

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫМИ ПОТОКАМИ В СИТУАЦИОННЫХ ЦЕНТРАХ ОРГАНОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ВЛАСТИ

И.С. Вахмянин,

*руководитель отдела разработки и внедрения программного обеспечения ЗАО «Полимедиа», аспирант Российской академии государственной службы при Президенте РФ,
e-mail: ivan@polymedia.ru.*

Н.И. Ильин,

доктор технических наук, профессор, заместитель начальника Управления информационных технологий спецсвязи ФСО РФ.

Е.В. Новикова,

*кандидат химических наук,
Генеральный директор ЗАО «Полимедиа»,
докторант Российской академии государственной службы при Президенте РФ,
e-mail: elena@polymedia.ru.*

Адрес: г. Москва, ул. Кржижановского, д. 29, корп. 1, ЗАО «Полимедиа».

Разработана математическая модель информационных потоков в ситуационном центре (СЦ) и на ее основе построен алгоритм рационального управления информационными потоками. На базе разработанного алгоритма реализовано программно-аппаратное решение «Визуализация информации на системе распределенных дисплеев» (ВИРД), которое внедрено в ситуационном центре Пензенской области.

Ключевые слова: визуализация, ситуационный центр (СЦ), модель информационного потока, информационно-аналитическая система, информационно-аналитическая система, информационный поток, визуализация информации на системе распределенных дисплеев (ВИРД).

Введение

Система ситуационных центров (СЦ) обеспечивает повышение эффективности, оперативности и качества принятия управленческих решений, а также контроля исполнения решений по различным направлениям деятельности органов государственной власти и органов местного самоуправления. Сегодня в России насчитывается около 30 реализованных СЦ, и новые центры продолжают активно создаваться [1]. Известно [2,3] что до 80 % воспринимаемой информации человек получает по зрительному каналу, поэтому подсистема отображения информации является ключевой для СЦ и центров управления, которые предназначены для поддержки принятия решения в условиях ограниченного времени или в условиях чрезвычайной ситуации. При этом информация, поступающая в СЦ носит «лавинообразный», неформализованный и неравномерный характер; информация поступает от внешних и внутренних, программных и аппаратных информационных источников (оперативные донесения, ленты новостей, транскрипты ТВ-программ, Интернет-сайты). В таких условиях ключевыми факторами эффективной работы СЦ является время, затраченное на восприятие информации лицом, принимающим решения, и другими участниками совещания [4]. Для этого организация вывод информации на систему экранов СЦ должна быть достаточно простой и оперативной.

Долгое время развитие ситуационных центров и систем управления выводом информации сдерживалось несовершенством средств обработки и визуализации информации. В частности, источник информации был, как правило, жестко привязан к средству отображения информации [5]. То есть конфигурация ситуационного центра была статической и описывалась парами «источник информации» — «средство отображения». Современный СЦ представляет собой программно-аппаратный комплекс, в котором множество источников информации (программных и аппаратных) выводится на множество дисплеев, причем, этим процессом можно управлять в реальном времени.

Для подготовки совещания требуется разработать сценарий проведения совещания, определить источники информации, способы их представления и последовательность представления информации, а также описать последовательность представления информации в виде сцен.

Определенную сложность будет представлять движение по сценарию и переход от одной сцены к другой, вследствие того, что каждый информационный поток представлен своим источником, и вывод информации осуществляется в многооконном режиме на несколько экранов. Выбор соответствующего источника и расположение его на экране занимает временной ресурс, который является очень важным для эффективного функционирования СЦ. Система коммутации оборудования СЦ является сложной и накладывает определенные ограничения на вывод информационных источников на экран коллективного пользования (ЭКП). Если оператор осуществляет коммутацию «вручную» (простым перебором), то существует риск, что не все источники информации будут выведены на ЭКП. Задачу вывода изображения на экран большой информационной емкости можно решать на программном или аппаратном уровне. В работе [6] такая задача решается с помощью системы многопользовательских контроллеров, однако такая система является достаточно громоздкой, сложной в управлении (при наращивании числа источников информации) и не позволяет применить сценарный подход к организации совещаний. Применение систем управления, разработанных фирмами Crestron [7] и AMX [8] дает возможность легко управлять выводом изображения от аппаратных источников. Однако, производительность данных систем относительно невысока, что делает невозможным программирование действительно сложной логики с учётом требований режима реального времени. Кроме того, системы интегрированного управления изначально ориентированы на создание несложных сценариев управления оборудованием, что затрудняет их взаимодействие с программными источниками информации и, тем более, информационными системами. Напротив, программное обеспечение Authorware (www.macromedia.com) предоставляет пользователю возможность создавать разветвленные сценарии с достаточно сложной логикой связей между слайдами. Широкий набор средств для создания сложных сценариев показа сделал данный продукт часто используемым в ситуационных центрах. Основным недостатком Authorware является невозможность работы с многодисплейными конфигурациями, и управления оборудованием. Также Adobe Authorware предоставляет не очень широкие возможности по отображению актив-

