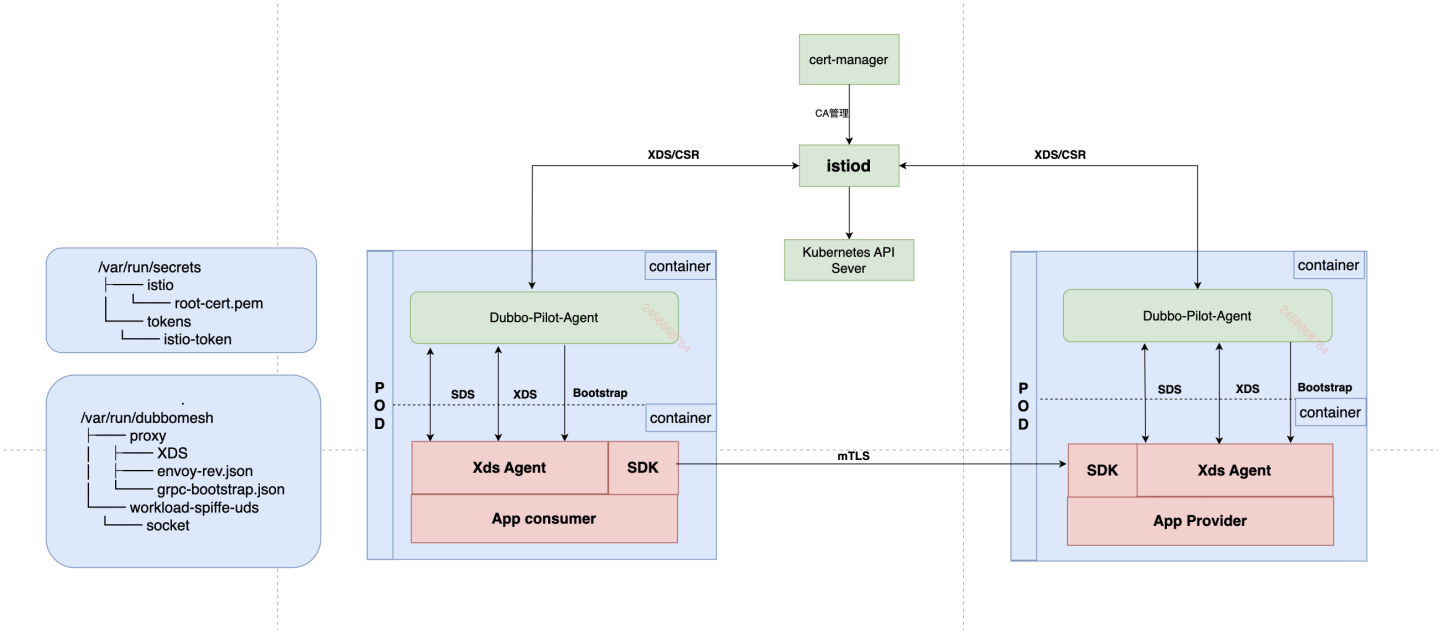
Dubbo零信任安全机制

一、整体架构

Dubbo 零信任安全机制整体框架是 istiod 作为控制面，istiod 控制面通常负责安全策略、证书等的管理，控制面负责与基础设施如 Kubernetes API Server 交互，将配置数据下发给 Dubbo 数据面组件。Dubbo 作为数据面适配 istiod 控制面 API。具体框架如下：



1. **istiod 控制面**:
   - istiod 是 Istio 服务网格的控制面组件，负责管理安全策略、证书和其他配置。
   - 它与基础设施组件（如 Kubernetes API Server）交互，将配置数据下发给 Dubbo 数据面组件。
2. **Dubbo 数据面**:
   - 数据面包括 dubbo pilot agent 和集成了 Dubbo SDK 的业务应用程序，它们运行在同一个 Pod 中的不同容器里。
   - 这两个容器通过共享卷 `/var/run/dubbomesh` 上的本地套接字进行通信。
3. **Dubbo Pilot Agent**:
   - 在启动时创建私钥和证书签名请求（CSR），然后将 CSR 发送给 istiod 进行签名。
   - 负责与 istiod 进行安全认证，并监控工作负载证书的过期和重新签发。
   - 代理 XDS 服务和提供 SDS gRPC 服务。
   - 生成 Dubbo SDK 的 bootstrap 配置。
4. **Xds Agent**:

- 解析由 dubbo pilot agent 生成的 Bootstrap 配置，并与 SDS 和 XDS 建立连接。
- 解析接收到的 LDS（监听器发现服务）、RDS（路由发现服务）、CDS（集群发现服务）、EDS（端点发现服务）和 SDS 资源。
- 为 Dubbo SDK 提供 TLS 管理、对等认证（Peer Authentication）、请求认证（Request Authentication）和授权（Authorization）能力。
- 为 Dubbo SDK 提供服务发现能力。

这个框架通过在 Dubbo 中集成 Istio 的控制面和数据面组件，实现了零信任安全原则，包括但不限于加密通信、身份验证和授权。这样，Dubbo 应用程序可以在服务网格环境中安全地通信和服务发现，同时保持了 Dubbo 的高性能和灵活性。

二、Istio 控制面 三大 CRD

1. 对等认证 PeerAuthentication

双向 TLS 认证策略

1. Mesh/Namespace/Workload 三种策略目标
2. PERMISSIVE/STRICT/DISABLE 三种工作模式
3. 保存身份信息到 source.principal

```
apiVersion: security.istio.io/v1beta1
kind: PeerAuthentication
metadata:
  name: "example-peer-policy"
  namespace: "foo"
spec:
  selector:
    matchLabels:
      app: reviews
  mtls:
    mode: STRICT
```

2. 请求认证 RequestAuthentication

基于请求令牌认证策略

1. Mesh/Namespace/Workload 三种策略目标
2. token 的位置
3. issuer 和 audiences
4. JSON Web Key Set（JWKS）
5. 保存身份信息到 request.auth.principal

```
apiVersion: "security.istio.io/v1beta1"
kind: "RequestAuthentication"
metadata:
  name: "httpbin-demo1"
  namespace: foo
spec:
  jwtRules:
   - issuer: "https://dubbo.apache.org/"
     audiences:
       - dev
     fromHeaders:
       - name: "Authorization"
         prefix: "Bearer "
     jwks: |
       {
         "keys": [
          {
           ...
          }
         ]
       }
```

