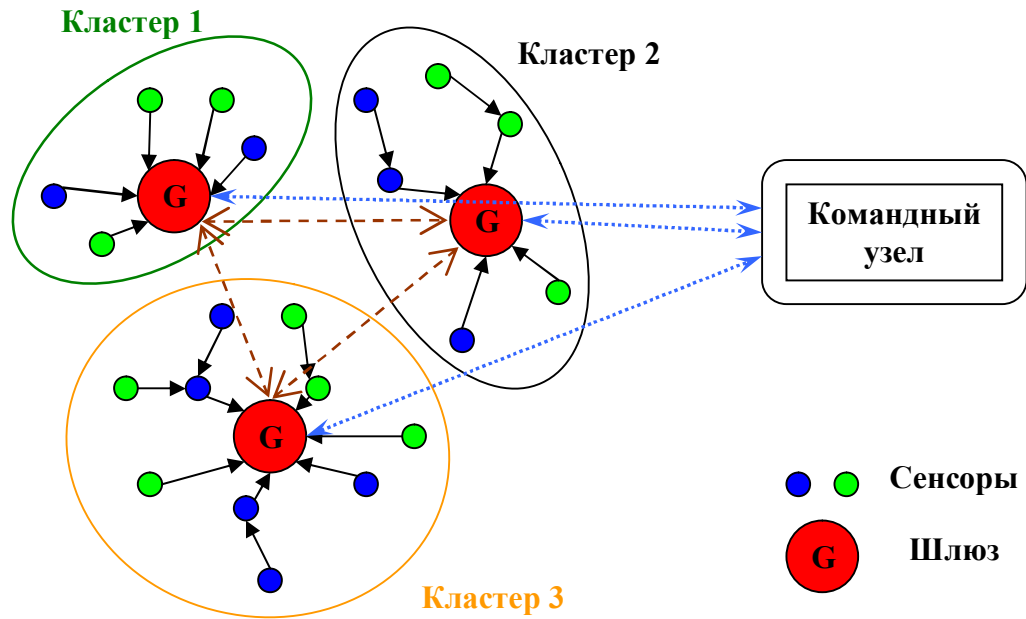


Рис. 2. Многошлюзовая кластерная сенсорная сеть

Сенсор в СС – это устройство, выполняющее сбор и обработку информации, имеющее возможность и необходимость коммуникации с другими подобными устройствами, присутствующими в данной СС. Сенсоры могут реагировать на тепло, давление, звуки, свет, электромагнитные поля, вибрации и другие всевозможные воздействия. Сенсор может передавать как полученную им самим информацию, так и переданную ему другими. Стандартная архитектура сенсора изображена на рисунке 3.

Базовые станции – это отдельные элементы СС, имеющие больший, в сравнении с сенсорами, вычислительный, коммуникационный и энергетический ресурс. Они выступают в роле шлюза между сенсорами и конечным пользователем.

