29-控制流（下）：iam-apiserver服务核心功能实现讲解

你好，我是孔令飞。

上一讲，我介绍了 iam-apiserver 是如何构建 Web 服务的。这一讲，我们再来看下 iam-apiserver 中的核心功能实现。在对这些核心功能的讲解中，我会向你传达我的程序设计思路。

iam-apiserver 中包含了很多优秀的设计思想和实现，这些点可能比较零碎，但我觉得很值得分享给你。我将这些关键代码设计分为 3 类，分别是应用框架相关的特性、编程规范相关的特性和其他特性。接下来，我们就来详细看看这些设计点，以及它们背后的设计思想。

应用框架相关的特性

应用框架相关的特性包括三个，分别是优雅关停、健康检查和插件化加载中间件。

优雅关停

在讲优雅关停之前，先来看看不优雅的停止服务方式是什么样的。

当我们需要重启服务时，首先需要停止服务，这时可以通过两种方式来停止我们的服务：

- 在 Linux 终端键入 Ctrl + C（其实是发送 SIGINT 信号）。
- 发送 SIGTERM 信号，例如 `kill -9` 或者 `systemctl stop` 等。

当我们使用以上两种方式停止服务时，都会产生下面两个问题：

- 有些请求正在处理，如果服务端直接退出，会造成客户端连接中断，请求失败。
- 我们的程序可能需要做一些清理工作，比如等待进程内任务队列的任务执行完成，或者拒绝接受新的消息等。

这些问题都会对业务造成影响，所以我们需要一种优雅的方式来关停我们的应用。在 Go 开发中，通常通过拦截 SIGINT 和 SIGTERM 信号，来实现优雅关停。当收到这两个信号时，应用进程会做一些清理工作，然后结束阻塞状态，继续执行余下的代码，最后自然退出进程。

先来看一个简单的优雅关停的示例代码：

```
package main

import (
    "context"
    "log"
    "net/http"
    "os"
    "os/signal"
    "time"

    "github.com/gin-gonic/gin"
)
```

```
func main() {
    router := gin.Default()
    router.GET("/", func(c *gin.Context) {
        time.Sleep(5 * time.Second)
        c.String(http.StatusOK, "Welcome Gin Server")
    })

    srv := &http.Server{
        Addr:    ":8080",
        Handler: router,
    }

    go func() {
        // 将服务在 goroutine 中启动
        if err := srv.ListenAndServe(); err != nil && err != http.ErrServerClosed {
            log.Fatalf("listen: %s\n", err)
        }
    }()

    quit := make(chan os.Signal)
    signal.Notify(quit, os.Interrupt)
    <-quit // 阻塞等待接收 channel 数据
    log.Println("Shutdown Server ...")

    ctx, cancel := context.WithTimeout(context.Background(), 5*time.Second) // 5s 缓冲时间处理已有请求
    defer cancel()
    if err := srv.Shutdown(ctx); err != nil { // 调用 net/http 包提供的优雅关闭函数：Shutdown
        log.Fatal("Server Shutdown:", err)
    }
    log.Println("Server exiting")
}
```

上面的代码实现优雅关停的思路如下：

1. 将 HTTP 服务放在 goroutine 中运行，程序不阻塞，继续执行。
2. 创建一个无缓冲的 channel `quit`，调用 `signal.Notify(quit, os.Interrupt)`。通过 signal.Notify 函数调用，可以将进程收到的 os.Interrupt（SIGINT）信号，发送给 channel `quit`。
3. `<-quit` 阻塞当前 goroutine（也就是 main 函数所在的 goroutine），等待从 channel `quit` 接收关停信号。通过以上步骤，我们成功启动了 HTTP 服务，并且 main 函数阻塞，防止启动 HTTP 服务的 goroutine 退出。当我们键入 `Ctrl + C`时，进程会收到 SIGINT 信号，并将该信号发送到 channel `quit` 中，这时候`<-quit`收到了 channel 另一端传来的数据，结束阻塞状态，程序继续执行。这里，`<-quit` 唯一目的是阻塞当前的 goroutine，所以对收到的数据直接丢弃。
4. 打印退出消息，提示准备退出当前服务。
5. 调用 `net/http` 包提供的 Shutdown 方法，Shutdown 方法会在指定的时间内处理完现有请求，并返回。
6. 最后，程序执行完 `log.Println("Server exiting")` 代码后，退出 main 函数。

iam-apiserver 也实现了优雅关停，优雅关停思路跟上面的代码类似。具体可以分为三个步骤，流程如下：

第一步，创建 channel 用来接收 os.Interrupt（SIGINT）和 syscall.SIGTERM（SIGKILL）信号。

代码见 internal/pkg/server/signal.go 。

```
var onlyOneSignalHandler = make(chan struct{})

var shutdownHandler chan os.Signal

func SetupSignalHandler() <-chan struct{} {
    close(onlyOneSignalHandler) // panics when called twice

    shutdownHandler = make(chan os.Signal, 2)

    stop := make(chan struct{})

    signal.Notify(shutdownHandler, shutdownSignals...)

    go func() {
        <-shutdownHandler
        close(stop)
        <-shutdownHandler
        os.Exit(1) // second signal. Exit directly.
    }()

    return stop
}
```

SetupSignalHandler 函数中，通过 `close(onlyOneSignalHandler)`来确保 iam-apiserver 组件的代码只调用一次 SetupSignalHandler 函数。否则，可能会因为信号传给了不同的 shutdownHandler，而造成信号丢失。

SetupSignalHandler 函数还实现了一个功能：收到一次 SIGINT/ SIGTERM 信号，程序优雅关闭。收到两次 SIGINT/ SIGTERM 信号，程序强制关闭。实现代码如下：

```
go func() {
    <-shutdownHandler
    close(stop)
    <-shutdownHandler
    os.Exit(1) // second signal. Exit directly.
}()
```

这里要注意：`signal.Notify(c chan<- os.Signal, sig ...os.Signal)`函数不会为了向 c 发送信息而阻塞。也就是说，如果发送时 c 阻塞了，signal 包会直接丢弃信号。为了不丢失信号，我们创建了有缓冲的 channel `shutdownHandler`。

