

# 华为 SD-WAN 广域网优化

## 技术白皮书



目 录

**1 概述..... 1**

**2 FEC 优化 ..... 2**

2.1 FEC 优化概述..... 2

2.2 FEC 优化技术原理..... 3

2.3 FEC 技术使用场景及部署方案..... 5

**3 多路包复制..... 8**

3.1 多路包复制概述 ..... 8

3.2 多路包复制技术原理 ..... 8

3.3 多路包复制使用场景及部署方案 ..... 9

**4 逐包负载分担 .....10**

4.1 逐包负载分担概述..... 10

4.2 逐包负载分担技术原理 ..... 10

4.3 逐包负载分担使用场景及部署方案.....11

# 1 概述

---

传统的企业网络分支间互联，一般会租用运营商的 MPLS 专线或者 Internet 网络。但是 MPLS 专线或者 Internet 网络存在下面的问题：MPLS 价格昂贵，租用的带宽比较小；Internet 网络由于经过多跳，会存在时延比较大，并且丢包的情况。

当前随着企业云化，出现了云分支、云应用；随着音视频分辨率的提升，音视频会议和视频监控技术应用更加广泛，音视频对带宽和时延的要求也在迅速增长。企业数据流量 WAN 侧比重逐渐加大，造成了企业租用线路的费用大幅提升。而 Internet 线路质量（相比 MPLS 链路，时延进一步加大、链路丢包增加）也带来了企业应用体验问题，对于 Internet 的业务质量保证需求更加迫切，为了解决这些问题，企业网络需要引入广域链路优化技术来优化应用的访问体验，并且降低企业带宽费用。

# 2 FEC 优化

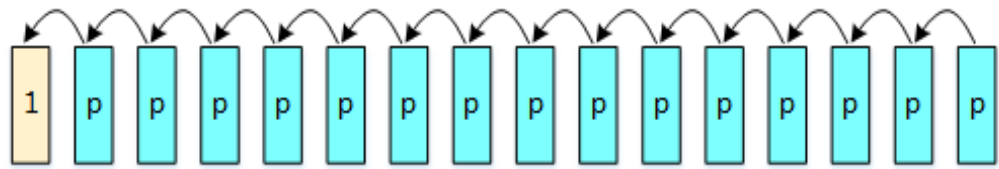
## 2.1 FEC 优化概述

企业中有很多应用对延迟非常敏感，这主要是一些即时通信类的应用，比如语音通话、视频会议。为了保证低延迟，减少 TCP 握手、重传等影响，这些应用一般会选用 UDP 作为传输层协议。但是 UDP 不像 TCP 一样保证可靠传输，在网络出现丢包的时候会导致应用质量变差。

视频传输在链路质量不好时，体验非常差，通常会出现丢包导致卡顿、花屏现象。以 RTP 为例，RTP 需要确定性的时延，对网络的 Jitter 容忍度小，一般机顶盒 Jitter Buffer 为 60ms，达到 85ms 时体验下降。

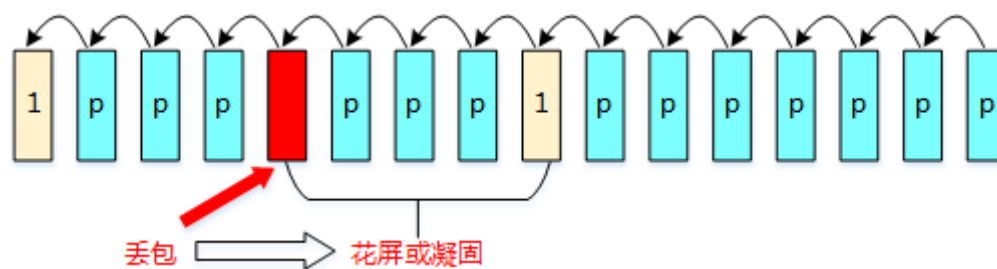
视频类应用	无影响	有影响（花屏）	不可用
丢包	0.05%	1%	10%
时延	100ms	150ms	300ms
抖动	50ms	85ms	125ms

视频通信有如下特性：视频通话在通话建立时会发送一个 I 帧，后续的视频图像使用帧间预测（P 帧）编码，这样可以只传输图像的变化信息，减少网络带宽占用。



如果视频码流有任何异常（误码/丢包），都会造成 P 帧解码错误，从而 P 帧之后的图像都会重建异常，此时只能通过申请编码端重新编码 I 帧来解决。

当网络中出现丢包，导致错误时，错误的 P 帧以及之后 I 帧之前的所有 P 图像都会异常。此时视频终端如果输出图像就会花屏，如果不输出则会长时间图像凝固。



所以丢包对视频通信影响非常明显。而由于视频通信基于实时性的考虑，一般设计基于 UDP 传输，不像 TCP 有可靠性保障，就更依赖网络的可靠传输。而 Internet、无线传输场景丢包率比企业 LAN 网络和 MPLS 专线更高，会进一步劣化视频体验。所以需要音视频做抗丢包优化。

