Transport Layer Security

Protocolo criptográfico

ISEL – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa
Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1 | 1959-007 Lisboa

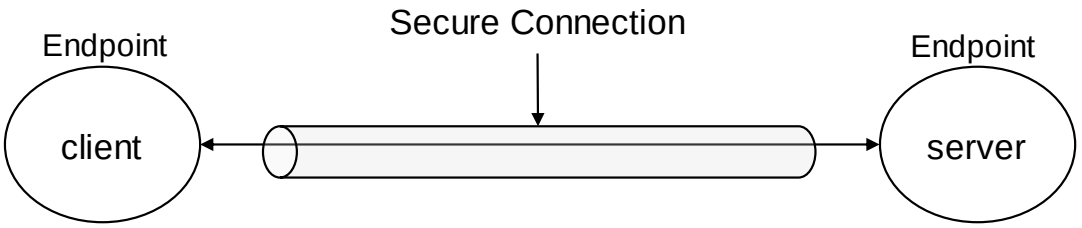
Alguma história

- SSL - Secure Sockets Layer
  - Protocolo proprietário da Netscape
  - 1994, v1.0 – não publicado
  - 1994, v2.0 – vulnerabilidades críticas
  - 1995, v3.0 – muito dessiminado, IETF draft

- TLS – Transport Layer Security
  - 1999, IETF RFC 2246
  - Semelhante mas incompatível com SSL v3.0
  - Versão mais recente 1.3, https://tools.ietf.org/html/rfc8446
    - Já não oferece suporte ao RSA e esquemas sem cifra autenticada (por exemplo, AES-CBC)

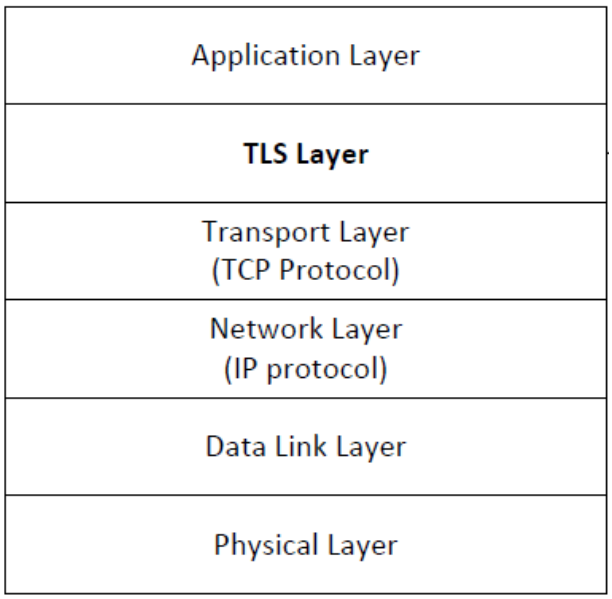
Objectivos do protocolo SSL/TLS

- O Transport Layer Security (TLS) é um protocolo que fornece um canal seguro entre dois *endpoints*. O canal seguro tem três propriedades:
  - **Confidencialidade**: ninguém além dos *endpoints* pode ver o conteúdo dos dados transmitidos
  - **Integridade**: podem ser detectadas quaisquer alterações feitas nos dados durante a transmissão
  - **Autenticação**: pelo menos um *endpoint* do canal precisa ser autenticado para que o outro endpoint tenha garantias sobre a quem está ligado.