最后，SetupSignalHandler 函数会返回 `stop`，后面的代码可以通过关闭 `stop` 来结束代码的阻塞状态。

第二步，将 channel `stop` 传递给启动 HTTP（S）、gRPC 服务的函数，在函数中以 goroutine 的方式启动 HTTP（S）、gRPC 服务，然后执行 `<-stop` 阻塞 goroutine。

第三步，当 iam-apiserver 进程收到 SIGINT/SIGTERM 信号后，关闭 `stop` channel，继续执行 `<-stop` 后的代码，在后面的代码中，我们可以执行一些清理逻辑，或者调用 `google.golang.org/grpc`和

net/http包提供的优雅关停函数 GracefulStop 和 Shutdown。例如下面这个代码（位于 internal/apiserver/grpc.go 文件中）：

```
func (s *grpcAPIServer) Run(stopCh <-chan struct{}) {
    listen, err := net.Listen("tcp", s.address)
    if err != nil {
        log.Fatalf("failed to listen: %s", err.Error())
    }

    log.Infof("Start grpc server at %s", s.address)

    go func() {
        if err := s.Serve(listen); err != nil {
            log.Fatalf("failed to start grpc server: %s", err.Error())
        }
    }()

    <-stopCh

    log.Infof("Grpc server on %s stopped", s.address)
    s.GracefulStop()
}
```

除了上面说的方法，iam-apiserver 还通过 github.com/marmotedu/iam/pkg/shutdown 包，实现了另外一种优雅关停方法，这个方法更加友好、更加灵活。实现代码见 PrepareRun 函数。

github.com/marmotedu/iam/pkg/shutdown 包的使用方法如下：

```
package main
import (
 "fmt"
 "time"
 "github.com/marmotedu/iam/pkg/shutdown"
 "github.com/marmotedu/iam/pkg/shutdown/shutdownmanagers/posixsignal"
)
func main() {
 // initialize shutdown
 gs := shutdown.New()
 // add posix shutdown manager
 gs.AddShutdownManager(posixsignal.NewPosixSignalManager())
 // add your tasks that implement ShutdownCallback
 gs.AddShutdownCallback(shutdown.ShutdownFunc(func(string) error {
  fmt.Println("Shutdown callback start")
  time.Sleep(time.Second)
  fmt.Println("Shutdown callback finished")
  return nil
 }))
 // start shutdown managers
 if err := gs.Start(); err != nil {
  fmt.Println("Start:", err)
  return
 }
 // do other stuff
 time.Sleep(time.Hour)
}
```

上面的代码中，通过 `gs := shutdown.New()` 创建 shutdown 实例；通过 AddShutdownManager 方法添加监听的信号；通过 AddShutdownCallback 方法设置监听到指定信号时，需要执行的回调函数。这些回调函数可以执行一些清理工作。最后，通过 `Start` 方法启动 shutdown 实例。

健康检查

通常，我们会根据进程是否存在来判定 iam-apiserver 是否健康，例如执行 `ps -ef|grep iam-apiserver`。在实际开发中，我发现有时候服务进程仍然存在，但是 HTTP 服务却不能接收和处理请求，所以更加靠谱的检查方法是，直接请求 iam-apiserver 的健康检查接口。

我们可以在启动 iam-apiserver 进程后，手动调用 iam-apiserver 健康检查接口进行检查。但还有更方便的方法：启动服务后自动调用健康检查接口。这个方法的具体实现，你可以查看 GenericAPIServer 提供的 ping 方法。在 ping 方法中，你需要注意函数中的如下代码：

```
url := fmt.Sprintf("http://%s/healthz", s.InsecureServingInfo.Address)
if strings.Contains(s.InsecureServingInfo.Address, "0.0.0.0") {
    url = fmt.Sprintf("http://127.0.0.1:%s/healthz", strings.Split(s.InsecureServingInfo.Address, ":")[1])
}
```

当 HTTP 服务监听在所有网卡时，请求 IP 为 `127.0.0.1`；当 HTTP 服务监听在指定网卡时，我们需要请求该网卡的 IP 地址。

插件化加载中间件

iam-apiserver 支持插件化地加载 Gin 中间件，通过这种插件机制，我们可以根据需要选择中间件。

那么，为什么要将中间件做成一种插件化的机制呢？一方面，每个中间件都完成某种功能，这些功能不是所有情况下都需要的；另一方面，中间件是追加在 HTTP 请求链路上的一个处理函数，会影响 API 接口的性能。为了保证 API 接口的性能，我们也需要选择性地加载中间件。

例如，在测试环境中为了方便 Debug，可以选择加载 dump 中间件。dump 中间件可以打印请求包和返回包信息，这些信息可以协助我们 Debug。但是在现网环境中，我们不需要 dump 中间件来协助 Debug，而且如果加载了 dump 中间件，请求时会打印大量的请求信息，严重影响 API 接口的性能。这时候，我们就期望中间件能够按需加载。

iam-apiserver 通过 InstallMiddlewares 函数来安装 Gin 中间件，函数代码如下：

```
func (s *GenericAPIServer) InstallMiddlewares() {
    // necessary middlewares
    s.Use(middleware.RequestID())
    s.Use(middleware.Context())

    // install custom middlewares
    for _, m := range s.middlewares {
        mw, ok := middleware.Middlewares[m]
```

```
        if !ok {
            log.Warnf("can not find middleware: %s", m)

            continue
        }

        log.Infof("install middleware: %s", m)
        s.Use(mw)
    }
}
```

可以看到，安装中间件时，我们不仅安装了一些必备的中间件，还安装了一些可配置的中间件。

上述代码安装了两个默认的中间件： RequestID 和 Context 。

RequestID 中间件，主要用来在 HTTP 请求头和返回头中设置 X-Request-ID Header。如果 HTTP 请求头中没有 X-Request-ID HTTP 头，则创建 64 位的 UUID，如果有就复用。UUID 是调用 github.com/satori/go.uuid包提供的 NewV4().String()方法来生成的：

```
rid = uuid.NewV4().String()
```

另外，这里有个 Go 常量的设计规范需要你注意：常量要跟该常量相关的功能包放在一起，不要将一个项目的常量都集中放在 const 这类包中。例如， requestid.go 文件中，我们定义了 XRequestIDKey = "X-Request-ID"常量，其他地方如果需要使用 XRequestIDKey，只需要引入 XRequestIDKey所在的包，并使用即可。

