

Лабораторная работа № 4

«Многоадресная рассылка (multicast)»

Задание на лабораторную работу

Обязательная программа

Разработку предлагается вести на основе программы, написанной на ЛР № 1.

1. Сделать выполнение приема и отправки данных параллельными

Необходимо реализовать программу, ведущую прием сообщений непрерывно, и при этом позволяющую пользователю ввести и отправить сообщение в любой момент. Программа:

- 1.1. Создает дейтаграммный сокет для работы в сетях IPv4 по протоколу UDP.
- 1.2. Запрашивает у пользователя адрес и порт для указания как собственных и выполняет привязку сокета.
- 1.3. Запрашивает у пользователя адрес и порт для отправки на них сообщений и сохраняет эти данные в переменной-структуре `sockaddr_in`.
- 1.4. Создает поток для приема сообщений, который в бесконечном цикле принимает сообщение и отображает его на экране по прибытии вместе с адресом и портом отправителя.
- 1.5. В бесконечном цикле (в основном потоке):
 - 1.5.1. Запрашивает у пользователя текст сообщения.
 - 1.5.2. Если введенный текст — `/quit`, прерывает цикл.
 - 1.5.3. Иначе отправляет сообщение на заданный в п. 1.3 адрес и порт.
- 1.6. Закрывает ранее созданный сокет.

2. Изменить программу, задействовав вместо одноадресной рассылки (unicast) многоадресную (multicast) с использованием фиксированной группы multicast.

- 2.1. Необходимые заголовочные файлы: `<winsock2.h>` вместо `<winsock.h>`, `<ws2tcpip.h>` для многоадресной рассылки.
- 2.2. В пункте 1.3 требуется отныне и впредь вводить адреса класса D.
- 2.3. До начала передачи данных (перед пунктом 1.4) выполнять настройку сокета функцией `setsockopt()`:

- 2.3.1. Отключить доставку пакетов multicast обратно источнику, если он находится в той же группе multicast, куда отправлен пакет (уровень `IPPROTO_IP`, параметр `IP_MULTICAST_LOOP`).
 - 2.3.2. Указать отправлять пакеты multicast через сетевой интерфейс, которому принадлежит адрес, указанный в пункте 1.2 (уровень `IPPROTO_IP`, параметр `IP_MULTICAST_IF`).
 - 2.3.3. Присоединиться к группе multicast, адрес которой указан в п. 1.3 (уровень `IPPROTO_IP`, параметр `IP_ADD_MEMBERSHIP`).
 - 2.4. Вместе с пунктом 1.6 необходимо покинуть группу многоадресной рассылки (параметр `IP_DROP_MEMBERSHIP` уровня `IPPROTO_IP`).
 - 2.5. Проверить правильность работы многоадресной рассылки.
 - 2.5.1. **В случае, если доступны две машины**, программам на них следует присоединиться к одной группе multicast (с указанием одинакового номера порта) и отправить по сообщению. Каждая программа должна получать сообщения, отправленные другой, и не получать своих. **Внимание:** машины должны быть в одной сети!
 - 2.5.2. **В случае, если доступна только одна машина**, тестирование можно осуществить так:
 - оба экземпляра программы должны присоединяться к общей группе multicast (например, 226.0.0.1);
 - первый экземпляр должен получать сообщения на порт N , а отправлять на порт $(N+1)$, второй — наоборот.
- Нескольким экземплярам программы следует присоединиться к одной группе multicast (с указанием одинакового номера порта) и отправить по сообщению. Каждая программа должна получать все сообщения, включая собственные.

3. Обеспечить поддержку псевдонимов пользователей

Необходимо добавить возможность пользователям устанавливать псевдонимы, которыми будут подписываться их сообщения вместо адресов и портов, специальным сообщением-командой.

