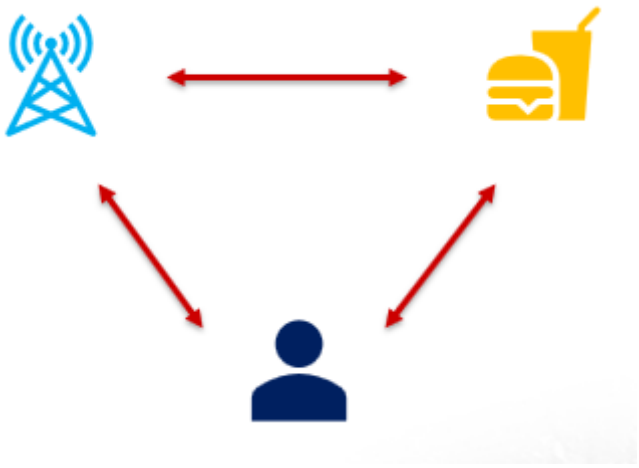
加密&隐私保护外卖模拟系统

1. 应用场景

本系统模拟了现实中的顾客-外卖平台-通讯运营商的简单交互过程。首先，该系统利用 OpenSSL 生成了根证书，然后为外卖与运营商生成 X509 证书，顾客发出请求时会将顾客发送的消息进行双重签名，使得外卖平台只能得到顾客的姓名与地址信息，无法得知顾客的真实电话号码，而通讯运营商可以得知顾客的真实电话号码，无法得知其订单信息，并且通讯运营商会为顾客与外卖平台之间生成一个虚拟号码的分机，该虚拟号码支持顾客与送外卖者的互相通信。



实际情况如下图中所示，我们可以看到，外卖商是可以知道我的地址消息和下单消息的，但是他们缺无法得知我的真实电话号码与完整的姓名信息；另一方面，移动运营商可以得知我的电话号码信息与姓名信息，同时，会为我和外卖商生成一个临时的转接云分机，这提供了一个虚拟号码，该号码可以单向或者双向拨通，这很

好的保护了我的隐私。

2. 所实现应用的功能

2.1 Client 与两个 Server 之间的通信

2.2 客户对服务器请求证书公钥信息，并且将收到的公钥信息保存到本地。

2.3 客户将自己的公钥信息发送给服务器，服务器保存到本地

2.4 对客户发送的信息实现了 RSA 公钥加密，Base64 编码，求取散列哈希值，以及 RSA 私钥签名。

2.5 服务器对收到信息实现了 RSA 私钥解密，Base64 解码，散列对比，以及 RSA 公钥验证签名。

2.6 电话号码虚拟化，生成一个基于随机数的虚拟电话号码。

3. 所实现应用的工作流程以及实现细节

3.1 生成根证书、各个交互方生成私钥、用根证书为站点分发 X509 证书。

3.2 客户向平台通信伊始，会先请求平台的证书与通讯运营商的证书，

将对应的证书保存在本地。

3.3 顾客对发送的信息分段哈希，计算出 Hm1,Hm2,Sign(Hm12)，其中 M1 为订单信息，M2 为电话信息，Hm12 为 Hm1 与 Hm2 的拼接的哈希值，并且使用自己的私钥对 Hm12 进行签名，由于 RSA 签名后的数据为二进制数据，需要进行 Base64 编码后才更适合信息拼接与传输。

3.4 然后用外卖平台的证书对发送的信息 M1 进行 RSA 加密（实际生活中是需要使用 RSA 构建加密通道，协商加密对称加密的秘钥，然后对信息采用对称加密的方式来加密，原因是 RSA 加密信息的耗时非常大，并且大多接口对加密信息的长度也有限制。这里直接使用 RSA 加密信息的原因是客户模拟发送的信息很短，直接 RSA 加密不会带来很大开销），同时由于加密后为二进制数据，需要进行 Base64 编码后才更适合进行信息拼接传输。

3.5 顾客将自己的公钥信息附属在发送的信息后面，最后对外卖平台发送的信息为 Message1(Base64(RSA_encode(M1)) | Hm2 | Base64(Sign(Hm12)) | pubkey)

