



ФГБОУ ВПО «Марийский
государственный университет»

Разработка и построение распределенной вычислительной сети MarGrid на базе компьютеров республики Марий Эл



Авторы: Е.Н. Потехин, В.А. Безродный, А.Н. Леухин



Цель НИР

- Решение задачи, требующей высоких вычислительных ресурсов, которая может быть распараллелена на N независимых потоков
- Поиск полного множества бинарных последовательностей, оптимальных по минимаксному критерию импульсной автокорреляционной функции





Задача дискретной
оптимизации: выбор
 N - длина

V – число последовательностей

- 00000000....0000
- 00000000....0001
- 00000000....0010
- 00000000....0011
- 00000000....0100
- 00000000....0101
-
- 11111111....1100
- 11111111....1101
- 11111111....1110
- 11111111....1111

$$V = 2^N$$

N	V
10	1 024
20	1 048 576
30	1 024
40	$\sim 1.100 \cdot 10^9$
50	$\sim 1.126 \cdot 10^{15}$
60	$\sim 1.153 \cdot 10^{18}$
70	$\sim 1.181 \cdot 10^{21}$
80	$\sim 1.210 \cdot 10^{24}$
90	$\sim 1.238 \cdot 10^{27}$
100	$\sim 1.268 \cdot 10^{30}$
200	$\sim 1.607 \cdot 10^{60}$
1000	$\sim 1.072 \cdot 10^{301}$

- 10^{27} атомов
в человеке
- 10^{67} атомов
во Вселенной
- 10^{80}
элементарных
частиц во
Вселенной
- 10^{17} секунд
возраст
Вселенной

1 год $\sim 3.154 \cdot 10^7$ секунд 1 эксафлопс $\sim 10^{18}$ операций/с

Производительность = $3.154 \cdot 10^{25}$ операций/год



Периодическая автокорреляционная функция (ПАКФ) бинарной последовательности

0101101100100101 - последовательность

$N = 16$ бит - длина последовательности

SL – боковой лепесток

сдвиг = 1,2,3,... $N-1$

$SL(\text{сдвиг}) = N - 2 * \text{Вес}$

сдвиг = 1

0101101100100101	→	0101101100100101	→	0101101100100101
0101101100100101		1010110110010010		1010110110010010

$SL(1) = 16 - 24 = -8$	Вес(1111011010110111) = 12	←	1111011010110111
------------------------	----------------------------	---	------------------

сдвиг = 2

0101101100100101	→	0101101100100101	→	0101101100100101
0101101100100101		0101011011001001		0101011011001001

$SL(2) = 16 - 16 = 0$	Вес(0000110111101100) = 8	←	0000110111101100
-----------------------	---------------------------	---	------------------

$ПАКФ = \{N, SL(1), SL(2), \dots, SL(N-1)\}$

$ПАКФ = \{16, -8, 0, 4, 0, -4, 0, 4, -8, 4, 0, -4, 0, 4, 0, -8\}$



Апериодическая автокорреляционная функция (ААКФ) бинарной последовательности

0101101100100101 - последовательность

$N = 16$ бит - длина последовательности SL – боковой лепесток

сдвиг = $1, 2, 3, \dots, N-1$ $SL(\text{сдвиг}) = N - \text{сдвиг} - 2 * \text{Вес}$

сдвиг = **1**

0101101100100101	→	0101101100100101	→	101101100100101	
0101101100100101		010110110010010		010110110010010	
				←	111011010110111

$SL(1) = 15 - 22 = -7$ $\text{Вес}(111011010110111) = 11$

сдвиг = **2**

0101101100100101	→	0101101100100101	→	01101100100101	
0101101100100101		01011011001001		01011011001001	
				←	00110111101100

$SL(2) = 14 - 16 = -2$ $\text{Вес}(00110111101100) = 8$

$ААКФ = \{N, SL(1), SL(2), \dots, SL(N-1)\}$

$ААКФ = \{16, -7, -2, 7, -4, -3, 2, -1, -4, 5, -2, -1, 4, -3, 2, -1\}$



Взаимно-корреляционная функция (ВКФ) бинарных последовательностей

первая **0101101100100101** - последовательность

вторая **1100110001101001** - последовательность

$N = 16$ бит

сдвиг = 0, 1, 2, 3, ..., $N-1$

$SL(\text{сдвиг}) = N - 2 * \text{Вес}$

сдвиг = 0

сдвиг = 1

сдвиг = 2

0101101100100101
1100110001101001



0101101100100101
1110011000110100



0101101100100101
0111001100011010

1001011101001100

1011110100010001

0010100000111111

Вес = 8

Вес = 8

Вес = 8

$SL(0) = 16 - 16 = 0$

$SL(1) = 16 - 16 = 0$

$SL(2) = 16 - 16 = 0$

Объем ансамбля V – количество последовательностей в ансамбле

$ВКФ = \{SL(0), SL(1), SL(2), \dots, SL(N-1)\}$

$ВКФ = \{0, 0, 0, 4, -4, 4, 0, 0, 0, -4, 4, 0, -4, 0, 4, -4\}$



Требования к последовательностям

низкий уровень боковых лепестков ПАКФ, ААКФ и ВКФ

Идеальная: $\text{ПАКФ} = \{N, 0, 0, 0, 0, 0, \dots, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0\}$

Идеальная: $\text{ВКФ} = \{ \sqrt{N}, \sqrt{N}, \sqrt{N}, \sqrt{N}, \dots, \sqrt{N}, \sqrt{N}, \sqrt{N}, \sqrt{N}, \sqrt{N} \}$