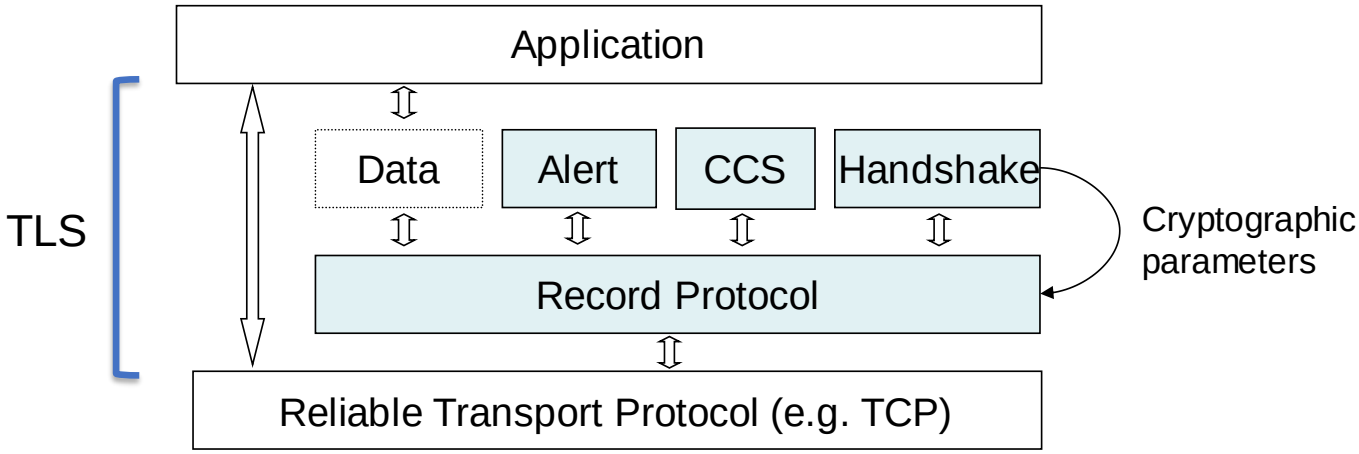
Camada TLS

- TLS fica entre a camada de transporte e aplicação
  - Os dados não protegidos são fornecidos ao TLS pela camada de aplicação
  - O TLS cifra e autentica os dados que envia/recebe da camada de transporte
  - O TLS requer uma camada de transporte fiável (TCP)



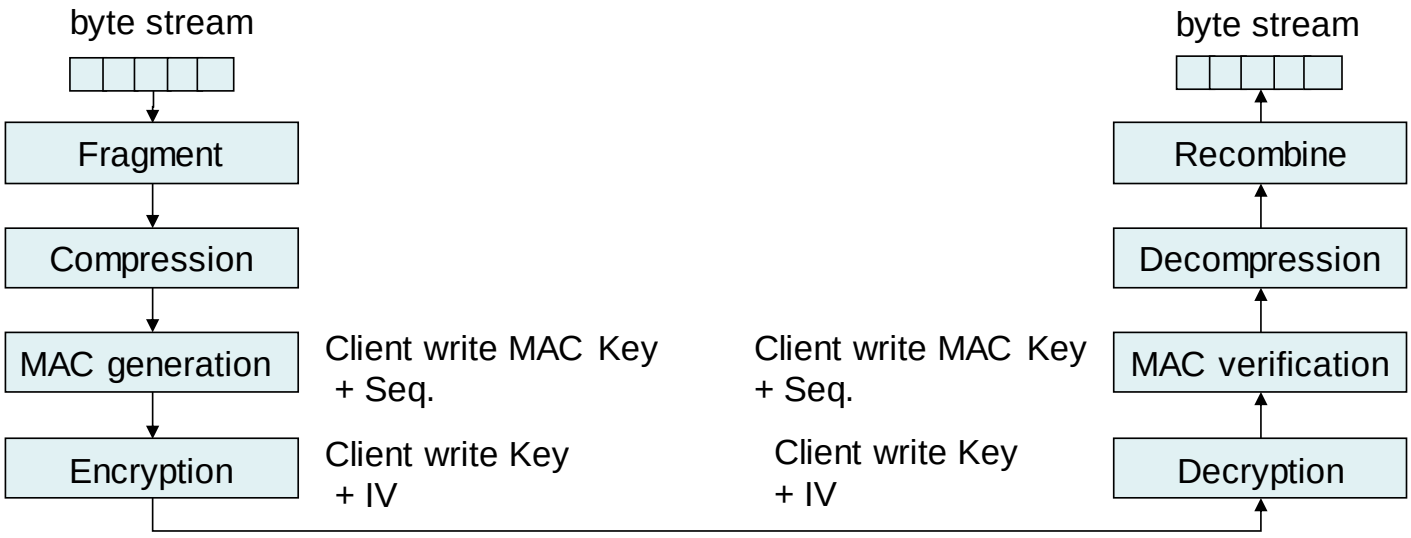
Sub-protocolos

- Dividido em dois subprotocolos principais
- *Record protocol*
  - Requer um protocolo de transporte confiável
- *Handshake protocol*
  - Lida com a criação e gestão de conexão segura, ou seja, o estabelecimento seguro dos parâmetros criptográficos do record protocol

