电子邮件接收客户机程序报告

学号：2120250723

姓名：于成俊

一、编程环境

- 操作系统：Windows 11
- Python版本：Python 3.7~Python 3.12均可
- 必要库（全部为Python 标准库，无需安装第三方）
    - socket：提供底层网络通信接口。本程序使用 `socket` 建立 POP3/TCP 连接，负责发送和接收 POP3 协议数据。
    - ssl：用于构建加密通信通道。在端口 995（POP3S）时，通过 `ssl.wrap_socket()` 创建安全的 SSL/TLS 连接，保证用户邮箱账号与密码不被泄露。
    - threading：用于多线程操作。本程序通过多线程避免 GUI 阻塞，例如登录、获取列表、下载邮件均放到线程中执行。
    - re：正则表达式库。用于清洗邮件内容，如删除多余空格、合并空行、解析 HTML 文本。
    - bs4（BeautifulSoup）：用于解析 HTML 内容。当邮件正文是 HTML 时，通过 BeautifulSoup 将其转换为纯文本，便于在 GUI 中显示。
    - ctypes：调用 Windows 系统 API。使用 `ctypes.windll.shcore.SetProcessDpiAwareness(1)` 来解决 Windows 上的高 DPI 缩放问题，使 Tkinter GUI 在高分屏显示正常比例。
    - tkinter：Python 内置 GUI 库。用于创建主窗口、布局、文本框、按钮等界面元素。
    - tkinter.ttk：Tkinter 的主题控件库，可提供外观更好的 GUI 控件。
    - tkinter.scrolledtext：提供带滚动条的文本框控件。用于显示邮件正文、POP3 交互过程日志等。
    - tkinter.messagebox：提供标准弹窗（提示、警告、错误）。用于错误提示，如“登录失败”、“连接错误”。
    - tkinter.simpledialog：提供简单输入对话框。用于让用户输入要下载的邮件编号。
    - email.message_from_bytes：来自 `email` 标准库。用于解析 POP3 返回的 **EML 原始邮件内容**，支持多部分 MIME 邮件、HTML 邮件、附件等结构。

二、关键问题

（1）POP3 协议

POP3 使用客户端-服务器模型，通过明文或加密的通信通道传输邮件。它的核心功能是从服务器下载邮件。

它有两个端口：

- 110（默认端口）：支持普通 **TCP** 连接

- 995：支持 **SSL 加密**连接（使用 `ssl.wrap_socket`），避免邮箱密码明文传输，提高安全性。

POP3 基础操作流程如下：

- 连接服务器
- 用户登录
- 获取邮件列表
- 下载邮件（EML 格式）
- 预览邮件内容
- 退出会话

连接服务器需要**邮箱的POP3服务器地址**和**端口号**，登录需要邮箱账号和授权密码，以南开大学邮箱为例，讲一下相关设置：

- 南开大学邮箱的POP3服务器地址为：pop3.mail.nankai.edu.cn
- 在南开大学邮箱的设置--->客户端设置中，需要开启客户端登陆（POP3）功能，并生成授权密码，这样才可以连接邮箱的POP3服务器：

知道以上基础知识和相关操作，才可以进行编程，POP3基础命令的实现已在第三节详细讲述。

（2）多行响应的正确处理

POP3 的 `LIST` 和 `RETR` 命令返回多行数据，以 `.\r\n` 结尾，我们需要正确处理才能够完整接收多行内容，避免邮件内容截断。

代码实现如下：

```
def recv_multiline(self):
        """接收多行响应直到单独一行是 '.'"""
        data = ""
        while True:
            part = self.sock.recv(4096).decode(errors="ignore")
            data += part
            if "\r\n.\r\n" in data:
                break
        for line in data.splitlines():
            self.log("S: " + line)
        return data
```