ных (не статических) источников, таких как визуализация витрин данных, «живые» отчеты и т.п. Для решения вышеуказанных проблем необходима разработка специального программного обеспечения (ПО), предназначенного для управления информационными потоками и оптимизации представления информации, выводимой на экран коллективного пользования. Такое ПО должно обеспечивать решение следующих задач:

- ◆ подготовка сценариев отображения информации с использованием различных типов источников (как аппаратных, так и программных);
- ◆ легкое управление выводом информации с любого источника (программного или аппаратного) на любой из экранов СЦ;
- ◆ управление совещанием (как для операторов, так и для ЛППР) с возможностью оперативного переключения между сценариями и управления любым источником;
- ◆ визуализация витрин данных, находящихся в информационно-аналитических системах используемых в СЦ.

Модель информационных потоков

Необходимость создания средств и методов рационального управления информационными потоками продиктовала потребность в создании программно-аппаратного комплекса, опирающегося на формальную математическую модель информационных потоков в СЦ. Далее совокупность информационных сообщений, характеризующих состояние обсуждаемых вопросов, поступающих в СЦ в различных форматах (например, текстовые документы, табличные данные, картографическая информация, видеофайлы) и от различных источников, через определенные промежутки времени, будем называть **информационным потоком**.

Рассмотрим пример упрощенной схемы соединений ситуационного центра (рис. 1). Предположим, что оператору нужно вывести отчет из информационно-аналитической системы 1 (ИАС1) на ЖК-панель (пассивный дисплей), а отчет из ИАС 2 на видеостену. Если оператор будет произ-