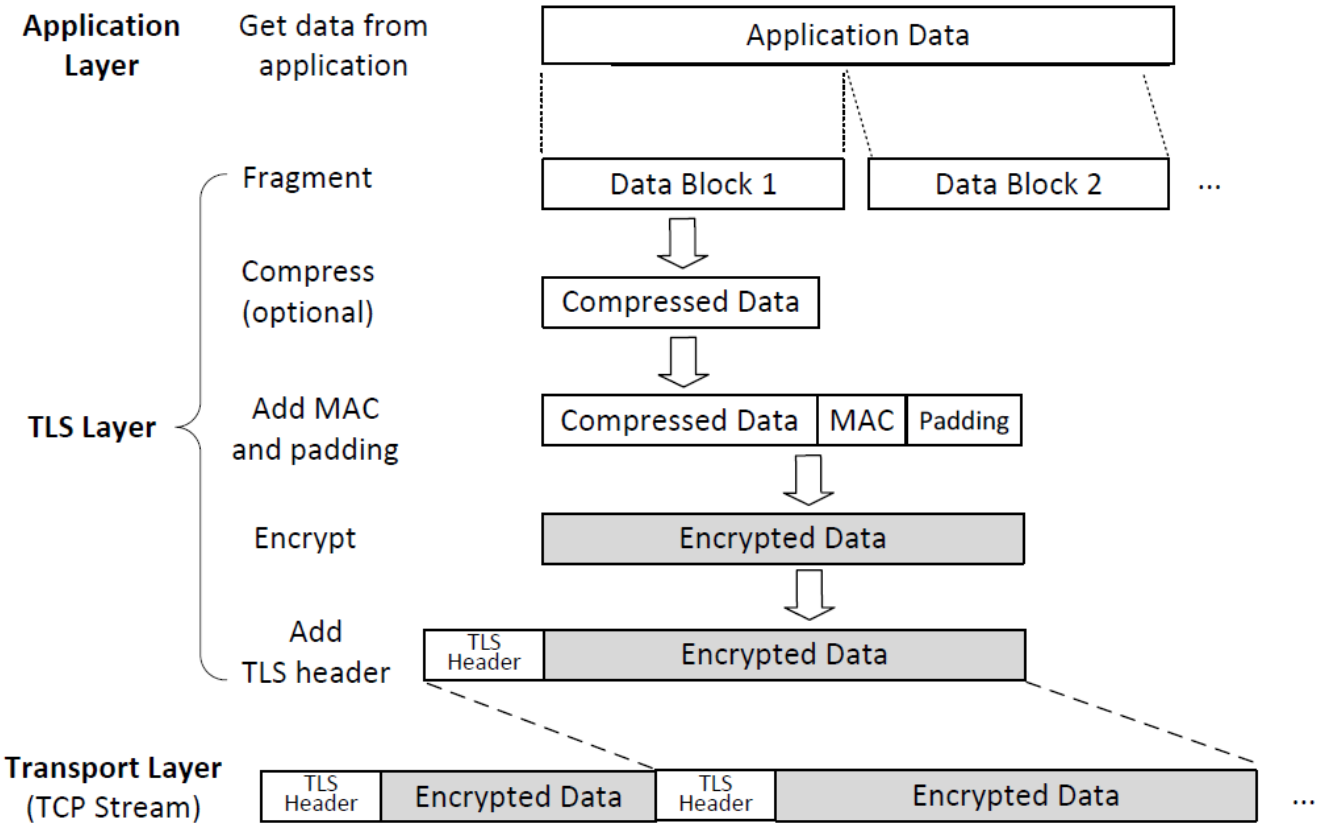


Record Protocol

- Fragmenta, comprime, autentica (MAC) e depois cifra
- A mesma ligação TCP, duas direções independentes de dados
  - Chaves, IVs e número de sequência diferentes (*client write* e *server write*)



