

Модель производительности системы визуализации спутниковых данных

Рассмотрены области применения распределенных систем визуализации данных с географической привязкой (геопространственных данных). На примере сервисов экологического мониторинга с использованием спутниковых данных выделены задачи оценки производительности. Предложены подход к моделированию и метод оценки производительности распределенных систем визуализации.

The domains of application of the distributed technologies for the geospatial data visualization are considered. Using the real-world ecological monitoring services with the satellite data as an example the tasks of the performance estimation are singled out. An approach to the simulation and a method of estimating the performance of the distributed visualization systems are suggested.

Розглянуто області застосування розподілених систем візуалізації даних з географічною прив'язкою (геопросторових даних). На прикладі сервісів екологічного моніторингу сформульовано задачі оцінки продуктивності. Запропоновано підхід до моделювання та метод оцінки продуктивності розподілених систем візуалізації.

Введение. В последнее десятилетие достигнуты значительные результаты в области применения спутниковых данных для задач экологического мониторинга, метеорологии, оценки урожайности. Использование данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в существующих системах и моделях позволяет повысить эффективность систем принятия решений, что отражено в основных направлениях развития международной «системы систем» *GEOSS* [1]. Важность систем предоставления и обработки аэрокосмических данных выделена в программе «Аэрокосмические и наземные наблюдения в интересах стабильного развития и безопасности» (*GEOUA*), формируемой по совместному решению Президиума Национальной академии наук Украины (НАНУ) и Коллегии Национального космического агентства Украины (НКАУ) от 17.01.2007 г.

Системы мониторинга экологических и метеорологических параметров представляют собой сложный программно-аппаратный комплекс, каждая из них реализует подсистему визуализации, архитектура которой зависит от обрабатываемых данных. Системы используются в критических приложениях, таких как координация работ во время стихийных бедствий, поэтому производительность подсистем предоставления и визуализации данных, качество

обслуживания в системах поддержки принятия решений на основе сервисов мониторинга – важная характеристика создаваемых комплексов. Общая производительность системы мониторинга с учетом приложений совпадает с производительностью системы визуализации и предоставления данных. Исследования производительности систем визуализации позволят восполнить существующий пробел в методах оценки производительности и обеспечении качества обслуживания в системах мониторинга на основе данных дистанционного зондирования Земли.

Классификация системы визуализации геопространственных данных

Самым простым определением системы визуализации принято считать систему, предоставляющую пользователю изображение набора данных с помощью компьютера. Существует и общее определение распределенной системы визуализации: – система, предоставляющая изображение на основе набора данных пользователю с использованием вычислительной системы. Известные классификации [2–5] представлены на рис. 1.

Необходимость распределенных систем визуализации

Развитие систем обработки и предоставления данных ДЗЗ обуславливает развитие систем

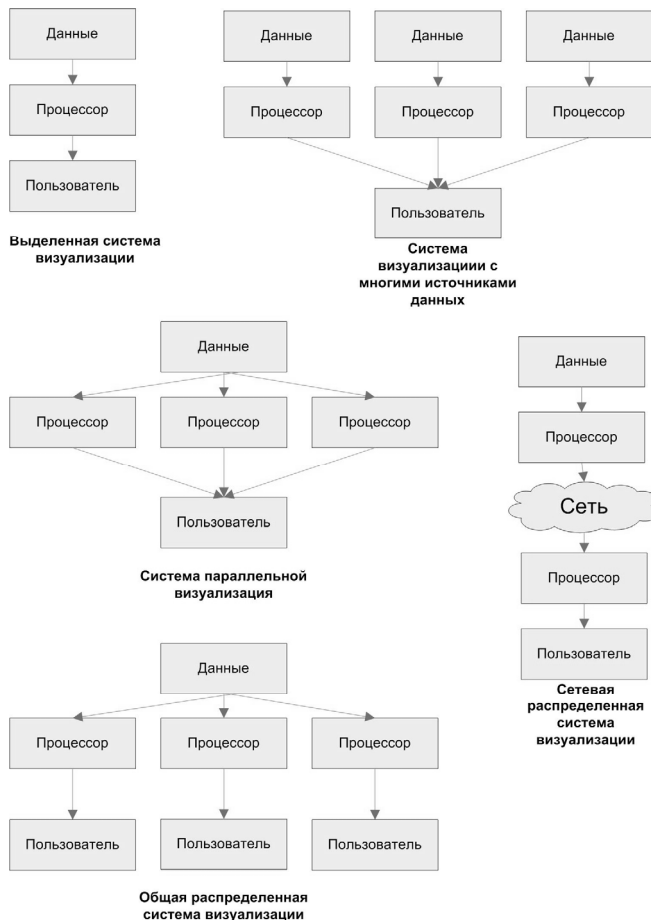


Рис. 1. Классификация систем визуализации

визуализации геопространственных данных. Основные факторы, определяющие архитектуру систем визуализации, – объемные характеристики визуализируемых данных, количество и связи источников (географическая распределенность, каналы связи).

