

CAPNET 实现高可用性的机制

概述

高可用性案例研究

本案例研究对思科 IT 部门实现高可用性联网和降低运营成本的机制进行了介绍。改进下列所有功能域对于企业获得成功是至关重要的：

- **网络设计**——采用一致架构的设计
- **网络运营**——对于变更和升级的一致处理流程
- **网络管理**——配置模板，主动的故障和性能管理
- **网络支持**——培训、备件准备和排障
- **网络基础设施**——若干平台上的标准化

通过关注这些领域，CAPNet 团队成功地将可用性提高到 99.998%。我们不仅实现了可用性目标，而且还将 CAPNet 员工人数从 6 名工程师减少至只需一人即可管理整个全球网络。

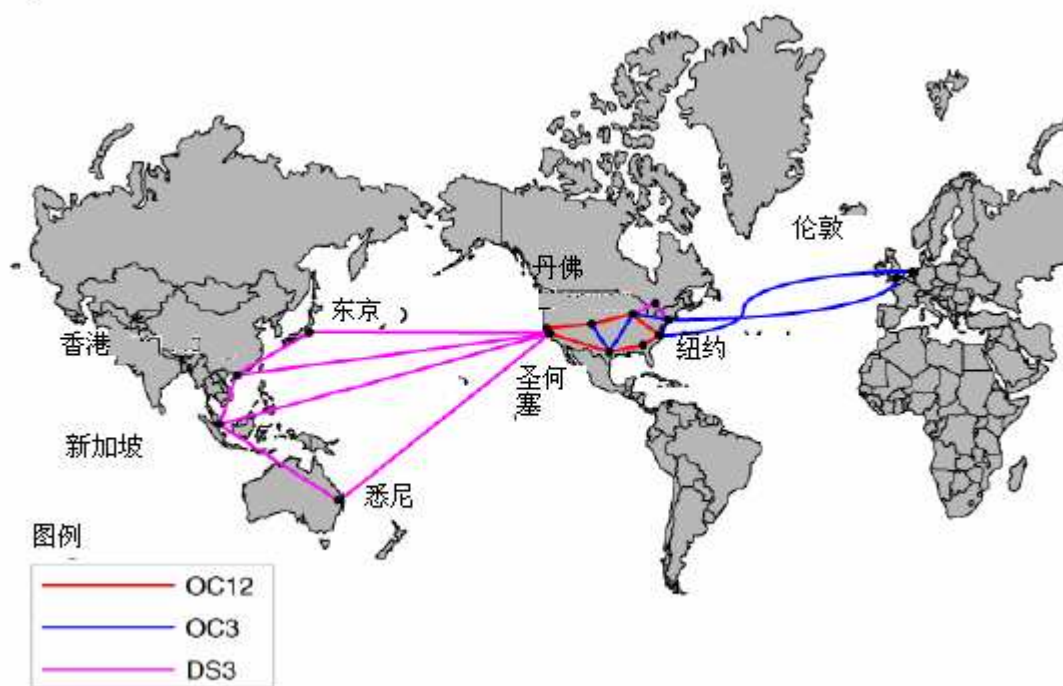
思科全分组网络

思科全分组网络（CAPNet）是一个全球骨干网络，负责为遍布于 4 大陆、15 个地方的数万名思科员工和承包商提供服务（图 1）。

“CAPNet 是思科融合式全球通信基础设施的核心，在全球数百家思科和合作伙伴机构间，为思科员工传输语音、视频和数据信息。该网络的可用性对维持思科业务运营发挥着关键作用”，思科系统公司全球 IT 基础设施副总裁 Lance Perry 说。

思科员工和承包商每天需要依靠 CAPNet 处理关键业务应用、机构间通信，以及保持与全球思科设施的互联网连接。因为 CAPNet 是思科全球网络的骨干网，即使是短暂的停运都可能会干扰数千名员工的工作。因此，高可用性是 CAPNet 团队的首要目标。

图 1 CAPNet 全球网络



千兆位以太网、OC12、OC3 和 DS3 电路连接着欧洲、北美、亚洲和澳大利亚的主要城市的思科办公地点。每个地点在冗余硬件上拥有至少 2 条不同的路由电路，以大幅度提高容错力。根据地点的不同，CAPNet 带宽在 45Mbps 到 622Mbps 之间。