Detalhe do *record protocol*



Notas sobre o *record protocol*

- Repetições de mensagens
  - Detectado pelo número de sequência
- Reflexão da mensagem
  - Chaves MAC separadas para cada direção
- Reutilização de *keystream* (criptografia simétrica baseada em *streams*)
  - Chaves de criptografia e IVs separados para cada direção
- Análise de tráfego
  - Chaves de criptografia separadas

Esquemas criptográficos

- Os esquemas criptográficos usados dependem do *cipher suite* acordado
- O *cipher suite* e os algoritmos de compressão são negociados pelo protocolo de handshake
- Examplos
  - TLS_NULL_WITH_NULL_NULL
  - TLS_**RSA**_WITH_**3DES_EDE_CBC_SHA**
  - TLS_**RSA**_WITH_**RC4_128_SHA**
- Um *cipher suite* define
  - A função de hash usada pelo HMAC (e.g. SHA)
  - O equemas simétrico (e.g. 3DES_EDE_CBC or RC4_128)
    - Suporta modos de bloco ou *stream*
  - Esquema de estabelecimento de chaves (RSA or DH)

Handshake protocol

- Responsável por
  - Negociação dos parâmetros de operação
  - Autenticação dos *endpoints*
  - Estabelecimento de chave segura
- Autenticação de *endpoint* e estabelecimento de chave
  - A autenticação é opcional em ambas as extremidades
  - Suporta várias técnicas criptográficas:
    - Transporte de chave (por exemplo, RSA)
    - Acordo de chave (por exemplo, DH)
- Cenário típico na internet (HTTPS)
  - Transporte de chave baseado em RSA usando certificados X.509
  - Autenticação de servidor obrigatória
  - Autenticação de cliente opcional

Handshake Protocol: resumo

- Quando é usado RSA para transporte de chave
  - C ↔ S: negociação dos algoritmos a serem usados
  - C ← S: certificado de servidor
  - C → S: segredo aleatório cifrado com a chave pública do servidor
  - C ← S: prova de posse do segredo aleatório

- Se for necessário autenticação de cliente
  - C ← S: O servidor solicita o certificado de cliente
  - C → S: certificado de cliente
  - C → S: prova de posse da chave privada, assinando as mensagens anteriores

Handshake Protocol (1): RSA based

ClientHello	C → S: client capabilities
ServerHello	C ← S: parameter definitions
Certificate	C ← S: server certificate (**KeS**)
CertificateRequest(*)	C ← S: Trusted CAs
ServerHelloDone	C ← S: synchronization
Certificate(*)	C → S: client certificate (**KvC**)
ClientKeyExchange	C → S: **Enc(KeS: pre_master_secret)**
CertificateVerify(*)	C → S: **Sign(KsC: handshake_messages)**
ChangeCipherSpec	C → S: record protocol parameters change
Finished	C → S: **{HMAC(master_secret, handshake_messages)}**
ChangeCipherSpec	C ← S: record protocol parameters change
Finished	C ← S: **{HMAC(master_secret, handshake_messages)}**