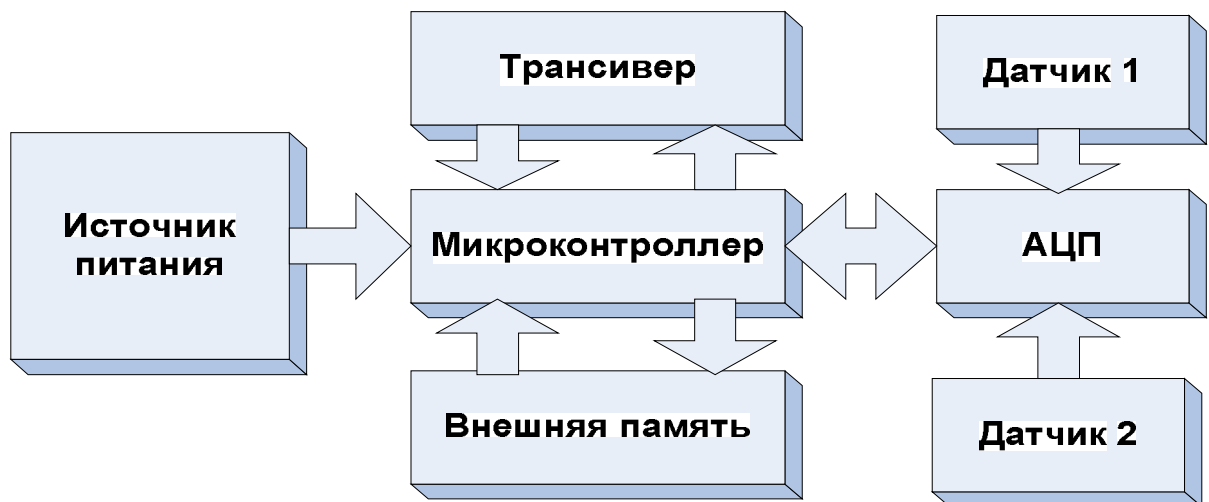


Рис.3. Архитектура сенсора

- 1) **Микроконтроллер** обрабатывает данные и контролирует работу других компонентов сенсора; в роли контроллера могут выступать микропроцессор, цифровой сигнальный процессор, интегральные схемы с архитектурой FPGA (Field Programmable Gate Array) и специализированные для решения конкретных задач;
- 2) **трансивер** обеспечивает прием и передачу информации; в качестве технологии используются радиопередача, оптическая коммуникация или инфракрасное излучение;
- 3) **внешняя память** осуществляет хранение информации, необходимой для программирования сенсора и обеспечивающей его правильную работу, данных об устройствах, находящихся в составе сенсора; в случае микроконтроллеров используется память на самом чипе, в большинстве остальных – flash память;
- 4) **источник питания** представлен в виде не/заряжаемых аккумуляторных батарей, осуществляемых питание всего сенсора;
- 5) **датчики** являются устройствами, которые реагируют на изменение параметров внешней среды; слежение осуществляется с помощью генерируемого аналогового сигнала.

Существует несколько утвержденных стандартов СС. ZigBee является наиболее молодой и перспективной технологией для построения беспроводных сетей с небольшими объемами передаваемой информации. Протокол ZigBee изначально разрабатывался для объединения в сеть большого количества автономных устройств, например датчиков и выключателей с батарейным питанием. Стандарт опирается на стандарт 802.15.4, который описывает физическую среду передачи сигнала (PHY уровень) и способы доступа к ней (MAC уровень). Основная особенность технологии ZigBee заключается в том, что она при относительно невысоком энергопотреблении поддерживает не только простые топологии беспроводной связи («точка-точка» и «звезда»), но и сложные беспроводные сети с ячейстой топологией с ретрансляцией и маршрутизацией сообщений. ZigBee нацелена на приложения, которым требуется большее время автономной работы от батарей и большая безопасность, при меньших скоростях передачи данных, что и делает ее хорошей основой для построения СС.

Из существующих протоколов можно подробнее выделить протокол WirelessHART, в котором каждый датчик является одновременно передатчиком и приемником, и приборы, располагающиеся рядом, обмениваются данными между собой и шлюзом. Радиомодули используют общие часы и включаются в определенное время для обмена данными.

Приборы, расположенные далеко от шлюза, отправляют данные с одного датчика на другой, повторяя их по мере необходимости и продвигая вперед с каждым скачком. Каждый прибор участвует в каждом цикле обмена данными, даже если он не имеет своих показаний для передачи из-за большого времени обновления. К приборам, не имеющим радиопередатчика, он может подключаться как внешнее устройство, хотя прибору. Эта топология имеет много преимуществ. По сравнению с другими она требует гораздо меньшего внешнего управления и использует свое собственное программное обеспечение для конфигурирования коммуникаций и потребляемой мощности.

Между шлюзами СС связь может быть организована с помощью широко распространенного стандарта 802.11. IEEE 802.11 - стандарт связи, описывающий локальные компьютерные сети, построенные на основе беспроводных технологий. Более известен по имени Wi-Fi, фактически являющимся брендом, предложенным и продвигаемым организацией Wi-Fi Alliance. Получил широкое распространение благодаря развитию мобильных компьютеров: КПК и ноутбуков. Изначально стандарт IEEE 802.11 предполагал возможность передачи данных по радиоканалу на скорости не более 1 Мбит/с и опционально на скорости 2 Мбит/с. Один из первых высокоскоростных стандартов беспроводных сетей — IEEE 802.11a - определяет скорость передачи уже до 54 Мбит/с. Рабочий диапазон стандарта 5ГГц. На данный момент уже существует множество различных стандартов (IEEE 802.11a - IEEE 802.11x).

Для обеспечения работы программного комплекса в СС используются специальные операционные системы (ОС) в силу специфичности и ресурсоемкости задач. Первая из таких систем - TinyOS. Это компонентная ОС с открытым исходным, являющаяся встраиваемой, написанной на языке nesC и представляющей из себя ряд взаимодействующих задач и процессов. Приложения в TinyOS написаны на nesC, диалекте языка C, оптимизированном в соответствии с ограничениями на объём памяти в сетях датчиков. Примерами других используемых ОС могут служить MANTIS Contiki , BTnut, SOS и Nano-RK.