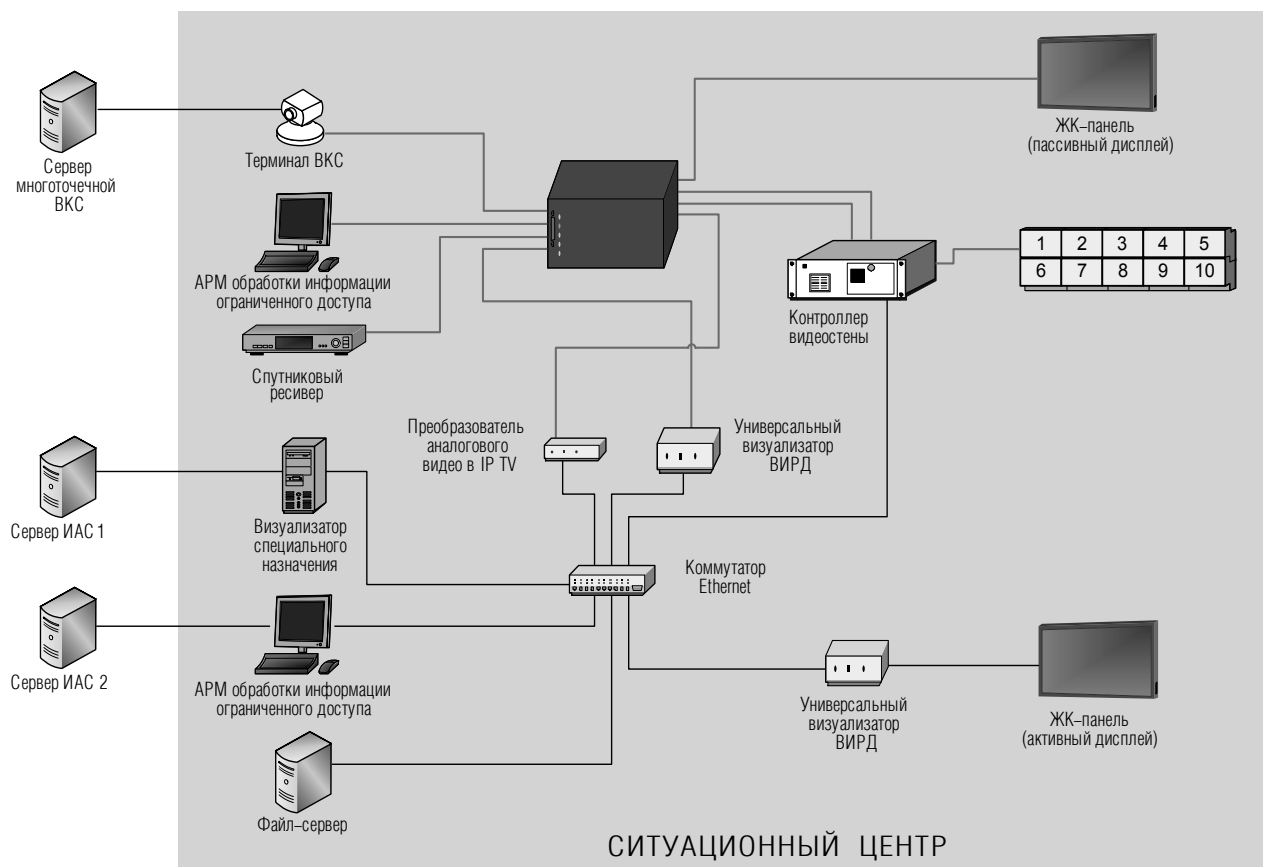


Рис. 1. Схема соединений ситуационного центра.

водить коммутацию вручную, он может вывести отчет из ИАС 2 на видеостену следующим образом: «АРМ обработки информации ограниченного доступа» ⇒ «Коммутатор Ethernet» ⇒ «Универсальный визуализатор» ⇒ «Матричный коммутатор» ⇒ «Контроллер видеостены». Однако в этом случае вывести на ЖК-панель отчет из ИАС 1 будет уже невозможно, так как иного способа сделать это, кроме как используя универсальный визуализатор, нет, а он уже занят отчетом из ИАС 2. Если бы вывод этого отчета осуществлялся напрямую с коммутатора Ethernet на контроллер видеостены, то такой проблемы бы не возникло. Можно представить, насколько более сложно принимать оператору подобные решения в реальном ситуационном центре, где число объектов схемы коммутации может достигать значения 10 и более.

Имеется ряд систем управления информационным потоком (ИП) на техническом уровне, однако они сводятся, в основном, к аппаратному либо программному управлению ИП и не решают задачи коммутации множества источников на множество экранов.

Для решения описанной задачи потребовалось разработать непротиворечивую и полную математическую модель, описывающую информационные потоки ситуационного центра. Основной целью создания такой модели является сокращение вариативности используемых в СЦ ресурсов и подготовка инструментария для формального описания состояния СЦ и его информационных потоков. Для достижения этих целей была выбрана модель в виде информационной сети, описанной графом. Данный выбор обоснован тем, что в этом случае к решению задачи можно применить существующие алгоритмы и математические методы теории графов.

Представим информационную сеть СЦ в виде взвешенного ориентированного графа. Вершинами графа являются устройства СЦ. Источники информации имеют только исходящие ребра, средства отображения – только входящие, средства преобразования и коммутации – обоих типов. При построении данной модели используется терминология задачи о максимальном потоке в ориентированном графе [9].

Назовем **информационной сетью** СЦ ориентированный граф $G = (V, E)$, каждому ребру $(u, v) \in E$ которого поставлено в соответствие число $c(u, v) \geq 0$, называемое пропускной способностью ребра. В графе выделим две группы вершин – истоки S (источники информации) и истоки T (средства ото-

бражения информации). **Путем информационного потока** назовем упорядоченную последовательность вершин

$$r = (v_1, v_p, \dots, v_k), v_i \in V, v_1 \in S, v_k \in T, i=1, k,$$

причем любые две последовательные вершины соединены хотя бы одним ребром из множества E . При этом пару $p = (v_1, v_k)$ будем называть **информационным соответствием**.

Таким образом, состояние информационных потоков ситуационного центра можно описать совокупностью информационных соответствий. При этом для каждого информационного соответствия будет существовать реализующий его путь информационного потока.