с объемом ансамбля $V=N$

Области применения:

- системы связи: основы CDMA-стандартов: IS-95, CDMA2000, WCDMA, UMTS; помехоустойчивые коды: RS, BCH, Viterbi и т.д.
- радионавигационные системы: GPS, ГЛОНАСС, Galileo
- криптография: ключи в симметричных системах шифрования, псевдослучайные последовательности, цифровые «водяные» знаки
- системы синхронизации

Идеальная: $\text{ААКФ} = \{N, <1, <1, <1, <1, \dots, <1, <1, <1, <1, <1, 1\}$

Области применения:

- радиолокационные системы, сонары:
модулирующие последовательности зондирующих сигналов



Курт Гедель , институт перспективных исследований США

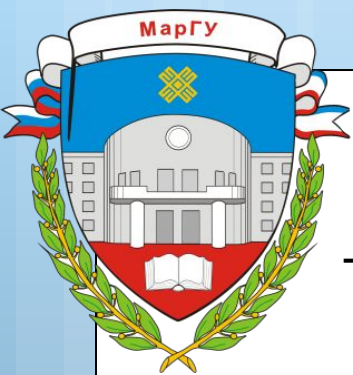
Автор 2-х теорем Гёделя о неполноте: две теоремы **математической логики** о принципиальных ограничениях **формальной арифметики** и, как следствие, всякой **формальной системы**, в которой можно определить основные арифметические понятия: **натуральные числа**, **0**, **1**, **сложение** и **умножение**

Первая теорема: если формальная арифметика непротиворечива, то в ней **существует невыводимая** и неопровержимая **формула**.

Вторая теорема: если формальная арифметика непротиворечива, то в ней **невыводима некоторая формула**, содержательно утверждающая непротиворечивость этой арифметики.

Эти теоремы были доказаны **Куртом Гёделем** в 1930 году (опубликованы в 1931).

Награжден национальной медалью науки **США**, **1974**



Результаты поиска оптимальных минимаксных бинарных последовательностей

- PSL=1 - Barker codes

R.H. Barker. Group synchronizing of binary digital systems, Communication Theory (W. Jackson, ed.), Academic Press, New York, 1953, pp. 273–287

- PSL=2 for $N \leq 21$

Turyn R. Sequences with small correlation. Error correcting codes, New York, John Wiley and Sons, 1968.

- PSL=3 for $N \leq 48$

exhaustive search in a 50 day run

Lindner J. Binary sequences up to length 40 with best possible autocorrelation function// Electronics Letters, 16 October 1975, V. 11, № 21, p. 507.

Extended results to length 48 in a 16 day run

Cohen M.N., Baden J.M., Cohen P.E. Biphase codes with minimum peak sidelobes// Proceedings of the IEEE National Radar Conference, 1989, pp. 62–66.

Cohen M.N., Fox M.R., Baden J.M. Minimum peak sidelobes pulse compression codes// Proceedings of the IEEE International Radar Conference. – Arlington, VA, May 1990, pp. 633–638.



Результаты поиска

оптимальных минимаксных бинарных последовательностей

- PSL=4 $N \leq 82$

PSL=3 for N=51, PSL=4 for N=69, PSL=5 for N=88

Kerdock A.M., R. Mayer, D. Bass. Longest binary pulse compression codes with given peak sidelobe levels// Proceedings of the IEEE, February 1986, vol. 74, no.2, p.366.

PSL=4 for N=[49,61]

Elders-Boll H., Schotten H., Busboom A. A comparative study of optimization methods for the synthesis of binary sequences with good correlation properties// In 5th IEEE Symposium on Communication and Vehicular Technology in the Benelux/ IEEE, 1997, pp. 24–31.

PSL=4 for N=[49,69]

Coxson G.E., Hirschel A., Cohen M.N. New results on minimum-PSL binary codes// Proceedings of the 2001 IEEE Radar Conference. – Atlanta, GA, May 2001, pp. 153–156.

PSL=4 for N=[61,70] **and exhaustive search for N=64 – optimal PSL**

Coxson G.E., Russo J. Efficient exhaustive search for optimal-peak-sidelobe binary codes// IEEE Trans. Aerospace and Electron. Systems, 2005, V. 41, pp. 302–308.

PSL=4 for N=[71,82]