Ограниченность производительности выделенного сервера визуализации обуславливает максимальный объем визуализируемых данных. Существует ряд прикладных задач, для которых предел производительности выделенного сервера достигнут. Примером может служить модель численного прогнозирования погоды *NWP WRF* [6, 7]. Так, сервис [8] с достаточно низким пространственным разрешением 10 км и временным разрешением три часа для территории Украины требует визуализации 6 Гб данных в сутки [9]. Более подробно характеристики реализованной системы рассмотрены ниже.

Использование распределенных источников и различные характеристики каналов передачи данных в отдельных прикладных задачах делает выделенные системы визуализации неэффективными. Примерами служат сервисы мониторинга урожайности с использованием данных ИКИ НАН и НКА Украины и ИКИ Российской академии наук [10], системы интеграции геологических баз данных [11, 12]. Так, используемая в системе *Geosciences Network (GEON)* система визуализации на основе медиатора представлена на рис. 2.

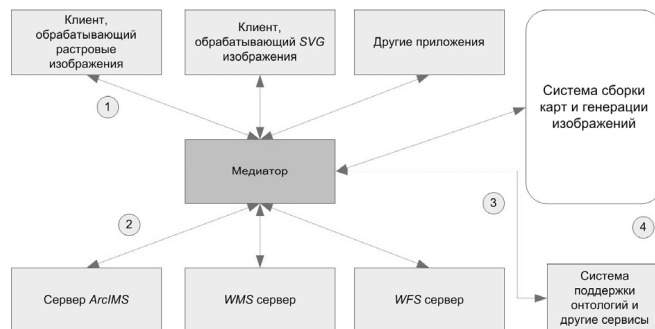


Рис. 2. Распределенная система визуализации в *GEONgrid*

В модели распределенной системы визуализации системы *GEONgrid* клиенты с различными характеристиками (1) используют общий брокер ресурсов и систему адаптеров для доступа к серверам, предоставляющим визуализируемые данные (2). Особенность системы – сборка динамических карт, создаваемых по запросу пользователя в сервисе интеграции и визуализации (3–4).

Важным прикладным аспектом использования распределенных систем визуализации является обеспечение возможности доступа к данным клиентов с различными характеристиками. Поддержка выделенной системы визуализации в таком случае экономически не эффективна. В качестве примера можно назвать геоинформационные системы регионального уровня с возможностью использования мобильных устройств [13].

Использование *Grid*-систем для обработки спутниковых данных [14] также рассматривается как фактор, обуславливающий переход к распределенным системам визуализации [15].

Построение систем визуализации как поставщиков услуг в *Grid*-системе – перспективное направление развития распределенных систем предоставления геопространственных данных [16].

Примеры реализации распределенных систем визуализации

Для формулировки задач оценки производительности, верификации модели и предлагаемых методов использованы распределенные системы визуализации сервисов экологического и метеорологического мониторинга [17].

Сервис численного моделирования погоды

Сервис численного моделирования погоды на основе модели *NWP WRF* [8], адаптированной для территории Украины, пример задачи, требующей распределенной системы визуализации.

Сегодня модель *WRF* функционирует в операционном режиме в Институте космических исследований НАН и НКА Украины. Каждые шесть часов осуществляется прогнозирование на 72 часа с временным разрешением три часа. Текущие пространственные характеристики прогноза – сетка 200×200 элементов 10×10 км, 31 вертикальный уровень. Краевые условия по-

лучены из данных модели *GFS* [18], при подготовке входных данных использована система *WRFSI* [19].

Вычисление прогноза на 72 часа составляет порядка три с половиной часа, средний объем генерируемых данных – порядка 6 Гб в сутки.

В такой конфигурации модели достигнут предел производительности выделенного сервера визуализации на базе *Intel Pentium 4 2,4 ГГц*. Учитывая квадратичный рост объема данных при увеличении пространственного разрешения прогноза и линейный рост при увеличении временного, дальнейшее развитие требует реализации распределенной системы визуализации.