(3) 邮件解析和纯文本/HTML内容提取

在本程序中，实现了以下功能：

- 捕获邮件列表
- 双击邮件列表，以预览邮件内容

通过`RETR`命令捕获的邮件是EML格式，我们需要进行相关处理，才可以将正文内容提取出来。

核心代码如下：

```
    def preview_mail(self, event):
        index = self.mail_list.curselection()
        if not index:
            return

        msg_no = self.mail_list.get(index).split()[0]

        # 发送 RETR 指令
        self.send_cmd(f"RETR {msg_no}")
        resp = self.recv_line()
        if not resp.startswith("+OK"):
            self.log("获取邮件失败")
            return

        # 获取完整邮件（EML 原文）
        data = self.recv_multiline()

        try:
            msg = message_from_bytes(data.encode() if isinstance(data, str) else
data)
            body = ""

            if msg.is_multipart():
                # 优先提取 text/plain
                for part in msg.walk():
                    content_type = part.get_content_type()
                    disp = str(part.get("Content-Disposition") or "")
                    charset = part.get_content_charset() or "utf-8"

                    if content_type == "text/plain" and "attachment" not in disp:
                        text = part.get_payload(decode=True).decode(charset,
errors="ignore")
```

```
                        # 美化 text/plain：合并多空行，去掉多空格
                        text = re.sub(r'[ \t]+', ' ', text)
                        text = re.sub(r'\n\s*\n', '\n\n', text)
                        body += text

                # 如果 text/plain 为空，则尝试 text/html
                if not body:
                    for part in msg.walk():
                        content_type = part.get_content_type()
                        disp = str(part.get("Content-Disposition") or "")
                        charset = part.get_content_charset() or "utf-8"

                        if content_type == "text/html" and "attachment" not in
disp:
                            html = part.get_payload(decode=True).decode(charset,
errors="ignore")
                            # HTML → 文本
                            soup = BeautifulSoup(html, "html.parser")
                            text = soup.get_text()
                            # 美化格式：去掉多空行和多空格
                            text = "\n".join([line.strip() for line in
text.splitlines() if line.strip()])
                            text = re.sub(r'[ \t]+', ' ', text)
                            body = text
                            break
            else:
                charset = msg.get_content_charset() or "utf-8"
                payload = msg.get_payload(decode=True)
                if payload:
                    if msg.get_content_type() == "text/plain":
                        text = payload.decode(charset, errors="ignore")
                        text = re.sub(r'[ \t]+', ' ', text)
                        text = re.sub(r'\n\s*\n', '\n\n', text)
                        body = text
                    elif msg.get_content_type() == "text/html":
                        html = payload.decode(charset, errors="ignore")
                        soup = BeautifulSoup(html, "html.parser")
                        text = soup.get_text()
                        text = "\n".join([line.strip() for line in
text.splitlines() if line.strip()])
                        text = re.sub(r'[ \t]+', ' ', text)
                        body = text

            if body.strip() == "":
                body = data

        except Exception as e:
            body = f"邮件解析失败：{e}\n\n原始内容：\n{data}"

        # 显示到预览窗口
        self.preview.delete("1.0", tk.END)
        self.preview.insert(tk.END, body)
```