高可用性的定义

高可用性通常被定义为网络可用的时间比例，用 9 的个数表示：

- 3 个 9 (99.9%) ——每周停机 10 分钟
- 4 个 9 (99.99%) ——每周停机 1 分钟
- 5 个 9 (99.999%) ——每周停机 6 秒钟

思科的业务应用需要至少 4 个 9 的可用性，但是 CAPNet 的目标是 5 个 9，甚至更高。许多企业网络可以达到 5 个 9，如果不仔细关注导致网络停机的各种因素，就无法实现这一可用性。为实现 5 个 9，企业必须评估和改进网络设计、运营、管理和支持。回报是巨大的——高可用网络降低了运营成本，提高了员工效率，简化了供应链活动，并为视频会议和 IP 通信等应用提供了所需的基础设施。

5 个 9 的实现

思科 WAN 经过长期逐步发展，可以容纳业务发展、并购和网络增强功能。不同地点使用不同设备、不同 Cisco IOS® 软件版本和非标准配置。被并购公司的网络偶尔未经仔细规划和集成就与 CAPNet 合并。运营和支持过程存在漏洞，可能会延长停机时间。以上及其他问题会导致计划外停机，从而影响可用性。

与此同时，因为 IP 数据网络已发展至成熟，应该与电话网络一样可靠，所以思科在 IP 通信（数据、语音和视频）领域投入了大量资金。CAPNet 团队意识到，这正是强化基础设施，使 IP 通信获得成功的时机。

在高可用性开发的起始之际，CAPNet 服务级别协议（SLA）是 3 个 9（99.975%），这要归因于部署在网络基础设施中的冗余路由器和电路等永续技术。停机通常不是因为硬件或电路故障造成的。支持过程中的小问题或周期性问题，如混淆路由、设备配置不一致或漏洞通常是罪魁祸首。

CAPNet 团队分阶段解决了这些问题。首先，他们建立了可靠的可用性测量方式，可以对改进过程予以定量。然后，他们确定了关键设计和过程缺陷，以及可执行的升级计划。初始目标是 4 个 9，通过弥补主要的缺陷而实现。最终目标是 5 个 9，或更高标准，这就要求仔细关注影响网络可用性的所有因素。

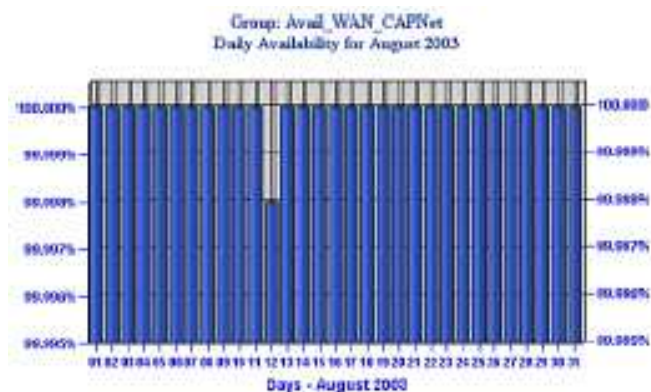
这是一个成功案例，告诉我们 CAPNet 是如何完成高可用性目标和降低运营成本的，而所有这一切都是在真正的全球网络环境中实现的。CAPNet 团队完成所有这些任务却并未添加人手，仅凭现有团队就规划和实施了所有改进工作。实际上，随着可用性的改进、网络支持的减少，团队就有了更多的时间致力于其他项目。

CAPNet 的可用性测量

CAPNet 利用一种内部网络管理系统 EMAN 监控可用性。该系统可以为 CAPNet 节点持续收集可用性数据、计算机可用性比例，并汇报结果。

EMAN 在条形图中显示了可用性数据，条形图可按时间或地点显示性能。例如，图 2 显示了 2003 年 8 月每日的 CAPNet 可用性。

图 2 2003 年 8 月的可用性图示



项目：Avail_WAN_CAPNet

2003 年 8 月每日可用性

2003 年 8 月日期

EMAN 系统从一开始就为 CAPNet 提供了良好的可用性测量，但是团队在计划实施过程中又改进了测量的准确性。最重要的准确性改进是测量合并主机可用性、而非设备可用性，如本部分所述。