Сервис численного моделирования погоды доступен в операционном режиме [20]. Интерфейс приведен на рис. 3.

При создании распределенной системы визуализации для сервиса прогнозирования погоды на этапе проектирования возникает вопрос оценки производительности. Каковы должны быть параметры компонент системы визуализации (количество, производительность серверов, пропускная способность каналов связи и т.д.) для обеспечения заданного времени ре-

WRF Visualization result demo

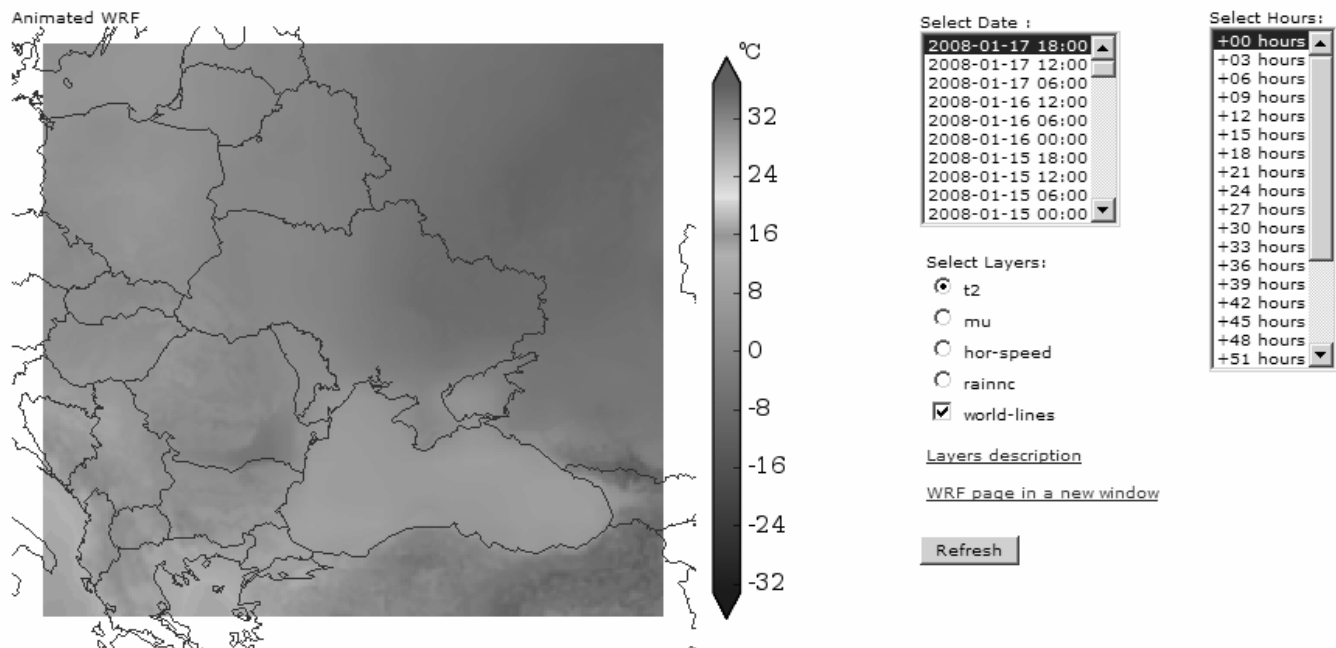


Рис. 3. Сервис численного моделирования погоды

акции и пропускной способности сервиса при заданном числе одновременных сессий? Стоимость системы для заданных параметров должна быть минимальной.

Сервис мониторинга затоплений

Разработанный в Институте космических исследований НАН и НКА Украины сервис мониторинга затоплений [21] использует распределенную систему визуализации [22].

Необходимость распределенной системы визуализации обусловлена наличием географически распределенных источников данных. В текущей конфигурации используются данные Института космических исследований НАН и НКА Украины и китайской *Remote Sensing Ground Station (RSGS)*. Значительные задержки вследствие низкой пропускной способности каналов связи в данном случае являются определяющим фактором в пользу распределенной системы визуализации. Разработанная система *Web*-интерфейс и система предоставления данных для территории Украины реализованы на базе сервера *HP DL385* (2×2 *AMD Opteron 2218*, 8 Гб *RAM*). Данные для территории Китая предоставляются китайским сервером визуализации на базе *Intel Pentium 4*. Скорость передачи данных между *RSGS* и ИКИ НАН и НКА Украины не более 7 Кб/с, при использовании выделенного сервера визуализации время реакции сервиса превышает 38 сек.