3. 授权 AuthorizationlPolicy

授权策略

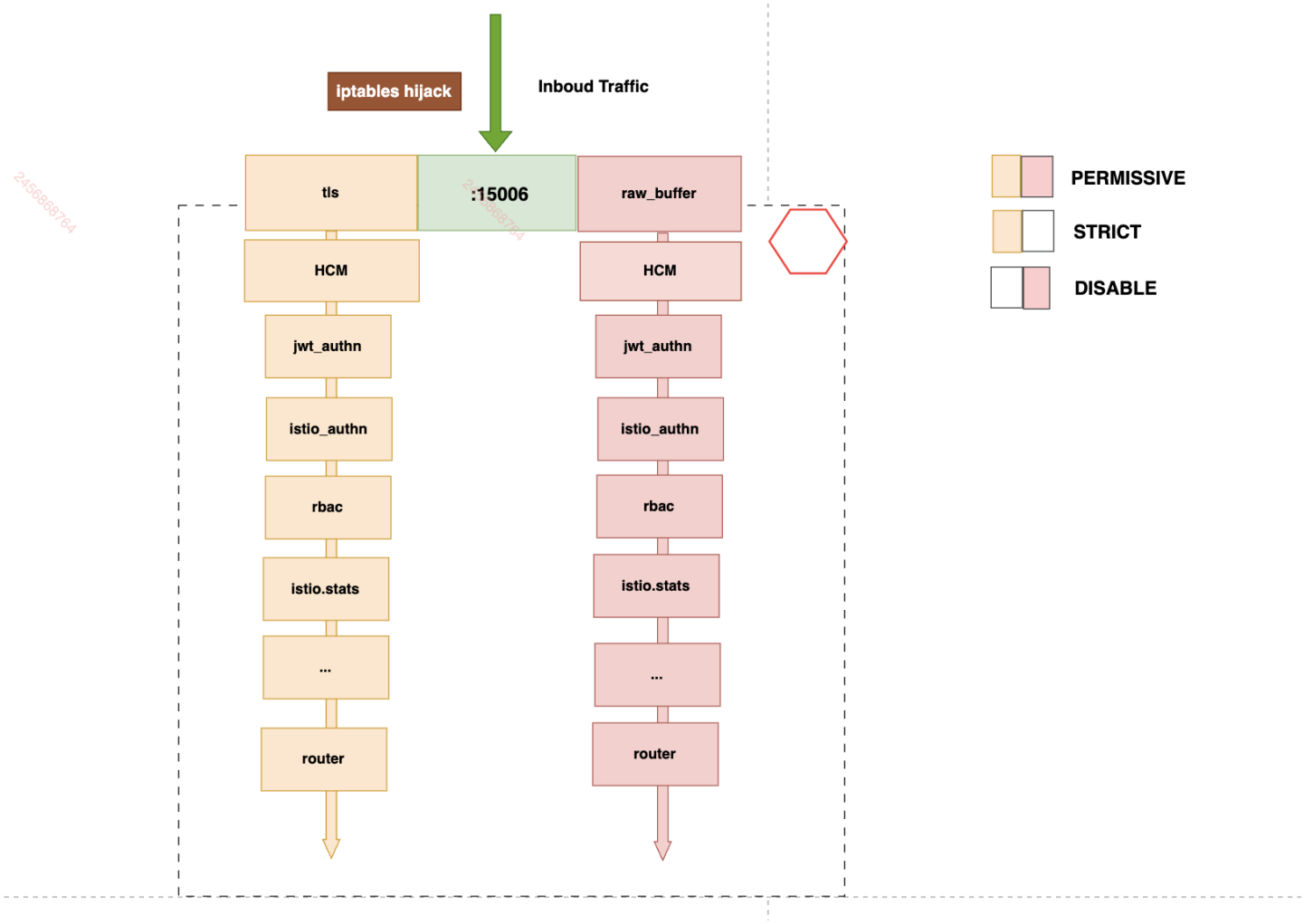
1. Mesh/Namespace/Workload 三种策略目标
2. action 指定ALLOW 、DENY
3. rules 指定何时触发动作
   - from 指定请求的来源
   - to 指定请求的操作
   - when 指定应用规则所需的条件

```
apiVersion: security.istio.io/v1
kind: AuthorizationPolicy
metadata:
 name: httpbin
 namespace: foo
spec:
 selector:
   matchLabels:
     app: httpbin
 action: ALLOW
 rules:
 - from:
   - source:
       principals: ["cluster.local/ns/default/sa/sleep"]
   - source:
       namespaces: ["dev"]
   to:
   - operation:
       methods: ["GET"]
   when:
   - key: request.auth.claims[iss]
     values: ["https://accounts.google.com"]
```

istio文档：https://istio.io/latest/zh/docs/concepts/security/#authorization

三、Enovy 数据面实现原理

1. Downstream virutalInbound 配置




```
listener:
 name: virtualInbound
 address:
  socketAddress:
    address: 0.0.0.0
    portValue: 15006
filterChains:
- name: virtualInbound-catchall-http
  filterChainMatch:
    transportProtocol: tls
  transportSocket: {...}
  filters:
  - name: envoy.filters.network.http_connection_manager
     typedConfig:
       routeConfig: {}
       httpFilters:
       - name: envoy.filters.http.jwt_authn
       - name: istio_authn
       - name: envoy.filters.http.rbac
       - name: ...
       - name: istio.stats
       - name: envoy.filters.http.router
- name: virtualInbound-catchall-http
  filterChainMatch:
    prefix_ranges: {...}
    transport_protocol: raw_buffer
  transportSocket: {...}
  filters:
  - name: envoy.filters.network.http_connection_manager
    ...
```

```
transport_socket:
  name: "envoy.transport_sockets.tls"
  typed_config:
    "@type":
"type.googleapis.com/envoy.extensions.transport_sockets.tls.v3.DownstreamTlsContext"
    common_tls_context:
      tls_certificate_sds_secret_configs:
        - name: "default"
          sds_config:
            api_config_source:
              api_type: "GRPC"
              grpc_services:
                - envoy_grpc:
                    cluster_name: "sds-grpc"
      combined_validation_context:
        default_validation_context:
          match_subject_alt_names:
            - prefix: "spiffe://cluster.local/"
        validation_context_sds_secret_config:
          name: "ROOTCA"
          sds_config:
            api_config_source:
              api_type: "GRPC"
              grpc_services:
                - envoy_grpc:
                    cluster_name: "sds-grpc"
    require_client_certificate: true
```