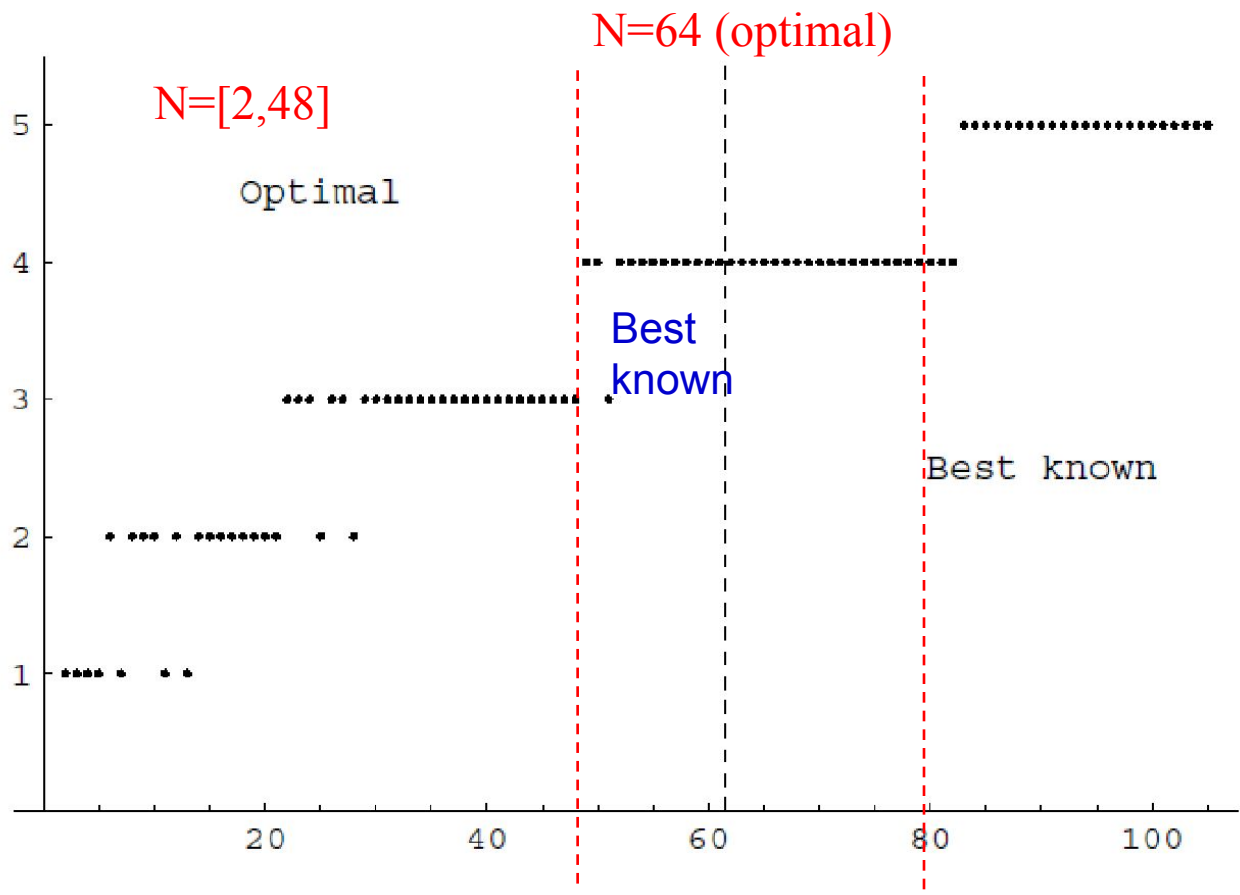
C.J.Nunn, G.E.Coxson. Best-Known Autocorrelation Peak Side Levels for Binary Codes of Length 71 to 105// IEEE Trans. On Aerospace and Electronic Systems, Vol.44, No.1, 2008, pp.392-395.



Результаты поиска оптимальных минимаксных бинарных последовательностей

PSL=5 for N=[83,105]

C.J.Nunn, G.E.Coxson. Best-Known Autocorrelation Peak Side Levels for Binary Codes of Length 71 to 105// IEEE Trans. On Aerospace and Electronic Systems, Vol.44, No.1, 2008, pp.392-395.





Исчерпывающий поиск последовательностей

- 1975г. – Линдер – $N \leq 40$;
- 1990г. – Кохен - $N \leq 48$;
- 2005г. – Коксон и Руссо - $N = 64$;
- 2013г. – Леухин, Потехин - $N = [2, 74]$;
- 2014г. – Леухин, Потехин – $75 \leq N \leq 80$;

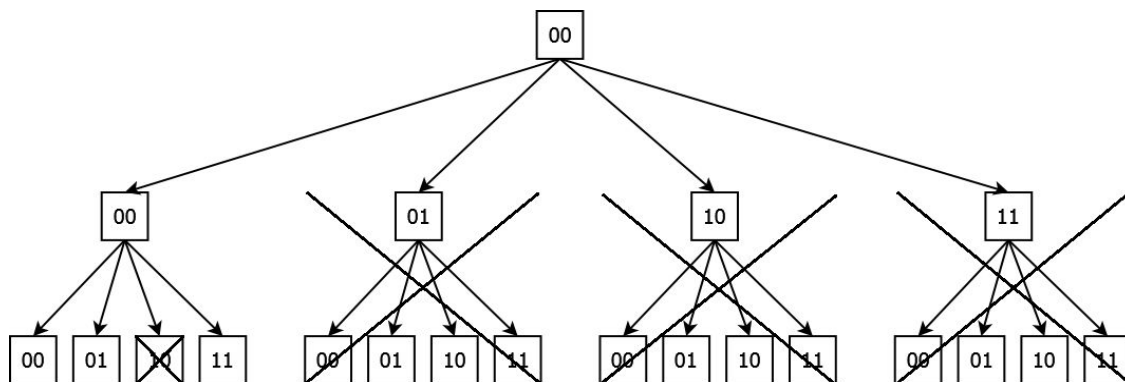
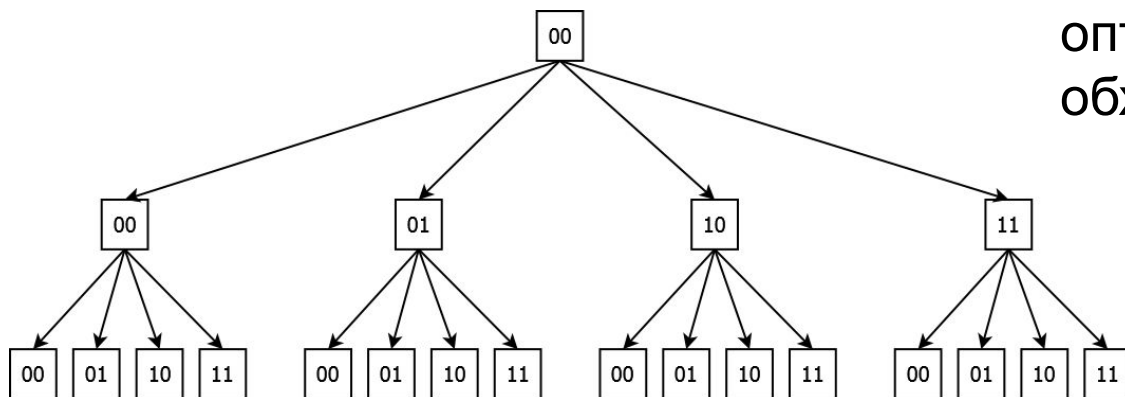
Алгоритм **branch and bound**