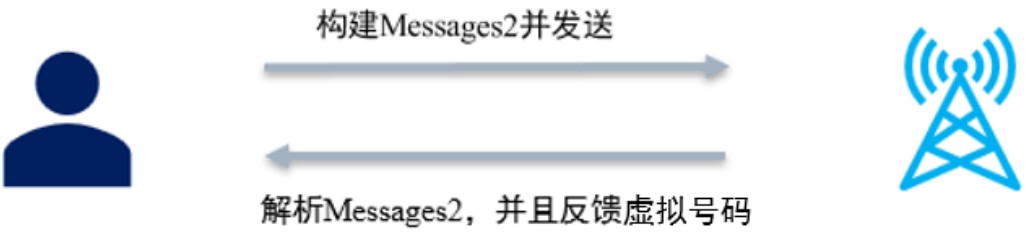
3.6 顾客对于通讯运营商则不需要请求证书，发送的信息为 Message2(Base64(RSA_encode(M2)) | Hm1 | Base64(Sign(Hm12)) | pubkey)

3.7 外卖平台和运营商接收到消息后，需要进行以下步骤：Base64 解码，RSA 私钥解码，对顾客的公钥信息进行读取保存，使用顾客公钥进行签名验证，反馈消息。而运营商会根据电话号码生成虚

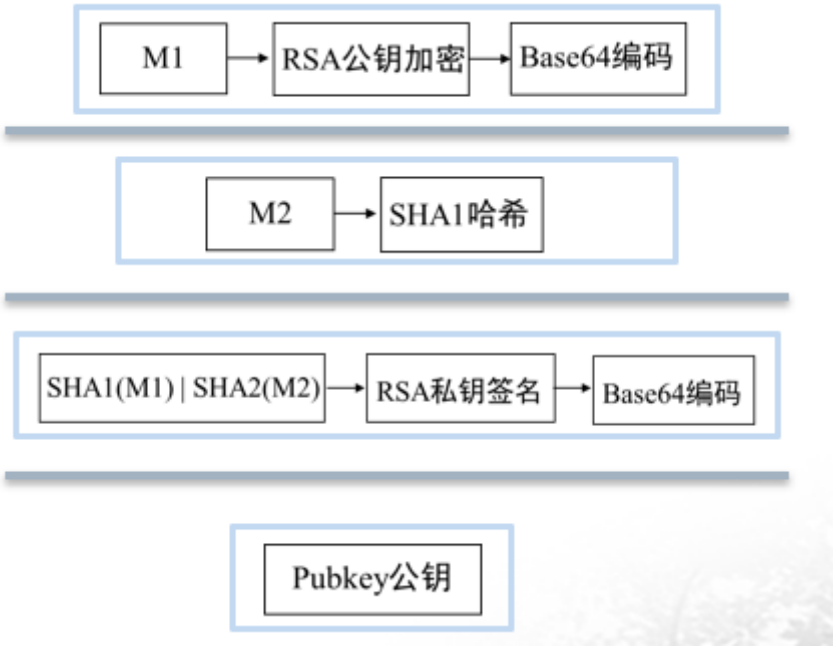
拟转接的电话号码（本系统只是产生了随机数，并没有申请虚拟号码的分机，因为穷!）

- **说明：实际应用中，顾客只是对外卖平台发送了 Message1 和 Message2，而由外卖平台进行转发，这里为了方便观察与处理，令顾客分别对外卖平台与运营商发送 Message1 与 Message2。**