华为基于 FEC ( 前向纠错 ) 技术可以优化网络出现丢包的场景。

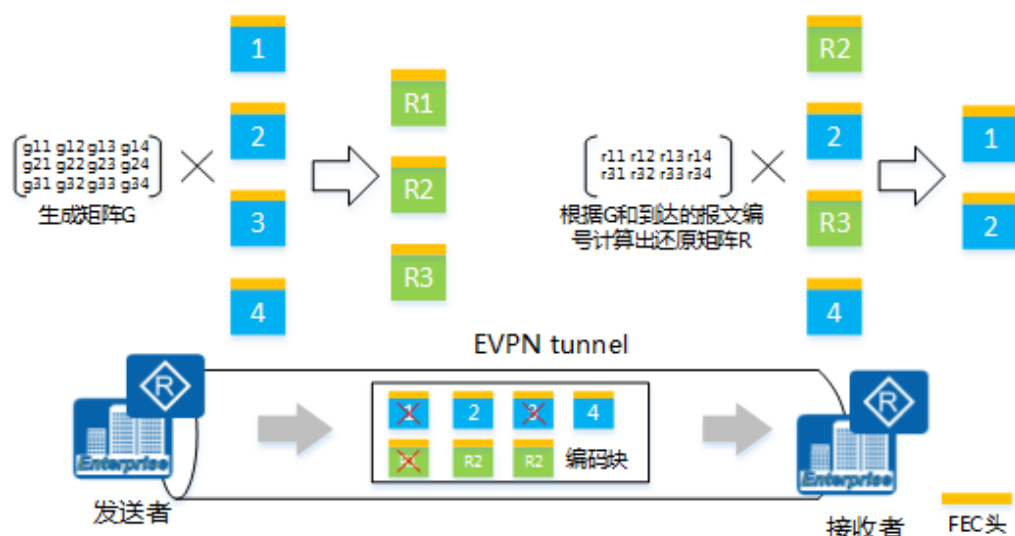
## 2.2 FEC 优化技术原理

华为 FEC 优化技术通过配置流策略的方式，对报文丢包进行优化。FEC 通过流分类拦截指定数据流，增加携带校验信息的冗余包，并在接收端进行校验。如果网络中出现了丢包或者报文损伤，则通过冗余包还原报文。

FEC 优化技术可以在发送端基于原始包，按照 RS ( Reed Solomon ) 算法编码生成冗余包，将原始包与冗余包都发送到连接上；接收端根据实际收到的包，解码恢复出丢包。

当前对于每次编解码，会以包为单位进行丢包检测与恢复。

FEC 执行过程为：



1. 发起端的 CPE 从 LAN 侧收包，对于 EVPN 隧道上通过流分类指定的需要优化的流量进行抗丢包优化。
2. 发起端的 CPE 积攒多个原始报文作为一个编码块，对编码块中的原始报文进行 FEC 编码，生成 FEC 冗余包。编码侧根据编码矩阵算法可以对多个报文生成多个冗余包。
3. 发起端的 CPE 对原始报文封装 FEC 私有头并发包。
4. 在网络中传输报文时，编码块中的报文和冗余包都可能出现丢包。
5. 接收端 CPE 从网络收包，检测丢包信息，剥掉私有头。
6. 接收端进行 FEC 解码。根据编码矩阵和根据实际收到的包（含 FEC 冗余包）计算出解码矩阵，根据解码矩阵和收到的包（原始包+冗余包）解码出丢失的原包。只要一个编码块中的丢包数不超过冗余包数量，就可以恢复该编码块中的丢包。
7. 接收端的 CPE 向接收端的 LAN 侧发包，把纠错后的报文按顺序发给视频接收端。

华为 FEC 有两种，分别为 determined FEC ( D-FEC ) 和 Adaptive FEC ( A-FEC )