测量可用性的原因

思科 IT 部门利用可用性参数来确定 CAPNet 的执行情况，以确定某个停机问题的起因，最重要的是，建立可用性随时间的发展趋势。可用性是否越来越理想？还是越来越糟？要执行可用性改进计划，了解趋势是极其重要的，因为它可以对您的进程进行定量。

一致的可用性测量还有助于 CAPNet 团队跟踪硬件、软件、电路、拓扑结构和运营实践改变后的效果。CAPNet 还利用可用性测量方法来检验系统用户的服务级别。

CAPNet 测量可用性的方法

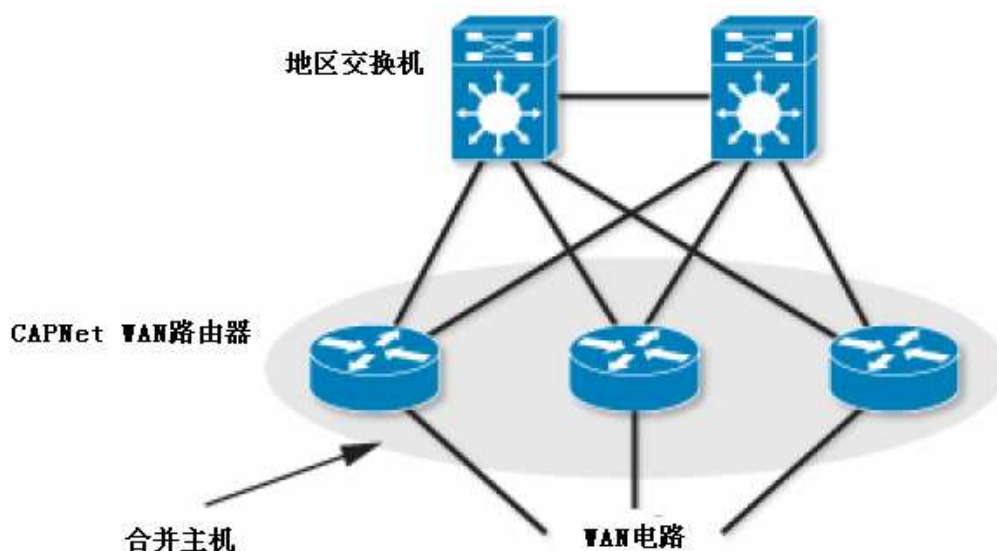
CAPNet 一周 7 天、全天 24 小时、每隔 15 秒就对各个 CAPNet 地点进行可用性测量。如果某地点的主机响应，该地点就被认为在该时间间隔内是可用的。CAPNet 测量地点的可用性，而非各设备或链路的可用性，因为一台设备或一条链路的单点故障不会隔离地点。CAPNet 也监控设备和链路可用性，但这些参数不影响 CAPNet 可用性报告。

合并主机

CAPNet 利用合并主机测量地点可用性，合并主机是 EMAN 的一个特性，它在地点将所有 WAN 路由器组合成一个逻辑主机。首先测量合并主机可用性，然后生成地点可用性报告。EMAN 还可以将合并主机作为一个可用性子集进行处理，因此，您可在以后按地点浏览网络可用性数据。

例如，图 3 对由 3 台 WAN 路由器组成的一个合并主机进行了介绍。

图 3 CAPNet 地点的合并主机



在这个示例中，冗余硬件和网状连接使地点可以抵抗单一设备或链路故障。因为链路能快速绕行故障重新路由，一或两个主机或 WAN 电路的故障不会影响可用性。可用性测量并未测量该地点的其他设备，如地区交换机或带外管理电路（未包括在图中）。

总可用性

网络总可用性是指全球 CAPNet 网络所有地点的可用性参数或可用性子集的汇总。各个地点拥有一个可用性子集，每个子集有一台合并主机。CAPNet 包含 13 个可用性子集，一个子集对应圣何塞以外的一个中心。圣何塞的一个 EMAN 可用性收集器可以测量全球的可用性。

表 1 列举了所有 CAPNet 地点（可用性子集）12 个月周期内的可用性样本。

表 1 2003 年 4 月到 2004 年 3 月的可用性

可用性子集	可用性
亚特兰大	99.998%
芝加哥	99.999%
达拉斯	99.999%
丹佛	100%
EMEA	99.91%
香港	100%
卡纳达	99.99%
纽约	99.999%
RTP	99.999%
雷德伍德城	100%
新加坡	99.999%
悉尼	99.998%
东京	100%
网络总可用性	99.9916%