В текущей конфигурации сервиса в качестве источника используются данные *Landsat*. Для обработки изображения в *Grid*-системе ИКИ НАН и НКА Украины и *RSGS* необходимо полтора часа времени (из них 30 мин. поиск изображения, 30–60 мин. обработка и визуализация), всего в сервисе мониторинга для реки

Тиса используется порядка 10 снимков, для реки Хуайхе – порядка 20.

Сервис доступен в реальном режиме времени [20], пользовательский интерфейс приведен на рис. 4.

Сервис на текущем этапе развития используется для оценки площади водной поверхности в районе рек Тиса (Украина) и Хуайхе (Китай). Задача оценки производительности возникает при дополнении новыми наблюдаемыми территориями. Какие компоненты системы следует обновить для обеспечения заданного уровня производительности (времени реакции, пропускной способности при известном числе одновременных сессий)? Стоимость модернизации должна быть минимальной для заданного уровня производительности.

Сервис оценки биоразнообразия

Сервис оценки биоразнообразия [23] создан Институтом космических исследований НАН и НКА Украины совместно с Центром аэрокосмических исследований Земли (ЦАКИЗ).

Особенность реализации распределенной системы визуализации – поддержка предоставления данных для сервисов более высокого уровня. Реализованы интерфейсы на основе стандартов *OGC WMS* [24] и *WCS* [25].

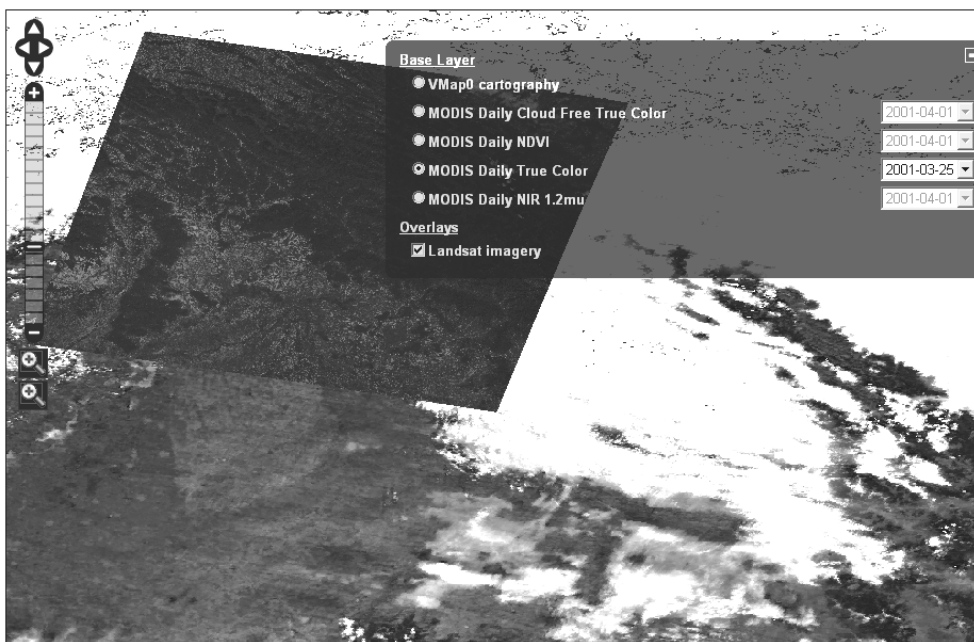


Рис. 4. Сервис мониторинга затоплений

Для системы визуализации сервиса оценки биоразнообразия используется два сервера на базе *Intel Pentium4* 2,4 ГГц, 1 Гб RAM и *HP DL385* (2×2 *AMD Opteron* 2218, 8 Гб RAM). Сервис предоставляет оценку индекса биоразнообразия в Причерноморском регионе с пространственным разрешением один км и временным – четыре месяца.

Сервис доступен в Интернет [20], типичный вид интерфейса пользователя приведен на рис. 5.

В процессе эксплуатации сервиса вопрос оценки производительности возникает при изменении числа пользователей. Как изменится производительность (время реакции, пропускная способность) системы при увеличении числа одновременных сеансов? Характеристики сеансов заранее неизвестны.

Постановка задачи оценки производительности систем визуализации

Основными характеристиками (метриками, параметрами) производительности являются:

- ▶ время отклика (*response time*),
- ▶ пропускная способность (*throughput*),
- ▶ готовность (*availability*),
- ▶ стоимость (*cost*).