2. Upstream Cluster 配置

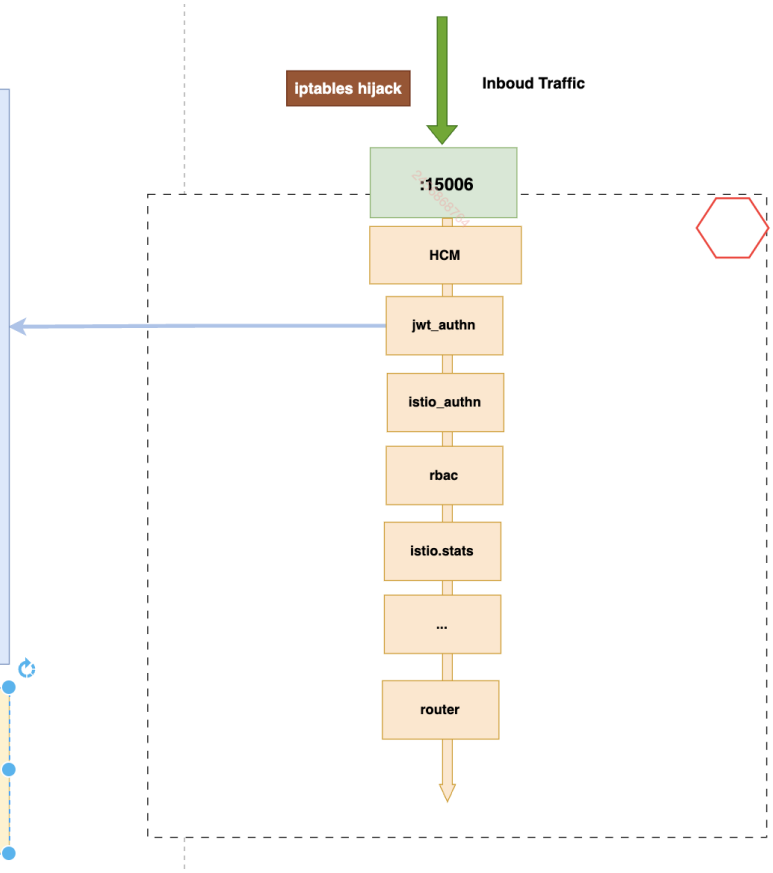
```
cluster:
  "@type": "type.googleapis.com/envoy.config.cluster.v3.Cluster"
  name: "outboundl8000llhttpbin.foo.svc.cluster.local"
  type: EDS
  eds_cluster_config: {...}
  circuit_breakers: {...}
  ...
  transport_socket_matches:
    - name: "tlsMode-istio"
      match:
        tlsMode: "istio"
      transport_socket:
        name: "envoy.transport_sockets.tls"
        typed_config:
          "@type":
"type.googleapis.com/envoy.extensions.transport_sockets.tls.v3.UpstreamTlsContext"
          common_tls_context: {...}
    - name: "tlsMode-disabled"
      match: {}
      transport_socket:
        name: "envoy.transport_sockets.raw_buffer"
        typed_config:
          "@type":
"type.googleapis.com/envoy.extensions.transport_sockets.raw_buffer.v3.RawBuffer"
```

```
common_tls_context:
  tls_certificate_sds_secret_configs:
    - name: "default"
      sds_config:
        api_config_source:
          api_type: "GRPC"
          grpc_services:
            - envoy_grpc:
                cluster_name: "sds-grpc"
  combined_validation_context:
    default_validation_context:
      match_subject_alt_names:
        - exact: "spiffe://cluster.local/ns/foo/sa/httpbin"
    validation_context_sds_secret_config:
      name: "ROOTCA"
      sds_config:
        api_config_source:
          api_type: "GRPC"
          grpc_services:
            - envoy_grpc:
                cluster_name: "sds-grpc"
```

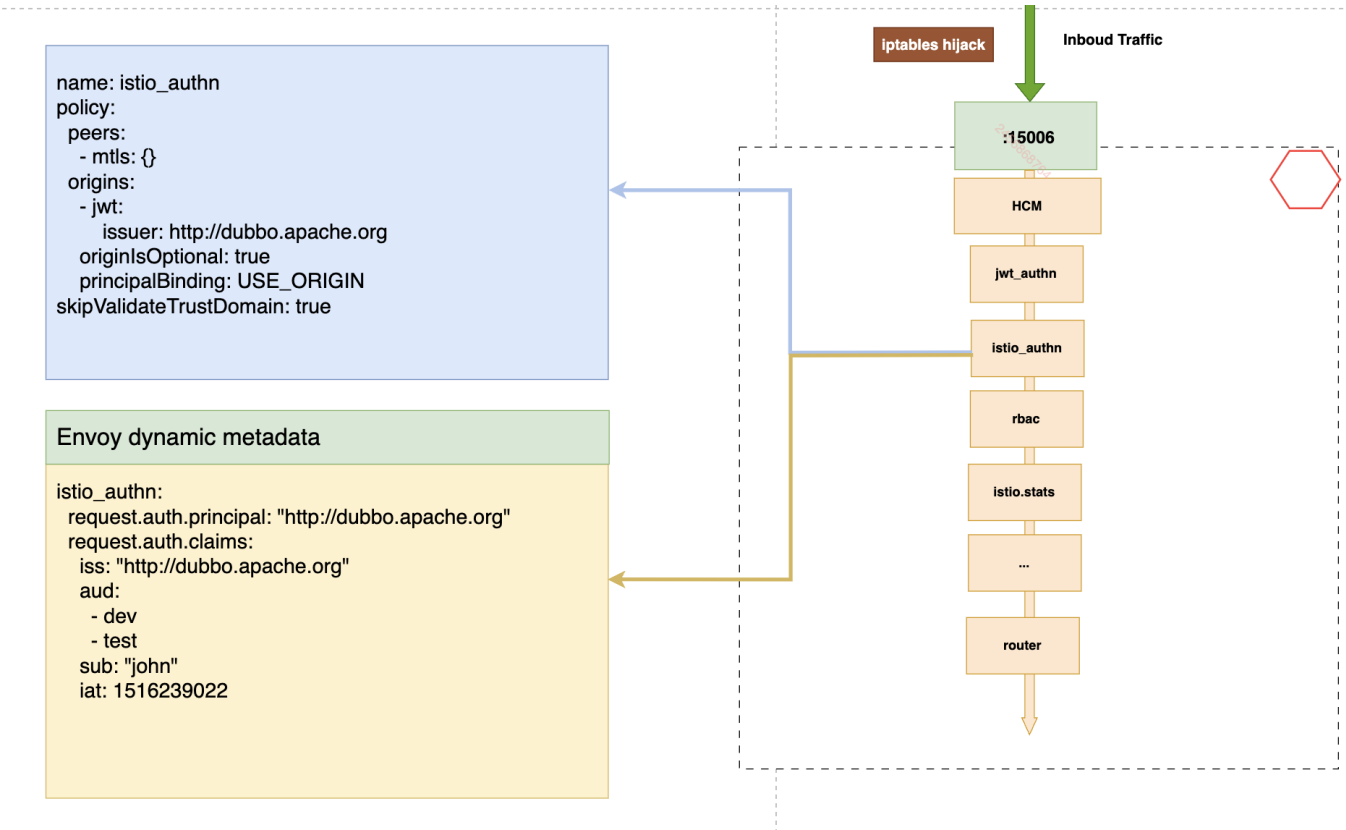
3. envoy.filters.http.jwt_authn

```
name: envoy.filters.http.jwt_authn
providers:
  origins-0:
    issuer: http://dubbo.apache.org
    audiences:
      - dev
      - test
    fromHeaders:
      - name: "Authorization"
        prefix: "Bearer "
    localJwks:
      inlineString: "..."
rules:
  - match:
      prefix: "/"
    requires:
      requiresAny:
        requirements:
          - providerName: origins-0
          - allowMissing: {}
```