- Впервые был предложен А.Н. Ланд; А.Г. Доиг (1960)
- Для модификации была выбрана реализация G.E. Coxon; J. Russo (2005).



Алгоритм **branch and bound**

- Суть алгоритма:
оптимизированный
обход дерева в глубину

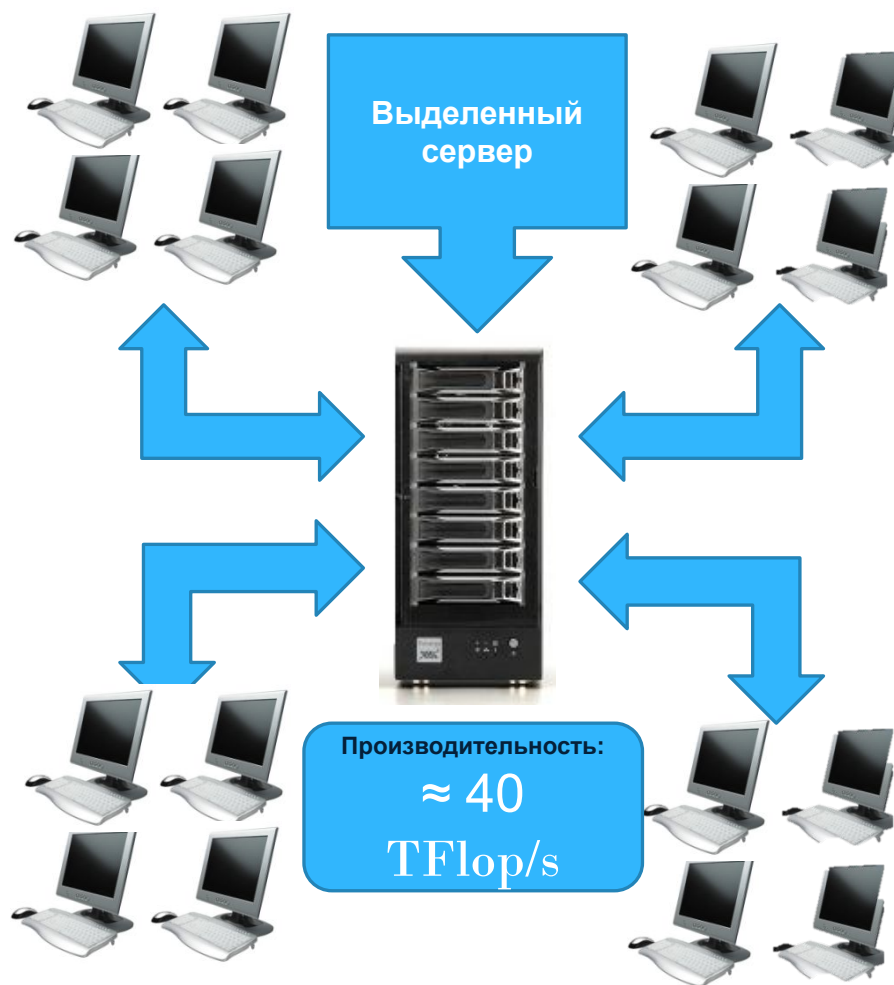


- Каждое поддерево можно обходить независимо от остальных – возможность параллельного решения задачи