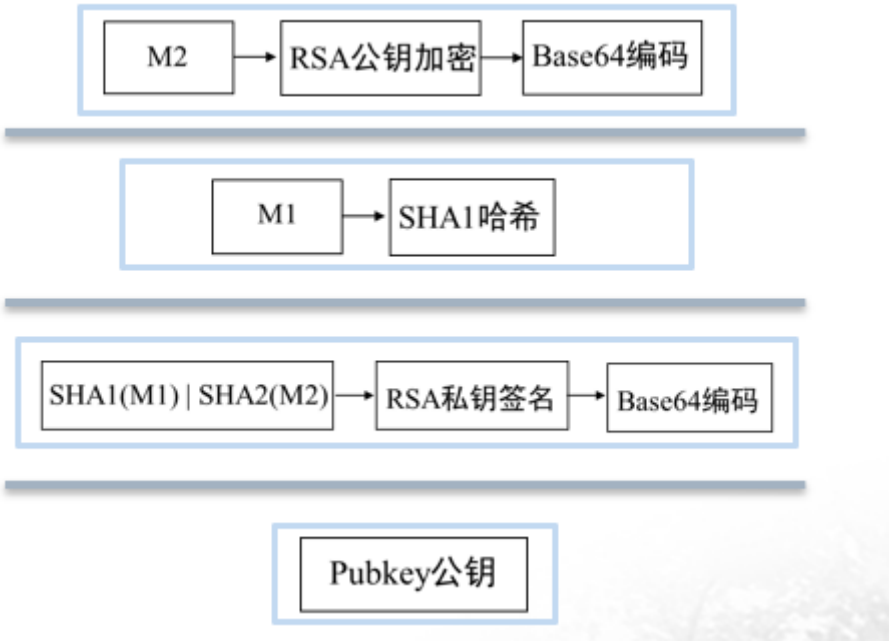
顾客与外卖平台



顾客与运营商



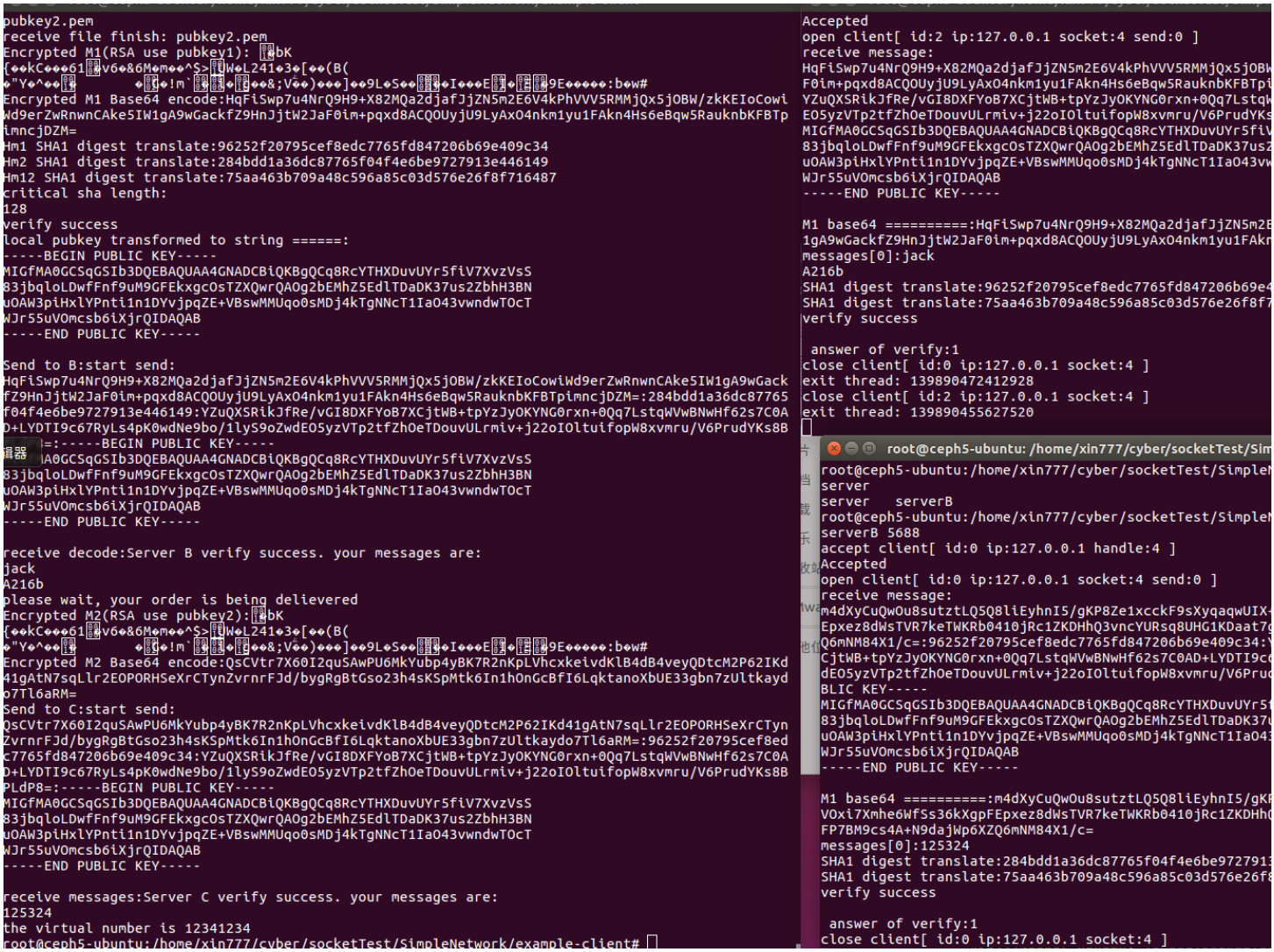
Message1 拼接结构图



Message2 拼接结构图

而服务器在收到相关的 Message 后，后分别进行提取解码解密，最后进行验签，并给出对应的回馈。

Demo 运行截图：



其中左边为客户发送的控制台输出（可以看到发送的完整流程，包括签名的值，加密的值，以及 base64 编码的值），右上为外卖平台的控制台输出，而右下为运营商的控制输出。最终在互相验证成功后，客户收到了返回的虚拟号码以及订单信息。

4. 安全分析

在发送的消息中，只有公钥以及 SHA1 哈希值是明文传输的，对于这两个信息还有 Sign(Hm12)签名来说，它们本身就是不需要加密的，可公开的信息量，对签名数据进行 Base64 是为了方便拼接处理与传输。而对于 M1，采用了 RSA 私钥加密。

在不考虑中间人攻击的情况下，对于这整个信息来说，是拥有机密性，完整性，认证性与不可否认性的。

其实理论上采用了 X509 证书认证的方式，是可以防止中间人攻击的手段的，功能主要是在客户收到服务器的证书后，进行验证，确认是可信任的根证书颁发即可。但是由于时间等原因，这一功能并没有选择添加。后续有待完善。

5. 遇到问题