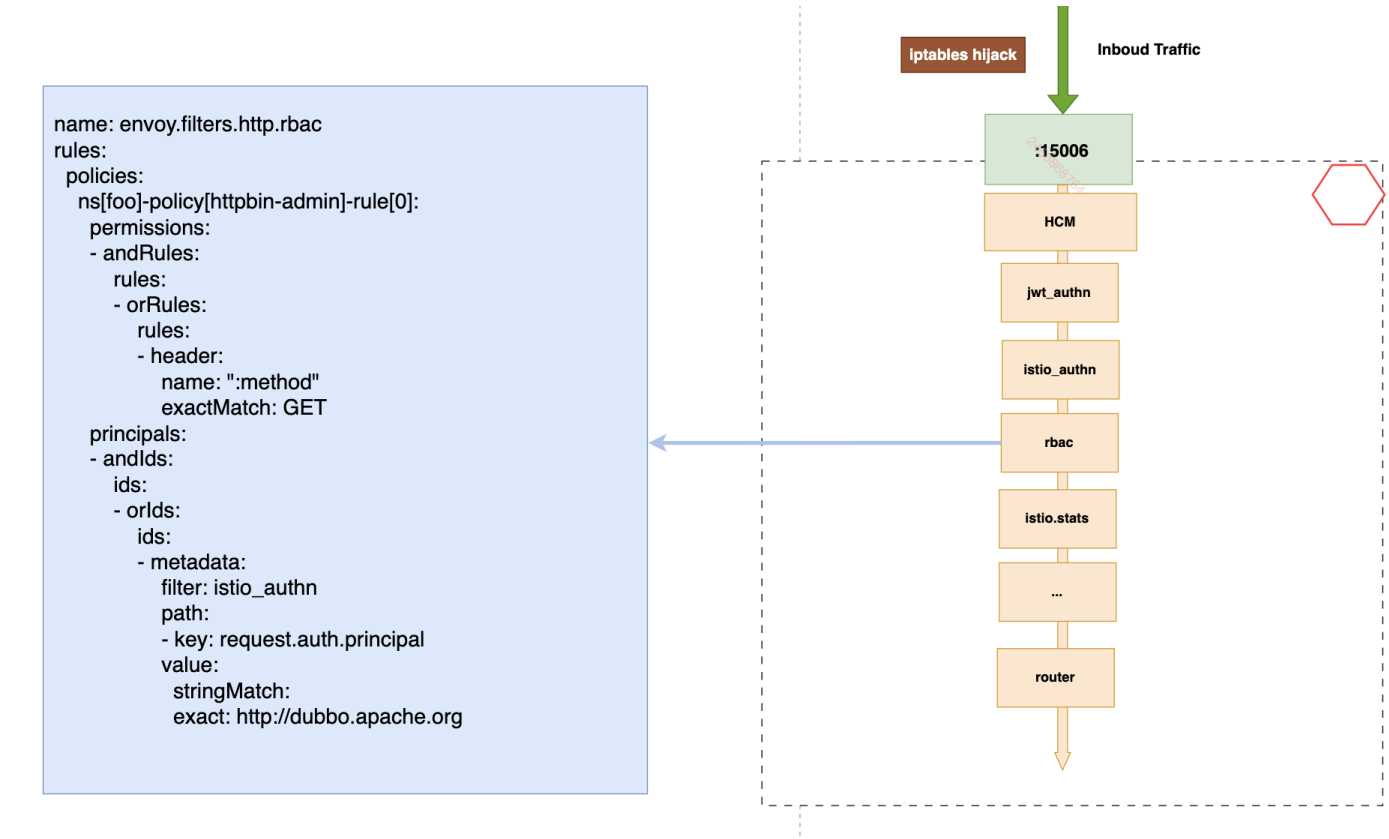
1. 允许 Token为空的请求
2. 有Token 如果校验失败，就拒绝请求
3. 在授权时候可以拒绝没有经过Token认证的请求