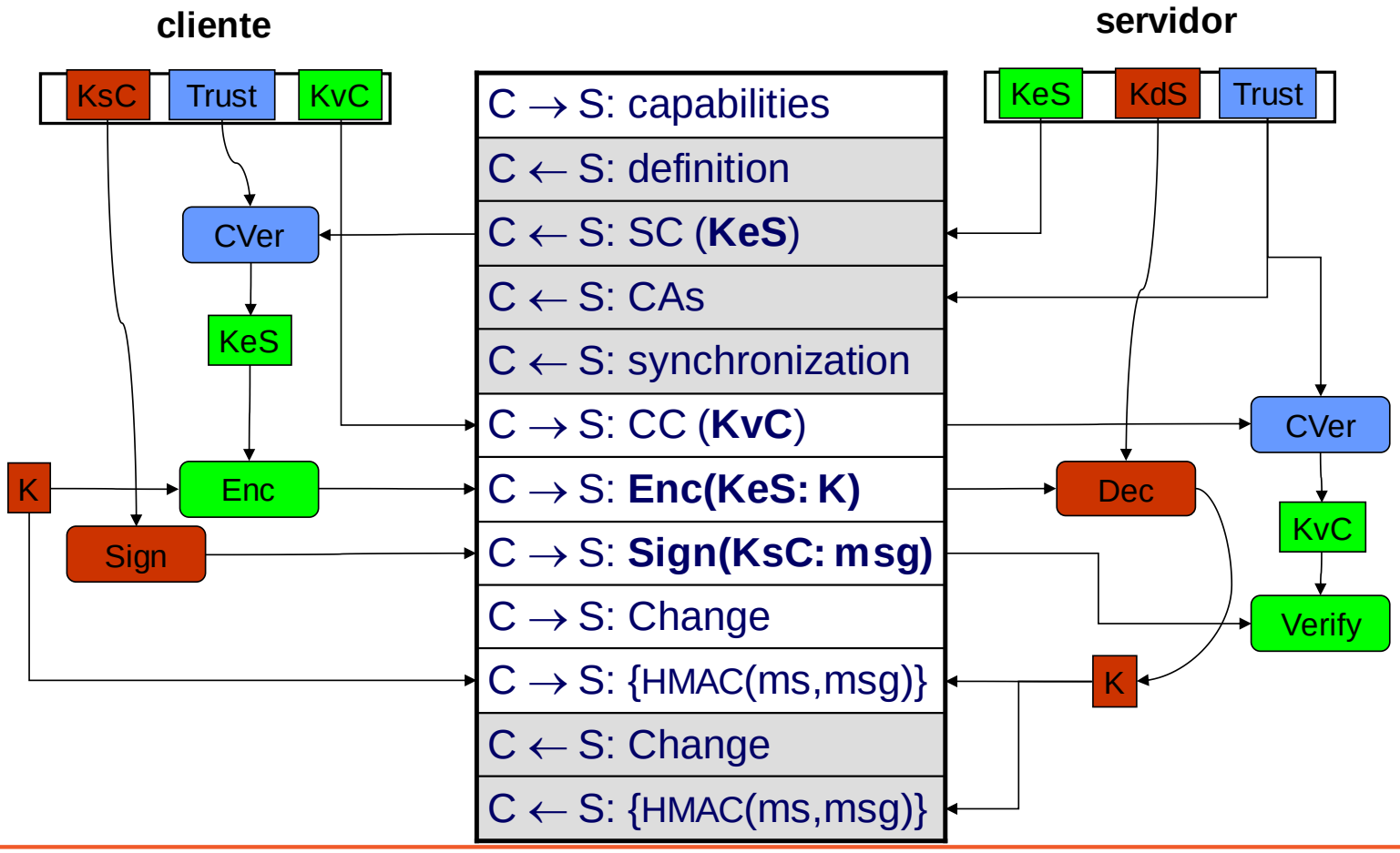
Protocolo HTTPS

- HTTP sobre TLS
- Porta por omissão: 443
- Verificar entre o URI e o certificado
  - extensão **subjectAltName** do tipo **dNSName** (se existir)
  - o campo **Common Name** no campo **Subject field**