5.1 RSA 签名与验签

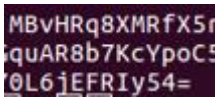
首先，密码学中，我们没有选择先签名，再哈希的原因是，攻击者可以直接篡改信息还有哈希值。而在实践实现中，我们经常会忘记哈希，选择直接对信息签名，而其实现有的 RSA 签名都是对哈希做签名的，一方面节省时间，一方面避免了特殊字符或者二进制无法识别且运算，这个小细节不注意有时会引起接收方验签错误。主要表现在 Hm1 与 Hm2 拼接后，需要再次哈希才能正确得到 Hm12，如果直接拼接进行签名会导致验签失败。

验证签名接口的参数，需要接收哈希方式，签名内容的哈希值，签名的长度，十六进制的签名，公钥信息。这里我在验签时总是失败，查找官网接口说明后，根据错误代码返回信息得知：1，签名本身为二进制，所以其长度不能够使用 strlen 等函数获取，比如 SHA256 长度很有可能为 128，具体长度需要在签名时就予以标注。2，验证签名与该签名的哈希值哈希方式密切相关，我使用了很多的哈希方式，都无法验证通过，最后去官网采用了官网提供的 OpenSSL 的 SHA1 哈希方式，终于通过。

5.2 Base64 解码与原信息不一致

在签名之后，会对签名值进行 Base64 编码，之后进行传输。原因很简单，签名之后的值是二进制特殊字符，无法进行消息拼接，也不是特别适合传输，所以进行 Base64 编码处理。但是问题