4. istio_authn

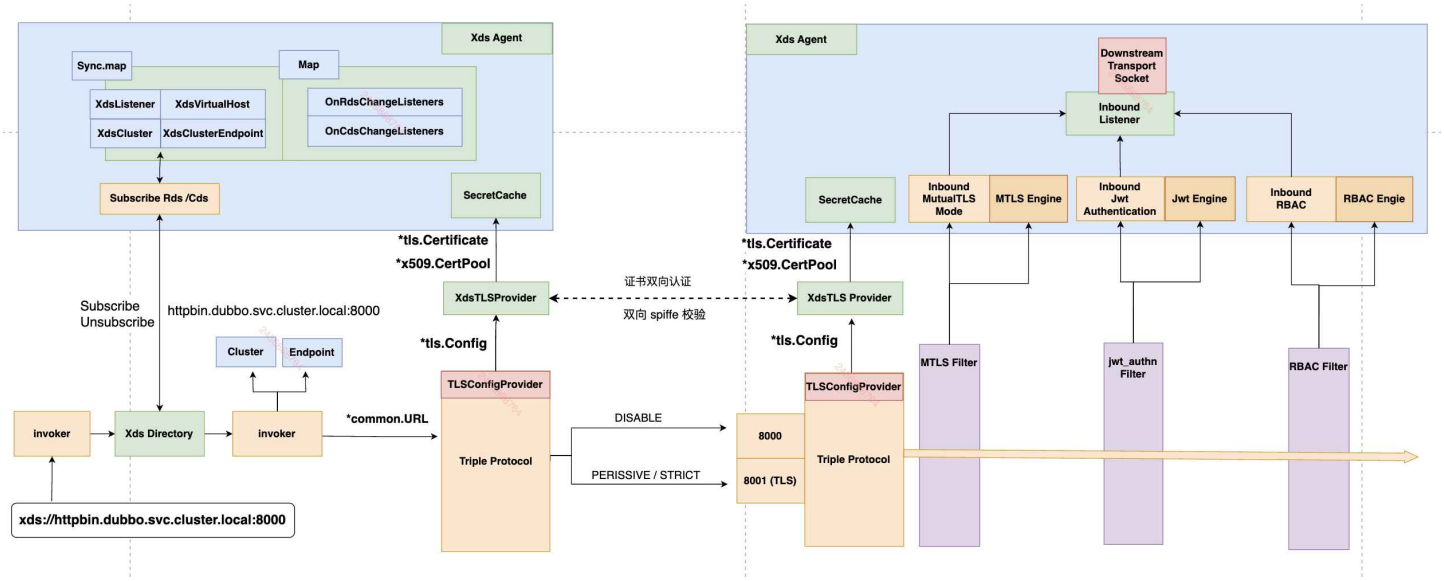


5. envoy.filters.http.rbac



四、 Dubbo SDK 数据面实现原理

整体框架如下：



1. 实现 mTLS 和 PeerAuthentication

具体步骤如下：

1. **实现 Tri Protocol TLS**：
   - 在 Tri Protocol Export 时，为其注入 TLS 配置提供者（TLS Config Provider）。
   - 同时启动 HTTP 服务器和 HTTPS 服务器，其中 HTTPS 服务器监听的端口是 HTTP 服务器端口号加一。
2. **Provider 端配置**：
   - 通过 Xds TLS Provider 中 `GetServerWorkLoadTLSConfig` 函数获取服务器工作负载的 `*tls.Config` 配置。
   - 配置包括获取工作负载证书、CA 证书池，并设置客户端证书的验证逻辑。
   - 在 `VerifyPeerCertByServer` 函数中，同时验证客户端证书是否在服务端的 ROOT CA 证书链中，以及客户端证书中的 SPIFFE URI 是否匹配预期的值。
3. **Consumer 端配置**：
   - 在 Xds directory 中，为每个 `XdsCluster` 中的每个 `XdsClusterEndpoint` 生成 对应 Dubbo 通用 URL（common.URL）。
   - 根据 `XdsCluster` 的 mTLS 模式设置端口号：如果是 `DISABLE`，则使用端点的实际端口号；如果是 `STRICT` 或 `PERMISSIVE`，则端口号是端点对应端口号加一。
   - 将 XDSCluster Upstream transport socket 中的 SPIFFE 认证方式添加到 URL 中，并传递到 Tri Protocol 的 refer方法里。
   - 通过 Xds TLS Provider 中 `GetClientWorkLoadTLSConfig` 函数获取客户端工作负载的 `*tls.Config` 配置。
   - 配置包括获取工作负载证书、CA 证书池，并设置服务器证书的验证逻辑。

- 在 `VerifyPeerCertByClient` 函数中，同时验证服务端证书是否在客户端的 ROOT CA 证书链中，以及服务端证书中的 SPIFFE URI 是否匹配预期的值。

4. **MTLS Filter**：根据当前mTLS model 来判断是否允许请求HTTP流量和 HTTPS流量。
   - STRICT模式：只允许 HTTPS 流量
   - DISABLE模式：只允许 HTTP 流量
   - PERMISSIVE模式：允许 HTTP 流量或者 HTTPS流量
5. **Xds TLS Provider 中获取 tls.Config 方法如下：**

```
func (x *xdsTLSProvider) GetServerWorkLoadTLSConfig(url *common.URL)
(*tls.Config, error) {
   cfg := &tls.Config{
      GetCertificate: x.GetWorkloadCertificate,
      // ClientAuth:     tls.VerifyClientCertIfGiven, // for test only
      ClientAuth: tls.RequireAndVerifyClientCert, // for prod
      ClientCAs: x.GetCACertPool(),
      VerifyPeerCertificate: func(rawCerts [][]byte, verifiedChains [][]*x509.Certificate) error {
         err := x.VerifyPeerCertByServer(rawCerts, verifiedChains)
         if err != nil {
            logger.Errorf("Could not verify client certificate: %v", err)
         }
         return err
      },
      MinVersion:               tls.VersionTLS12,
      CipherSuites:             tlsprovider.PreferredDefaultCipherSuites(),
      NextProtos:               []string{"h2", "http/1.1"},
      PreferServerCipherSuites: true,
   }

   return cfg, nil
}

func (x *xdsTLSProvider) GetClientWorkLoadTLSConfig(url *common.URL)
(*tls.Config, error) {

   verifyMap := make(map[string]string, 0)
   verifyMap["SubjectAltNamesMatch"] = url.GetParam(constant.TLSSubjectAltNamesMatchKey, "")
   verifyMap["SubjectAltNamesValue"] = url.GetParam(constant.TLSSubjectAltNamesValueKey, "")

   cfg := &tls.Config{
      GetCertificate:     x.GetWorkloadCertificate,
```

```
31        InsecureSkipVerify: true,
32        RootCAs:            x.GetCACertPool(),
33        VerifyPeerCertificate: func(rawCerts [][]byte, verifiedChains [][]*x509.Certificate) error {
34           certVerifyMap := verifyMap
35           err := x.VerifyPeerCertByClient(rawCerts, verifiedChains, certVerifyMap)
36           if err != nil {
37              logger.Errorf("Could not verify server certificate: %v", err)
38           }
39           return err
40        },
41        MinVersion:               tls.VersionTLS12,
42        CipherSuites:             tlsprovider.PreferredDefaultCipherSuites(),
43        NextProtos:               []string{"h2", "http/1.1"},
44        PreferServerCipherSuites: true,
45     }
46
47     return cfg, nil
48
49  }
```

2. 实现 RequestAuthentication

基于 Dubbo Filter 机制构建 jwt_authn Filter。具体步骤和示例代码：

1. **获取 JwtAuthentication 配置**：从控制面获取下发的 `JwtAuthentication` 配置，该配置包含了 JWT 的发行者、受众、密钥集等信息。
2. **构建 HTTP 请求头**：从 Dubbo 的 `Invocation` Attachments 中提取构建 HTTP 请求头。
3. **构建 Jwt Authn Engine**：根据 HTTP 请求头和 `JwtAuthentication` 配置，构建一个 `JwtAuthnEngine` 实例，该实例负责处理 JWT 的验证和解析。
4. **调用 Filter 方法**：调用 `JwtAuthnEngine` 的 `Filter` 方法来判断请求是否合法。如果请求非法，则拒绝请求并返回错误。
5. **处理合法请求**：如果请求合法，将 JWT 的声明（Claims）信息写入到 `Invocation` 的附件中，以便后续的 RBAC Filter 使用。继续执行后续的调用 `invoker.Invoke(ctx, invocation)`。