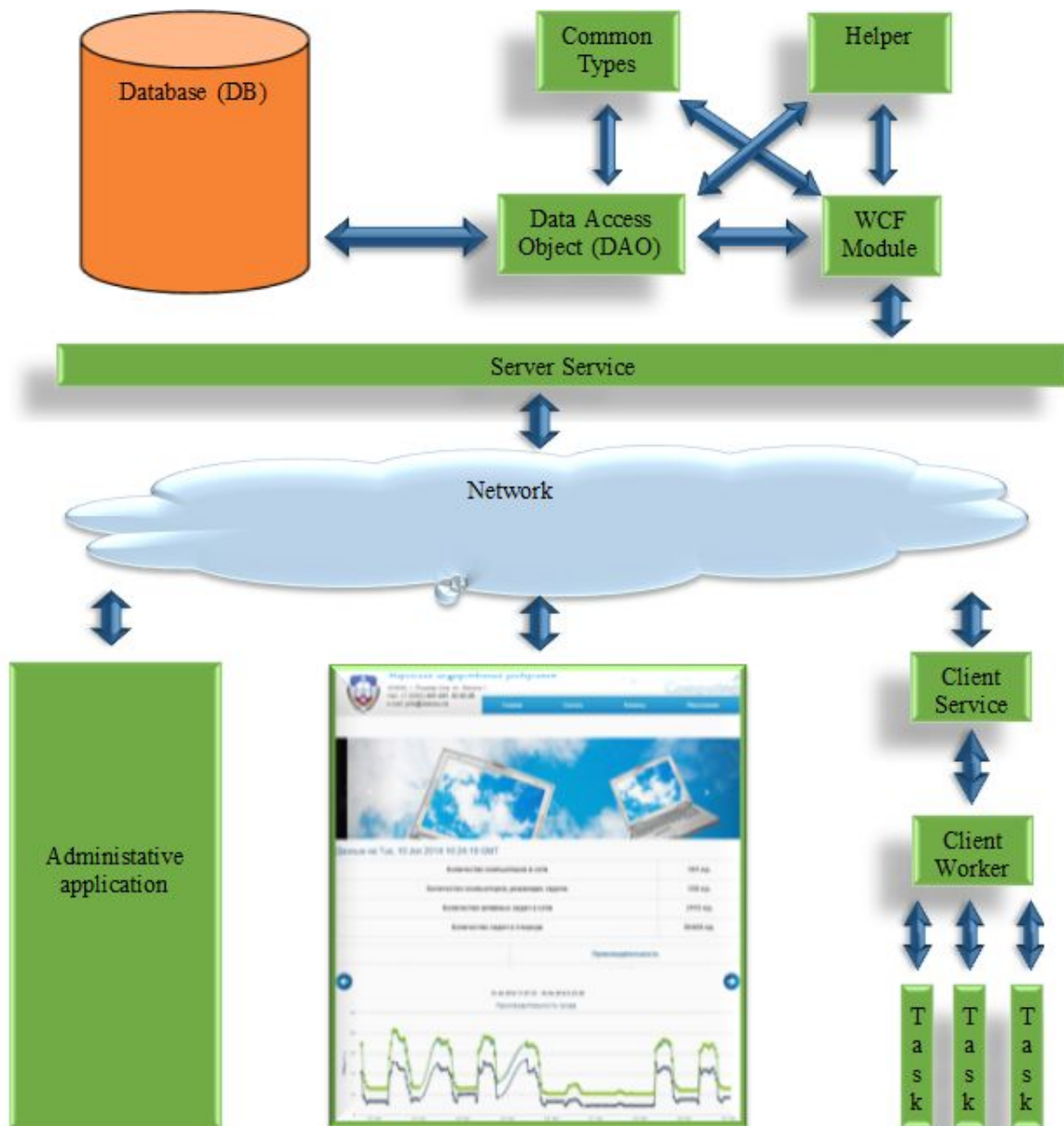
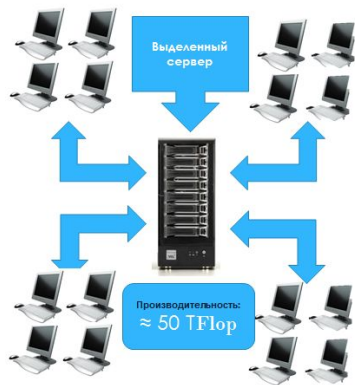
MarGRID

Объединяет более
600 компьютеров
для решения
поставленной
задачи





Клиент-серверная архитектура MarGrid





Язык разработки: C#

Windows Communication Foundation – фреймворк для
осуществления межпроцессорного взаимодействия

The screenshot displays a Windows desktop with several open applications:

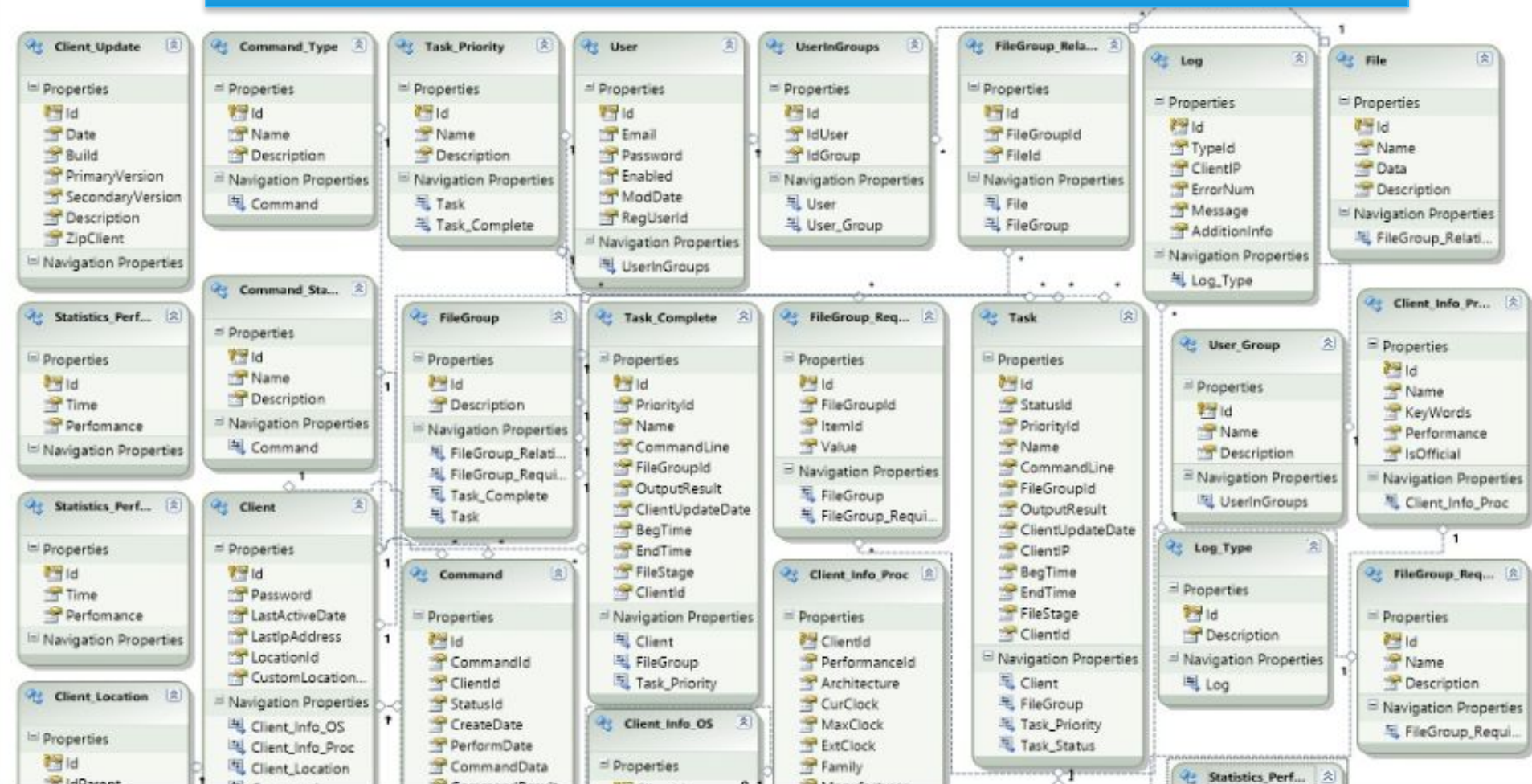
- Command Prompt:** Shows the execution of `C:\Grid\server\GridServer.exe`. The output lists multiple users (e.g., Пользователь) and their IDs, along with the tasks they have taken from the GridServer process.
- Task Manager (Диспетчер задач):** The 'Performance' tab is active, showing system metrics: CPU at 7% (2.00 GHz), Memory at 1.1/4.0 GB (28%), and Ethernet network activity. A graph shows network throughput over 60 seconds, with a peak of 54 Mbit/s and a current rate of 32 Mbit/s.
- SQL Server Enterprise Manager:** The 'Обозреватель объектов' (Object Explorer) shows a server instance with a database named 'grid'. The 'dbo' schema is expanded, showing various tables and views.
- Code Editor:** Displays a T-SQL script for a stored procedure named `[grid].[GetGridFullPerformance]`. The script includes comments, ANSI_NULLS and QUOTED_IDENTIFIER settings, and the beginning of the procedure definition with `AS BEGIN`.



Сервер: Windows Server 2012

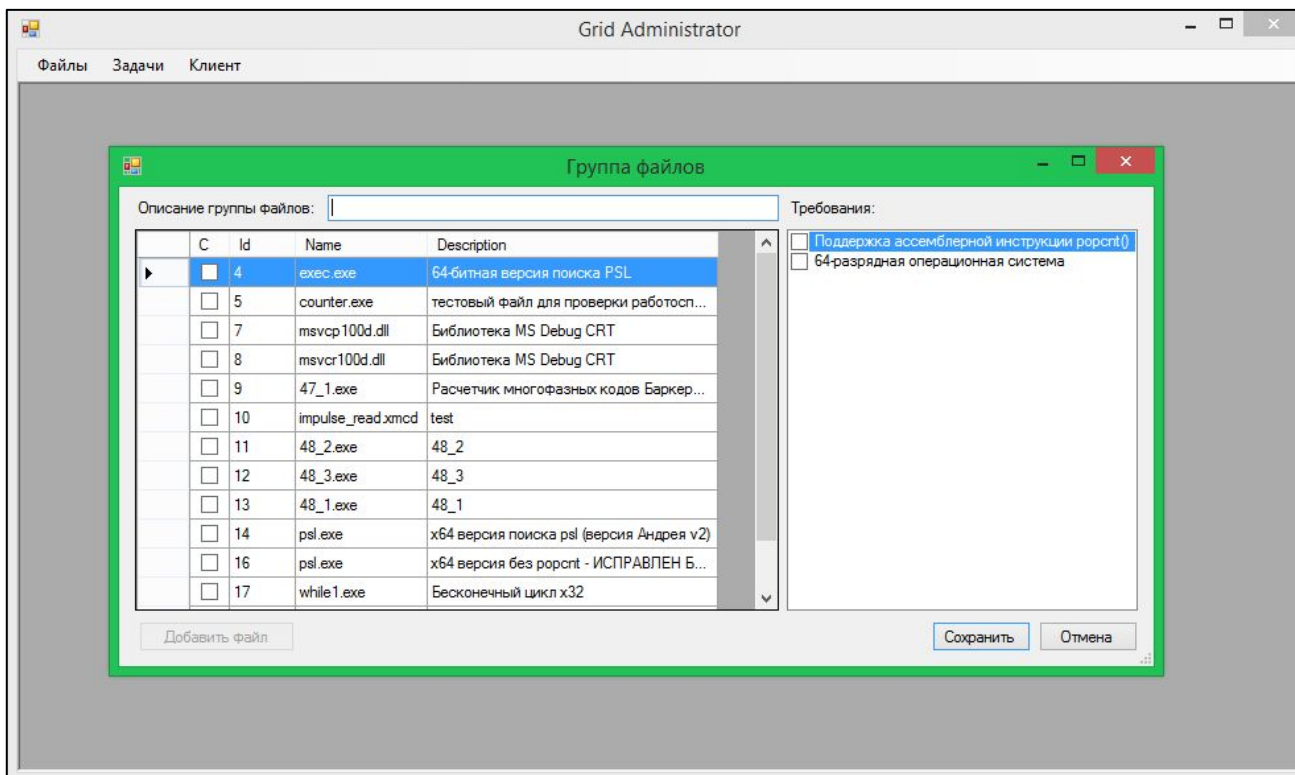
База данных: Microsoft SQL Server 2012

Способы администрирования и контроля: приложение на WinForms, сайт (MVC Framework) на IIS сервере