1. Topology Control in Wireless Ad Hoc and Sensor Networks P. Santi
- [2] Fault-Tolerant Clustering of Wireless Sensor Networks Gaurav Gupta and Mohamed Younis
- [3] Турута Е.Н., Мочалов В.А. Проблемы проектирования отказоустойчивых сенсорных сетей // Труды Московского технического университета связи и информатики. М.: "ИД Медиа Паблшер", 2008. Т 1, с. 128-132.
- [4] Компьютерная поддержка принятия решений в САПР Трахтенгерц Э. А.
- [5] Turban, E. Decision support and expert systems: management support systems. -Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, 1995
- [6] Wireless network clustering with genetic algorithms Salvatore Scellato, University of Catania, Italy
- [7] Haettenschwiler P. Neues anwenderfreundliches Konzept der Entscheidungs-unterstützung. Gutes Entscheiden in Wirtschaft, Politik und Gesellschaft. Zurich: Hochschulverlag AG, 1999. — S. 189—208

ОП

АКАДЕМИЯ

СОВРЕМЕННЫХ

ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ

ТЕХНОЛОГИЙ

- ОП** Основы построения современных
Инфокоммуникационных Систем
- ОП.7.** Сенсорные сети. Вводный курс.
(количество частей – 2)
- ОП.7.02** Области применения СС
(количество частей – 2, число страниц - 7)

ОП.7

Сенсорные сети можно внедрять практически в любые аспекты окружающего мира. И хотя это пока считается ближайшим будущим, они уже применяются или реально могут применяться во многих ситуациях. Такой потенциал возможностей объясняет широкий круг областей применения СС в настоящее время.

Классифицируем основные области:

- Автоматизация строений;
- промышленный мониторинг;
- экология и чрезвычайные ситуации;
- системы безопасности и оборона;
- логистика;
- здравоохранение.

К автоматизации строений можно отнести системы безопасности, управление энергоснабжением, контроль кондиционирования, вентиляции, отопления, мониторинг состояния окружающей среды внутри и снаружи. Возможности СС позволяют следить за влажностью, температурой, составом воздуха, почвы, воды, давления, магнитного фона, контролировать освещение, системы пожарной сигнализации, ретрансляторы для счетчиков газа, воды, электроэнергии и домашние системы безопасности. В настоящее время существуют проекты “умных домов”, объединяющие многое из представленного выше. Объединенные в центральную систему контроля и имеющие гибкие настройки, и искусственный интеллект, они являются заманчивой перспективой распространения в ближайшем будущем.

К промышленному мониторингу стоит отнести мониторинг производственных процессов, эффективное использование оборудования, технический надзор и его профилактическое обслуживание, прецизионное сельское хозяйство, удаленный мониторинг имущества и ценностей.

Экологическая область включает мониторинг загрязнений окружающей среды, миграций животных, насекомых, слежение за лесными пожарами (пример изображен на рисунке 4) и т.д. Также можно выделить спасение людей при чрезвычайных ситуациях.