示例代码如下：

```go
func (f *jwtAuthnFilter) Invoke(ctx context.Context, invoker protocol.Invoker, invocation protocol.Invocation) protocol.Result {
    ...
    // 获取控制面下发的 Jwt Authentication 配置
    jwtAuthentication := f.pilotAgent.GetHostInboundJwtAuthentication()
    if jwtAuthentication == nil {
        logger.Info("[jwt authn filter] skip jwt authn because there is no jwt authentication found.")
        return invoker.Invoke(ctx, invocation)
    }
    // 从 Invocation Attachements 构建 Http 请求头
    headers := buildRequestHeadersFromCtx(ctx, invoker, invocation)
    //  构建 Jwt Authn Engine
    jwtAuthnFilterEngine := istioengine.NewJwtAuthnFilterEngine(jwtAuthentication)
    //  Jwt Authn Engine 判断请求是否拒绝
    jwtAuthnResult, err := jwtAuthnFilterEngine.Filter(headers)
    if err != nil {
        result := &protocol.RPCResult{}
        result.SetResult(nil)
        result.SetError(err)
        return result
    }

    jwtVerifyStatus := jwtAuthnResult.JwtVerfiyStatus
    // 如果请求非法，就拒绝请求返回
    if jwtVerifyStatus == istioengine.JwtVerfiyStatusMissing {
        result := &protocol.RPCResult{}
        result.SetResult(nil)
        result.SetError(errors.New("jwt token is missing"))
        return result
    }

    if jwtVerifyStatus == istioengine.JwtVerfiyStatusFailed {
        result := &protocol.RPCResult{}
        result.SetResult(nil)
        result.SetError(errors.New("jwt token verify fail"))
        return result
    }

    // 把 jwt Token claims 写入到 invocation attachments 中
    findProviderName := jwtAuthnResult.FindProviderName
    findHeaderName := jwtAuthnResult.FindHeaderName
    jwtToken := jwtAuthnResult.JwtToken
    providers := jwtAuthentication.Providers
    if len(findProviderName) > 0 && jwtToken != nil {
        ...
```

```
45        // 转换 jwt Token 到 jwt claims json
46        if jwtJsonClaims, err := resources.ConvertJwtTokenToJwtClaimsJson(jwtToken); err != nil {
47            logger.Errorf("[jwt authn filter]  can not convert from jwt token to jwt claims, err:%v", err)
48        } else {
49             ...
50            // add new attachment named :auth
51            logger.Infof("[jwt authn filter] add attachment k: %s, v: %s", constant.HttpHeaderXJwtClaimsName, jwtJsonClaims)
52            invocation.SetAttachment(constant.HttpHeaderXJwtClaimsName, []string{jwtJsonClaims})
53            // add request auth headers here
54            authHeaders := resources.FlattenJwtTokenMap(jwtToken)
55            for key, value := range authHeaders {
56               invocation.SetAttachment(strings.ToLower(key), []string{value})
57            }
58        }
59    }
60
61    return invoker.Invoke(ctx, invocation)
62 }
```

3. 实现 AuthorizationPolicy

基于 Dubbo Filter 机制构建 RBAC Filter。具体步骤和示例代码：

1. **获取 RBAC 配置**： 从控制面获取下发的 `AuthorizationPolicy` 配置，该配置包含了访问控制策略和角色定义。
2. **构建 HTTP 请求头**：从 Dubbo 的 `Invocation` Attachment 中提取构建 HTTP 请求头。
3. **构建 RBAC Engine**：根据 HTTP 请求头和 `AuthorizationPolicy` 配置，构建一个 `RBACEngine` 实例，该实例负责处理访问控制的决策。
4. **调用 Filter 方法**：调用 `RBACEngine` 的 `Filter` 方法来判断请求是否合法。如果请求非法，则拒绝请求并返回错误。
5. **处理合法请求**：如果请求合法，继续执行后续的调用 `invoker.Invoke(ctx, invocation)` 。

示例代码如下：

```
1 func (f *rbacFilter) Invoke(ctx context.Context, invoker protocol.Invoker,
```

```
invocation protocol.Invocation) protocol.Result {
    ...
    // 获取控制面下发 RBAC 配置
    v3RBAC := f.pilotAgent.GetHostInboundRBAC()
    if v3RBAC == nil {
        // there is no jwt authn filter
        logger.Info("[rbac filter] skip rbac filter because there is no rbac configuration found.")
        return invoker.Invoke(ctx, invocation)
    }

    // 从 Invocation Attachements 构建 Http 请求头
    headers := buildRequestHeadersFromCtx(ctx, invoker, invocation)
    // 构建 RBAC Engine
    rbacFilterEngine := istioengine.NewRBACFilterEngine(v3RBAC)
    // RBAC Engine 判断请求是否拒绝
    rbacResult, err := rbacFilterEngine.Filter(headers)
    // 如果请求非法，就拒绝请求返回
    if err != nil {
        result := &protocol.RPCResult{}
        result.SetResult(nil)
        result.SetError(err)
        return result
    }
    // 继续执行后续 invoke
    logger.Infof("[rbac filter] rbac result: %s", utils.ConvertJsonString(rbacResult))
    return invoker.Invoke(ctx, invocation)
}
```