网络总可用性只是所有可用性子集的均值。没有一个子集会被认为比其他子集重要。

可用性测量

CAPNet 团队采集了各个中心地点、电路和设备的原始可用性数据。

- 中心地点

如果合并主机内有至少一台设备响应的话，合并主机就被视为可用。这是 CAPNet 团队针对可用性所设定的规则。

主机可用性测量不区分原始可用性与调整后可用性。因为 CAPNet 是骨干网服务，CAPNet 团队从未策划过会导致服务中断的计划内停机。

- WAN 电路（原始数据和为计划内维护而调整的数据）

将 ICMP 运用于离圣何塞的 EMAN 收集器最远的电路末端的接口 IP 地址（EMAN 虚拟主机），可监控每条电路的可用性。该数据有助于验证 WAN 电路是否遵循其 SLA。

WAN 电路通常拥有经调整的可用性数值，它从原始停机时间中扣除了计划内维护时间。借助现场备件和现场支持，CAPNet 大幅度削减了计划外停机的风险。

- WAN 路由器

通过浏览呼叫日志上的停机记录，各个设备的可用性得到了监控（见网络支持部分）。这种方法有助于确认停机过于频繁的设备。

可用性测试

EMAN 收集器每 15 秒向相应的 IP 地址发送 2 个 ping。如果一台设备回复了至少 2 个 ping 中的一个，就被视为在这 15 秒间隔内是可用的。因此，平均设备可用性等于成功的 ping 间隔数量除以可能的 ping 间隔总量。一天 24 小时共计 5760 个 15 秒 ping 间隔。

仅仅错过一个 ping 间隔，该日的可用性就会减少至不到 4 个 9（99.982%）。表 2 列举了月可用性相应的 ping 错过情况。

表 2 月 ping 错过对可用性的影响

错过的 ping 间隔数量	月停机	可用性
1. 728	26.1 秒	99.999%
17. 28	4.3 分钟	99.990%
30a	7.5 分钟	99.982%

a. 每天丢失一个 ping 间隔

可能会被忽略的最长理论停机时间不到 15 秒（停机后立刻就碰到一个 ping 间隔，但在错过下一间隔前即恢复）。15 秒的间隔，在足够的富余量和侵入的监控流量间找到了平衡。

可用性测量的意义

CAPNet 承诺要提供 99.99% 的可用性，因此，为故障几乎没有留下多少余地。一次一般用户无法察觉的瞬时的路由变化，可能会导致 CAPNet 无法容忍的可用性损失。因此，一个健全的可用性测量系统是 CAPNet 的高可用性计划成功的基础。

向 4 个 9 迈进

目前，CAPNet 团队拥有了良好的可用性测量方法，他们为着手实施总体网络和运营基础设施战略性评估作好了准备。这种评估会确定可行的改进项目和分配优先级。在这一可用性项目阶段，下列设计和标准化领域拥有较高优

先权:

- 用于路由汇总的 IP 编址计划
- 标准软硬件
- 配置管理流程

路由汇总问题

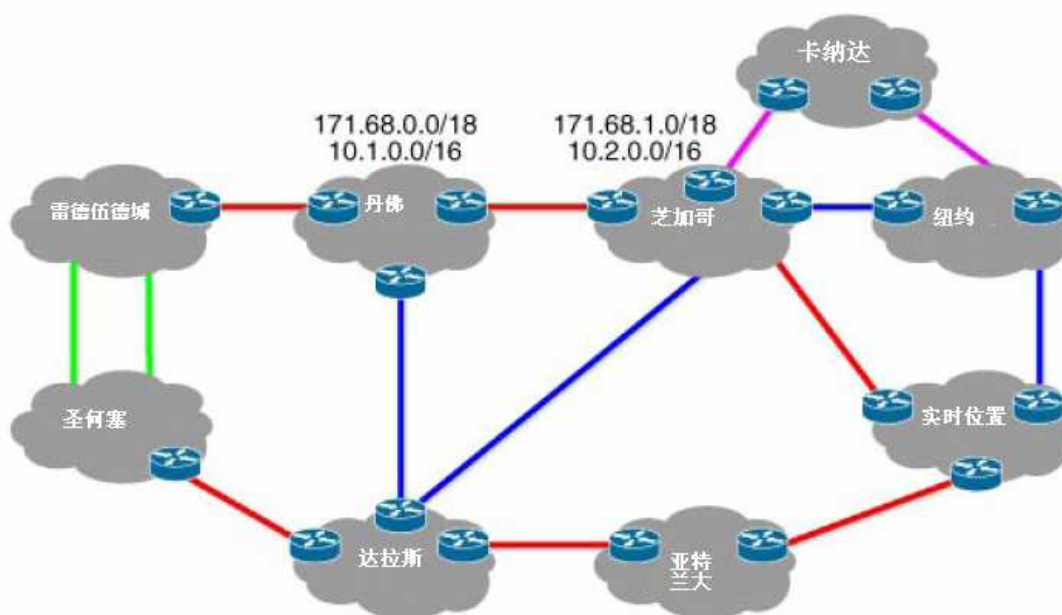
思科 WAN 经过长期逐步发展容纳了业务发展、并购和网络增强。其结果是，IP 地址并未按地区分组，路由表很大，要完成路由汇总不太现实。一个区域的网络混淆可能会波及广泛的区域，从而影响可用性。