Время отклика – характеристика производительности системы с точки зрения пользователя. Введем обозначения: t_0 – время начала работы с системой, t_1 – время начала передачи запроса пользователя, t_2 – время начала передачи ответа системы, t_3 – время окончания передачи ответа системы. Время $t_2 - t_1$ называется временем реакции системы, $t_3 - t_1$ – временем отклика.

Пропускная способность системы измеряется в единицах работы за единицу времени. Например:

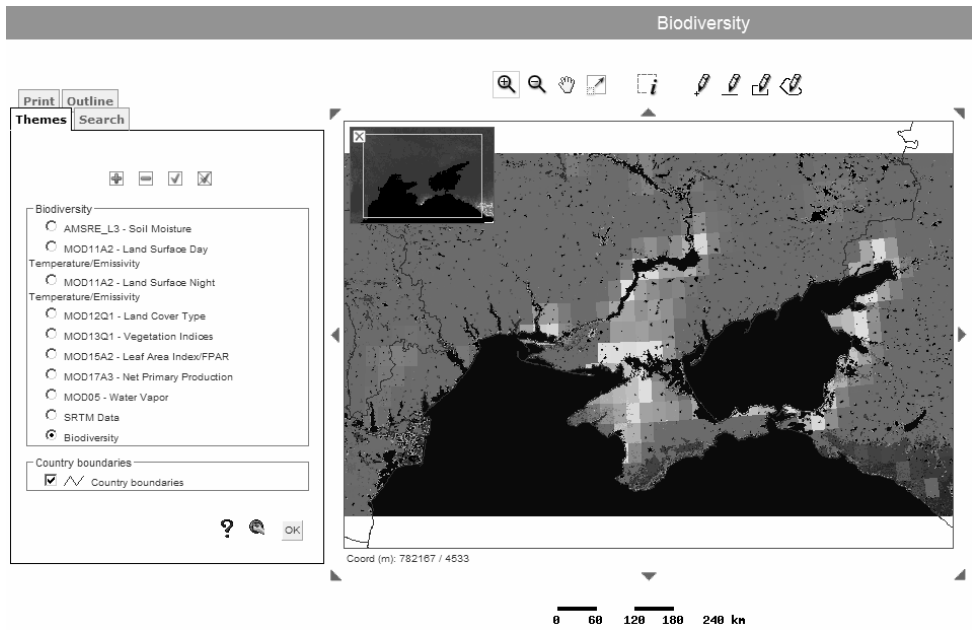


Рис. 5. Сервис оценки биоразнообразия

- количество операций ввода/вывода в секунду (*IOs/sec*);
- количество задач в секунду (*jobs/sec*);
- количество транзакций в секунду (*tps*).

Готовность системы определяется как промежуток времени, в течение которого система пребывает в работоспособном состоянии (доступна для пользователя).

Стоимость определяется для параметров производительности в форме соотношения «цена/производительность».

Наиболее значимые практические характеристики производительности – время реакции и пропускная способность системы. Готовность и стоимость систем определяется качеством технических решений, принятых для обеспечения основных параметров производительности системы. Методы обеспечения готовности системы составляют отдельную область исследований.

Сформулируем основные предусловия исследований производительности систем визуализации:

- определение инфраструктуры, обеспечивающей заданное качество обслуживания;
- выбор оптимальной конфигурации среди предложенных;
- оценка интенсивности нагрузки;
- выявление узких мест системы;

- прогнозирование уменьшения производительности;
- определение наиболее рентабельного способа наращивания системы по отношению затраты/производительность;
- определение верхней/нижней границы метрики производительности;
- оценка доверительного интервала, в котором определены характеристики производительности.

Кроме того, необходимо определить задачи оценки производительности систем визуализации:

- на этапе проектирования – параметры производительности в зависимости от количества и типов обрабатываемых одновременно запросов в системе;
- на этапе модификации – компоненты системы, замена которых приведет к наибольшему изменению параметров производительности (устранение узких мест);
- оценить параметры производительности системы визуализации при нагрузках, превышающие расчетные.

Решение: подход к моделированию и модель производительности распределенной системы визуализации

Задачи оценки производительности, определенные ранее, сводятся к созданию модели производительности распределенной системы визуализации. При полном отсутствии публикаций работ по моделированию производительности распределенных систем визуализации предлагается модель, разработанная в Институте космических исследований НАН и НКА Украины, суть которой заключается в построении сети массового обслуживания на основе представления компонентов визуализации как систем массового обслуживания с последующим применением методов операционного анализа для получения оценок граничных значений времени отклика и пропускной способности всей системы на основе экспериментальных усредненных характеристик представляемых компонент.