五、 Xds Agent 工作原理

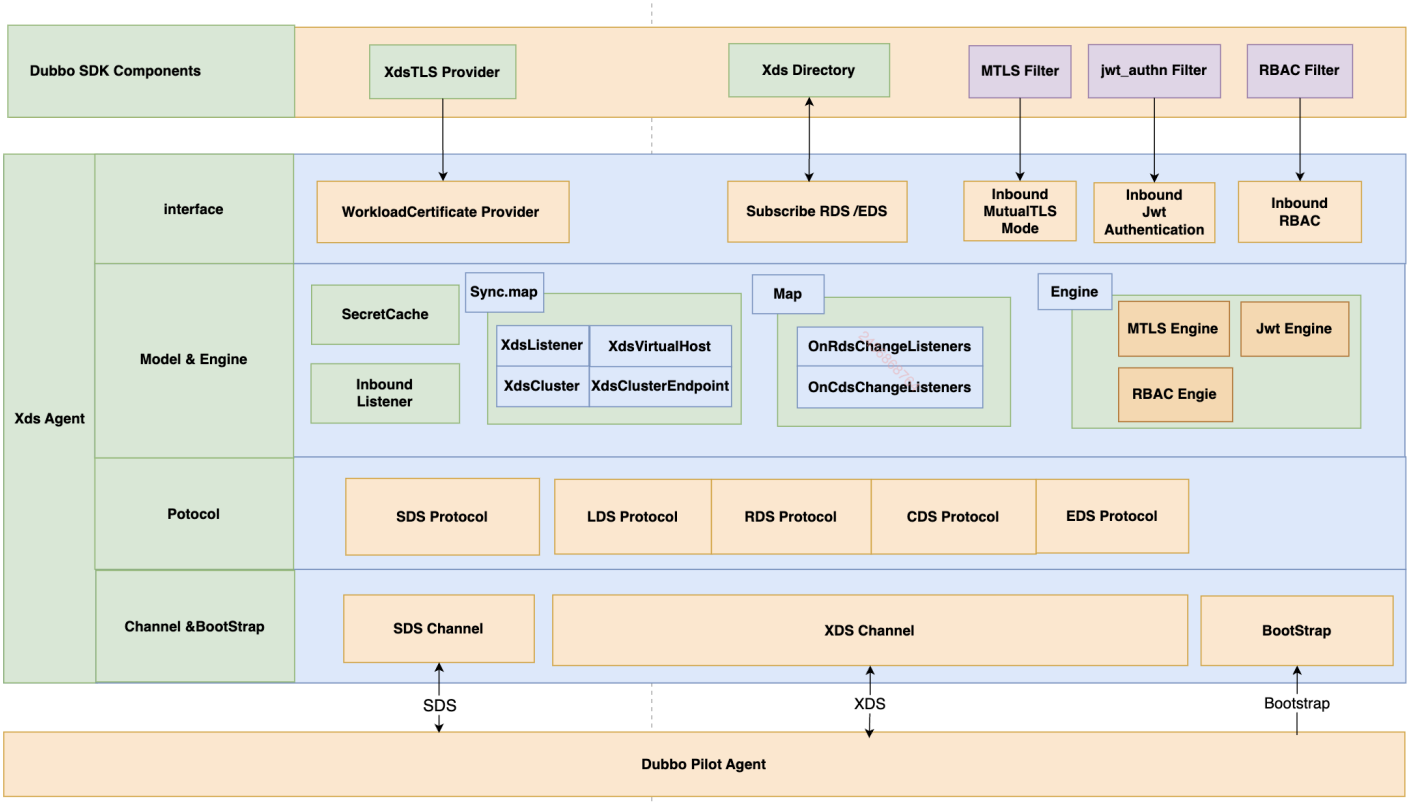
Xds Agent 提供对外接口能力如下：

```
// PilotAgentType represents the type of Pilot agent, either server workload or client workload.
type PilotAgentType int32

const (
    PilotAgentTypeServerWorkload PilotAgentType = iota
    PilotAgentTypeClientWorkload
)

// OnRdsChangeListener defines the signature for RDS change listeners.
```

```go
type OnRdsChangeListener func(serviceName string, xdsVirtualHost resources.XdsVirtualHost) error

// OnCdsChangeListener defines the signature for CDS change listeners.
type OnCdsChangeListener func(clusterName string, xdsCluster resources.XdsCluster, xdsClusterEndpoint resources.XdsClusterEndpoint) error

// XdsAgent is the interface for managing xDS agents.
type XdsAgent interface {
    // Run starts the xDS agent with the specified Pilot agent type.
    Run(pilotAgentType PilotAgentType) error

    // GetWorkloadCertificateProvider returns the provider for workload certificates.
    GetWorkloadCertificateProvider() WorkloadCertificateProvider

    // SubscribeRds subscribes to changes in the Route Discovery Service (RDS) for the given service name.
    SubscribeRds(serviceName, listenerName string, listener OnRdsChangeListener)

    // UnsubscribeRds unsubscribes the listener from changes in the Route Discovery Service (RDS) for the given service name.
    UnsubscribeRds(serviceName, listenerName string)

    // SubscribeCds subscribes to changes in the Endpoint Discovery Service (EDS) for the given cluster name.
    SubscribeCds(clusterName, listenerName string, listener OnCdsChangeListener)

    // UnsubscribeCds unsubscribes the listener from changes in the Endpoint Discovery Service (EDS) for the given cluster name.
    UnsubscribeCds(clusterName, listenerName string)

    // GetHostInboundListener returns the configuration for the host inbound listener.
    GetHostInboundListener() *resources.XdsHostInboundListener

    // GetHostInboundMutualTLSMode returns the mutual TLS mode for host inbound connections.
    GetHostInboundMutualTLSMode() resources.MutualTLSMode

    // GetHostInboundJwtAuthentication returns the JWT authentication configuration for host inbound connections.
    GetHostInboundJwtAuthentication() *resources.JwtAuthentication

    // GetHostInboundRBAC returns the RBAC (Role-Based Access Control) configuration for host inbound connections.
    GetHostInboundRBAC() *rbac.RBAC
```

```
46
47      // Stop stops the xDS agent.
48      Stop()
49  }
50
51  // WorkloadCertificateProvider is the interface for providing workload
    certificates.
52  type WorkloadCertificateProvider interface {
53      // GetServerWorkloadCertificate returns the TLS certificate for the given
    ClientHelloInfo.
54      // This method is responsible for providing certificates based on the
    information
55      // available in the ClientHelloInfo, such as SNI (Server Name Indication).
56      GetServerWorkloadCertificate(*tls.ClientHelloInfo) (*tls.Certificate, error)
57
58      // GetClientWorkloadCertificate returns the TLS certificate for the given
    ClientHelloInfo.
59      // This method is responsible for providing certificates based on the
    information
60      // available in the requestInfo.
61      GetClientWorkloadCertificate(requestInfo *tls.CertificateRequestInfo)
    (*tls.Certificate, error)
62
63      // GetCACertPool returns the root CA certificate pool.
64      // This method is responsible for providing the root CA certificate pool
65      // which is used for verifying the authenticity of certificates presented
66      // by peers during mutual TLS handshake.
67      GetCACertPool() (*x509.CertPool, error)
68  }
```