Используя данную модель, можно изобразить схему соединений СЦ (рис. 1), представленную выше, в следующем виде (рис. 2):

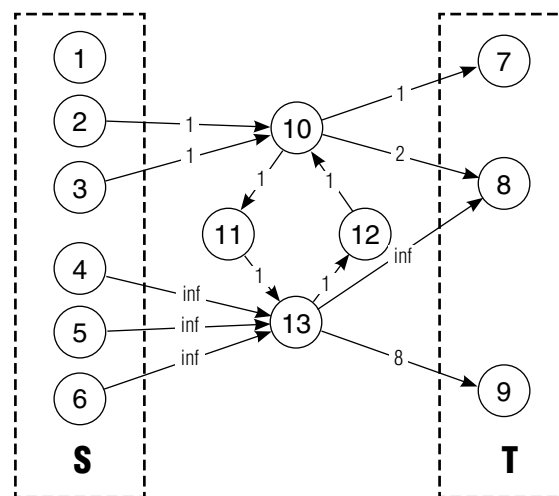


Рис. 2. Модель информационных ресурсов СЦ.

При данном построении были использованы следующие обозначения вершин:

Источники (S): u_1 – терминал ВКС, u_2 – АРМ обработки информации ограниченного доступа, u_3 – спутниковый ресивер, u_4 – визуализатор специального назначения, u_5 – АРМ обработки аналитической информации, u_6 – файл-сервер.

Дисплеи (T): u_7 – ЖК-панель, u_8 – контроллер видеостены (видеостена), u_9 – визуализатор информации на системе распределенных дисплеев (ЖК-панель).

Коммутационные ресурсы: u_{10} – матричный

коммутатор, u_{11} — преобразователь аналогового видео в IPTV, u_{12} — визуализатор информации на системе распределенных дисплеев, u_{13} — Ethernet коммутатор.

Рассмотрим пример распределения информационных потоков в данной модели. Пусть требуется отобразить спутниковое видео на пассивной ЖК-панели, а на видеостену в трех окнах — ВКС, отчет с ИАС 1 и видеофайл с файл-сервера. В терминах модели эту задачу можно описать четырьмя информационными соответствиями (парами вершин из S, T соответственно):

$$p_1 = (u_1, u_8), \quad p_2 = (u_3, u_8), \quad p_3 = (u_4, u_8), \quad p_4 = (u_6, u_7).$$

Рассмотрим возможные пути информационных потоков. Например, допустим, что для первого, второго и третьего информационного соответствия реализованы следующие пути информационных потоков:

$$\begin{aligned} p_1 \rightarrow r_1 &= (u_1, u_{10}, u_8) \\ p_2 \rightarrow r_2 &= (u_3, u_{10}, u_{11}, u_{13}, u_8), \\ p_3 \rightarrow r_3 &= (u_4, u_{13}, u_{12}, u_{10}, u_8). \end{aligned}$$

В графическом виде описанное распределение изображено на рис. 3.

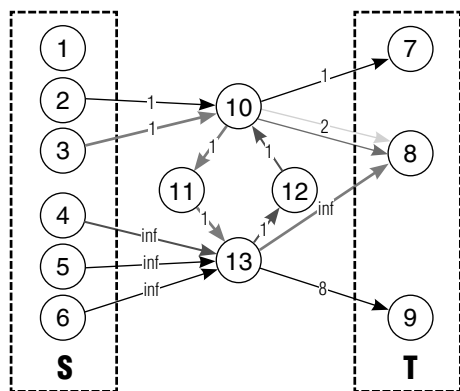


Рис. 3. Пути информационных потоков (вариант 1).

Очевидно, что при данном распределении невозможно реализовать четвертое информационное соответствие, т.е. единственный возможный путь из вершины u_6 в вершину u_7 , проходит через ребро (u_{13}, u_{12}) , пропускная способность которого исчерпана путем r_3 . Соответственно, реализовать четвертое информационное соответствие не пред-

ставляется возможным. Однако это не означает, что не существует другого варианта распределения информационных потоков, при котором возможно реализовать все четыре соответствия. Ниже представлен альтернативный способ распределения информационных потоков (рис. 4).

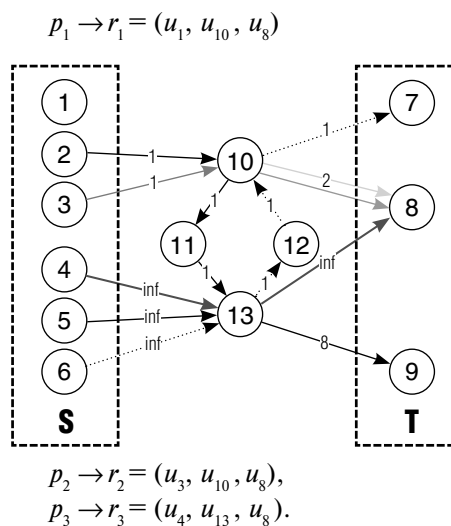


Рис. 4. Пути информационных потоков (вариант 2).