- 3.1. Перед пунктом 1.4 требуется запросить у пользователя желаемый псевдоним `name` и отправить сообщение вида `/nick name`, а затем некоторое время (например, 1 с) дождаться возможного сообщения о том, что данный псевдоним уже используется.
- 3.2. Если за время ожидания было получено сообщение `/taken name`, где `name` — тот же псевдоним, который хотел занять пользователь, следует напечатать сообщение об этом и вернуться к пункту 3.1. В противном случае (сообщение не получено) следует отправить сообщение `/taken name` и начать обмен сообщениями (пункт 1.4 и далее).

- 3.3. Всем программам в любой момент, кроме времени ожидания в пункте 3.1:
- 3.3.1. При получении сообщения `/nick name`, если `name` совпадает с псевдонимом, который удалось занять в пункте 3.2, необходимо отправить сообщение `/taken name` источнику сообщения `/nick name`.
- 3.3.2. При получении сообщения `/taken name` необходимо [сохранить](#) информацию, что псевдоним `name` соответствует адресу и порту отправителя пакета.
- 3.4. При печати сообщений вместо адреса и порта отправителя требуется печатать псевдоним отправителя, если он известен из пункта 3.3.2.

Произвольная программа (необязательная)

4. Добавить возможность читать сообщения нескольких групп multicast

Сокет может одновременно входить в несколько групп многоадресной рассылки. Процедуры отправки и приема сообщений никак не изменятся, однако, получены будут сообщения, адресованные любой из групп, в которые входит сокет. Отправка данных по-прежнему выполняется на конкретный адрес и порт (в одну группу, куда клиент входил изначально).

Необходимо дать пользователю возможность входить в группу multicast командой `/join address`, например, `/join 226.0.0.10`, и покидать группу командой `/leave address`, например, `/leave 226.0.0.10`.

5. Добавить возможность отправки личных сообщений

Требуется добавить в режиме групповой переписки возможность адресной отправки сообщений. При вводе пользователем сообщения специального вида `/to host port private message text`, например,

```
/to 10.100.0.42 1234 Грузите апельсины бочками.,
```

сообщение требуется отправлять не в группу multicast, а по указанному адресу и на заданный порт. Вместо адреса и порта следует также предусмотреть указание и псевдонима: `/to корейко Грузите апельсины бочками.`

6. Добавить команду для определения участников переписки

При получении сообщения `/who` следует не отображать его, как остальные, но автоматически ответить отправителю сообщением `/taken name`, где `name` — псевдоним пользователя, который получил команду `/who`.

Указания к выполнению лабораторной работы

Создание потоков

Поток (иногда — *нить*, англ. *thread*) — это участок программы, могущий выполняться одновременно с другими. В любой программе есть, по крайней мере, один поток — основной, в котором выполняется функция `main()`.

Простейший способ создать поток на C++ в Windows — воспользоваться функцией [`_beginthread\(\)`](#) из заголовочного файла `<process.h>`. Достаточно передать ей первый аргумент — указатель на функцию с кодом, который должен исполняться параллельно:

```
#include <process.h>

void runs_in_parallel(void* argument) { ... }

int main(int argc, char* argv[]) {
    _beginthread(runs_in_parallel, 0, 0);
    // Выполнение main() не должно заканчиваться —
    // в данной ЛР здесь начинается бесконечный цикл.
}
```

В курсе «Системное ПО» разработка многопоточных программ изучалась подробнее. Предложенное выше решение имеет предельно просто и достаточно для целей работы.

Ожидание ответа определенное время

Ожидание входящего пакета определенное время можно выполнить, настроив сокет функцией `setsockopt()` с параметром `SO_RCVTIMEO` уровня `SOL_SOCKET`. Следует установить желаемое время ожидания (например, 1 с = 1000 мс) и выполнить прием.

Согласно MSDN, если отпущенное время истекло, а пакетов не принято, сокет больше использовать нельзя, а для передачи полезных данных требуется создать новый. **Однако, на практике** можно продолжать пользоваться сокетом после истечения времени ожидания `recvfrom()`. При этом нужно или отключить опцию `SO_RCVTIMEO`, установив её в 0, или не обрабатывать ошибку с кодом `(WSA)EWOULDBLOCK (10060)`.