- D-FEC 会按固定的冗余率生成冗余报文，为了在网络丢包突然增加时能保证不丢包，需要把丢包阈值设置为比网络最大丢包率还要高一些。当编码块中实际网络丢包超过冗余包数量时，此编码块中的丢包都不能还原。
- FEC 会动态调整冗余包比例。由于 D-FEC 每个编码块都生成固定个数的冗余包，这样当网络实际丢包率不高时，会浪费带宽；而当有时候网络丢包变多时，D-FEC 的冗余包数又可能不足以恢复丢包。A-FEC 对此做了改进，会根据解码侧返回的丢包信息动态调整编码块的冗余包数，从而解决了 D-FEC 浪费带宽和偶尔不能恢复丢包的问题。

- 华为 FEC 优化技术优点：
- 相比 TCP 的重传机制，FEC 不需要对报文重传，实时性高
- FEC 使用 RS 算法，相比 XOR 算法的优点在于可以还原分组内的多个丢包，从而抵抗网络突发丢包。
- 同时支持 D-FEC 和 A-FEC，其中 A-FEC 技术，根据解码侧返回的丢包信息动态调整编码块的冗余包数，解决了 D-FEC 浪费带宽和偶尔不能恢复丢包的问题。

## 2.3 FEC 技术使用场景及部署方案

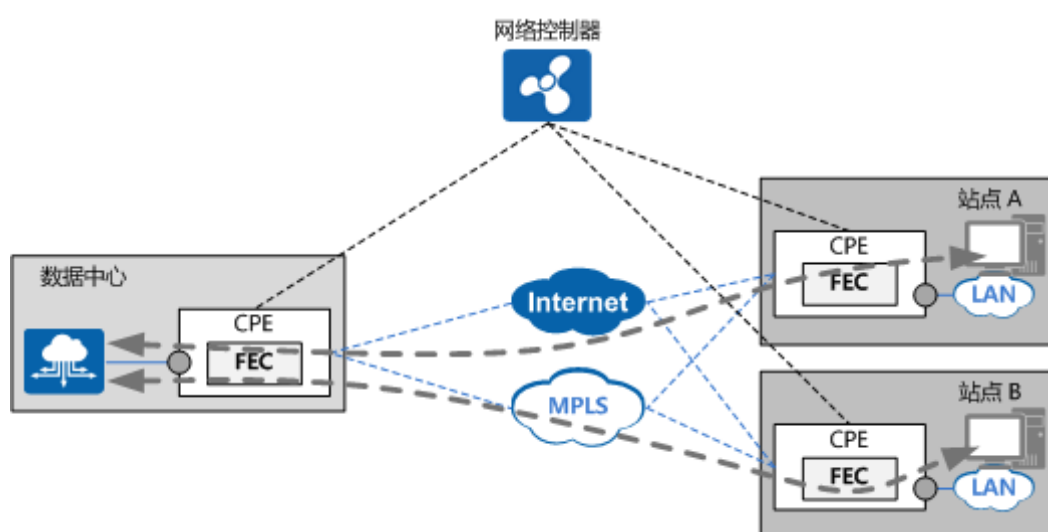
使用 FEC 技术的一个典型应用场景是视频会议。其他数据需要抗丢包传输的场景也可以使用 FEC 协议优化。由于 FEC 占用的 CPE 设备资源较多，所以建议只对关键流量开启 FEC 优化。

**组网场景为：**

数据中心部署视频会议服务器；站点 A 和站点 B 是分支站点，多位员工在分支站点 A 和 B 发起视频会议，连接到数据中心的会议服务器。

由于视频会议对于网络丢包非常敏感，而中间网络又会经过比较差的 Internet，网络丢包率经常变化但不超过 10%，会导致视频质量下降，出现花屏、卡顿现象。

所以需要配置 FEC 抗丢包功能。



**网络参数如下：**

项目	取值
视频服务器地址范围	192.168.20.0/24
会议终端地址范围	192.168.10.0/24
网络丢包率	小于 10%
网络突发丢包	最多突发丢 15 个 IP 报文
网络 MTU	1500 字节

部署方案：

广域优化功能可以在 iMaster 上配置启用。配置步骤为：1、创建流分类模板；2、创建广域优化策略；3、策略应用到编码侧和解码侧站点；4、查看 FEC 前后的优化效果。

FEC 是双端优化功能，需要数据中心和站点侧都使能 FEC。

1、创建流分类策略模板

对视频会议业务使用 FEC 抗丢包时，需要预先为视频流创建一个流分类策略模板。流分类对象的定义规则可以是以下一种或多种组合：

- 基于 IP 五元组
- 基于 Application/Group
- 基于 DSCP 进行流分类

本次配置可以使用源目的地址的方式定义视频流量。站点上的流分类配置如下图所示，数据中心的流分类与此类似，只需要调换源和目的地址。

\* 流分类模板名称: videoStream

规则类型: 与 或

L3 ACL:

☐

优先级

☐

10

☐

协议

☐

IP

☐

源IP地址

☐

192.168.10.0/24

☐

源端口

☐

目的IP地址

☐

192.168.20.0/24

☐

目的端口

☐

DSCP

☐

操作

共1条

10 条/页

应用组: 高级: 取消 确定

2、创建优化策略。

1 ) 选择流分类模板

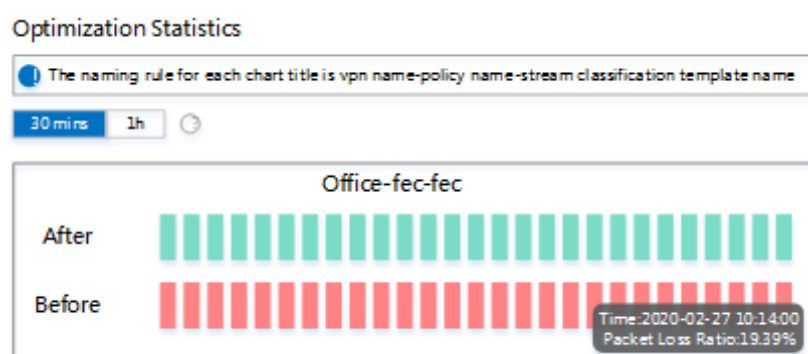
2 ) 选择优化类型为 FEC，丢包率设置可以选择自动，也可以选择固定冗余率。



- 自动调整冗余率模式 ( A-FEC ) : CPE 自动检测网络丢包率，根据丢包率实时调整冗余包的数量。该方式可以在丢包少的时候减少冗余包，节约带宽；在丢包率变高时增加冗余包，提升抗丢包能力。但是丢包率突然升高很多时，CPE 感知到该事件再调整冗余包数量需要一定时间，会出现短暂丢包。
- 固定冗余率模式 ( D-FEC ) : 根据配置的网络丢包率计算冗余包的数量。该方式可以在配置的最大丢包率范围内还原丢包，虽然冗余度比 A-FEC 要多，但是丢包率突然变化时不会丢包。

3 ) 策略应用到两端站点，对站点上发出的流量都生效。

4 ) 通过以上配置，运行一段时间之后可以查看优化效果，显示优化前后的丢包率对比。



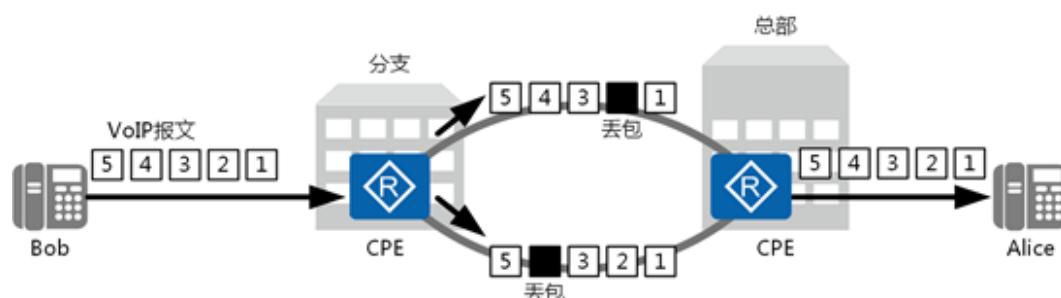
当前在监控页面下可以显示流分类配置的业务在做 FEC 前后的丢包率统计信息，可以显示分钟和小时级数据。

# 3 多路包复制

## 3.1 多路包复制概述

多路包复制（双发选收）是一种抗丢包技术。发送端 CPE 对数据包进行复制，把原始包和复制包通过多条链路中的两条一起发送。如果一条链路上有丢包，则接收端 CPE 通过另一条链路上的冗余包还原，从而不用重传。

## 3.2 多路包复制技术原理



多路包复制技术在发送端 CPE 把数据流中的数据包复制多份，分别通过多条链接发送。发送时，结合智能选路技术，选择当前应用有权限使用的、质量最好的两条链路发送两份流量。

接收端 CPE 接收到链路传输过来的数据包后，对重复的数据包进行缓存、去重复操作，从而恢复原始的数据流。

当原始包和复制包至少到达一个时，就可以通过该技术恢复原始数据包。

该技术有如下限制：

- 由于报文被复制了两份并通过其他链路传输，所以该技术增加了对其他链路的带宽占用。
- 该技术由于使用了两条链路，这两条链路时延可能不同，所以有丢包时，数据包到达接收端时可能会引入抖动。