Алгоритм управления информационными потоками

Поставленные в предыдущем разделе задачи могут быть решены как с помощью каких-либо специальных алгоритмов, так и с помощью простого перебора. Однако решение данных задач должно производиться в автоматическом режиме при каждом действии, связанном с изменением конфигурации СЦ (до 10 раз в минуту), время для получения ответа не должно превышать 1-5 секунд. С учетом экспоненциальной сложности полного перебора вариантов, было необходимо разработать алгоритм решения поставленной задачи распределения. Общее описание разработанного алгоритма приведено ниже.

Итак, входом для алгоритма будет информационная сеть СЦ $G = (V, E)$ и набор информационных соответствий r_1, r_2, \dots, r_m . Выход: набор путей информационных потоков p_1, p_2, \dots, p_m , реализующих заданные информационные соответствия, или сообщение о невозможности реализовать все из них. Общую схему алгоритма можно описать следующим образом:

1. Для каждого источника информации $s \in S$, такого что $\exists r, t: r = (s, t)$, находим все пути, ведущие из s в t такие, что каждое ребро графа встречается в пути не более одного раза (если такого ограничения не поставить, то таких путей могло бы быть бесконечно много при наличии циклов в графе).

2. Каждому ребру ставим в соответствие n чисел k_1, k_2, \dots, k_m , каждое из которых представляет количество проходящих через ребро возможных путей информационных потоков соответствующего типа.

3. Для каждого ребра, через которое проходят возможные пути информационных потоков более чем одного типа, поочередно пробуем удалить возможные пути разных типов.

4. При каждой попытке удаления путей выполняется проверка: существуют ли еще информационные потоки данного типа, кроме удаляемых. Если существуют, удаляем потоки и на ребрах, через которые они проходили, соответствующим образом уменьшаем число k . Если нет, переходим к следующему типу. Если не удастся удалить информационные потоки с ребра, кроме одного, это означает, что данный набор пар невозможно реализовать на данной информационной сети. Если удастся — переходим к следующему ребру.

5. Критерием положительной остановки алгоритма является отсутствие ребер, через которые проходит более одного возможного информационного потока (этот критерий аналогичен условию останова алгоритма, реализующего метод Форда-Фалкерсона [9] для решения задачи о максимальном потоке и минимальном разрезе).

Внедрение

На основе вышеописанных алгоритмов разработано ПО «ВИРД» (Визуализация информации на системе распределенных дисплеев). Основным отличием ПО «ВИРД» от большинства существующих систем является максимально простой и удобный пользовательский интерфейс, позволяющий пользователю без специальных технических знаний и понимания природы и свойств источников информации и средств отображения эффективно управлять процессом совещания и выводом необходимой информации. Этот подход позволил успешно интегрировать в одном продукте возможности работы с любыми источниками информации, будь то информационно-аналитическая система, обычный текстовый документ или, например си-

стема видеоконференцсвязи (ВКС). В результате система позволяет пользователю выводить информацию с них на любые имеющиеся средства отображения, причем не только находящиеся в одном помещении с СЦ. «ВИРД» использует сценарно-ориентированный подход: сценарий совещания описывается в «ВИРД» как нелинейная последовательность отдельных сцен, каждая из которых включает взаимное расположение графических окон от источников на ЭКП, а также состояние всего оборудования комплекса в каждый момент времени. Благодаря полной интеграции продукта с Microsoft Power Point, граф сцен сценария может быть получен автоматически из уже созданной презентации, что, несомненно, уменьшает время на адаптацию пользователей к новому продукту. ВИРД имеет модульную архитектуру.