具体Xds Agent 组件如下：



1. Channel & Bootstrap 层
   - **Bootstrap**: 负责解析bootstrap配置，包含节点信息、服务发现服务（SDS）和扩展服务发现（XDS）套接字地址。
   - **Channel**: 负责与 SDS 和 XDS 套接字建立连接，并在连接失败时进行重试。它还负责发送和接收请求，并处理协议的消息订阅，一旦接收到新数据，就会调用相应的订阅回调函数
2. Protocol 层
   - 该层接收来自 Channel层 的订阅回调，并解析 Envoy 的监听器（Listener）、路由（Route）、集群（Cluster）和端点（Endpoint）配置。解析完成后，它通过 go channel 将这些数据发送给 Xds Agent 的 Model 层。
3. Model & Engine 层
   - 这一层通过 LDS（监听器发现服务）、RDS（路由发现服务）、CDS（集群发现服务）和 EDS（端点发现服务）协议解析数据，并将这些数据保存在同步映射（Sync.map）中。
   - SDS 解析后的 workload 证书和根 CA 被保存在 SecretCache 中。
   - 如果通过 LDS 解析发现是 Envoy 虚拟入口监听器（VirtualInboundListener），则同时将其保存到入口监听器（InboundListener）中。
   - Engine 层包含三个引擎：MTLS 引擎、JWT 引擎和 RBAC 引擎。这些引擎根据控制面下发的配置信息（PeerAuthentication、RequestAuthentication、AuthorizationPolicy）和当前请求的 HTTP 头信息来判断请求是否合法。
4. Interface 层

- 这一层实现了 Xds Agent 对外提供的接口，包括获取证书、订阅和取消订阅 RDS/EDS、获取当前由控制面下发的 MTLS 模式、JWT 和 RBAC 配置等。

六、 最终如何使用

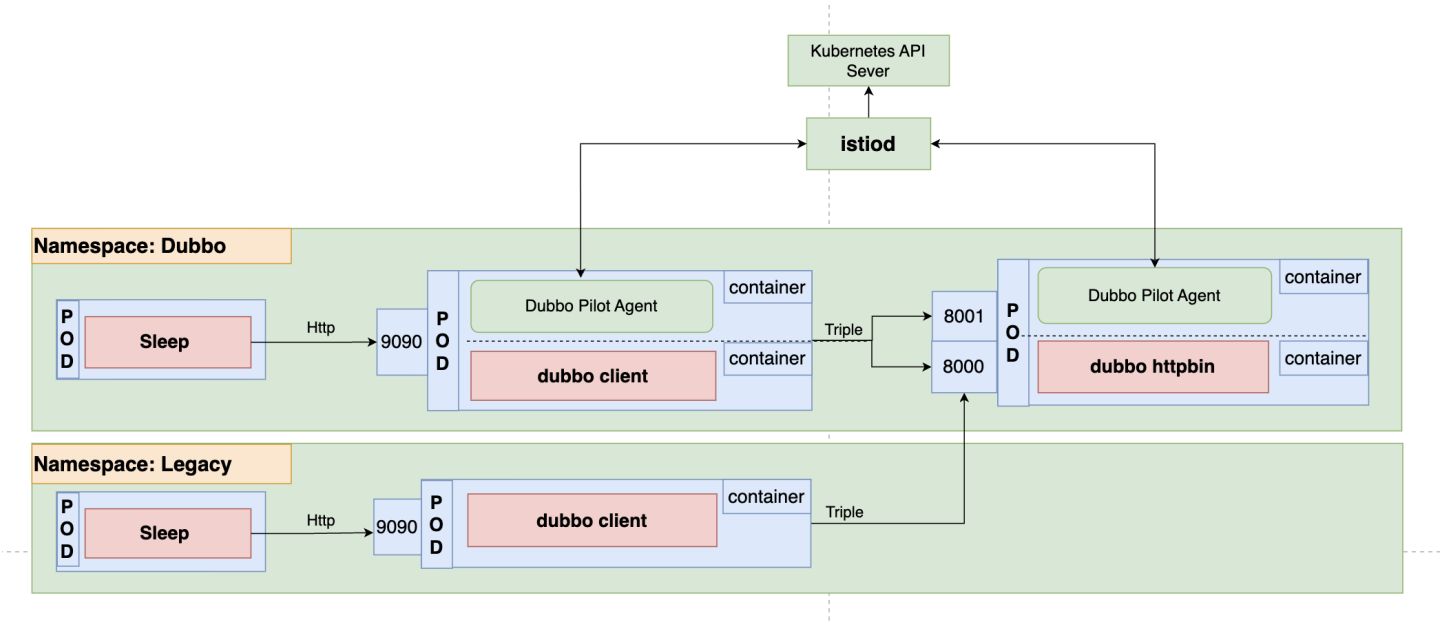
1. Provider

```go
package main

import ...

type GreetTripleServer struct {  2 usages
}
func (srv *GreetTripleServer) Greet(ctx context.Context, req *greet.GreetRequest) (*greet.GreetResponse, error) {
    resp := &greet.GreetResponse{Greeting: req.Name}
    return resp, nil
}

func main() {
    srv, err := server.NewServer(
        server.WithServerProtocol(
            protocol.WithPort( port: 8000),
            protocol.WithTriple(),
            protocol.WithTlsProvider( tlsProvider: "xds-provider"),
        ),
        server.WithServerXds(),
    )
    if err != nil { err }

    if err := greet.RegisterGreetServiceHandler(srv, &GreetTripleServer{}); err != nil { err }

    if err := srv.Serve(); err != nil {
        logger.Error(err)
    }
}
```

2. Consumer

```go
package main

import ...

func main() {
    cli, err := client.NewClient(
        client.WithClientURL( url: "xds://httpbin.dubbo.svc.cluster.local:8000"),
    )
    if err != nil : err *

    svc, err := greet.NewGreetService(cli)
    if err != nil : err *

    resp, err := svc.Greet(context.Background(), &greet.GreetRequest{Name: "hello world"})
    if err != nil {
        logger.Error(err)
    }
    logger.Infof( fmt: "Greet response: %s", resp.Greeting)
}
```

3. 测试环境



测试环境说明： https://github.com/2456868764/dubbo-mesh/blob/main/deploy/httpbin/README.md

七、项目代码和进度

1. 项目代码

- dubbo-go-sdk PR：https://github.com/apache/dubbo-go/pull/2643
- dubbo-pilot-agent 和 测试代码： https://github.com/2456868764/dubbo-mesh
- 测试环境： https://github.com/2456868764/dubbo-mesh/blob/main/deploy/httpbin/README.md

2. 项目进度 100%完成

- Dubbo-pliot-agent : 完成
- Dubbo-sdk
  - xds-agent： 完成
  - mtls： 完成
  - mtls filter： 完成
  - jwt_authn filter： 完成
  - RBAC filter： 完成
  - Isito 部署测试功能 samples：完成
  - 技术文档和PPT： 完成