(4) 图形界面实现可视化操作

本程序基于`Tkinter`来实现图形界面，代码实现如下：

```
    def __init__(self, master):
        self.master = master
        master.title("POP3 邮件接收客户端")
        master.geometry("1000x1000")

        self.sock = None

        # ---------- 样式 ----------
        style = ttk.Style()
        style.theme_use('clam')
        style.configure("TButton", padding=6, font=('Arial', 11))
        style.configure("TLabel", font=('Arial', 11))
        style.configure("Header.TLabel", font=('Arial', 13, 'bold'))

        # ---------- 输入区 ----------
        frame_top = ttk.Frame(master, padding=10)
        frame_top.pack(fill='x')

        ttk.Label(frame_top, text="POP3 服务器:",
style="Header.TLabel").grid(row=0, column=0, sticky='e')
        ttk.Label(frame_top, text="账号:", style="Header.TLabel").grid(row=1,
column=0, sticky='e')
        ttk.Label(frame_top, text="密码:", style="Header.TLabel").grid(row=2,
column=0, sticky='e')
        ttk.Label(frame_top, text="端口:", style="Header.TLabel").grid(row=3,
column=0, sticky='e')

        self.server_entry = ttk.Entry(frame_top, width=35)
        self.user_entry = ttk.Entry(frame_top, width=35)
        self.pass_entry = ttk.Entry(frame_top, width=35, show="*")
        self.port_entry = ttk.Entry(frame_top, width=10)

        self.server_entry.grid(row=0, column=1, pady=3)
        self.server_entry.insert(0, "pop3.mail.nankai.edu.cn")
        self.user_entry.grid(row=1, column=1, pady=3)
        self.user_entry.insert(0, "2120250723@mail.nankai.edu.cn")
        self.pass_entry.grid(row=2, column=1, pady=3)
        self.pass_entry.insert(0, "fFh1U4K7d8x$KfrQ")
        self.port_entry.grid(row=3, column=1, pady=3)
        self.port_entry.insert(0, "995")

        # ---------- 按钮 ----------
        frame_btn = ttk.Frame(master, padding=5)
        frame_btn.pack(fill='x')

        ttk.Button(frame_btn, text="连接",
command=self.thread_connect).pack(side='left', padx=3)
        ttk.Button(frame_btn, text="登录",
command=self.thread_login).pack(side='left', padx=3)
        ttk.Button(frame_btn, text="获取列表",
command=self.thread_get_list).pack(side='left', padx=3)
```

```
        ttk.Button(frame_btn, text="下载邮件",
command=self.thread_download_mail).pack(side='left', padx=3)
        ttk.Button(frame_btn, text="退出 QUIT",
command=self.thread_quit).pack(side='left', padx=3)

        # ---------- 主体 ----------
        frame_main = ttk.Frame(master)
        frame_main.pack(fill='both', expand=True)

        self.mail_list = tk.Listbox(frame_main, width=40)
        self.mail_list.pack(side='left', fill='y')
        self.mail_list.bind("<Double-Button-1>", self.preview_mail)

        self.preview = scrolledtext.ScrolledText(frame_main, font=('Consolas',
11))
        self.preview.pack(side='right', fill='both', expand=True)

        ttk.Label(master, text="交互过程：",
style="Header.TLabel").pack(anchor='w')
        self.output = scrolledtext.ScrolledText(master, height=7, font=
('Consolas', 10))
        self.output.pack(fill='x', padx=10, pady=5)
```

(5) 使用线程处理，避免 GUI 卡死

所有网络操作通过 `threading.Thread` 异步执行，确保界面不卡顿。

```
# ---------- 线程 ----------
    def thread_connect(self):
        threading.Thread(target=self.connect, daemon=True).start()

    def thread_login(self):
        threading.Thread(target=self.login, daemon=True).start()

    def thread_get_list(self):
        threading.Thread(target=self.get_list, daemon=True).start()

    def thread_download_mail(self):
        self.master.after(0, self.download_mail_prompt)

    def download_mail_prompt(self):
        msg_id = simpledialog.askinteger("下载邮件", "输入邮件编号：",
parent=self.master)
        if msg_id is None:
            return
        threading.Thread(target=self.download_mail, args=(msg_id,),
daemon=True).start()

    def thread_quit(self):
        threading.Thread(target=self.quit_pop3, daemon=True).start()
```

三、主要POP3命令实现

（1）USER、PASS、STAT命令实现

- USER – 指定用户名，语法为`USER <username>`。作为登录的第一步，用于向 POP3 服务器提交邮箱账号。
- PASS – 提交密码完成身份验证，语法为`PASS <password>`。与 USER 配合完成用户身份认证，若认证成功，服务器进入 **事务状态（TRANSACTION）**。
- STAT – 查看邮箱状态，语法为`STAT`，该命令会返回如下内容：

  ```
  +OK <邮件数量> <总字节数>
  ```

  其作用是查询邮箱中邮件的数量与总大小。

本程序在登录过程中实现了这三个命令，代码如下：

```
    def login(self):
        try:
            self.send_cmd("USER " + self.user_entry.get())
            resp1 = self.recv_line()
            self.send_cmd("PASS " + self.pass_entry.get())
            resp2 = self.recv_line()

            # 登录成功后调用 STAT 获取邮箱状态
            if resp1.startswith("+OK") and resp2.startswith("+OK"):
                self.get_stat()
            else:
                self.log("登录失败，请检查账号或密码")
        except:
            messagebox.showerror("登录失败", "账号或密码错误")
```