就在于接收方 Base64 解码之后，与原来的签名值不一致，导致的验证签名一直未通过。



原 base64 编码值　　错误解码后再次进行编码值

而且主要表现在其余数据都相同，只有尾值不同，原签名数据编码后以 = 结尾，错误解码后再进行编码在会将 = 变为 A。

原始字符	H	e	l	l	o	!
ASCII码十进制值	72	101	108	108	111	33
二进制值	0 1 0 0 1 0 0 0	0 1 1 0 0 1 0 1	0 1 1 0 1 1 0 0	0 1 1 0 1 1 0 0	0 1 1 0 1 1 1 1	0 0 1 0 0 0 0
Base64码十进制值	18	6	21	44	27	6	60	33
Base64编码后字符	S	G	V	s	b	G	8	h
原始字符	!					
ASCII码十进制值	33					
二进制值	0 0 1 0 0 0 0 1	0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0			
Base64码十进制值	8	16	0	0		
Base64编码后字符	I	Q	A	A		

在深入了解 Base64 编码之后，得知该错误是由于编码时，结尾的两个字符 2*8 = 16bit 数据，需要在填充后转化为 4*6 = 24bit 的数据，

10111101 10010000　　to　　101111 | 01 1001 | 0000　00 | ******

星号会转化为 = ，而 000000 会转化为 A

而这个时候，解码就会出现问题

101111 | 01 1001 | 0000　00 | ******　　to　　10111101 | 10010000 | 00 ****** |

可以看到在前两个字符解码还是正确的，而最后一个字符转化时，00******是按照 000000 来转化呢？还是按照******转化呢？

网上的大多数代码都忽略了这样一个问题，将其按照 000000 转化，导致多出一个字符，从而致使解码出现 bug（也包括一些企业的平台也出现了这个漏洞）。

最后将填充尾值丢弃，修改完代码后，解码成功。

实验细节

1. 应用说明:

本应用使用了 C++语言来进行实现。实验环境是 Ubuntu16。使用的加解密接口为 OpenSSL 开放的底层 RSA 加解密和底层哈希接口。

运行 client 时，需要输入对应的参数，在默认 help 中设置了格式提示。另外，因为没有采用主动申请证书的机制，所以需要提前手动在 client 中和两个 server 生成各自的证书，并且提取出 prikey.pem 私钥文件。但是本应用有证书传递功能，因此不需要将 server 的证书提前内置在 client 中。（代码注意截图，截图中有运行提示）

2. 证书相关操作

2.1 创建根证私钥

openssl genrsa -out root-key.key 1024

2.2 创建根证书请求文件

openssl req -new -out root-req.csr -key root-key.key -keyform PEM

2.3 自签根证书

openssl x509 -req -extfile /etc/ssl/openssl.cnf -extensions v3_req -in root-req.csr -out root-cert.cer -signkey root-key.key -CAcreateserial

-days 3650

其中/etc/ssl/openssl.cnf 是系统自带的 openssl 配置文件, 若没找到, 自行 find 命令寻找配置文件路径

2.4 使用根证书签发客户端证书

2.4.1 生成客户端 key

openssl genrsa -out client-key.key 1024

2.4.2 生成客户端请求文件

openssl req -new -out client-req.csr -key client-key.key

2.5 生成客户端证书，使用根证书签名

root@ceph5-ubuntu:/home/xin777/cyber/client/secure# openssl x509 -req -extfile /etc/ssl/openssl.cnf -extensions v3_req -in client-req.csr -out client-cert.cer -signkey client-key.key -CA ../../secure/rootsite/root-cert.cer -CAkey ../../secure/rootsite/root-key.key -CAcreateserial -days 3650

2.6 查看证书

openssl x509 -in client-cert.cer -text -noout

2.7 查看证书的公钥

openssl rsa -in prikey.pem -pubout -out pubkey.pem

3. 完整实验演示

首先需要运行两个服务端（运营商和外卖商），然后运行客户端，采取命令行输入命令。其中 client 程序需要接收指定的几个参数，分别是 IP，端口，-n name，-t tel，-a address。之后可以看到完整的通信流程（我将主要的编解码或加解密的值输出在了控制台上），之后也可以在对应的服务端看到认证成功与否的消息，如下：