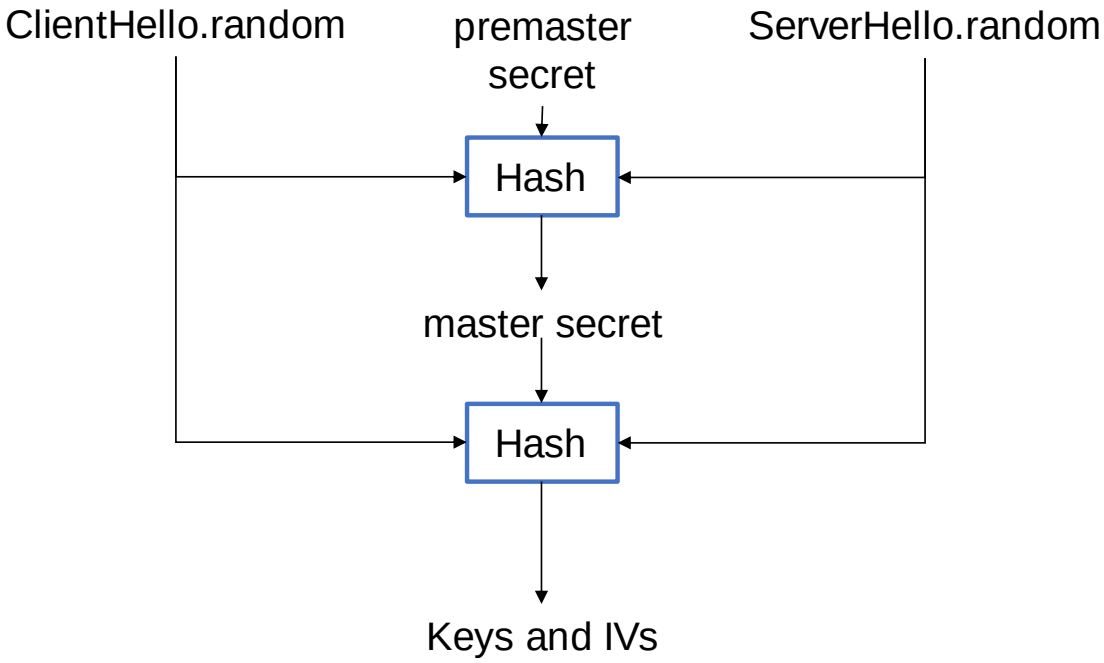
Demonstração

- HTTPS
- Repositório com raízes de confiança
- Ataques

Outra vista


cliente
servidor
KsC
Trust
KvC
KeS
KdS
Trust
CVer
KeS
K
Enc
Sign
Dec
CVer
KvC
Verify
K
C → S: capabilities
C ← S: definition
C ← S: SC (KeS)
C ← S: CAs
C ← S: synchronization
C → S: CC (KvC)
C → S: Enc(KeS: K)
C → S: Sign(KsC: msg)
C → S: Change
C → S: {HMAC(ms,msg)}
C ← S: Change
C ← S: {HMAC(ms,msg)}

Derivação de chaves



Alteração e repetição de mensagens de handshake

- Alteração de mensagens de *handshake* é detetado com a mensagem **Finished**
  - A mensagem Finished garante que ambos os endpoints recebem a mesma mensagem

- Repetição de mensagens de Handshake
  - **ClientHello** and **ServerHello** contém valores aleatórios, diferentes para cada handshake
  - Implica que a mensagem **Finished** é diferente para cada *handshake*

Perfect forward secrecy

- A troca de chaves com RSA implica que o browser usa a chave pública do servidor para cifrar o *pre master secret*
  - O servidor decifra o *pre master secret* usando a chave privada
- Este processo é seguro e garante confidencialidade do *pre master secret*
- O que acontece se a chave privada for comprometida?
  - O pre master secret dos handshakes seguintes e dos anteriores (guardados pelo atacante) podem ser decifrados
- *Perfect forward secrecy* é a propriedade do handshake que garante que, se a chave privada for comprometida, não é possível decifrar master secret anteriores (e consequemente não é possível decifrar mensagens do record protocol)

Master Secret baseado em *Diffie-Hellman*

- Cliente e servidor escolhem parâmetros p e g
- Servidor:
  - Escolhe a e calcula $Y=g^a \bmod p$
  - Envia Y, *Sign(KsB)(Y)*
- Cliente:
  - Escolhe b calcula e envia $X = g^b \bmod p$
  - Computes $Y^b \bmod p = g^{ab} \bmod p = \mathbf{Z}$
- Servidor:
  - Calcula $X^a \bmod p = g^{ab} \bmod p = \mathbf{Z}$
- O atacante conhece p, g and vê $g^a \bmod p$, $g^b \bmod p$
- É computacionalmente difícl determinar a e b

Pre master secret

Ataques a autoridades de certificação

- A validação do certificado do servidor depende de uma raiz de confiança
- As raízes de confiança são certificados emitidos por autoridades de certificação
- A autoridade de certificação Diginotar foi comprometida em 2011 e o atacante conseguiu emitir um certificado para serviços Google
- Um ataque de *man-in-the-middle* substuíu o certificado do Gmail pelo novo certificado, conseguindo ver mensagens sem quebrar o TLS