Рассмотрим систему из $k = \overline{1, n}$ ресурсов. Каждый ресурс характеризуется следующими параметрами:

- X_k – средняя пропускная способность (производительность) k ;
- S_k – среднее время обработки запросов на ресурсе k за одно посещение;
- V_k – среднее число посещений ресурса k ;
- D_k – среднее время обработки запроса ресурсом k ;
- U_k – коэффициент использования ресурса k ;
- R_k – среднее время отклика на запрос ресурса k ;
- N – среднее число запросов в сети массового обслуживания;
- λ – средняя частота поступления запросов к ресурсу сети массового обслуживания;
- Z – среднее время ожидания пользователя перед отправкой запроса.

В дальнейших выкладках слово «среднее» будет пропущено. Рассмотрим системы визуализации двух типов: допускающих неограниченное число запросов (открытые системы) и системы с ограниченным числом запросов (закрытые). В случае когда система открыта (число запросов не ограничено) в состоянии равновесия ($\lambda = X$), имеет место зависимость:

$U_k = X_k \times S_k$, $X_k = \lambda \times V_k \Rightarrow U_k = \lambda \times D_k \leq 1$ для всех k . Поэтому

$$U_{\max} = \lambda \times D_{\max} \leq 1,$$

где D_{\max} – необходимость обслуживания на ресурсе с максимальным временем обслуживания. Введем параметр частоты насыщения запросов: $\lambda_{sat} = \frac{1}{D_{\max}}$.

Найдем время отклика для открытой системы. Предположим, что задержки при поступлении запросов отсутствуют:

$$D = \sum_k D_k \Rightarrow R = D;$$

при условии, что n запросов поступают одновременно каждые n/λ единиц времени.

В случае закрытых систем (количество запросов в системе ограничено) предельные значения

метрики производительности могут быть получены:

- для больших нагрузок:

$$U_k(N) = X(N) \times D_k \leq 1, \forall k \Rightarrow X(N) \leq \frac{1}{D_{\max}};$$

- для малых нагрузок: $X = \frac{1}{D + Z}$.

Найдем асимптоты пропускной способности в случае отсутствия задержек при поступлении заданий:

- для каждого запроса $X = \frac{1}{D + Z}$;

- для N запросов $X = \frac{N}{D + Z}$ (верхняя граница).

Предположим, что каждый запрос задерживается другими $N - 1$ запросами. Заметим, что:

- суммарное время пребывания запроса в системе $(N - 1)D + D = ND$;
- суммарное время между обработкой каждого запроса $ND + Z$;
- пропускная способность для запроса

$$\frac{1}{ND + Z};$$

- нижний предел пропускной способности $X(N) = \frac{N}{ND + Z}$.

Точку пересечения верхней и нижней асимптот принято называть точкой насыщения. После точки насыщения значение производительности остается постоянным и не зависит от числа запросов:

$$\frac{1}{D_{\max}} = \frac{N^*}{D + Z} \Rightarrow N^* = \frac{D + Z}{D_{\max}}.$$

В общем случае, не детализируя классы запросов, для пропускной способности X справедливо

$$\frac{N}{ND + Z} \leq X(N) \leq \min\left(\frac{1}{D_{\max}}, \frac{N}{D + Z}\right).$$

Для времени отклика R :

$$\max\left(D_{\max}, \frac{D + Z}{N}\right) \leq \frac{R(N) + Z}{N} \leq \frac{ND + Z}{N},$$

$$\max(ND_{\max} - Z, D) \leq R(N) \leq ND.$$

Таким образом, можно получить граничные оценки производительности системы визуализации.

Результаты экспериментов

Рассмотрим применение предлагаемого подхода на примере системы визуализации, реализованной Институтом космических исследований НАН и НКА Украины в сервисе оценки биоразнообразия. Компоненты системы визуализации могут быть представлены как системы массового обслуживания (рис. 6).

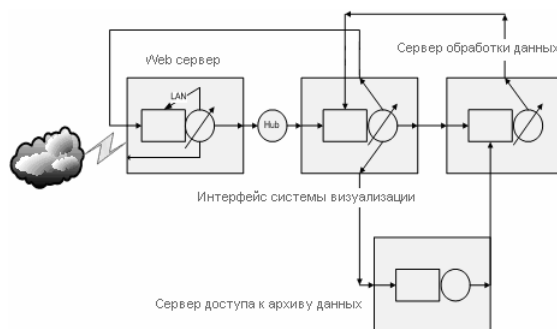


Рис. 6. Система визуализации как сеть массового обслуживания

В результате анализа сервиса мониторинга выделены такие компоненты:

- сервис обработки данных – ресурс, зависящий от нагрузки;
- сервис доступа к архиву данных – ресурс с задержками;
- система визуализации – ресурс, зависящий от нагрузки;
- Web-сервер – ресурс, зависящий от нагрузки.

