



ب‌ه نام خدا

سیستم عامل - پاییز ۱۴۰۴

استاد: دکتر مهدی کارگهی

پروژه ۱: مبانی برنامه‌نویسی سوکت

طراحان: مهدی حاجی - علی عشقی‌موحد

اهداف پروژه

هدف اصلی این پروژه، آشنایی عمیق با فراخوانی‌های سیستمی^۱ و به‌ویژه برنامه‌نویسی سوکت^۲ بر بستر IPv4 در سیستم‌عامل Linux است.

در این پروژه، شما یک پلتفرم تعاملی برای ارائه و رزرو بلیط هواپیما طراحی و پیاده‌سازی خواهید کرد که در آن:

- تعدادی شرکت هواپیمایی^۳ مسئول تعریف و ارائه‌ی پروازهای جدید هستند.
- تعداد مشتری^۴ از طریق شبکه برای رزرو و خرید بلیط‌ها اقدام می‌کنند.
- یک سرور مرکزی^۵ هماهنگی بین آن‌ها را از طریق سوکت‌ها مدیریت می‌کند.

این پروژه بر مفاهیم کلیدی زیر تمرکز دارد:

۱. برنامه‌نویسی سوکت در سیستم‌عامل Linux با استفاده از کتابخانه `<sys/socket.h>` و `<netinet/in.h>`
۲. پروتکل‌های انتقال TCP و UDP و تفاوت در رفتارهای قابل‌اعتماد^۶ و بدون تضمین^۷

^۱ System Calls

^۲ Socket Programming

^۳ Airline Clients

^۴ Customer Clients

^۵ Airline Management Server

^۶ Reliable

^۷ Unreliable

3. روش‌های ارتباطی **Unicast** و **Broadcast** برای ارسال پیام به یک یا چند گیرنده
4. مدیریت چندین ارتباط همزمان بدون بلاک‌شدن با استفاده از فراخوانی سیستمی `select()`
5. پیاده‌سازی تایمرها و مدیریت زمان از طریق `SIGALRM` و `alarm()` برای کنترل رزروهای موقت

شرح عملکرد کلی سیستم

پلتفرم به صورت یک سیستم Client-Server چندکاربره طراحی می‌شود که در آن:

- سرور مرکزی، اطلاعات مربوط به پروازها، کاربران و رزروها را مدیریت می‌کند.
- شرکت‌های هواپیمایی از طریق سوکت TCP به سرور متصل شده و پروازهای جدید اضافه می‌کنند.
- مشتریان نیز از طریق سوکت TCP به سرور متصل شده و صندلی‌های دلخواه خود را در پروازهای موجود رزرو می‌کنند.
- سرور با استفاده از سوکت UDP Broadcast، پروازهای جدید را برای تمام کاربران فعال ارسال می‌کند.

سامانه مدیریت هواپیمایی⁸

سرور مرکزی در این پروژه هسته‌ی سیستم است و کلیه‌ی پردازش‌ها از طریق آن انجام می‌شود. در این سرور یک سری موجودیت و قابلیت وجود دارد که در قسمت زیر شرح کامل هر یک از آن‌ها آورده شده است:

⁸ Airline Management Server

موجودیت های موجود در سرور:

۱. لیست کاربران^۹

شامل اطلاعات تمام کاربران (اعم از مشتری یا شرکت هواپیمایی):

- username – یکتا و غیرتکراری
- password – رشته‌ی رمز عبور
- role – یکی از دو حالت: CUSTOMER یا AIRLINE

در صورت تکرار نام کاربری، سرور باید خطای مناسب (ERROR UsernameAlreadyExists) را ارسال کند.

۲. لیست پروازها^{۱۰}

کلیه‌ی پروازهای ثبت شده توسط شرکت‌های هواپیمایی در این ساختار نگهداری می‌شوند.

هر پرواز شامل موارد زیر است:

- flight_id – شناسه‌ی یکتا برای هر پرواز
 - origin – مبدا پرواز
 - destination – مقصد پرواز
 - time – زمان پرواز (مثلاً "2025-12-05 13:45")
 - seat_map – لیست تمام صندلی‌ها و وضعیت هر یک (Reserved یا Free)
- قالب صندلی‌ها به صورت ترکیب یک حرف انگلیسی (ستون) و عدد حداکثر ۳ رقمی (ردیف) است، مثل:
- A1, A2, B10, C30

اگر دو پرواز با شناسه‌ی یکسان ثبت شوند، سرور باید خطای ERROR DuplicateFlightID را بازگرداند.