Средство администрирования




- Добавление новых задач
- Сбор результатов
- Загрузка исполняемых файлов задач
- Загрузка новых версий клиентов



Главная страница

  Войти

 **Марийский государственный университет**
424000, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина 1
тел: +7 (8362) 641-541, 42-65-88
e-mail: prk@marsu.ru

High Performance
Computing

MarGrid

[Главная](#)

[Статистика](#)

[Инструкции](#)

[Обучение](#)

[Скачать](#)



Данные на 28.06.2014 18:15:18

Количество компьютеров в сети	265 ед.
Количество компьютеров, решающих задачи	264 ед.
Количество активных задач в сети	1103 ед.
Количество задач в очереди	386300 ед.



Статистика

	Quadro K6000	Quadro K5000
# CUDA Cores	2880	1536
Single Precision	5.2 TFLOPs	2.2 TFLOPs

Технические характеристики клиентов

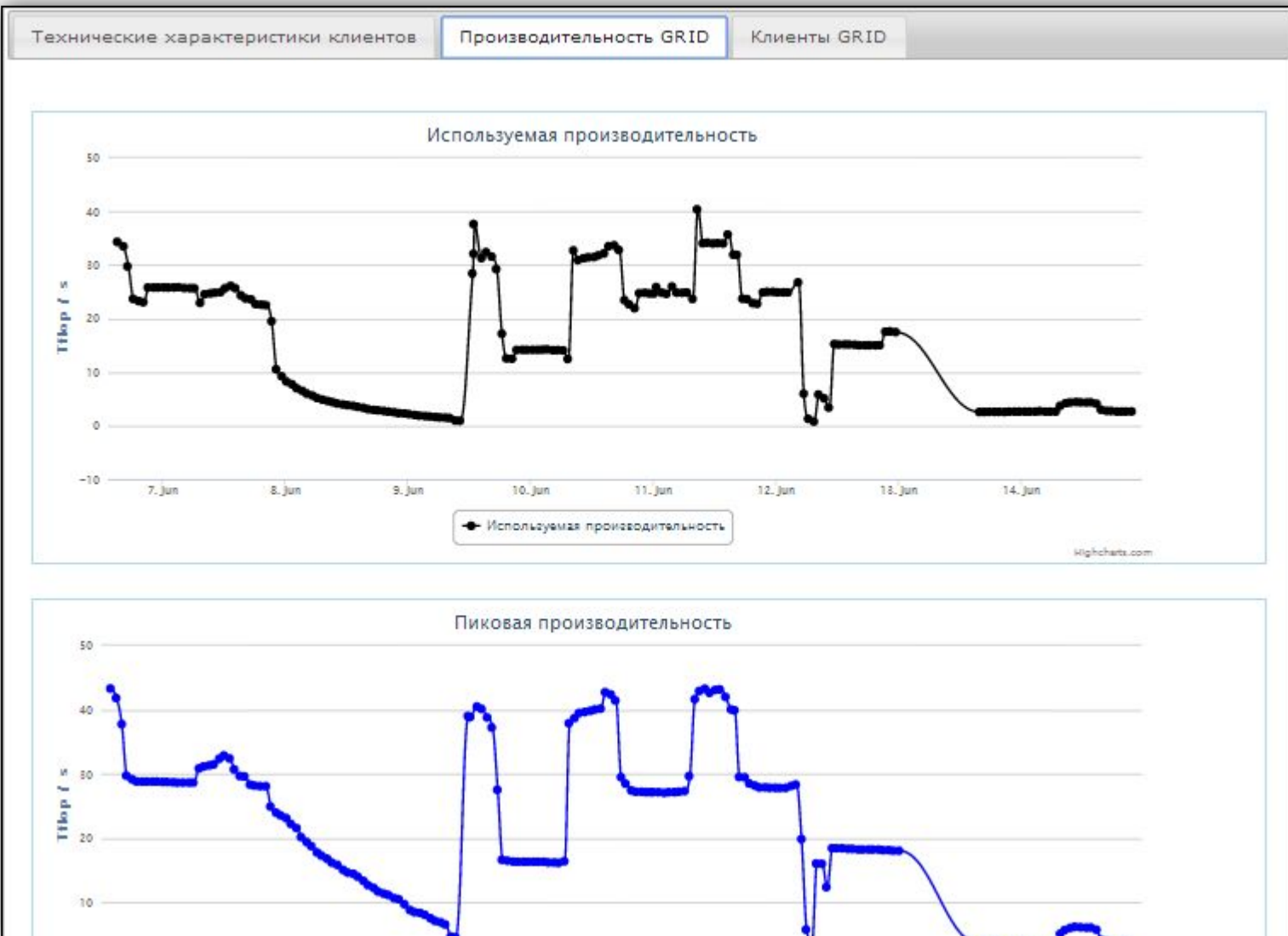
Производительность GRID

Клиенты GRID

Процессор	Производительность (GFlops)	Количество
Intel Pentium III Xeon	1,47	20
AMD Athlon(tm) II X2 220 Processor	8,4	0
AMD Athlon X2 Dual Core 4200+	8,8	1
Процессор Intel Pentium III Xeon	10,4	0
Intel Pentium D 3.00 GHz	12	46
AMD Phenom(tm) II X4 955 Processor	12,8	0
Intel Xeon 3040	14,928	0
Intel Core 2 Duo T5870	16	1
Intel Core 2 Duo E4400	16	4
Intel Core 2 Duo E4500	17,6	22
Intel Core 2 Duo E4600	19,2	39
Pentium(R) Dual-Core CPU E5300 @ 2.60GHz	20,8	0
Intel Pentium dual-Core E5300	20,8	83
Intel Pentium E5400	21,6	3