Для рассматриваемой системы необходимость обслуживания для компонент инфраструктуры такова:

- сервис обработки данных, $D - 0,12$ с;
- сервис доступа к архиву данных, $A - 0,19$ с;
- система визуализации, $V - 0,5$ с;
- Web-сервер, $W - 0,15$ с.

Среднее время обдумывания пользователем при работе с системой (по результатам анализа журналов доступа Web-сервера) $Z = 15$ с. Общая необходимость обслуживания для системы:

$$D = \sum_k D_k = D_D + D_A + D_V + D_W =$$

$$= 0,19 + 0,12 + 0,5 + 0,15 = 0,96 \text{ с.}$$

Граничные значения метрик продуктивности для рассматриваемой системы при наличии одного класса запросов:

$$\frac{N}{0,96N + 15} \leq X(N) \leq \min\left(\frac{1}{0,5}, \frac{N}{15,96}\right),$$
$$\max(0,5N - 15; 0,96) \leq R(N) \leq 0,96N,$$

где $X(N)$ – пропускная способность системы, $R(N)$ – время отклика.

Для верификации результатов моделирования проведено экспериментальное исследование производительности разработанного сервиса.

При анализе журналов доступа выделено три класса запросов к системе визуализации:

- элементарные запросы – визуализация одного слоя данных без дополнительной обработки;

- простые запросы – использование функций навигации, увеличение/уменьшение результатов обработки одного слоя данных;

- сложные запросы – использование функций навигации, увеличение/уменьшение результатов обработки более одного слоя данных.

Оценка времени отклика и пропускной способности проведена в двух режимах:

- нормальный режим – имитация нормальной нагрузки, т.е. 10 одновременных сеансов с запросами каждого типа;

- режим повышенной нагрузки – имитация повышенной нагрузки, т.е. 30 одновременных сеансов с запросами каждого типа.

В экспериментах при помощи ПО *JMeter* [26] на протяжении 100 с имитировалась работа пользователей в режимах нормальной и повышенной нагрузки. Для каждого запроса пользователя оценивались время реакции системы и пропускная способность. Подсчитывалось общее число запросов N_0 , для которых время реакции и пропускная способность лежат в границах, полученных на основе модельных данных. Точностью для данной модели и серии экспериментов является

$$a = \frac{N_0}{N} \cdot 100\%,$$

где N – общее число запросов в системе.

Средняя точность для серии экспериментов 80%. Полученная точность – высока в сравнении с результатами исследований методами, применяемыми для оценки производительности *Web*-систем [27].

Заключение. На примере сервисов мониторинга экологических параметров рассмотрены подходы к реализации систем визуализации. Описан класс распределенных систем визуализации, являющихся развитием систем визуализации для распределенных систем предоставления данных. Рассмотрены предпосылки возникновения задач оценки производительности распределенных систем визуализации. Предложена модель оценки граничных значений параметров производительности рассматриваемых систем визуализации с точностью более 80%, что для методов, применяемых для оценки производительности *Web*-систем, является хорошей.

Дальнейшее направление исследований связано с созданием более адекватных моделей нагрузки, в первую очередь выделение классов запросов в моделируемой системе. Использование модели нагрузки позволит повысить точность и оценить область адекватности модели производительности. Перспективными в данном направлении представляются интеллектуальные методы, в частности на основе нейронных сетей.

1. *GEOSS 10-Year Implementation Plan: Reference Document* // ESA Publ. Division. – 2005. – 209 p.
2. *Grave M. PAGEIN Final Report.* – <http://visu-www.onera.fr/pagein/>
3. *Wood J., Brodli K., Wright H.* Visualization over the World Wide Web and its Application to Environmental Data // Proc. of IEEE Visualization 1996 Conference. – ACM Press. – P. 81–86.
4. *Brodli K., Wood J., Yeo A.* Web-based Visualization: A Client Side Approach // IEEE Workshop on Distributed Visual. Systems. – New York. – 16–18 Octob. 1998. – С. 1–3.
5. *Brodli K., Lovegrove S., Wood J.* Harnessing the Web for Scientific Visualization, Comp. Graphics // Computer Graphics. – ACM SIGGRAPH. – 2000. – 34. – P. 10–12.
6. *Design of a next-generation regional weather research and forecast model / J. Michalakes, J. Dudhia, D. Gill et al.* // Towards Teracomputing. – New Jersey: River Edge, World Scientific. – 1998. – P. 117–124.
7. *Skamarock W.C.* A Description of the Advanced Research WRF Version 2. – Boulder, Colorado, USA: NCEP. – 2005. – 100 p.
8. *Grid-технология реализации украинского сегмента GEOSS / А.Ю. Шелестов, А.Н. Кравченко, М.Б. Корбаков и др.* // Зв'язок (додаток). – 2006. – С. 106–125.
9. *Shelestov A., Kravchenko O., Korbakov M.* Services for Satellite Data Processing // Information Theories and Applications. – 2006. – N 12. – 3. – P. 272–276.

