

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

(национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н. Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ	«Информатика и системы управления»
КАФЕЛРА «	Программное обеспечение ЭВМ и информационные технологии»

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

HA TEMY:

«Разработка сервера для отдачи статического содержимого с диска»

Студент	<u>ИУ7-71Б</u> (Группа)	(Подпись, дата)	Постнов С. А. (Фамилия И. О.)
Руководитель курсовой работы		(Подпись, дата)	Клочков М. Н. (Фамилия И. О.)

РЕФЕРАТ

Расчетно-пояснительная записка 20 с., 9 рис., 1 табл., 5 источн., 1 прил. BEБ-СЕРВЕР, THREAD-POOL, PSELECT, NGINX, C.

Цель работы — разработка сервера для отдачи статического содержимого с диска. Архитектура сервера должна быть основана на пуле потоков (thread-pool) совместно с pselect().

В результате работы был проведен анализ предметной области, спроектирована схема алгоритма работы веб-сервера. Разработан статический веб-сервер, поддерживающий обработку запросов на получение различных типов файлов. Проведено сравнение реализованного веб-сервера с существующими аналогами.

СОДЕРЖАНИЕ

BBI	ВВЕДЕНИЕ 5			
1	Аналитический раздел	6		
1.1	Apхитектура thread-pool	6		
1.2	Системный вызов pselect	7		
2	Конструкторский раздел	9		
2.1	Схема алгоритма работы сервера	9		
3	Технологический раздел	10		
3.1	Требования к разрабатываемой программе	10		
3.2	Реализация веб-сервера	11		
3.3	Примеры работы программы	13		
4	Исследовательский раздел	16		
4.1	Технические характеристики и описание исследования	16		
4.2	Результаты исследования	17		
ЗАІ	КЛЮЧЕНИЕ	18		
ПРІ	иложение а	19		
СПІ	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ			

ВВЕДЕНИЕ

Статический веб-сервер — сервер, который обслуживает статические файлы по запросу клиента. Статические файлы — файлы, содержимое которых не изменяется динамически на стороне сервера. Статический сервер предназначен для чтения файлов из диска и отправления их клиенту, как правило, по протоколу HTTP.

Целью курсовой работы является разработка сервера для отдачи статического содержимого с диска. Архитектура сервера должна быть основана на пуле потоков (thread-pool) совместно с pselect().

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) описать предметную область;
- 2) спроектировать схему алгоритма работы сервера;
- 3) выбрать средства реализации сервера;
- 4) провести сравнение реализованного сервера с известными аналогами.

1 Аналитический раздел

1.1 Архитектура thread-pool

Архитектура пул потоков (thread-pool) — модель управления потоками выполнения (threads), которая предусматривает предварительное создание фиксированного или динамически изменяемого пула потоков, используемых для обработки задач из общей очереди. Такая архитектура обеспечивает эффективное распределение вычислительных ресурсов и уменьшение накладных расходов, связанных с созданием и уничтожением потоков. Она является одной из самых распространенных архитектур многопоточности Object Request Broker Architecture (CORBA), используемых в реализациях Object Request Broker (ORB), и была принята веб-серверами, такими как Microsoft Internet Information Server (IIS) [1].

Основными компонентами архитектуры thread-pool являются:

- 1) пул потоков (thread-pool);
- 2) очередь задач (task queue);
- 3) менеджер пула (pool manager);
- 4) задачи (tasks).

Архитектура пула потоков представлена на рисунке 1.1.

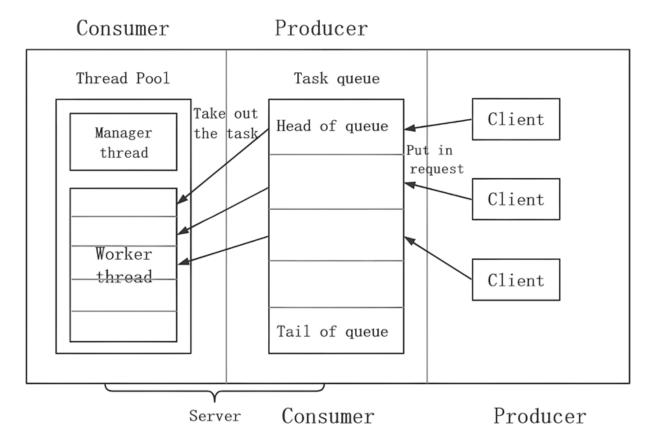


Рисунок 1.1 – Архитектура пула потоков

1.2 Системный вызов pselect

В Unix процесс выполняет ввод-вывод по одному файловому дескриптору за раз, поэтому происходит блокировка и снижение производительности программы. Чтобы избежать этой проблемы, необходимо использовать системный вызов pselect(), который позволяет программе отслеживать несколько файловых дескрипторов. Программа ожидает, пока один или несколько файловых дескрипторов не станут готовы к определённому классу операций ввода-вывода, не блокируя их и обеспечивая многопоточный синхронный ввод-вывод [2].