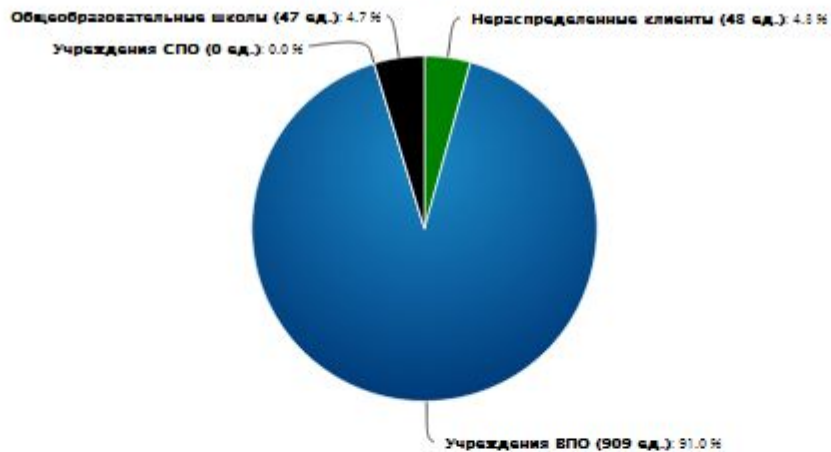
Статистика: производительность





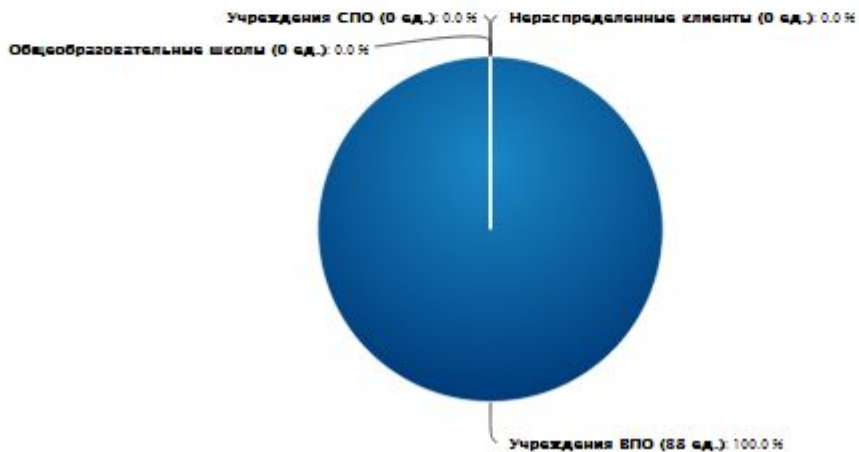
Статистика: клиенты MarGRID

Подгруппы всех пользователей



highcharts.com

Подгруппы пользователей в сети



highcharts.com



Требования к системе



Минимальные системные требования для установки MarGrid:

- Операционная система: Microsoft Windows XP и выше
- Количество ядер процессора: не менее двух
- Размер оперативной памяти: 512 МБ

Версия MarGrid для установки

- Дата: 01.06.2014
- Версия: MarGrid Client v.1.0.1
- Тип: zip-архив
- Размер: 47369 КБ
- [Скачать](#)

[Инструкция по установке](#)



Инструкция: требования к задачам



Требования к задачам, решаемых в системе MarGrid

Инструкция по установке

Для того, чтобы задача могла использовать ресурсы, предоставляемые системой MarGrid, она должна обладать следующими характеристиками:

- Задача должна представлять собой исполняемый файл (с расширением `.exe` или `.com`), являющийся однопоточным приложением, а также необходимое количество сопроводительных файлов (библиотек, файлов конфигурации и др.).
- Если требуется передача в исполняемый файл параметров, то они должны передаваться как параметры командной строки.
- Исполняемый файл задачи никоим образом не должен взаимодействовать с действиями пользователя.
- Вывод найденной информации должен осуществляться в стандартный поток вывода.
- Для осуществления сохранения вычислительного состояния задачи необходимо предусмотреть возможность сохранения вычислительного состояния задачи. Это могут быть какие-либо промежуточные переменные, значения счетчиков и т.д.. Такие данные должны сохраняться программой-задачей в файл `"stage.stg"`, располагающийся в той же директории, что и программа-задача. При первом запуске программы-задачи она должна определять наличие файла стадий в идентичной директории на диске и, в случае его нахождения, загружать из него необходимые переменные для возобновления стадии расчета. Если же файла не существует, то начать поиск сначала.
- В случае успешного завершения задачи, она должна возвращать код завершения 0. В противном случае будет считаться, что произошел сбой задачи.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

Контактная информация:

Адрес: г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, 1, каб. 307

Тел.: (8362) 42-65-98

E-mail: nauka@marsu.ru

leukhinan@list.ru

potehinen@gmail.com

vova.bezrodny@gmail.com