思科 IT 部门选择实施路由汇总的理由如下:

- 可用减小路由表的规模，同时，也保留了内存和 CPU 资源。
- 实施分级路由，将路由的不稳定性限制到一个较小的区域。如果整合范围内的一个地址发生变化，或者一条链路状态改变，这种变化不会通告到汇总区外。

为实施路由汇总，CAPNet 和地区 IT 小组必须为整个网络实施一个全新 IP 编址计划。这项新计划按地区对网络地址进行了分组，以使它们能够在 WAN 接口得以汇总。图 4 介绍了 US CAPNet 和选定地区的地址汇总。

图 4 CAPNet 地点的路由汇总



许多地点只公布 2 个汇总地址，一个用于地点管理和 IP 电话，另一个用于互联网路由的地址。例如，丹佛地点有 2 个汇总地址:

- 171.68.0.0/18——从 171.68.0.0 到 171.68.63.255 的地址
- 10.1.0.0/16——从 10.1.0.0 到 10.1.255.255 的地址

硬件标准化

CAPNet 团队的下一个项目是选择和部署标准硬件。一致的硬件配置对于 CAPNet 向全球扩展并依然保持高可用性是十分关键的。每个一次性配置都会潜在地使支持复杂化，延长停机时间，加大思科 IT 部门的总体拥有成本。