^۹ Users

^{۱۰} Flights

۳. لیست رزروها^{۱۱}

برای هر رزرو باید اطلاعات زیر نگهداری شود:

- reservation_id – شناسه‌ی رزرو
- flight_id – پرواز مربوطه
- username – کاربر رزرو کننده
- seats[] – آرایه‌ای از صندلی‌های انتخاب‌شده
- status – حالت رزرو (CONFIRMED یا TEMPORARY)
- timestamp – زمان رزرو موقت برای بررسی انقضا

قابلیت های سیستم:

۱. لیست کردن پروازهای پیش‌رو

هر کاربر (مشتری یا شرکت هواپیمایی) می‌تواند از طریق سوکت TCP درخواست زیر را ارسال کند:

LIST_FLIGHTS

و سرور باید پاسخی مشابه زیر برگرداند:

FLIGHT F101 TEH PAR 2025-10-25T08:30 SEATS_AVAILABLE=42/60

FLIGHT F205 MHD DXB 2025-11-01T12:15 SEATS_AVAILABLE=18/50

در این خروجی باید تمامی مشخصات پرواز و همچنین تعداد صندلی‌های آزاد و کل صندلی‌ها مشخص باشد.

¹¹ Reservations

۲. ثبت نام کاربر یا شرکت هواپیمایی

هر کاربر (مشتری یا شرکت هواپیمایی) می تواند با استفاده از یک کانکشن TCP به سامانه وصل شده و با تعیین نقش، نام کاربری (یا نام شرکت) و پسورد درخواست ثبت نام بدهد. در صورتی که نام کاربری استفاده نشده بود، ثبت نام موفقیت آمیز خواهد بود.

فرمت پیام:

```
REGISTER <role> <username> <password>
```

پاسخ موفق:

```
REGISTERED OK
```

در صورت خطا:

```
ERROR UsernameAlreadyExists
```

پس از ثبت نام موفق، سرور از طریق UDP Broadcast به تمامی شرکت های فعال اطلاع می دهد که کاربر جدیدی ثبت شده است:

```
BROADCAST NEW_USER <username> <role>
```

۳. ورود کاربر یا شرکت هواپیمایی

هر کاربر (مشتری یا شرکت هواپیمایی) می تواند با استفاده از یک کانکشن TCP به سامانه وصل شده و با وارد کردن نام کاربری و رمز عبور، اقدام به ورود به سامانه کند.

فرمت پیام:

```
LOGIN <username> <password>
```

پاسخ موفق:

```
LOGIN OK
```

در صورت خطا:

ERROR InvalidPassword

یا

ERROR UserNotFound

۴. اضافه کردن پرواز (توسط شرکت هواپیمایی)

هر شرکت هواپیمایی می‌تواند پس از ورود، یک پرواز جدید را با مشخص کردن مشخصات پرواز در سامانه تعریف کند. در تعریف پرواز جدید، باید تعداد ستون های صندلی ها (که با تک حرف بزرگ انگلیسی مشخص میشود و تعداد ردیف های صندلی ها که با یک عدد حداکثر دو رقمی مشخص میشود) به عنوان ورودی داده شود. مثلا اگر برای پروازی تعریف کنیم که ۴ ستون با ۲۰ ردیف داریم، صندلی های ما ستون هایی به مقدار A , B , C ,D خواهند داشت و در کل ۸۰ صندلی در این پرواز موجود است.

فرمت پیام:

```
ADD_FLIGHT <flight_id> <origin> <destination> <time> <column_count>
<row_count>
```

پاسخ موفق:

FLIGHT_ADDED OK

در صورتی که پرواز جدیدی ثبت شد، سرور برای تمام مشتریان فعال پیغام UDP Broadcast می‌فرستد که پرواز جدیدی با مشخصات تعریف شده، ایجاد شده است:

```
BROADCAST NEW_FLIGHT <flight_id> <origin> <destination> <time>
```

۵. رزرو پرواز (توسط مشتری)

هر مشتری می‌تواند پس از ورود موفقیت آمیز به سامانه اقدام به رزرو پروازهای پیشرو کند. او باید پرواز را مشخص نموده و تعدادی از صندلی هایی که در آن پرواز آزاد هستند را انتخاب کند. برای مشخص کردن صندلی ها کاربر باید مشخص نماید که صندلی مشخص شده در چه سطر و ستونی جای دارد، فرضا صندلی A10, B20 به عنوان ورودی های کاربر هستند. همچنین کنترل کردن این که این

صندلی به صورت موقت یا دائمی رزرو شده باشد، یا اصلاً ورودی های کاربر برای آن پرواز خاص مجاز است یا خیر ضروری است.