### 3.3 多路包复制使用场景及部署方案

多路包复制适用于流量小、高可靠的业务。例如：VoIP、付款业务、5G 工业场景（工业机器的 PLC 控制信息对时延要求极高，不能接受重传），为了保证可靠性，可以使用多路包复制技术。

多路包复制需要双端部署。配置方式为：创建选路策略时选择“优先占用”模式，并启用包复制。

流量行为：

传输网络间流量行为：

优先占用

负载均衡

包复制：①



条件不满足时流量行为：①

丢弃

差中选优

切换模式：

可以回切

无法回切

# 4 逐包负载分担

## 4.1 逐包负载分担概述

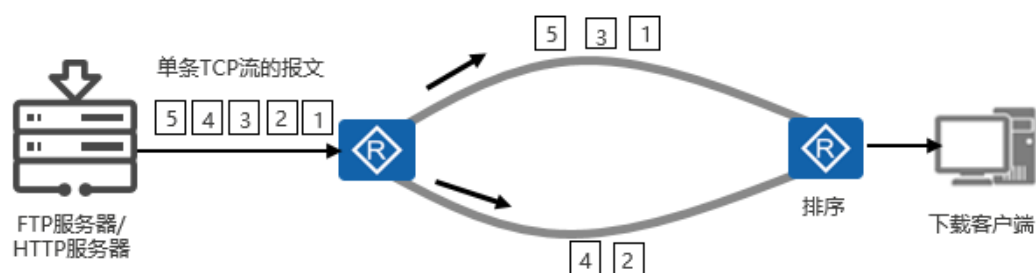
负载分担是提升链路利用率的技术，可以充分使用多条链路，加速数据流传输。数据流是指一组具有某个或某些相同属性的数据包。这些属性有源 MAC 地址、目的 MAC 地址、源 IP 地址、目的 IP 地址、TCP/UDP 的源端口号、TCP/UDP 的目的端口号等。

对于负载分担，可以分为逐流的负载分担和逐包的负载分担。

逐流的负载分担，是把不同的数据流通过 HASH 算法，分配到不同的链路上进行传输，实现了流量在聚合组内各物理链路上的负载分担。但是对同一类数据流，无法分配到多个链路传输。

逐包的负载分担，是按照每个数据包来转发，一条流有很多数据包，每个数据包都可以分别跑在不通的链路上最终到达目的地，实现了针对同一类数据流，充分使用多条链路，加速其数据传输。

## 4.2 逐包负载分担技术原理



逐包负载分担的过程为：

- 1、发送端对流量执行选路策略，在所有满足 SLA 的可用链路上逐包负载分担。报文封装信息包括：报文序列号、路径编号、基于路径的序列号和时间戳；
- 2、接收端使用缓存做乱序重排，解决不同路径时延差导致的乱序问题，并向用户设备按顺序转发数据。

## 4.3 逐包负载分担使用场景及部署方案

在有多条出口链路的站点中，逐包负载分担对加速大文件传输有很好的效果。常见的应用有：FTP/HTTP 下载大文件、数据备份复制等。



逐包负载分担需要双端部署。配置方式为：创建选路策略时选择“负载均衡”模式，并设置为包模式。

流量行为：

传输网络间流量行为：	<div>优先占用</div> <div><b>负载均衡</b></div>
负载均衡模式： ②	<div>流模式</div> <div><b>包模式</b></div>
条件不满足时流量行为： ①	<div>丢弃</div> <div>等价转发</div> <div><b>差中选优</b></div>
切换模式：	<div><b>可以回切</b></div> <div>无法回切</div>

**华为技术有限公司**  
深圳龙岗区坂田华为基地  
电话：+86 755 28780808  
邮编：518129  
[www.huawei.com](http://www.huawei.com)

## 商标声明

 HUAWEI, HUAWEI,  是华为技术有限公司商标或者注册商标，在本手册中以及本手册描述的产品中，出现的其它商标，产品名称，服务名称以及公司名称，由其各自的所有人拥有。

## 免责声明

本文档可能含有预测信息，包括但不限于有关未来的财务、运营、产品系列、新技术等信息。由于实践中存在很多不确定因素，可能导致实际结果与预测信息有很大的差别。因此，本文档信息仅供参考，不构成任何要约或承诺，华为不对您在本文档基础上做出的任何行为承担责任。华为可能不经通知修改上述信息，恕不另行通知。

**版权所有©华为技术有限公司 2019。保留一切权利。**

未经华为技术有限公司书面同意，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本手册内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。