Context 中间件，用来在 gin.Context 中设置 requestID和 username键，在打印日志时，将 gin.Context 类型的变量传递给 log.L() 函数，log.L() 函数会在日志输出中输出 requestID和 username域：

```
2021-07-09 13:33:21.362 DEBUG   apiserver       v1/user.go:106  get 2 users from backend storage.       {"r
```

requestID和 username字段可以方便我们后期过滤并查看日志。

除了默认的中间件，iam-apiserver 还支持一些可配置的中间件，我们可以通过配置 iam-apiserver 配置文件中的 server.middlewares 配置项，来配置这些这些中间件。

可配置以下中间件：

- recovery：捕获任何 panic，并恢复。
- secure：添加一些安全和资源访问相关的 HTTP 头。
- nocache：禁止客户端缓存 HTTP 请求的返回结果。

- cors：HTTP 请求跨域中间件。
- dump：打印出 HTTP 请求包和返回包的内容，方便 debug。注意，生产环境禁止加载该中间件。

当然，你还可以根据需要，添加更多的中间件。方法很简单，只需要编写中间件，并将中间件添加到一个 `map[string]gin.HandlerFunc` 类型的变量中即可：

```
func defaultMiddlewares() map[string]gin.HandlerFunc {
    return map[string]gin.HandlerFunc{
        "recovery":  gin.Recovery(),
        "secure":    Secure,
        "options":   Options,
        "nocache":   NoCache,
        "cors":      Cors(),
        "requestid": RequestID(),
        "logger":    Logger(),
        "dump":      gindump.Dump(),
    }
}
```

上述代码位于 internal/pkg/middleware/middleware.go 文件中。

编程规范相关的特性

编程规范相关的特性有四个，分别是 API 版本、统一的资源元数据、统一的返回、并发处理模板。

API 版本

RESTful API 为了方便以后扩展，都需要支持 API 版本。在 12 讲 中，我们介绍了 API 版本号的 3 种标识方法，iam-apiserver 选择了将 API 版本号放在 URL 中，例如`/v1/secrets`。放在 URL 中的好处是很直观，看 API 路径就知道版本号。另外，API 的路径也可以很好地跟控制层、业务层、模型层的代码路径相映射。例如，密钥资源相关的代码存放位置如下：

```
internal/apiserver/controller/v1/secret/  # 控制几层代码存放位置
internal/apiserver/service/v1/secret.go # 业务层代码存放位置
github.com/marmotedu/api/apiserver/v1/secret.go # 模型层代码存放位置
```

关于代码存放路径，我还有一些地方想跟你分享。对于 Secret 资源，通常我们需要提供 CRUD 接口。

- C：Create（创建 Secret）。
- R：Get（获取详情）、List（获取 Secret 资源列表）。
- U：Update（更新 Secret）。
- D：Delete（删除指定的 Secret）、DeleteCollection（批量删除 Secret）。

每个接口相互独立，为了减少更新 A 接口代码时因为误操作影响到 B 接口代码的情况，这里建议 CRUD 接口每个接口一个文件，从物理上将不同接口的代码隔离开。这种接口还可以方便我们查找 A 接口的代码所在

位置。例如，Secret 控制层相关代码的存放方式如下：

```
$ ls internal/apiserver/controller/v1/secret/
create.go  delete_collection.go  delete.go  doc.go  get.go  list.go  secret.go  update.go
```

业务层和模型层的代码也可以这么组织。iam-apiserver 中，因为 Secret 的业务层和模型层代码比较少，所以我放在了 `internal/apiserver/service/v1/secret.go`和 `github.com/marmotedu/api/apiserver/v1/secret.go`文件中。如果后期 Secret 业务代码增多，我们也可以修改成下面这种方式：

```
 $ ls internal/apiserver/service/v1/secret/
 create.go  delete_collection.go  delete.go  doc.go  get.go  list.go  secret.go  update.go
```

这里再说个题外话：`/v1/secret/`和`/secret/v1/`这两种目录组织方式都可以，你选择一个自己喜欢的就行。

当我们需要升级 API 版本时，相关代码可以直接放在 v2 目录下，例如：

```
internal/apiserver/controller/v2/secret/ # v2 版本控制几层代码存放位置
internal/apiserver/service/v2/secret.go # v2 版本业务层代码存放位置
github.com/marmotedu/api/apiserver/v2/secret.go # v2 版本模型层代码存放位置
```

这样既能够跟 v1 版本的代码物理隔离开，互不影响，又方便查找 v2 版本的代码。

统一的资源元数据

iam-apiserver 设计的一大亮点是，**像Kubernetes REST 资源一样，支持统一的资源元数据。**

iam-apiserver 中所有的资源都是 REST 资源，iam-apiserver 将 REST 资源的属性也进一步规范化了，这里的规范化是指所有的 REST 资源均支持两种属性：

- 公共属性。
- 资源自有的属性。

例如，Secret 资源的定义方式如下：

```
type Secret struct {
    // May add TypeMeta in the future.
    // metav1.TypeMeta `json:",inline"`
```

```
    // Standard object's metadata.
    metav1.ObjectMeta `       json:"metadata,omitempty"`
    Username          string `json:"username"           gorm:"column:username"  validate:"omitempty"`
    SecretID          string `json:"secretID"           gorm:"column:secretID"  validate:"omitempty"`
    SecretKey         string `json:"secretKey"          gorm:"column:secretKey" validate:"omitempty"`

    // Required: true
    Expires     int64  `json:"expires"     gorm:"column:expires"     validate:"omitempty"`
    Description string `json:"description" gorm:"column:description" validate:"description"`
}
```

资源自有的属性，会因资源不同而不同。这里，我们来重点看一下公共属性 ObjectMeta ，它的定义如下：

```
type ObjectMeta struct {
 ID uint64 `json:"id,omitempty" gorm:"primary_key;AUTO_INCREMENT;column:id"`
    InstanceID string `json:"instanceID,omitempty" gorm:"unique;column:instanceID;type:varchar(32);not null
 Name string `json:"name,omitempty" gorm:"column:name;type:varchar(64);not null" validate:"name"`
 Extend Extend `json:"extend,omitempty" gorm:"-" validate:"omitempty"`
 ExtendShadow string `json:"-" gorm:"column:extendShadow" validate:"omitempty"`
 CreatedAt time.Time `json:"createdAt,omitempty" gorm:"column:createdAt"`
 UpdatedAt time.Time `json:"updatedAt,omitempty" gorm:"column:updatedAt"`
}
```