大幅度削减所支持的硬件平台数可以简化运营，并将平台不兼容的几率降至最低限度。硬件标准化包括基本机箱、所有线卡和常用的机箱插槽。

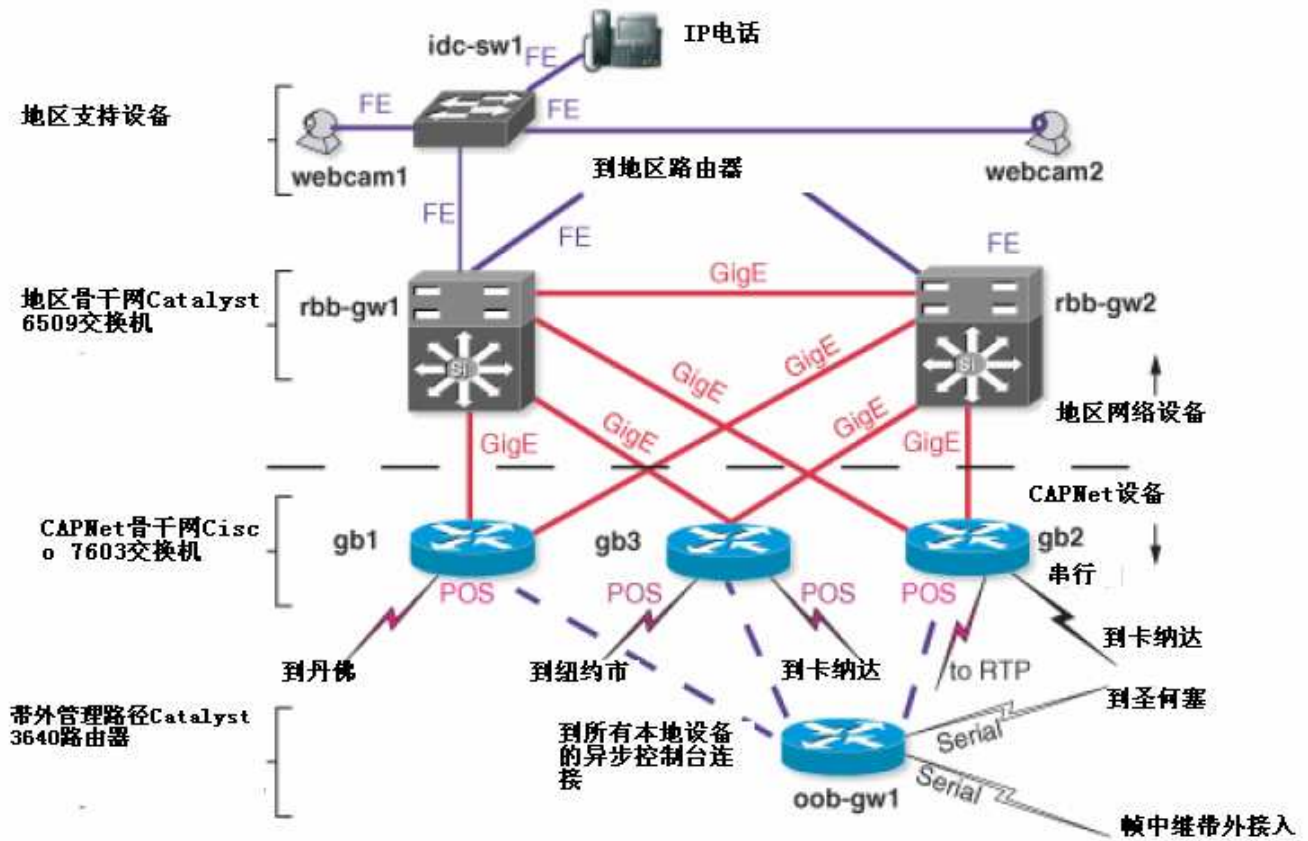
CAPNet 采用了表 3 中列举的标准硬件平台。

表 3 CAPNet 标准路由器

路由器	功能	关键特性
7206 VXR	骨干网路由器	DS3 接口
7603	骨干网路由器	OCx 接口
3640	带外路由器	帧中继接口

CAPNet 可以与地区网络小组合作，将这些标准部件组装入可以在各个地点重复使用的构建块。这些构建块不仅使用标准硬件部件，还采用标准端口使用和命名惯例。

图 5 CAPNet 地点的典型设备配置



该地点拥有下列主要部件：

- Cisco 7603 路由器

这三种 CAPNet 路由器利用千兆位以太网电路连接到地区骨干网交换机。冗余路由器和电路确保了该地点在路由器或电路出现故障时，也能保持可用。各地点的路由器数量会有所不同，但所有地点都至少拥有 2 台带冗余电路的路由器。

- Cisco 3640 多业务平台

该路由器支持带外帧中继管理路径。即使所有 WAN 电路发生故障，这种路径也可以利用本地设备开启控制台会话。

- Cisco Catalyst® 6509 交换机

地区骨干网中的 Catalyst 6509 交换机不属于 CAPNet 的一部分，但由于它在地点标准化中的重要地位，在这里也予以介绍。这些路由器构成了到 CAPNet 骨干网的地区网关。

- Cisco Catalyst 3550 交换机

该交换机支持本地 IP 电话、本地控制台接入和 Web 摄像机。当利用远程频带解决需要现场人员支持的问题时，

Web 摄像机可以发挥其作用。这是一种地区设备，但是可以帮助 CAPNet 支持人员。

Cisco IOS 软件标准化

在选择和部署了标准硬件后，CAPNet 需要选择和部署标准 Cisco IOS®软件版本。通过与高级服务机构和思科其他设计和运营小组合作，CAPNet 主动在各地点和设备上部署了尽可能少的 Cisco IOS 软件版本。

Cisco IOS 软件版本的标准化并未能完全消除不兼容问题，但它将 CAPNet 设备和其他运营小组的设备间的互操作性问题降至了最低限度。

Cisco IOS 软件标准化还拥有下列优势：

- 受益于其他小组的经验和测试工作
- 通过减少团队必须识别和跟踪的故障数量，改进了网络运营
- 确保了路由、QoS 和组播等关键服务准确地端到端运行

CAPNet 团队从思科 IT 部门公布的全球 IOS 标准列表中选择了 Cisco IOS 软件版本。这个列表根据平台类型和功能定义了两类版本：推荐和可接受版本。