./client -i 127.0.0.1 -p 5687 -n jack -t 125324 -a "A building,216b"

```
root@ceph5-ubuntu:/home/xin777/cyber/socketTest/SimpleNetwork/example-client# ./
client -i 127.0.0.1 -p 5687 -n jack -t 125324 -a "A216b"
name:jack
tel:125324
addressA216b
start send:
pubkey1.pem
receive file finish: pubkey1.pem
start send:
pubkey2.pem
receive file finish: pubkey2.pem
Encrypted M1(RSA use pubkey): ▯▯◆◆G◆xD.◆▯▯▯◆◆◆◆◆舭◆5◆{◆zh◆E◆9^<◆◆◆◆t?◆◆q◆▯▯◆'y◆◆
◆e◆{9;p◆▯▯◆▯▯▯◆F◆◆◆y▯▯◆$9◆▯▯eIc'◆|s◆◆◆◆).◆
Encrypted M1 Base64 encode:HiOyqX9H33hELroeFp7DAInjht3oiK3KNZV7y3pos0XQOV48z/mYw
XQ//+1x9Rjlmyd5+pA1/NDYQzT8j/lWPJiBmIyggTqH923cZuU2WPRbcw2fZax7OTtwvBJ59xUhGtHXR
qiIr3kfyN8kOcwDZWVJYw7KtK58c8L28qMpLp8=
Hm1 SHA1 digest translate:96252f20795cef8edc7765fd847206b69e409c34
Hm2 SHA1 digest translate:284bdd1a36dc87765f04f4e6be9727913e446149
Hm12 SHA1 digest translate:75aa463b709a48c596a85c03d576e26f8f716487
critical sha length:
128
verify success
local pubkey transformed to string ======:
-----BEGIN PUBLIC KEY-----
MIGfMA0GCSqGSIb3DQEBAQUAA4GNADCBiQKBgQCq8RcYTHXDuvUYr5fiV7XvzVsS
83jbqloLDwfFnf9uM9GFEkxgcOsTZXQwrQAOg2bEMhZ5EdlTDaDK37us2ZbhH3BN
uOAW3piHxlYPnti1n1DYvjpqZE+VBswMMUqo0sMDj4kTgNNcT1IaO43vwndwTOcT
WJr55uVOmcsb6iXjrQIDAQAB
-----END PUBLIC KEY-----

start send:
HiOyqX9H33hELroeFp7DAInjht3oiK3KNZV7y3pos0XQOV48z/mYwXQ//+1x9Rjlmyd5+pA1/NDYQzT8
j/lWPJiBmIyggTqH923cZuU2WPRbcw2fZax7OTtwvBJ59xUhGtHXRqiIr3kfyN8kOcwDZWVJYw7KtK58
c8L28qMpLp8=:284bdd1a36dc87765f04f4e6be9727913e446149:YZuQXSRikJfRe/vGI8DXFYoB7X
CjtWB+tpYzJyOKYNG0rxn+0Qq7LstqWVwBNwHf62s7C0AD+LYDTI9c67RyLs4pK0wdNe9bo/1lyS9oZw
dEO5yzVTp2tfZhOeTDouvULrmiv+j22oIOltuifopW8xvmru/V6PrudYKs8BPLdP8=:-----BEGIN PU
BLIC KEY-----
MIGfMA0GCSqGSIb3DQEBAQUAA4GNADCBiQKBgQCq8RcYTHXDuvUYr5fiV7XvzVsS
83jbqloLDwfFnf9uM9GFEkxgcOsTZXQwrQAOg2bEMhZ5EdlTDaDK37us2ZbhH3BN
uOAW3piHxlYPnti1n1DYvjpqZE+VBswMMUqo0sMDj4kTgNNcT1IaO43vwndwTOcT
WJr55uVOmcsb6iXjrQIDAQAB
-----END PUBLIC KEY-----

receive decode:Server B verify success. your messages are:
jack
A216b
please wait, your order is being delievered
```