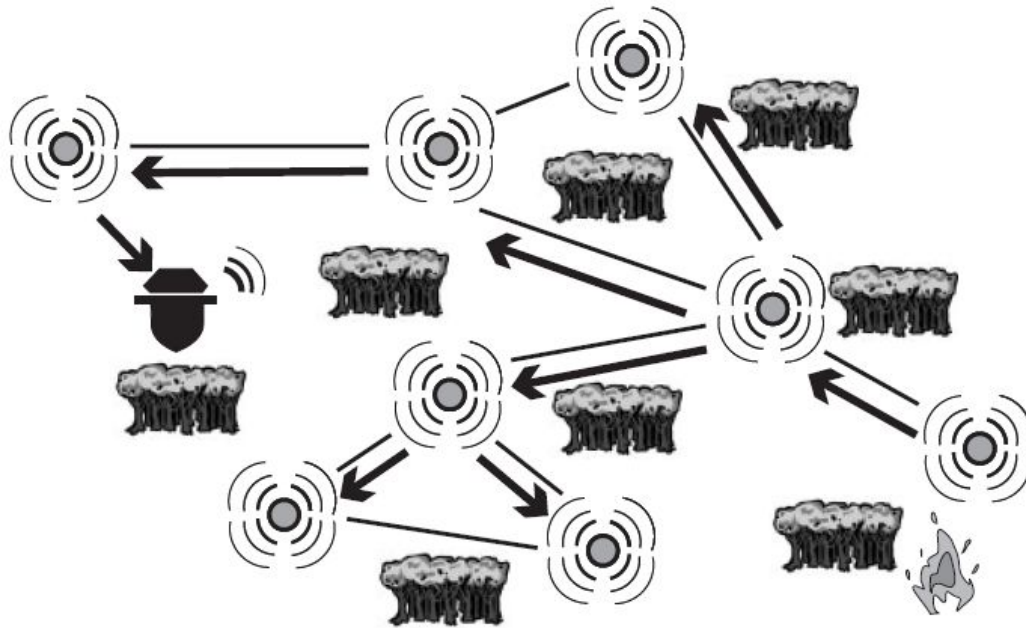


Рис.4. Использование сенсорной сети для обнаружения пожара

К системам безопасности и обороны относятся коммерческие системы безопасности, реализующие контроль периметров, определение вторжения, удаленное наблюдение, а также охрана военных объектов, отслеживание маршрутов движения войск и соединений, средства связи и боевой разведки. В отдельную группу выделяется контроль окружающей среды в целях национальной безопасности, то есть слежение за уровнем радиации, химических и биологических примесей. Еще область включает в себя мониторинг персонала, охрана ценностей и произведений искусства.

Логистика охватывает отслеживание грузов, контейнеров, мониторинг упаковки, определение целостности, неприкосновенности товаров и грузов на каждом этапе транспортировки и хранения, а также обеспечение складского учета при перемещении товаров.

К области здравоохранения относятся физиологический мониторинг, то есть слежение за сердечным ритмом, кровяным давлением, температурой и даже уровнем стресса, как и многих других параметров жизнедеятельности. К ней можно отнести неотложную помощь, контроль за приемом лекарств и работой персонала, заботу о престарелых.

Большинство сенсорных сетей выполняют пока что задачи разного рода мониторинга или слежения. С дальнейшим развитием технологий число областей сильно

возрастет, в виду развития устройств, не только транслирующих и переводящих информацию, но и реагирующих на различные ситуации.

Одним из основных требований при разработке СС, особенно применяемых в ответственных областях, является требование обеспечения их высокой надежности, живучести и безопасности. Следует разграничивать эти понятия. Надежность - это свойство системы, заключающееся в ее способности выполнять свои задачи в определенных условиях эксплуатации (точнее определяемое как совокупность четырех свойств: безотказность, ремонтпригодность, сохраняемость и долговечность). Живучесть – это свойство системы, выполнять заданные функции с сохранением в допустимых пределах заданных эксплуатационных показателей при неблагоприятных внешних воздействиях. Безопасность рассматривается, как свойство системы не допускать аварий в течение заданного времени, где под аварией понимается катастрофическое событие, приводящее к опасным последствиям для управляемого объекта, обслуживающего персонала и окружающей среды и являющееся следствием перехода системы в опасное состояние в результате отказов ее элементов. Главная задача обеспечения безопасности системы - не допустить ее попадания в опасное состояние, пусть и ценой невыполнения функций системы[3].

Основной путь к достижению указанных свойств системы – обеспечение ее отказоустойчивости[3]. Отказоустойчивость — способность системы сохранять нормальное функционирование при наличии отказов её элементов или переходить в безопасное состояние. В призме сенсорных сетей понятие отказоустойчивости играет особую роль и рассматривается с точки зрения множества факторов. Особым его делает ресурсоемкость и мобильность систем, которые независимо от этого должны обладать достаточными средствами для предотвращения или устранения отказов и продолжать работу по поставленной задаче при любых ситуациях.

Отказ – событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта. По типу отказы разделяются на:

- отказы функционирования, то есть прекращение выполнения основных функций;
- отказы параметрические, то есть некоторые параметры объекта изменяются в недопустимых пределах.

По своей природе отказы делятся на:

- случайные, то есть обусловленные непредусмотренными перегрузками, дефектами материала, ошибками персонала или сбоями системы управления и т.п.;
- систематические, то есть обусловленные закономерными и неизбежными явлениями, вызывающими постепенное накопление повреждений (износ, старение).

Показатели надежности – это количественные характеристики, одного или нескольких свойств, составляющих надежность объекта. Существует шесть показателей надежности: единичный, комплексный, расчетный, экспериментальный, эксплуатационный и экстраполированный. Надежность может обеспечиваться путем резервирования, то есть за счет использования дополнительных средств и возможностей, избыточных по отношению к минимально необходимым для выполнения требуемых функций.