Модель неблокирующего синхронного ввода-вывода, в которой применяется pselect(), представлена на рисунке 1.2.



Рисунок 1.2 – Модель неблокирующего синхронного ввода-вывода

2 Конструкторский раздел

2.1 Схема алгоритма работы сервера

На рисунке 2.1 представлена схема алгоритма работы сервера.



Рисунок 2.1 – Схема алгоритма работы сервера

3 Технологический раздел

3.1 Требования к разрабатываемой программе

Разрабатываемое программное обеспечение должно удовлетворять следующим требованиям:

- 1) поддержка запросов GET и HEAD;
- 2) поддержка статусов 200, 403, 404 и 405 (на неподдерживаемые запросы);
- 3) поддержка корректной передачи файлов размером до 128 Мб;
- 4) возврат по умолчанию html-страницы с css-стилем;
- 5) запись информации о событиях;
- 6) минимальные требования к безопасности серверов статического содержимого.

В качестве языка программирования для реализации веб-сервера был выбрал язык С. В качестве среды для разработки была выбрана среда CLion [c; clion].

3.2 Реализация веб-сервера

Реализация функции логирования представлена в листинге 3.1.

Листинг 3.1 – Реализация функции логирования

Реализация функции добавления задачи в очередь представлена в листинге 3.2.

Листинг 3.2 – Реализация функции добавления задачи в очередь

```
void enqueue_task(const int fd) {
   pthread_mutex_lock(&queue_mutex);
   if (queue_count == QUEUE_SIZE) {
      pthread_mutex_unlock(&queue_mutex);
      close(fd);
      return;
   }

   task_queue[queue_end] = fd;
   queue_end = (queue_end + 1) % QUEUE_SIZE;
   queue_count++;
   pthread_cond_signal(&queue_cond);
   pthread_mutex_unlock(&queue_mutex);
}
```

Реализация функции удаления задачи из очереди представлена в листинге 3.3.

Листинг 3.3 – Реализация функции удаления задачи в очередь

```
int dequeue_task() {
   pthread_mutex_lock(&queue_mutex);
   while (queue_count == 0)
       pthread_cond_wait(&queue_cond, &queue_mutex);

   const int fd = task_queue[queue_start];
   queue_start = (queue_start + 1) % QUEUE_SIZE;
   --queue_count;
   pthread_mutex_unlock(&queue_mutex);

   return fd;
}
```

Реализация функции отправки ответа представлена в листинге 3.4.

Листинг 3.4 – Реализация функции отправки ответа

```
void send_response(const int fd, const int status, const char
  *status_text, const char *content_type, const char *body,
  const size_t body_length) {
    char header[MAX_BUFFER];
    const int header_length = snprintf(header, MAX_BUFFER,
        "HTTP/1.1 %d %s\r\n"
        "Content - Length: %zu\r\n"
        "Content-Type: %s\r\n"
        "Connection: close\r\n\r\n",
        status, status_text, body_length, content_type);
    write(fd, header, header_length);
    if (body && body_length > 0)
        write(fd, body, body_length);
    close(fd);
    char log_msg[LOG_BUFFER];
    snprintf(log_msg, sizeof(log_msg), "Response: %d %s",
      status, status_text);
    log_event(log_msg);
}
```

Реализация цикла обработки клиентов представлена в листинге 3.5.

Листинг 3.5 – Реализация цикла обработки клиентов

3.3 Примеры работы программы

На рисунке 3.1 представлен пример ответа на GET-запрос.

```
curl http://localhost:8080/hello.txt
hello
```

Рисунок 3.1 – Пример ответа на СЕТ-запрос

На рисунке 3.2 представлен пример ответа на HEAD-запрос для HTML файла.

```
stepa@MacBook-Pro-Stepa ~/Study/Networks-Course <main*>
    curl -I http://localhost:8080/index.html
HTTP/1.1 200 OK
Content-Length: 9336
Content-Type: text/html
Connection: close
```

Рисунок 3.2 – Пример ответа на НЕАД-запрос

На рисунке 3.3 представлен пример ответа на **GET**-запрос несуществующего файла.

```
stepa@MacBook-Pro-Stepa ~/Study/Networks-Course <main*>
    curl -I http://localhost:8080/indexxx.html
HTTP/1.1 404 Not Found
Content-Length: 22
Content-Type: text/html
Connection: close
```

Рисунок 3.3 – Пример ответа на СЕТ-запрос несуществующего файла

На рисунке 3.4 представлен пример ответа на неразрешенный POSTзапрос.

```
curl -X POST http://localhost:8080/1.png
<h1>405 Method Not Allowed</h1>
```