Одним из примеров успешных внедрений «ВИРД» является Ситуационный центр Губернатора Пензенской области (рис. 5). В настоящее время СЦ работает в двух основных режимах: режиме «Планового совещания» и режиме «Аналитической телеконференции». В режиме «Планового совещания» материалы собираются аналитиком СЦ как с помощью специализированных ИАС, так и вручную с использованием универсальных средств связи. На АРМ аналитика производится обработка данных, их агрегирование и преобразование в вид, пригодный для визуализации. Полученные в результате этой работы файлы (графики, карты, схемы, отчеты) отправляются через файл-сервер на АРМ оператора визуализации. Оператор, используя ПО «ВИРД», создает сценарий совещания. Данный сценарий состоит из ряда сцен, каждая из которых содержит многооконные раскладки информационных образов на средствах отображения коллективного пользования (видеостена, мониторы на столах) и состояние оборудования. Последовательность сцен в сценарии определяется повесткой совещания, но может и содержать ветвления, а также заготовки для обсуждения вновь возникших во время совещания вопросов.

Во время совещания, оператор (или непосредственно ЛПР) управляет ходом сценария (переходом со сцены на сцену, а также информационными образами источников, представленных на экране). Важной особенностью данного технологического подхода к визуализации является то, что во время проведения совещания для создания информационных образов не используются АРМы операторов или аналитиков — визуализация происходит непо-

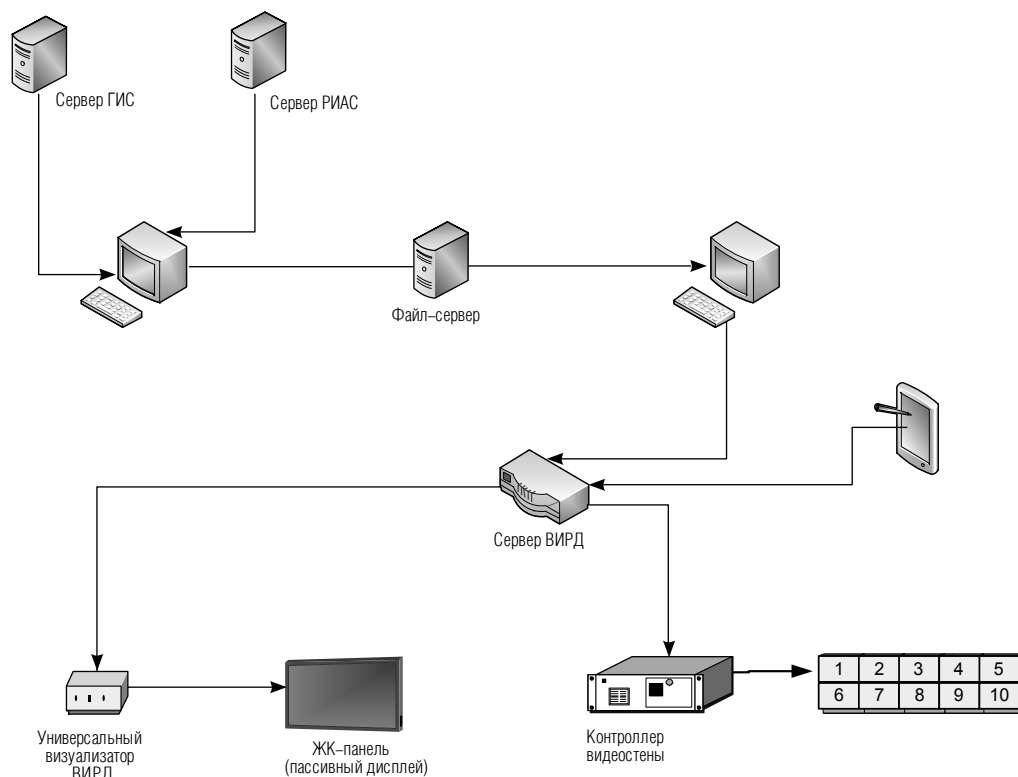


Рис. 5. Схема работы «ВИРД» в СЦ Администрации Пензенской области.

средственно на дисплеях (например, на видеостене). Это позволяет отображать сцены с произвольным количеством информационных образов при наличии всего двух АРМ — оператора и аналитика. Причем, поскольку АРМ аналитика также свободен, аналитик может использовать его во время совещания для поиска и подготовки какой-либо оперативно потребовавшейся дополнительной информации.

В режиме «Аналитической телеконференции» совещания с главами муниципальных образований проходят одновременно для 30 удалённых муниципальных образований. Ранее на удалённых абонентских пунктах отсутствовала возможность видеть материалы, документы и подготовленную аналитическую информацию, отображаемые на основных экранах в СЦ во время совещаний. Это приводило к тому, что для удалённых абонентов отсутствовала возможность полноценно работать по обсуждаемым вопросам повестки совещания. В связи с этим руководством Управления информатизации Пензенской области было сделано предложение, реализовать на базе ПО «ВИРД» функцию обеспечения трансляции блока информационно-

аналитической поддержки на оборудование удалённых абонентских пунктов.