Безотказность – свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени. Показатели безотказности включают: вероятность безотказной работы, гамма – процентную наработку до отказа, среднюю наработку до отказа, среднюю наработку на отказ, интенсивность отказов, параметр потока отказов, осредненный параметр потока отказов. Вероятность безотказной работы определяет вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ объекта не возникнет. Под гамма – процентной наработкой до отказа имеется в виду наработка, в течение которой отказ объекта не возникнет с вероятностью гамма, выраженной в процентах. Средняя наработка до отказа – это математическое ожидание наработки объекта до первого отказа. Средняя наработка на отказ – это отношение суммарной наработки восстанавливаемого объекта к математическому ожиданию числа его отказов в течение этой наработки. Под интенсивностью отказов понимается условная плотность вероятности возникновения отказа объекта.

Все показатели безотказности и надежности определены как вероятностные характеристики [8].

Топологией по определению называется фиксированная структура, однако, если рассматривать сенсорные сети, то неизбежно приходится сталкиваться с необходимостью расширения этого понятия. Топология сети в общем случае включает в себя местоположение всех элементов, их число и роль, протоколы коммуникации и способы соединений между ее элементами. Для СС число элементов может быть не фиксировано, а

роль меняться в зависимости от ситуации, что требует ввода такого понятия как динамическая топология, то есть топология, дающая представление о текущем и прошедшем и возможном состоянии сети. Все это еще усложняет построение СС с требуемыми параметрами отказоустойчивости. Однако, поскольку в данной работе рассматривается вариант фиксированной топологии, то не стоит упоминать ряд проблем, присущих только динамическим топологиям.

При реализации и проектировании топологий СС встречается ряд проблем, оказывающих прямое влияние на надежность и отказоустойчивую работу сети:

- питание сенсоров;
- качество связи;
- работа в условиях враждебной среды;
- потеря и искажение данных;
- обработка и передача данных;
- масштаб.

Рассматривая вопрос обеспечения питания сенсоров, стоит раскрыть причину его важности. Актуальным он становится из-за размера сенсоров. То есть емкость аккумуляторных батарей достаточно мала, а во многих случаях почти невозможно заменить или перезарядить их, не смотря на это сенсорные сети должны работать продолжительное время, что означает необходимость экономить и оптимизировать использование электроэнергии.

Качество связи сильно влияет на работу СС при ее размещении в экстремальных климатических условиях или в местах, где радиосигналы довольно слабые, вследствие чего довольно тяжело обеспечить каналы между сенсорами.

Работа в условиях враждебной среды является также насущной, так как в экстремальных условиях ухудшается не только качество самой связи, но и физическое состояние самого сенсора ставится под угрозу. Протоколы СС должны быть рассчитаны на частые отказы элементов в таком случае.

Потеря и искажение данных должны избегаться, в соответствие с требованиями установленного QoS. Проблема, как и множество прочих, возникает из-за скудных ресурсов СС.

Обработка и передача данных. Необходимость малого потребления энергии и плохое качество связи обязывает сжимать данные в самих сенсорах и сгруппировывать их вместе с аналогичными от других узлов. СС должна обеспечивать различные уровни сжатия, в зависимости от требования к точности, времени передачи к конечному пользователю и другие.

Масштаб. СС часто состоят из сотен или даже тысяч сенсоров, что необходимо учитывать при проектировании и разработке протоколов.

Сложность задачи проектирования топологии особенно проявляется на этапах, где рассмотрение двумерного пространства далее невозможно и необходимо производить расчеты и моделирование, используя трехмерные модели. При этом она экспоненциально возрастает.

Помимо представленных проблем присутствуют экономические трудности. Продажа ПО, основанного на СС гораздо более прибыльно, чем торговля относительно дешевыми сенсорами, но большинство программ решают слишком специфические задачи, чтобы продаваться в больших объемах.

1. Topology Control in Wireless Ad Hoc and Sensor Networks P. Santi
- [2] Fault-Tolerant Clustering of Wireless Sensor Networks Gaurav Gupta and Mohamed Younis
- [3] Турута Е.Н., Мочалов В.А. Проблемы проектирования отказоустойчивых сенсорных сетей // Труды Московского технического университета связи и информатики. М.: "ИД Медиа Паблишер", 2008. Т 1, с. 128-132.
- [4] Компьютерная поддержка принятия решений в САПР Трахтенгерц Э. А.
- [5] Turban, E. Decision support and expert systems: management support systems. -Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, 1995
- [6] Wireless network clustering with genetic algorithms Salvatore Scellato, University of Catania, Italy
- [7] Haettenschwiler P. Neues anwenderfreundliches Konzept der Entscheidungs-unterstützung. Gutes Entscheiden in Wirtschaft, Politik und Gesellschaft. Zurich: Hochschulverlag AG, 1999. — S. 189—208