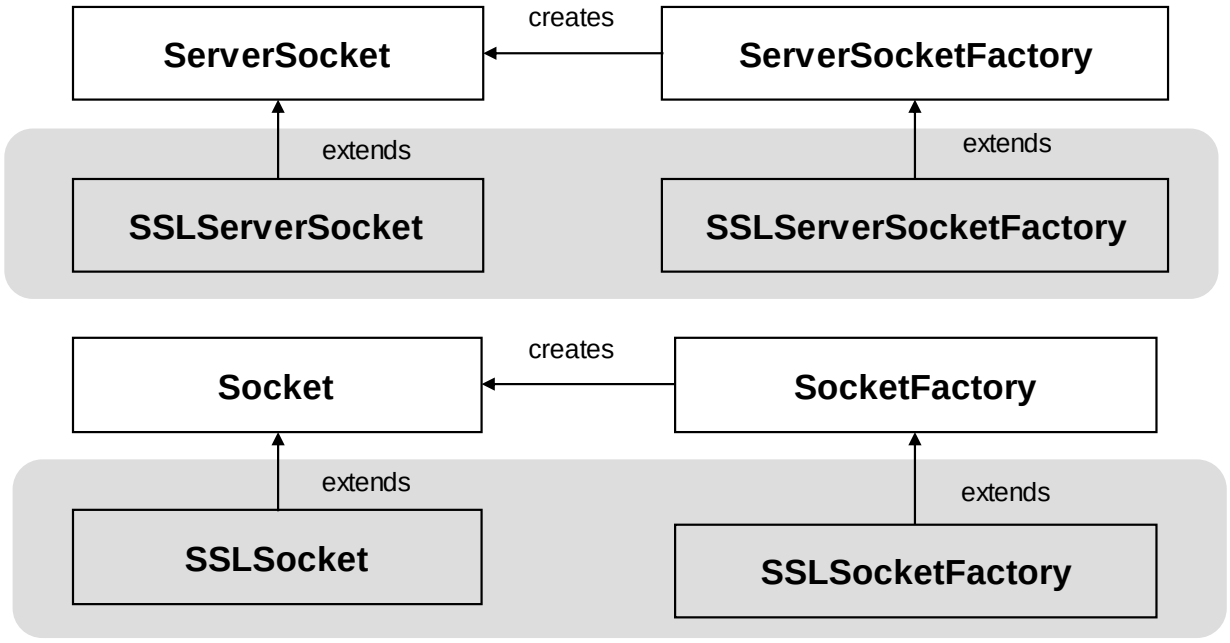
Sockets TLS em Java

ISEL – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa
Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1 | 1959-007 Lisboa