CAPNet 从前和当前使用的 Cisco IOS 软件版本公布在网络团队可以访问的思科内部网站上。例如，表 4 公布了截至 2003 年 3 月 23 日的从前和当前的 Cisco IOS 软件版本。

表 4 适用于 CAPNet 路由器的标准 Cisco IOS 软件版本

路由器型号	路由器功能	当前的 Cisco IOS	从前的 Cisco IOS
7206 VXR	骨干网路由器	12.2 (13) T5	12.2(8)T4
7603	骨干网路由器	12.1(19)E1	12.1(13)E8
3640	带外路由器	12.2(13)T5	12.2(8)T4
7206 VXR	DR/VPN 路由器	12.2(15)T7	N/A

注：该特性集是 3DES，带 Secure Shell(SSH)协议支持。

思科 IT 部门中的运营小组，包括 CAPNet，无论它们使用推荐或可接受版本中的哪一个，都被视为遵循全球 Cisco IOS 软件标准。CAPNet 团队并不自动从可接受版本升级至推荐版本；升级通常是在网络用户需要只有后续版本中才拥有的新特性时才会进行。

设备配置

既然 CAPNet 已部署了标准硬件和软件，团队需要应用和实施标准配置。CAPNet 采用了标准配置，以避免由于配置的不一致性或不正确造成的不兼容问题。AAA 验证、SNMP 访问列表、NTP 和日志的所有有关事项的标准配置，都有助于减少支持和互操作问题，并最大限度地提高性能和可靠性。

CAPNet 利用 EMAN 自动配置工具和标准全球模板来实施基本配置（例如，口令加密和时间标记）AAA 验证、组播、SNMP 和 NTP 配置。

EMAN 负责每天对每台设备重复应用标准配置，重写（并报告）任何可能出现的临时配置变更。自动配置工具的使用将配置的一致性提升到了一个前所未有的新水平。2002 年第四季度推出该工具前，CAPNet 团队依赖人工设置和周期性检查配置，以确保一致性。这不仅耗时，而且配置错误极易忽视。

4 个 9 的优势

路由改进以及软硬件和配置标准化为 4 个 9 铺平了道路。由于地点、部署时间，以及软硬件和 IP 子网的差异，这些领域的问题会随着网络的发展不断积累。仅仅解决这些问题一项就将 CAPNet 可用性提高至 4 个 9 以上。但是，保持 4 个 9，力争 5 个 9，则需要对运营、管理和支持过程密切关注。下一部分将介绍这项工作。

迈向 5 个 9

4 个 9 的实现得益于改进的轻松机遇。迈向 5 个 9 则要求周密计划运营和支持过程。

CAPNet 意识到下列程序的重要性：

- 网络设计——设施和电路规划，以及技术的采纳。
- 网络管理——主机定义和带外管理
- 网络运营——Cisco IOS 软件升级和网络变更的最佳实践
- 故障管理和网络支持——监控器、报警和事件处理流程

网络设计

CAPNet 是一个广域网，由连接美洲、EMEA、亚太区和日本的思科机构的 SONET/SDH、DS3 和帧中继（适用于带外接入互联网数据中心（IDC））电路组成。CAPNet 地点位于思科拥有或租赁的机构，以及电信运营商在 4 大陆拥有的 IDC。

一个经仔细规划的、包含冗余和容错性在内的综合架构和设计是这种高可用性网络的基础。性能、可靠性和对思科的价值（成本和优点展示）是设计中要考虑的关键因素。

设施规划

在选择物理设施时，考虑了以下几点：

- 地点——选择适合所有设备的物理地点，如一个安全的房间，对设备机架有环境控制。
- 供电——高可用性需要可靠的电源。所有设备必须配备不间断电源（UPS），骨干网设备需要配备带备用发电机的 UPS。
-

电信运营商电路规划

高可用性 WAN 电路要求 SLA 配备多引导、电路多样性、低延迟、电路保护和其他可用性措施。CAPNet 设计师与电路供应商合作，获得了必备的服务。由于各种原因，所需要的带宽、电路多样性或延迟并非总能为每条电路提供。有时，成本、可用光纤路径、电信运营商能力或其他因素会影响性能。在这些情况下，对影响进行了说明，以使运营团队和电信运营商了解这种影响，并在停机过程中可以采取相应的步骤迅速解决问题，恢复正常服务。