接下来，我来详细介绍公共属性中每个字段的含义及作用。

1. ID

这里的 ID，映射为 MariaDB 数据库中的 `id` 字段。`id` 字段在一些应用中，会作为资源的唯一标识。但 iam-apiserver 中没有使用 ID 作为资源的唯一标识，而是使用了 InstanceID。iam-apiserver 中 ID 唯一的作用是跟数据库 `id` 字段进行映射，代码中并没有使用到 `ID`。

2. InstanceID

InstanceID 是资源的唯一标识，格式为`<resource identifier>-xxxxxx`。其中，`<resource identifier>`是资源的英文标识符号，`xxxxxx`是随机字符串。字符集合为`abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890`，长度>=6，例如 `secret-yj8m30`、`user-j4lz3g`、`policy-3v18jq`。

腾讯云、阿里云、华为云也都是采用这种格式的字符串作为资源唯一标识的。

InstanceID 的生成和更新都是自动化的，通过 gorm 提供的 `AfterCreate` Hooks 在记录插入数据库之后，生成并更新到数据库的 `instanceID`字段：

```
func (s *Secret) AfterCreate(tx *gorm.DB) (err error) {
    s.InstanceID = idutil.GetInstanceID(s.ID, "secret-")

    return tx.Save(s).Error
```

```
}
```

上面的代码，在 Secret 记录插入到 iam 数据库的 secret 表之后，调用 `idutil.GetInstanceID`生成 InstanceID，并通过 `tx.Save(s)`更新到数据库 secret 表的 `instanceID`字段。

因为通常情况下，应用中的 REST 资源只会保存到数据库中的一张表里，这样就能保证应用中每个资源的数据库 ID 是唯一的。所以 `GetInstanceID(uid uint64, prefix string) string`函数使用 `github.com/speps/go-hashids`包提供的方法，对这个数据库 ID 进行哈希，最终得到一个数据库级别的唯一的字符串（例如：`3v18jq`），并根据传入的 prefix，得到资源的 InstanceID。

使用这种方式生成资源的唯一标识，有下面这两个优点：

- 数据库级别唯一。
- InstanceID 是长度可控的字符串，长度最小是 6 个字符，但会根据表中的记录个数动态变长。根据我的测试，2176782336 条记录以内生成的 InstanceID 长度都在 6 个字符以内。长度可控的另外一个好处是方便记忆和传播。

这里需要你注意：如果同一个资源分别存放在不同的表中，那在使用这种方式时，生成的 InstanceID 可能相同，不过概率很小，几乎为零。这时候，我们就需要使用分布式 ID 生成技术。这又是另外一个话题了，这里不再扩展讲解。

在实际的开发中，不少开发者会使用数据库数字段 ID（例如 121）和 36/64 位的 UUID（例如 `20cd59d4-08c6-4e86-a9d4-a0e51c420a04`）来作为资源的唯一标识。相较于这两种资源标识方式，使用`<resource identifier>-xxxxxx`这种标识方式具有以下优点：

- 看标识名就知道是什么类型的资源，例如：`secret-yj8m30`说明该资源是 secret 类型的资源。在实际的排障过程中，能够有效减少误操作。
- 长度可控，占用数据库空间小。iam-apiserver 的资源标识长度基本可以认为是 12 个字符（secret/policy 是 6 个字符，再加 6 位随机字符）。
- 如果使用 121 这类数值作为资源唯一标识，相当于间接向友商透漏系统的规模，是一定要禁止的。

另外，还有一些系统如 Kubernetes 中，使用资源名作为资源唯一标识。这种方式有个弊端，就是当系统中同类资源太多时，创建资源很容易重名，你自己想要的名字往往填不了，所以 iam-apiserver 不采用这种设计方式。

我们使用 instanceID 来作为资源的唯一标识，在代码中，就经常需要根据 instanceID 来查询资源。所以，在数据库中要设置该字段为唯一索引，一方面可以防止 instanceID 不唯一，另一方面也能加快查询速度。

3. Name

Name 即资源的名字，我们可以通过名字很容易地辨别一个资源。

4. Extend、ExtendShadow

Extend 和 ExtendShadow 是 iam-apiserver 设计的又一大亮点。

在实际开发中，我们经常会遇到这个问题：随着业务发展，某个资源需要增加一些属性，这时，我们可能会选择在数据库中新增一个数据库字段。但是，随着业务系统的演进，数据库中的字段越来越多，我们的 Code 也要做适配，最后就会越来越难维护。

我们还可能遇到这种情况：我们将上面说的字段保存在数据库中叫 `meta`的字段中，数据库中 `meta`字段的数据格式是`{"disable":true,"tag":"colin"}`。但是，我们如果想在代码中使用这些字段，需要 Unmarshal 到一个结构体中，例如：

```
metaData := `{"disable":true,"tag":"colin"}`
meta := make(map[string]interface{})
if err := json.Unmarshal([]byte(metaData), &meta); err != nil {
    return err
}
```

再存入数据中时，又要 Marshal 成 JSON 格式的字符串，例如：

```
meta := map[string]interface{}{"disable": true, "tag": "colin"}
data, err := json.Marshal(meta)
if err != nil {
    return err
}
```

你可以看到，这种 Unmarshal 和 Marshal 操作有点繁琐。

因为每个资源都可能需要用到扩展字段，那么有没有一种通用的解决方案呢？iam-apiserver 就通过 Extend 和 ExtendShadow 解决了这个问题。

Extend 是 Extend 类型的字段，Extend 类型其实是 `map[string]interface{}`的类型别名。在程序中，我们可以很方便地引用 Extend 包含的属性，也就是 map 的 key。Extend 字段在保存到数据库中时，会自动 Marshal 成字符串，保存在 ExtendShadow 字段中。