21

Sockets e fábricas de sockets

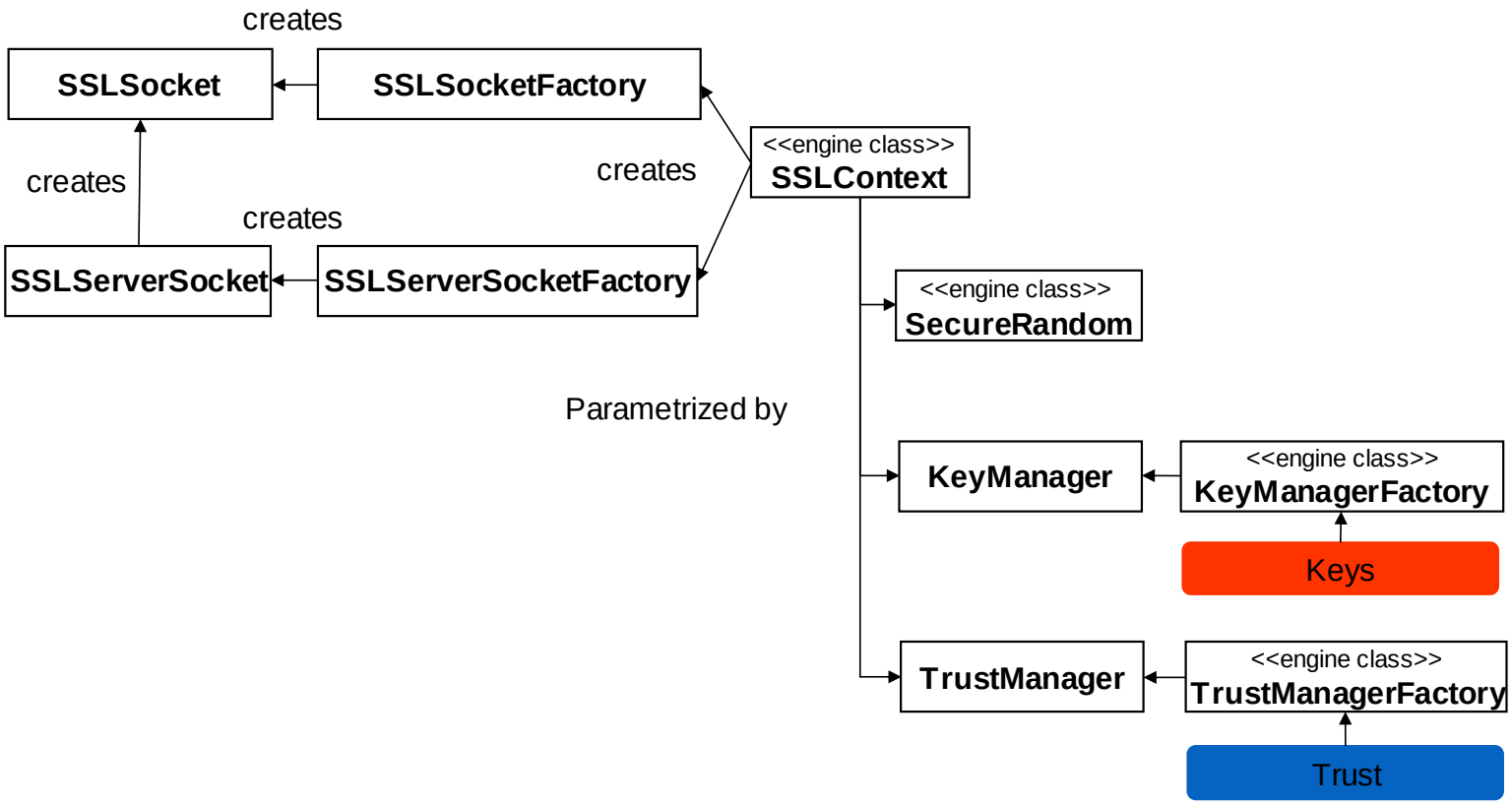
- Os sockets regulares podem ser instanciados através de classes fábrica
- Instâncias **`ServerSocket`** e **`Socket`** são criadas por **`ServerSocketFactory`** e **`SocketFactory`** instances



Funcionalidade

- **SSLSocketFactory** and **SSLServerSocketFactory**
  - Obtenção de cipher suites suportados por missão
  - Criação de instâncias de sockets
- **SSLSocket** and **SSLServerSocket**:
  - Inicia o handshake e recebe notificações da sua conclusão
  - Define the enabled protocols (SSL v3.0, TLS v1.0) and enabled cipher suites
  - Accept/require client authentication
  - Obtain the negotiated session
- **SSLSession**
  - Obtain the negotiated cipher suite
  - Get the authenticated peer identity and certificate chain

Arquitetura baseada em fábricas de objectos



24

Raizes de confiança por omissão em Java

```
public class SSLDemo {
  public static void main(String[] args) throws IOException {
    SSLSocketFactory sslFactory =
                  HttpsURLConnection.getDefaultSSLSocketFactory();
    SSLSocket client = (SSLSocket)
                  sslFactory.createSocket("docs.oracle.com", 443);
    client.startHandshake();
    SSLSession session = client.getSession();
    System.out.println(session.getCipherSuite());
    System.out.println(session.getPeerCertificates()[0]);
    client.close();
  }
}
```

*Usa raízes de confiança por omissão em <java_home>\jre\lib\security**cacerts***