Хранение и поиск в списке псевдонимов и адресов

Предлагается воспользоваться решением на основе [ассоциативного массива](#) — структуры данных, подобной массиву, но допускающую использование в качестве индексов (они называются ключами) не только чисел, но и других типов.

Программа ниже иллюстрирует использование стандартного ассоциативного массива.

Шаблон класса [`std::map`](#) расположен в заголовочном файле `<map>`.

В качестве индексов `std::map` допускается использовать только типы, значения которых возможно сравнить оператором «меньше» (<). Необходимо «объяснить» компилятору, как сравнивать структуры `sockaddr_in`:

```
bool operator<(const sockaddr_in& x, const sockaddr_in& y) {
    return (x.sin_addr.s_addr < y.sin_addr.s_addr)
        || (x.sin_addr.s_addr == y.sin_addr.s_addr
            && x.sin_port < y.sin_port);
}
```

```
int main(int argc, char* argv[]) {
```

Для хранения связей { адрес и порт, псевдоним } удобно использовать ассоциативный массив, где ключом (индексом) выступал бы адрес и порт (`sockaddr_in`), а значением была бы строка-псевдоним (`std::string`):

```
std::map<sockaddr_in, std::string> nicknames;
```

При получении пакета можно узнать адрес отправителя в переменной `sender`:

```
char message[512]
sockaddr_in sender;
int size = sizeof(sender);
recvfrom(s, message, sizeof(message), 0, &sender, &size);
```

Прежде всего, необходимо проверить, нет ли в `nicknames` элемента с ключом `sender`:

```
if (nicknames.find(sender) != nicknames.end()) {
```

Коль скоро элемент имеется, его значение (псевдоним) можно получить по ключу:

```
std::cout << nicknames[sender] << ": "
          << message << std::endl;
} else {
```

В случае же, когда искомый ключ отсутствует, следует сохранить псевдоним по данному ключу (на самом деле, нужно еще проверять, что `message` начинается с `/nick`, а строку-псевдоним извлекать из `message`).

```
nicknames[sender] = "user";
}
```

При необходимости можно и удалить элемент по ключу:

```
nicknames.erase(sender);
}
```

Внимание: демонстрационная программа *не* компилируется и *не* работает (не хватает подключения библиотек, запуска сетевой подсистемы, создания и привязки сокета).

Контрольные вопросы

1. Что такое многоадресная рассылка (multicast) и в чем её преимущество перед широковещательной рассылкой (broadcast)? С какими протоколами транспортного и сетевого уровня может быть использована многоадресная рассылка?
2. Чем идентифицируется группа многоадресной рассылки? Приведите пример. Каким ограничениям подвергается маршрутизация пакетов multicast? Сравните с широковещательной рассылкой.
3. Каков механизм приобретения и прекращения членства узла в группе multicast? Какие протоколы и на каких уровнях модели OSI при этом используются?
4. Каков механизм доставки пакетов, отправленных в группу многоадресной рассылки, в пределах локальной сети? Какие протоколы и на каких уровнях модели OSI при этом используются?
5. Какие дополнительные манипуляции *нужно* произвести с сокетом для участия в многоадресной рассылке а) как отправителя и б) как получателя? Объясните смысл и необходимость каждой из них.
6. Что такое время жизни (time-to-live, TTL) сетевого пакета, в каких случаях оно важно для многоадресной рассылки, и как возможно его контролировать?
7. Могут ли системные вызовы, не считая `send()`, `sendto()` и подобных, выполнять отправку сетевых пакетов? Если да, приведите пример, если нет, как отправляют пакеты IGMP?
8. Как можно контролировать а) получение сокетом сообщений, отправленных через него же, и б) время ожидания завершения блокирующего приема данных? Как в случае б) определить, что вызов завершился по истечении отведенного времени?