ExtendShadow 是 Extend 在数据库中的影子。同样，当从数据库查询数据时，ExtendShadow 的值会自动 Unmarshal 到 Extend 类型的变量中，供程序使用。

具体实现方式如下：

1. 借助 gorm 提供的 `BeforeCreate`、`BeforeUpdate` Hooks，在插入记录、更新记录时，将 Extend 的值转换成字符串，保存在 ExtendShadow 字段中，并最终保存在数据库的 ExtendShadow 字段中。
2. 借助 gorm 提供的 `AfterFind` Hooks，在查询数据后，将 ExtendShadow 的值 Unmarshal 到 Extend 字段中，之后程序就可以通过 Extend 字段来使用其中的属性。

5. CreatedAt

资源的创建时间。每个资源在创建时，我们都应该记录资源的创建时间，可以帮助后期进行排障、分析等。

6. UpdatedAt

资源的更新时间。每个资源在更新时，我们都应该记录资源的更新时间。资源更新时，该字段由 gorm 自动更新。

可以看到，ObjectMeta 结构体包含了很多字段，每个字段都完成了很酷的功能。那么，如果把 ObjectMeta 作为所有资源的公共属性，这些资源就会自带这些能力。

当然，有些开发者可能会说，User 资源其实是不需要 `user-xxxxxx`这种资源标识的，所以 InstanceID 这个字段其实是无用的字段。但是在我看来，和功能冗余相比，功能规范化、不重复造轮子，以及 ObjectMeta 的其他功能更加重要。所以，也建议所有的 REST 资源都使用统一的资源元数据。

统一的返回

在18 讲 中，我们介绍过 API 的接口返回格式应该是统一的。要想返回一个固定格式的消息，最好的方式就是使用同一个返回函数。因为 API 接口都是通过同一个函数来返回的，其返回格式自然是统一的。

IAM 项目通过 github.com/marmotedu/component-base/pkg/core 包提供的 WriteResponse 函数来返回结果。WriteResponse 函数定义如下：

```
func WriteResponse(c *gin.Context, err error, data interface{}) {
    if err != nil {
        log.Errorf("%#+v", err)
        coder := errors.ParseCoder(err)
        c.JSON(coder.HTTPStatus(), ErrResponse{
            Code:      coder.Code(),
            Message:   coder.String(),
            Reference: coder.Reference(),
        })

        return
    }

    c.JSON(http.StatusOK, data)
}
```

可以看到，WriteResponse 函数会判断 err 是否为 nil。如果不为 nil，则将 err 解析为 `github.com/marmotedu/errors`包中定义的 Coder 类型的错误，并调用 Coder 接口提供的 `Code()`、`String()`、`Reference()` 方法，获取该错误的业务码、对外展示的错误信息和排障文档。如果 err 为 nil，则调用 `c.JSON`返回 JSON 格式的数据。

并发处理模板

在 Go 项目开发中，经常会遇到这样一种场景：查询列表接口时，查询出了多条记录，但是需要针对每一条记录做一些其他逻辑处理。因为是多条记录，比如 100 条，处理每条记录延时如果为 X 毫秒，串行处理完

100 条记录，整体延时就是 100 * X 毫秒。如果 X 比较大，那整体处理完的延时是非常高的，会严重影响 API 接口的性能。

这时候，我们自然就会想到利用 CPU 的多核能力，并发来处理这 100 条记录。这种场景我们在实际开发中经常遇到，有必要抽象成一个并发处理模板，这样以后在查询时，就可以使用这个模板了。

例如，iam-apiserver 中，查询用户列表接口 List ，还需要返回每个用户所拥有的策略个数。这就用到了并发处理。这里，我试着将其抽象成一个模板，模板如下：

```
func (u *userService) List(ctx context.Context, opts metav1.ListOptions) (*v1.UserList, error) {
 users, err := u.store.Users().List(ctx, opts)
 if err != nil {
  log.L(ctx).Errorf("list users from storage failed: %s", err.Error())

  return nil, errors.WithCode(code.ErrDatabase, err.Error())
 }

 wg := sync.WaitGroup{}
 errChan := make(chan error, 1)
 finished := make(chan bool, 1)

 var m sync.Map

 // Improve query efficiency in parallel
 for _, user := range users.Items {
  wg.Add(1)

  go func(user *v1.User) {
   defer wg.Done()

            // some cost time process
   policies, err := u.store.Policies().List(ctx, user.Name, metav1.ListOptions{})
   if err != nil {
    errChan <- errors.WithCode(code.ErrDatabase, err.Error())

    return
   }

   m.Store(user.ID, &v1.User{
               ...
    Phone:       user.Phone,
    TotalPolicy: policies.TotalCount,
   })
  }(user)
 }

 go func() {
  wg.Wait()
  close(finished)
 }()

 select {
 case <-finished:
 case err := <-errChan:
  return nil, err
 }

 // infos := make([]*v1.User, 0)
 infos := make([]*v1.User, 0, len(users.Items))
```

```
 for _, user := range users.Items {
  info, _ := m.Load(user.ID)
  infos = append(infos, info.(*v1.User))
 }

 log.L(ctx).Debugf("get %d users from backend storage.", len(infos))

 return &v1.UserList{ListMeta: users.ListMeta, Items: infos}, nil
}
```

在上面的并发模板中，我实现了并发处理查询结果中的三个功能：

第一个功能，goroutine 报错即返回。goroutine 中代码段报错时，会将错误信息写入 `errChan`中。我们通过 List 函数中的 select 语句，实现只要有一个 goroutine 发生错误，即返回：

```
select {
case <-finished:
case err := <-errChan:
    return nil, err
}
```

第二个功能，保持查询顺序。我们从数据库查询出的列表是有顺序的，比如默认按数据库 ID 字段升序排列，或者我们指定的其他排序方法。在并发处理中，这些顺序会被打断。但为了确保最终返回的结果跟我们预期的排序效果一样，在并发模板中，我们还需要保证最终返回结果跟查询结果保持一致的排序。

上面的模板中，我们将处理后的记录保存在 map 中，map 的 key 为数据库 ID。并且，在最后按照查询的 ID 顺序，依次从 map 中取出 ID 的记录，例如：

```
   var m sync.Map
 for _, user := range users.Items {
        ...
  go func(user *v1.User) {
            ...
   m.Store(user.ID, &v1.User{})
  }(user)
 }
    ...
 infos := make([]*v1.User, 0, len(users.Items))
 for _, user := range users.Items {
  info, _ := m.Load(user.ID)
  infos = append(infos, info.(*v1.User))
 }
```