其中，STAT命令的具体实现函数为`get_stat()`，具体代码如下：

```
    def get_stat(self):
        """获取邮箱状态：总邮件数和总大小"""
        try:
            self.send_cmd("STAT")
            resp = self.recv_line()
            if resp.startswith("+OK"):
                parts = resp.split()
                if len(parts) >= 3:
                    num_messages = parts[1]
                    total_size = int(parts[2])
                    if total_size > 1024 * 1024:
                        size_str = f"{total_size / 1024 / 1024:.2f} MB"
                    elif total_size > 1024:
                        size_str = f"{total_size / 1024:.1f} KB"
                    else:
                        size_str = f"{total_size} B"
                    self.log(f"邮箱状态：共 {num_messages} 封邮件，总大小
{size_str}")
```

```
                else:
                    self.log("STAT 响应格式异常")
            else:
                self.log("STAT 命令失败")
        except Exception as e:
            messagebox.showerror("错误", str(e))
```

(2) LIST命令实现

- LIST – 获取邮件编号与大小列表，语法为`LIST`，服务器返回内容如：

  ```
  +OK
  1 1200
  2 2500
  .
  ```

  其作用：

  - 返回所有邮件的编号和大小（字节）
  - 支持选择单个邮件编号查询其大小

代码实现如下：

```
    def get_list(self):
        try:
            self.send_cmd("LIST")
            resp = self.recv_line()
            if not resp.startswith("+OK"):
                self.log("获取列表失败")
                return

            data = self.recv_multiline()
            mails = []
            for line in data.splitlines():
                line = line.strip()
                if line == "" or line == ".":
                    continue
                parts = line.split()
                if len(parts) != 2:
                    continue
                num, size = parts
                size_int = int(size)
                if size_int > 1024 * 1024:
                    size_str = f"{size_int / 1024 / 1024:.2f} MB"
                elif size_int > 1024:
                    size_str = f"{size_int / 1024:.1f} KB"
                else:
                    size_str = f"{size_int} B"
                mails.append(f"{num}     {size_str}")

            self.master.after(0, lambda: self.update_mail_list(mails))
            self.log(f"邮件列表获取完成，共 {len(mails)} 封邮件")
        except Exception as e:
```

```
            messagebox.showerror("错误", str(e))
```

(3) RETR命令实现

- RETR – 下载/获取邮件内容，语法为`RETR <邮件编号>`，其作用：
    - 从服务器下载该邮件的完整内容（包括头部、正文、附件编码）
    - 返回 **multiline response**，以 `.\r\n` 结束

代码实现如下：

```
    def download_mail(self, msg_id):
        try:
            self.send_cmd(f"RETR {msg_id}")
            resp = self.recv_line()
            if not resp.startswith("+OK"):
                self.log("获取邮件失败")
                return
            data = self.recv_multiline()
            path = f"mail_{msg_id}.eml"
            with open(path, "wb") as f:
                f.write(data.encode())
            self.log(f"邮件已保存为：{path}")
        except Exception as e:
            messagebox.showerror("错误", str(e))
```