Рисунок 3.4 – Пример ответа на неразрешенный **POST**-запрос

На рисунке 3.5 представлен пример ответа на **GET**-запрос без прав на доступ.

```
stepa@MacBook-Pro-Stepa ~/Study/Networks-Course <main*>
    chmod 0 static/hello.txt
    stepa@MacBook-Pro-Stepa ~/Study/Networks-Course <main*>
    curl http://localhost:8080/hello.txt
<h1>403 Forbidden</h1>
```

Рисунок 3.5 – Пример ответа на СЕТ-запрос без прав на доступ

На рисунке 3.6 представлен пример логирования событий в системе.

```
-stepa@MacBook-Pro-Stepa ~/Study/Networks-Course <main*>
    cat server.log
[Sun Dec 8 20:39:45 2024] Server starting on :8080
[Sun Dec 8 20:39:59 2024] Request: GET on /
[Sun Dec 8 20:39:59 2024] Response: 200 OK
[Sun Dec 8 20:40:19 2024] Request: GET on /
[Sun Dec 8 20:40:19 2024] Response: 200 OK
[Sun Dec 8 20:40:23 2024] Request: GET on /hello.txt
         8 20:40:23 2024] Response: 200 OK
[Sun Dec
         8 20:40:41 2024] Request: GET on /hello.txt
[Sun Dec
         8 20:40:41 2024] Response: 200 OK
[Sun Dec
         8 20:40:49 2024] Request: GET on /hello.txt
[Sun Dec
         8 20:40:49 2024] Response: 200 OK
[Sun Dec
         8 20:41:23 2024] Request: HEAD on /1.png
[Sun Dec
[Sun Dec
         8 20:41:23 2024] Response: 200 OK
         8 20:41:32 2024] Request: HEAD on /index.html
[Sun Dec
[Sun Dec
         8 20:41:32 2024] Response: 200 OK
[Sun Dec
         8 20:42:03 2024] Request: HEAD on /indexxx.html
         8 20:42:03 2024] Response: 404 Not Found
[Sun Dec
```

Рисунок 3.6 – Пример логирования событий в системе

4 Исследовательский раздел

4.1 Технические характеристики и описание исследования

Технические характеристики устройства, на котором выполнялось тестирование:

- 1) операционная система macOS 15.1.1 (24B91) [3];
- 2) объем оперативной памяти 18 Гбайт;
- 3) процессор Apple M3 Pro, 11 ядер [3].

Во время тестирования ноутбук был подключен к сети электропитания и нагружен только встроенными приложениями и системой тестирования.

В качестве стороннего веб-сервера для сравнения производительности был выбран nginx, так как является самым популярным и востребованным. В качестве инструмента для генерации нагрузки и замеров производительности будет использоваться утилита ab (Apache Benchmark). Целью исследования является сравнение реализованного веб-сервера с известными аналогами по среднему времени ответа на получение файла размером 9.1 КБ в зависимости от количества запросов [4; 5].

4.2 Результаты исследования

Результаты сравнения веб-серверов представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Среднее время ответа на запрос для получения файла

Количество запросов	Среднее время ответа	Среднее время ответа
	(разработанный веб-	(nginx), мс
	сервер), мс	
100	0.209	0.739
1000	0.091	0.460
5000	0.079	0.440
10000	0.077	0.444
50000	0.077	0.444
100000	0.077	0.444

Вывод

В исследовательском разделе было проведено сравнение реализованного статического веб-сервера и веб-сервера nginx по времени получения файла размером 9.1 КБ. Исходя из полученных в таблице 4.1 результатов, был сделан вывод, что время ответа для небольшого количества запросов (до 1000) примерно в 2 раза больше, чем для большого количества запросов (больше 1000). При этом разница во времени ответа между разным количеством запросов уменьшается с повышением самого числа запросов для обоих серверов. Реализованный веб-сервер в среднем превосходит nginx по скорости ответа примерно в 3.5 раза до 1000 запросов и примерно в 6 раз для количества запросов, превышающего 1000.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цель работы, заключавшаяся в разработке сервера для отдачи статического содержимого с диска с использованием архитектуры, основанной на пуле потоков (thread-pool) совместно с pselect(), была достигнута.

Были решены следующие задачи:

- 1) описана предметная область;
- 2) спроектирована схема алгоритма работы сервера;
- 3) выбраны средства реализации сервера;
- 4) проведено сравнение реализованного сервера с известными аналогами.

приложение а

Презентация к курсовой работе состоит из 9 слайдов

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1. Yibei Ling, Tracy Mullen, Xiaola Lin. Analysis of Optimal Thread Pool Size. 2000.
- 2. MAN pselect. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.opennet.ru/man.shtml?topic=pselect&category=2&russian=0 (дата обращения: 23.11.24).
- 3. MacOS. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.apple.com/macos/macos-sequoia/ (дата обращения: 25.11.24).
- 4. NGINX. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://nginx. org/ru/ (дата обращения: 26.11.24).
- 5. Apache Benchmark. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://httpd.apache.org/docs/current/programs/ab.html (дата обращения: 26.11.24).