通过上面这种方式，可以确保最终返回的结果跟从数据库中查询的结果保持一致的排序。

第三个功能，并发安全。Go 语言中的 map 不是并发安全的，要想实现并发安全，需要自己实现（如加锁），或者使用 sync.Map。上面的模板使用了 sync.Map。

当然了，如果期望 List 接口能在期望时间内返回，还可以添加超时机制，例如：

```
    select {
    case <-finished:
    case err := <-errChan:
        return nil, err
    case <-time.After(time.Duration(30 * time.Second)):
        return nil, fmt.Errorf("list users timeout after 30 seconds")

    }
```

goroutine 虽然很轻量，但还是会消耗资源，如果我们需要处理几百上千的并发，就需要用协程池来复用协程，达到节省资源的目的。有很多优秀的协程包可供我们直接使用，比如 ants 、 tunny 等。

其他特性

除了上面那两大类，这里我还想给你介绍下关键代码设计中的其他特性，包括插件化选择 JSON 库、调用链实现、数据一致性。

插件化选择 JSON 库

Golang 提供的标准 JSON 解析库 encoding/json，在开发高性能、高并发的网络服务时会产生性能问题。所以很多开发者在实际的开发中，往往会选用第三方的高性能 JSON 解析库，例如 jsoniter 、 easyjson 、 jsonparser 等。

我见过的很多开发者选择了 jsoniter，也有一些开发者使用了 easyjson。jsoniter 的性能略高于 encoding/json。但随着 go 版本的迭代，encoding/json 库的性能也越来越高，jsoniter 的性能优势也越来越有限。所以，IAM 项目使用了 jsoniter 库，并准备随时切回 encoding/json 库。

为了方便切换不同的 JSON 包，iam-apiserver 采用了一种插件化的机制来使用不同的 JSON 包。具体是通过使用 go 的标签编译选择运行的解析库来实现的。

标签编译就是在源代码里添加标注，通常称之为编译标签（build tag）。编译标签通过注释的方式在靠近源代码文件顶部的地方添加。go build 在构建一个包的时候，会读取这个包里的每个源文件并且分析编译便签，这些标签决定了这个源文件是否参与本次编译。例如：

```
// +build jsoniter

package json

import jsoniter "github.com/json-iterator/go"
```

`+build jsoniter`就是编译标签。这里要注意，一个源文件可以有多个编译标签，多个编译标签之间是逻辑“与”的关系；一个编译标签可以包括由空格分割的多个标签，这些标签是逻辑“或”的关系。例如：

```
// +build linux darwin
// +build 386
```

这里要注意，编译标签和包的声明之间应该使用空行隔开，否则编译标签会被当作包声明的注释，而不是编译标签。

那具体来说，我们是如何实现插件化选择 JSON 库的呢？

首先，我自定义了一个 github.com/marmotedu/component-base/pkg/json json 包，来适配 encoding/json 和 json-iterator。`github.com/marmotedu/component-base/pkg/json` 包中有两个文件：

- **json.go：**映射了 encoding/json 包的 Marshal、Unmarshal、MarshalIndent、NewDecoder、NewEncoder 方法。
- **jsoniter.go：**映射了 github.com/json-iterator/go 包的 Marshal、Unmarshal、MarshalIndent、NewDecoder、NewEncoder。

json.go 和 jsoniter.go 通过编译标签，让 Go 编译器在构建代码时选择使用哪一个 json 文件。

接着，通过在执行 `go build`时指定 -tags 参数，来选择编译哪个 json 文件。

json/json.go、json/jsoniter.go 这两个 Go 文件的顶部，都有一行注释：

```
// +build !jsoniter

// +build jsoniter
```

`// +build !jsoniter`表示，tags 不是 jsoniter 的时候编译这个 Go 文件。`// +build jsoniter`表示，tags 是 jsoniter 的时候编译这个 Go 文件。也就是说，这两种条件是互斥的，只有当 tags=jsoniter 的时候，才会使用 json-iterator，其他情况使用 encoding/json。

例如，如果我们想使用包，可以这么编译项目：

```
$ go build -tags=jsoniter
```

在实际开发中，**我们需要根据场景来选择合适的JSON 库。**这里我给你一些建议。

场景一：结构体序列化和反序列化场景

在这个场景中，我个人首推的是官方的 JSON 库。可能你会比较意外，那我就来说说我的理由：

首先，虽然 easyjson 的性能压倒了其他所有开源项目，但它有一个最大的缺陷，那就是需要额外使用工具来生成这段代码，而对额外工具的版本控制就增加了运维成本。当然，如果你的团队已经能够很好地处理 protobuf 了，也是可以用同样的思路来管理 easyjson 的。

其次，虽然 Go 1.8 之前，官方 JSON 库的性能总是被大家吐槽，但现在（1.16.3）官方 JSON 库的性能已不可同日而语。此外，作为使用最为广泛，而且没有之一的 JSON 库，官方库的 bug 是最少的，兼容性也是最好的

最后，jsoniter 的性能虽然依然优于官方，但没有达到逆天的程度。如果你追求的是极致的性能，那么你应该选择 easyjson 而不是 jsoniter。jsoniter 近年已经不活跃了，比如说，我前段时间提了一个 issue 没人回复，于是就上去看了下 issue 列表，发现居然还遗留着一些 2018 年的 issue。

场景二：非结构化数据的序列化和反序列化场景

这个场景下，我们要分高数据利用率和低数据利用率两种情况来看。你可能对数据利用率的高低没啥概念，那我举个例子：JSON 数据的正文中，如果说超过四分之一的数据都是业务需要关注和处理的，那就算是高数据利用率。