Сложность решения поставленной задачи состояла в том, что наряду с низкой пропускной способностью каналов связи (2 Мбит/с) экраны в СЦ и в муниципальных образованиях имеют разную информационную емкость (в СЦ видеостена и ноутбуки, а в муниципальных образованиях — проекторы или ЖК-дисплеи).

Решением данной задачи стало обеспечение автоматического режима загрузки на визуализаторы блока информационной поддержки в ходе технического сеанса ВКС с последующим одновременным выводом на дисплеи удалённых абонентов и управление показом этой информации во время рабочего сеанса. Для реализации данного решения в условиях описанных ограничений было внедрено синхронизированное управление отображением информации под управлением «ВИРД» в муниципальных образованиях. Это позволило оператору СЦ во время подготовки сценария располагать информационные образы не только на локальных дисплеях, но и на удалённых абонентских пунктах, учитывая при этом их информационную емкость. Соответствен-

по сети передаются лишь управляющие сигналы, что позволило экономить пропускную способность канала для видео- и аудиопотоков.

Программное обеспечение «ВИРД» было также внедрено в СЦ Губернатора Сахалинской области. ПО «ВИРД» решает для СЦ губернатора целый ряд задач: разработка сценариев отображения информации, оперативное управление сценариями и режима-

ми отображения, а также демонстрация различных аналитических и медиа-данных в форме, удобной для восприятия. Особенностью данного внедрения является использование «ВИРД» для одновременного управления отображением информации из открытого и закрытого контуров без нарушения режима безопасности. Это было достигнуто при помощи разработки специальной системы коммутации.

Заключение

Таким образом, для оптимизации работы ситуационного центра разработана математическая модель информационных потоков СЦ и на ее основе построен алгоритм оптимального управления информационными потоками. На базе разработанного алгоритма реализовано программно-аппаратное решение ВИРД, которое внедрено в ситуационном центре Пензенской области. Практика внедрения ПО «ВИРД» по-

казала повышение эффективности использования программно-технических средств СЦ за счет автоматизации и оптимизации процессов подготовки и управления информационными потоками, разработки сценариев отображения информации, оперативного управления сценариями и режимами отображения, а также демонстрации различных аналитических и медиаданных в форме, удобной для восприятия и работы ЛПР. ■

Литература

1. Ильин Н.И., Демидов Н.Н., Попович П.Н. Развитие систем специального информационного обеспечения государственного управления. – М.: Медиа Пресс, 2009.
2. Середа Г.К., Бочарова С.П., Репкина Г.В. Инженерная психология / Под ред. Г.К. Середы. – Киев: Вища школа, 1976. – 308 с.
3. Кучерявый А.А. Бортовые информационные системы / Под ред. В.А. Мишина и Г.И. Ключева. -2-е изд. перераб. и доп. – Ульяновск: УлГТУ, 2004. – 504 с.
4. Новикова Е.В. Создание ситуационных центров на базе аудиовизуальных и информационно-коммуникационных технологий // Материалы конф. «Ситуационные центры: модели, технологии, опыт практической реализации». – М.: РАГС, 2006. - 25с.
5. Ишеев И.А. Технические подсистемы и специализированное ПО для эффективной работы современного СЦ. //Материалы конф./ «Ситуационные центры и информационно-аналитические средства поддержки принятия решений». – М.: РАГС, 2009.
6. Мезенцев А.А., Павлов В.М., Шарнин А.В. Управление, вычислительная техника и информатика/ Двухуровневая компьютерная видеосистема с большой панелью коллективного или группового пользования
7. Control Systems for Home Automation, Campus & Building Control by Crestron Electronics, 2010. URL: <http://www.crestron.com/default.asp> (дата обращения: 10.09.2010)
8. Partridge Charles W. (Wylie, TX, US), Barber Ronald W. (Plano, TX, US), Lee Mark R. (Richardson, TX, US), Holub Douglas R. (Irving, TX, US), System and method for multimedia display, United States, AMX LLC (Richardson, TX, US), 2008.
9. Кормен Т., Ч. Лейзерсон, и Р. Ривест. Алгоритмы: построение и анализ.– М.: МЦНМО, 2001. -535с.