程序会将邮件保存为 `mail_xx.eml`，并在预览界面展示解析后的正文内容。

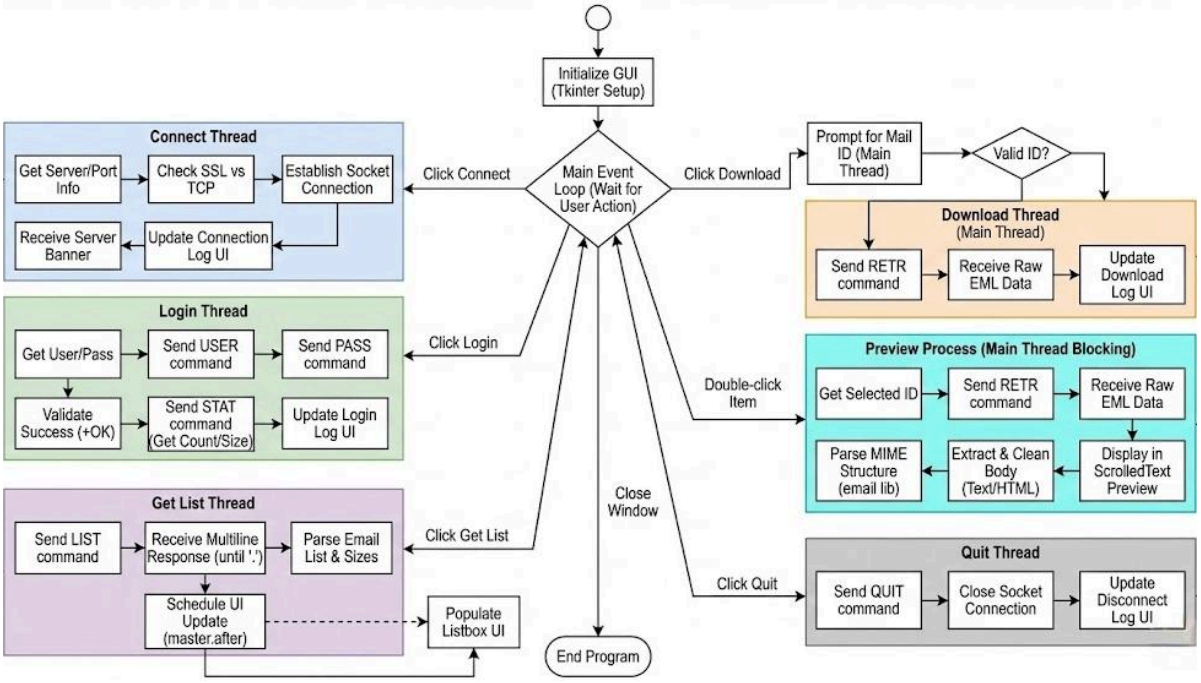
(4) QUIT命令实现

- QUIT – 结束会话并断开连接，语法为`QUIT`，其作用：
    - 服务器返回 `+OK` 并关闭会话

代码实现如下：

```
    def quit_pop3(self):
        if self.sock:
            self.send_cmd("QUIT")
            self.recv_line()
            self.sock.close()
            self.sock = None
            self.log("连接已关闭")
```

四、程序流程图



五、测试截图

- 初始时，输入POP3服务器地址、账号、密码、端口，界面如下：

- 点击 连接 和 登陆 按钮后，下方会显示相关交互过程：
    - 连接种类
    - 邮箱地址和密码
    - 当前邮箱状态（邮件个数和总大小）

  界面如下：

交互过程：

```
使用 SSL 连接...
S: +OK POP3 ready
C: USER 2120250723@mail.nankai.edu.cn
S: +OK send PASS
C: PASS fFh1U4K7d8x$KfrQ
S: +OK 6 message(s) [58897 byte(s)]
C: STAT
S: +OK 6 58897
邮箱状态：共 6 封邮件，总大小 57.5 KB
```

- 点击 获取列表 按钮后，下方依然会显示相关交互过程，并在左侧还会显示所获取的邮件列表（邮件编号和大小）：

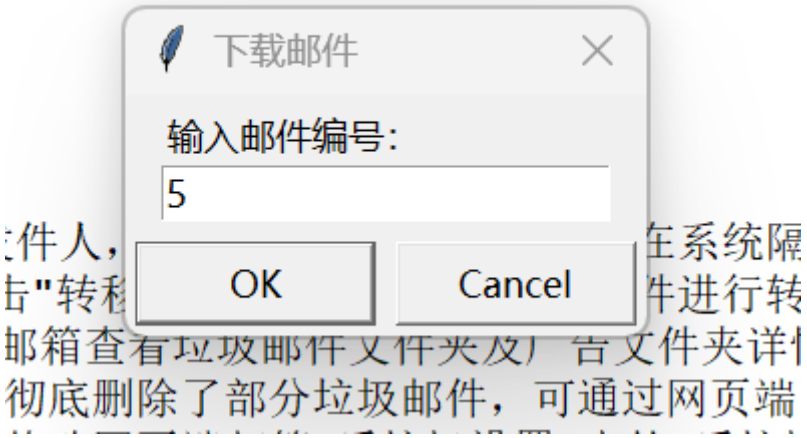
1	16.6 KB
2	5.5 KB
3	1.5 KB
4	13.3 KB
5	3.0 KB
6	17.6 KB