Окончание на стр. 33

10. *Интеграция* региональных систем спутникового мониторинга на основе стандартных картографических интерфейсов / Е.А. Лупян, В.П. Саворский, А.Н. Прошин и др. // Пятая Юбилейная Открытая Всерос. конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Москва 12–16 ноября 2007 года. – М: ИКИ РАН, 2007. – С. 1–4.
11. *GEON: Assembling Maps on Demand From Heterogeneous Grid Sources* / I. Zaslavsky, A. Memon // ESRI User Conf. – San Diego, Calif. – 2004. – P. 7–13.
12. *Lin K., Ludäscher B.* A System for Semantic Integration of Geologic Maps via Ontologies // Ibid. – P. 1–10.
13. *Mapping on the Grid: From Spatial Web Services to Mobile Clients* / I. Zaslavsky, A. Memon, P. Velikhov et. al. // ICA UpiMap 2004. – Tokyo, Japan. – 2004. – P. 1–10.
14. *Шелестов А.Ю., Корбаков М.Б., Лобунець А.Г.* Реализация Grid-инфраструктуры для розв'язання задач обробки спутникових даних // Проблеми програмування. – 2006. – № 2–3. – С. 94–101.
15. *Shelestov A., Kravchenko O., Ilin M* Distributed visualization systems in remote sensing data processing GRID // Information Technologies and Knowledge. – 2008. – 2.
16. *Online Querying of Heterogeneous Distributed Spatial Data on a Grid* / I. Zaslavsky, A. Memon, M. Petropoulos et. al. // Proc. of the 3rd Intern. Symp. On Digital Earth. 21–25 Sept. 2003. – P. 813–823.
17. *Шелестов А.Ю., Куссуль Н.Н., Скакун С.В.* Grid-технологии в системах мониторинга на основе спутниковых данных // Проблеми управління и інформатики. – 2006. – № 1–2. – С. 259–270.
18. *Модель GFS.* – <http://www.emc.ncep.noaa.gov/modelinfo/index.html>
19. *WRFSI.* – <http://wrfsi.noaa.gov/>
20. *Сервисы* экологического мониторинга ИКИ НАНУ и НККУ. – <http://inform.ikd.kiev.ua/index.php?path=/ua/services>
21. *Нейросетевой* метод мониторинга затопленных территорий с использованием радиолокационных спутниковых данных / Н.Н. Куссуль, Е.А. Лупян, А.Ю. Шелестов и др. // Исследование Земли из космоса. – 2008. – № 4. – С. 29–36.
22. *Определение* затопленных территорий на основе интеграции разнородных данных / Н.Н. Куссуль, Е.А. Лупян, А.Ю. Шелестов и др. // Проблеми управління и інформатики. – 2007. – № 6. – С. 117–126.
23. *Інформаційний* сервіс оцінювання видового різноманіття рослинного і тваринного світу причорноморського регіону України в контексті розвитку українського сегмента системи GEOSS / Н.Н. Куссуль, М.О. Попов, А.Ю. Шелестов та ін. // Наука та інновації. – 2007. – № 6. – С. 13–25.
24. *OpenGIS Web Map Service Implementation Specification.* – <http://www.opengeospatial.org/standards/wms>
25. *OpenGIS Web Coverage Service Implementation Specification.* – <http://www.opengeospatial.org/standards/wcs>
26. *Apache Jmeter.* – <http://jakarta.apache.org/jmeter/>
27. *Менаске Д., Алмейдо В.* Производительность Web-служб // Анализ, оценка и планирование. – М.: ДиаСофт, 2003. – 480 с.

Поступила 12.12.2008

Тел. для справок: (044) 526-2553 (Киев)

© Н.И. Ильин, 2009