RESERVE <flight_id> <seat1> <seat2> ...

پاسخ سرور:

RESERVED TEMP <reservation_id> EXPIRES_IN 30

در فرآیند رزرو پرواز، کاربر در گام ابتدایی یک درخواست رزرو موقت می دهد و موظف است در ۳۰ ثانیه پس از رزرو اولیه، رزرو خود را تایید کند. در صورتی که قبل از این زمان رزرو نهایی نشد، آن رزرو حذف شده و کاربر دیگری اجازه رزرو دارد. برای پیاده سازی این قابلیت شما باید از تایمر و از سیگنال SIGALRM و فراخوانی سیستمی alarm استفاده نمایید.

۶. تأیید رزرو

هر مشتری می تواند از طریق سوکت TCP درخواست زیر را ارسال کند:

فرمت پیام:

CONFIRM <reservation_id>

پاسخ موفق:

CONFIRMATION OK

در غیر این صورت:

ERROR ReservationExpired

۷. لغو رزرو

هر مشتری می تواند از طریق سوکت TCP درخواست زیر را ارسال کند:

فرمت پیام:

CANCEL <reservation_id>

پاسخ موفق:

CANCELLED OK

مدیریت همزمانی و ارتباطات:

در این سامانه چندین کلاینت (مشتري یا شرکت هواپیمایی) می‌توانند به‌طور همزمان به سرور متصل باشند. بنابراین پردازش اصلی سامانه باید بتواند به‌طور همزمان به چندین درخواست رسیدگی کند، چون بسیاری از فراخوانی‌های سیستمی مانند `recv()` و `accept()` حالت `blocking` دارند، استفاده‌ی مستقیم از آن‌ها باعث توقف کل فرآیند می‌شود.

برای جلوگیری از این مسئله باید از فراخوانی سیستمی `select()` استفاده شود:

```
select(int  nfd,  fd_set  *readfds,  fd_set  *writefds,  fd_set
*exceptfds, struct timeval *timeout);
```

با `select()` می‌توان چندین سوکت را به‌صورت همزمان پایش کرد، به‌طوری‌که سرور تنها زمانی واکنش نشان دهد که داده‌ای در یکی از سوکت‌ها آماده‌ی خواندن یا نوشتن باشد.

نکات و نحوه تحویل

- کدهای شما می‌بایست تنها به زبان C/C++ نوشته شده و همچنین در سیستم عامل Linux کامپایل و اجرا شوند، در غیر این صورت نمره‌ای به شما تعلق نمی‌گیرد.
- توجه داشته باشید که در تمامی مراحل از فراخوانی‌های سیستمی موجود (مانند read, write, open) بجای توابع آماده (مانند scanf, printf, fopen) استفاده نمایید. در صورت استفاده از توابع آماده در هر بخش، نمره آن بخش، لحاظ نمی‌شود.
- استفاده از داده‌ساختارها (مانند vector, string, unordered_map) و امکانات زبان C++ و همچنین توابع انجام عملیات رشته‌ای (مانند atoi, strtol, sprintf) بلامانع است.
- تمامی فایل‌های خود از قبیل کد و Makefile را در پوشه‌ای تحت عنوان OS-CA1-StudentNumber که در آن StudentNumber، شماره دانشجویی شما خواهد بود قرار داده، آن را zip کنید و در سامانه بارگذاری کنید. در هنگام تحویل تنها فایل‌های بارگذاری‌شده در سامانه پذیرفته خواهند شد.
- این تمرین صرفاً برای یادگیری شما طرح شده است. در صورت محرز شدن تقلب در تمرین، مطابق با قوانین درس برخورد خواهد شد.
- سوالات خود را تا حد ممکن در گروه تیمز درس مطرح کنید تا سایر دانشجویان نیز از پاسخ آنها بهره‌مند شوند. در صورتی که قصد مطرح کردن سوال خاص تری داشتید، از طریق ایمیل با طراحان این تمرین ارتباط برقرار کنید.
- مواردی که در گروه تیمز درس و ویدیوهای کمکی توضیح داده می‌شوند جزئی از پروژه خواهند بود.

موفق باشید!