交互过程：

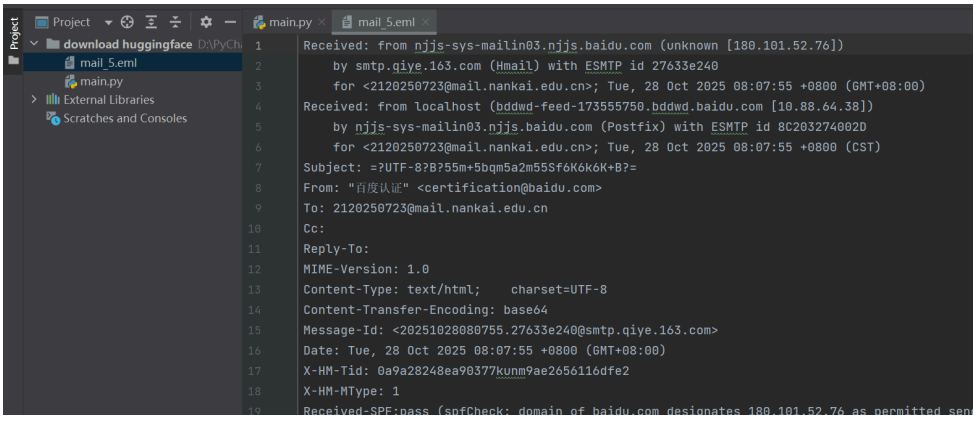
```
C: LIST
S: +OK 6 messages
S: 1 17025
S: 2 5640
S: 3 1490
S: 4 13652
S: 5 3051
S: 6 18039
S: .
邮件列表获取完成，共 6 封邮件
```

- 双击左侧邮件列表中的邮件，可以在右侧预览邮件的正文内容，在下方依然显示相关交互过程

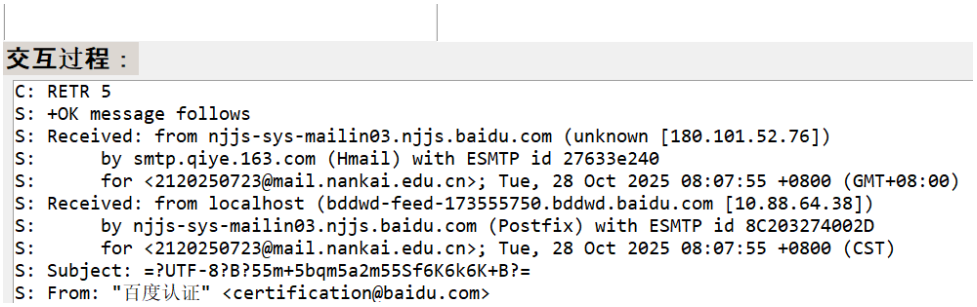
- 点击 下载邮件 按钮，会弹出窗口，输入邮件编号后，程序会将指定邮件保存为eml格式，默认保存在和程序相同的目录下：
    - 弹出窗口并输入编号：



    - 邮件保存为eml格式：



    - 交互过程也显示了命令`RETR 5`：



- 交互过程也显示了成功保存：

交互过程：

```
S: ICAgIAogICAgICAgICAgICA8L3A+CgogICAgICAgICAgICA8cCBzdHlsZT0iY29sb3I6IGdyZXk7
S: Ij4KICAgICAgICAgICAgICAgICAgIOivpemCruS7tueUseezu+e7n+WPkemAge+8jOivt+WLv+WbnuWk
S: je+8gQogICAgICAgICAgICA8L3A+CiAgICAgICAgPC9kaXY+CiAgICAgICAgPGRpdiBzdHlsZT0i
S: bWFyZ2luLXRvcDogNTBweDsiPgogICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAg55m+5bqm5a2m55Sf6K6k6K+K
S: PgogICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAg
S: L2JvZHk+CjwvaHRtbD4K
S:
S: .
邮件已保存为：mail_5.eml
```

- 点击 退出 QUIT 按钮，则断开连接，交互过程显示如下：

交互过程：

```
S: bWFyZ2luLXRvcDogNTBweDsiPgogICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAg55m+5bqm5a2m55Sf6K6k6K6K+BPGJy
S: PgogICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAg
S: L2JvZHk+CjwvaHRtbD4K
S:
S: .
邮件已保存为：mail_5.eml
C: QUIT
S: +OK GoodBye
连接已关闭
```