在高数据利用率的情况下，我推荐使用 jsonvalue。

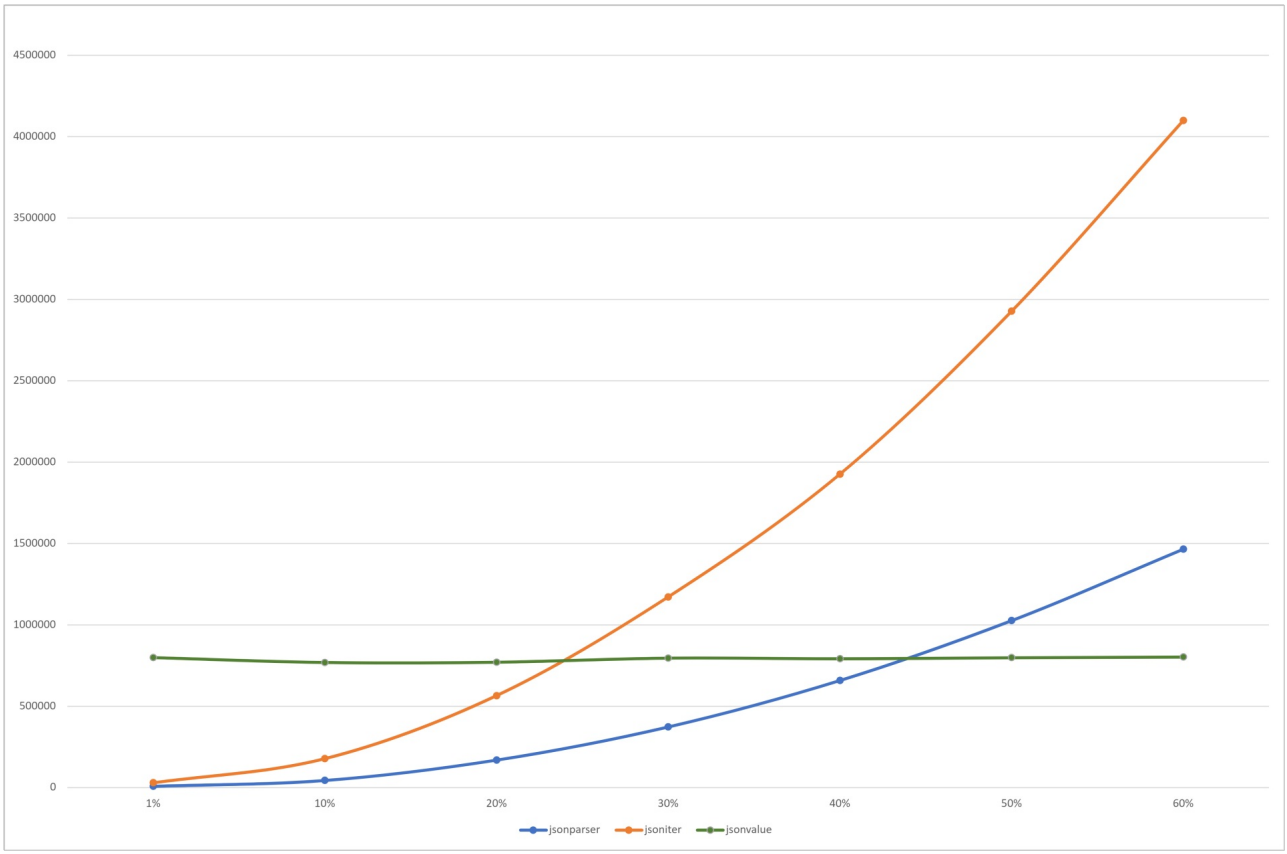
至于低数据利用率的情况，还可以根据 **JSON 数据是否需要重新序列化，**分成两种情况。

如果无需重新序列化，这个时候选择 jsonparser 就行了，因为它的性能实在是耀眼。

如果需要重新序列化，这种情况下你有两种选择：如果对性能要求相对较低，可以使用 jsonvalue；如果对性能的要求高，并且只需要往二进制序列中插入一条数据，那么可以采用 jsoniter 的 Set 方法。

实际操作中，超大 JSON 数据量，并且同时需要重新序列化的情况非常少，往往是在代理服务器、网关、overlay 中继服务等，同时又需要往原数据中注入额外信息的时候。换句话说，jsoniter 的适用场景比较有限。

下面是从 10%到 60%数据覆盖率下，不同库的操作效率对比（纵坐标单位：μs/op）：



可以看到，当 jsoniter 的数据利用率达到 25% 时，和 jsonvalue、jsonparser 相比就已经没有任何优势；至于 jsonvalue，由于对数据做了一次性的全解析，因此解析后的数据存取耗时极少，因此在不同数据覆盖率下的耗时都很稳定。

调用链实现

调用链对查日志、排障帮助非常大。所以，在 iam-apiserver 中也实现了调用链，通过 `requestID`来串联整个调用链。

具体是通过以下两步来实现的：

第一步，将 `ctx context.Context` 类型的变量作为函数的第一个参数，在函数调用时传递。

第二步，不同函数中，通过 `log.L(ctx context.Context)`来记录日志。

在请求到来时，请求会通过 Context 中间件处理：

```
func Context() gin.HandlerFunc {
 return func(c *gin.Context) {
  c.Set(log.KeyRequestID, c.GetString(XRequestIDKey))
  c.Set(log.KeyUsername, c.GetString(UsernameKey))
  c.Next()
 }
}
```

在 Context 中间件中，会在 gin.Context 类型的变量中设置 `log.KeyRequestID`键，其值为 36 位的 UUID。UUID 通过 RequestID 中间件来生成，并设置在 gin 请求的 Context 中。

RequestID 中间件在 Context 中间件之前被加载，所以在 Context 中间件被执行时，能够获取到 RequestID 生成的 UUID。

`log.L(ctx context.Context)`函数在记录日志时，会从头 ctx 中获取到 `log.KeyRequestID`，并作为一个附加字段随日志打印。

通过以上方式，我们最终可以形成 iam-apiserver 的请求调用链，日志示例如下：

```
2021-07-19 19:41:33.472 INFO    apiserver       apiserver/auth.go:205   user `admin` is authenticated.  {"r
2021-07-19 19:41:33.472 INFO    apiserver       policy/create.go:22     create policy function called.  {"r
...
```

另外，`ctx context.Context`作为函数/方法的第一个参数，还有一个好处是方便后期扩展。例如，如果我们有以下调用关系：

```
package main

import "fmt"

func B(name, address string) string {
    return fmt.Sprintf("name: %s, address: %s", name, address)
}

func A() string {
    return B("colin", "sz")
}

func main() {
    fmt.Println(A())
}
```

上面的代码最终调用 B函数打印出用户名及其地址。如果随着业务的发展，希望 A 调用 B 时，传入用户的电话，B 中打印出用户的电话号码。这时候，我们可能会考虑给 B 函数增加一个电话号参数，例如：

```
func B(name, address, phone string) string {
    return fmt.Sprintf("name: %s, address: %s, phone: %s", name, address)
}
```

如果我们后面还要增加年龄、性别等属性呢？按这种方式不断增加 B 函数的参数，不仅麻烦，而且还要改动所有调用 B 的函数，工作量也很大。这时候，可以考虑通过 `ctx context.Context` 来传递这些扩展参数，实现如下：

```
package main
```

```
import (
    "context"
    "fmt"
)

func B(ctx context.Context, name, address string) string {
    return fmt.Sprintf("name: %s, address: %s, phone: %v", name, address, ctx.Value("phone"))
}

func A() string {
    ctx := context.WithValue(context.TODO(), "phone", "1812884xxxx")
    return B(ctx, "colin", "sz")
}

func main() {
    fmt.Println(A())
}
```

这样，我们下次需要新增参数的话，只需要调用 context 的 WithValue 方法：

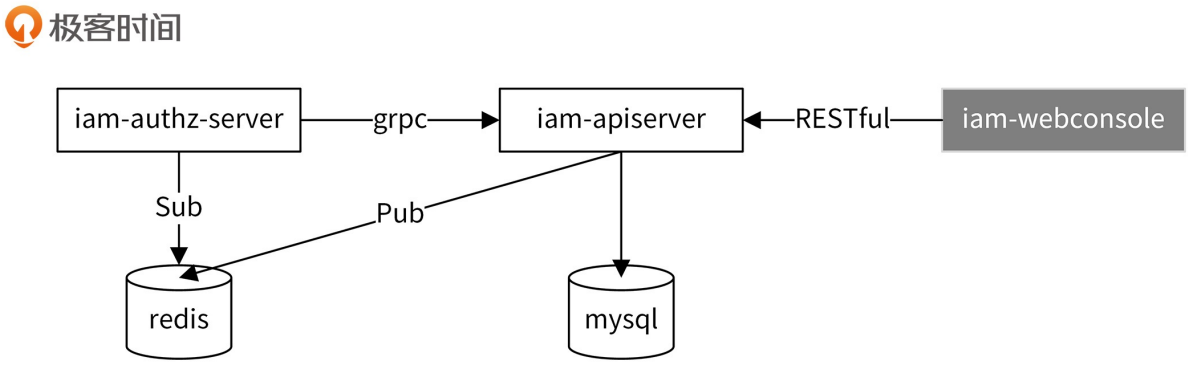
```
ctx = context.WithValue(ctx, "sex", "male")
```

在 B 函数中，通过 `context.Context` 类型的变量提供的 `Value` 方法，从 context 中获取 `sex` key 即可：

```
return fmt.Sprintf("name: %s, address: %s, phone: %v, sex: %v", name, address, ctx.Value("phone"), ctx.Valu
```

数据一致性

为了提高 iam-authz-server 的响应性能，我将密钥和授权策略信息缓存在 iam-authz-server 部署机器的内存中。同时，为了实现高可用，我们需要保证 iam-authz-server 启动的实例个数至少为两个。这时候，我们会面临数据一致性的问题：所有 iam-authz-server 缓存的数据要一致，并且跟 iam-apiserver 数据库中保存的一致。iam-apiserver 通过如下方式来实现数据一致性：



具体流程如下：

第一步，iam-authz-server 启动时，会通过 grpc 调用 iam-apiserver 的 GetSecrets 和 GetPolicies 接口，获取所有的密钥和授权策略信息。

第二步，当我们通过控制台调用 iam-apiserver 密钥/授权策略的写接口（POST、PUT、DELETE）时，会向 Redis 的 `iam.cluster.notifications`通道发送 SecretChanged/PolicyChanged 消息。

第三步，iam-authz-server 会订阅 `iam.cluster.notifications`通道，当监听到有 SecretChanged/PolicyChanged 消息时，会请求 iam-apiserver 拉取所有的密钥/授权策略。

通过 Redis 的 Sub/Pub 机制，保证每个 iam-authz-server 节点的缓存数据跟 iam-apiserver 数据库中保存的数据一致。所有节点都调用 iam-apiserver 的同一个接口来拉取数据，通过这种方式保证所有 iam-authz-server 节点的数据是一致的。

总结

今天，我和你分享了 iam-apiserver 的一些关键功能实现，并介绍了我的设计思路。这里我再简要梳理下。

- 为了保证进程关停时，HTTP 请求执行完后再断开连接，进程中的任务正常完成，iam-apiserver 实现了优雅关停功能。
- 为了避免进程存在，但服务没成功启动的异常场景，iam-apiserver 实现了健康检查机制。
- Gin 中间件可通过配置文件配置，从而实现按需加载的特性。
- 为了能够直接辨别出 API 的版本，iam-apiserver 将 API 的版本标识放在 URL 路径中，例如 `/v1/secrets`。
- 为了能够最大化地共享功能代码，iam-apiserver 抽象出了统一的元数据，每个 REST 资源都具有这些元数据。
- 因为 API 接口都是通过同一个函数来返回的，其返回格式自然是统一的。
- 因为程序中经常需要处理并发逻辑，iam-apiserver 抽象出了一个通用的并发模板。
- 为了方便根据需要切换 JSON 库，我们实现了插件化选择 JSON 库的功能。
- 为了实现调用链功能，iam-apiserver 不同函数之间通过 `ctx context.Context` 来传递 RequestID。
- iam-apiserver 通过 Redis 的 Sub/Pub 机制来保证数据一致性。

课后练习

1. 思考一下，在你的项目开发中，使用过哪些更好的并发处理方式，欢迎你在留言区分享。
2. 试着给 iam-apiserver 增加一个新的、可配置的 Gin 中间件，用来实现 API 限流的效果。

欢迎你在留言区与我交流讨论，我们下一讲见。