永续技术的采用

永续技术使网络能够承受软硬件故障。要注意的是，采用永续技术时，简便性是十分重要的；仅仅选择那些您的应用需要的技术。

冗余主机和电路

每个 CAPNet 地点都是通过冗余硬件上最少 2 条不同路由电路而连接的，因而，大幅度提高了容错力。凭借这一配置，主机或电路故障不会中断流量，因为，流量会被迅速重新路由至冗余主机和电路。

IP 事件抑制

CAPNet 目前正在（运行 Cisco IOS 软件版本 12.2T 的）Cisco 7200 平台上部署 IP 事件抑制功能。IP 事件抑制的工作原理类似 BGP 路由抑制。如果路由飘荡（由于电路飘荡或其他原因），该路由就会暂时受到抑制。在 CAPNet 这样的网络中，凭借出色的第三层冗余，防止了路由飘荡过程中的流量丢失，使 IP 事件抑制提供了稳定性。

CAPNet 团队计划，一旦 IP 事件抑制特性在一个经思科 IT 部门测试并批准的 Cisco IOS 软件版本中获得支持，就立刻在 Cisco 7600 平台上部署该特性。

网络管理

简便性和一致性对网络高可用性管理是必不可少的。要确保主机得到明确识别并永远可连接。

EMAN 管理系统主机配置

每台 CAPNet 设备都连入了 EMAN 主机管理系统。这种管理工作为监控和报警奠定了基础，这将在网络运营部分中讨论。

保持每台设备的 EMAN 主机管理信息的准确性和一致性是极其重要的。下列字段是 CAPNet 主机的标准字段：

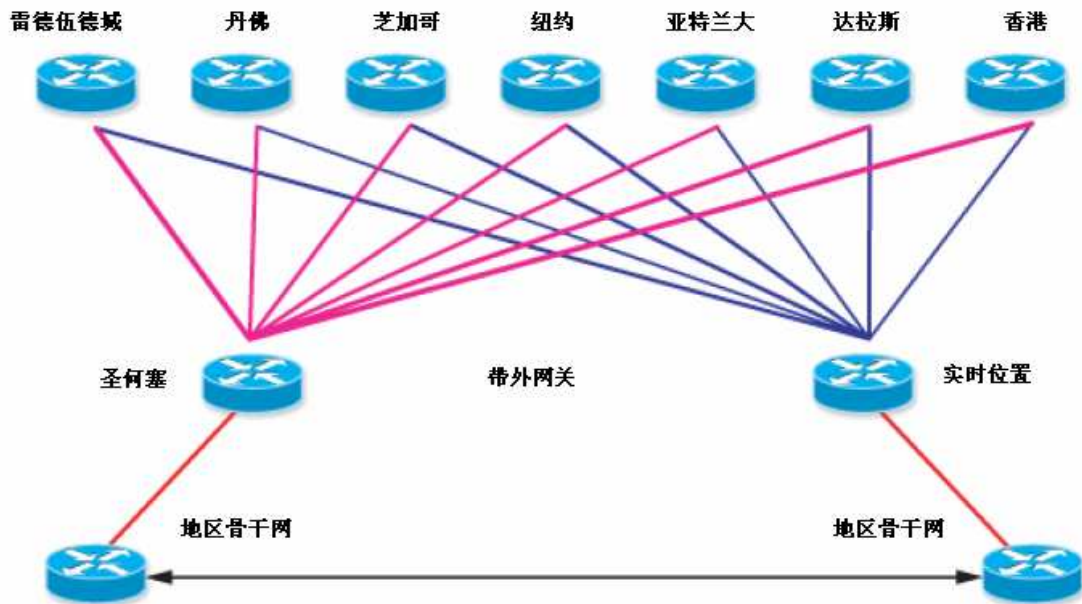
```
Area - As appropriate for location
Street - As appropriate for location
City - As appropriate for location
Support Group - IT
PGM Group - CAPNet
Duty Pager - capnet-duty
Contact - capnet-core@cisco.com
Collect Syslog Messages-Yes
Read-Only Community String - See std. config
Rear-Write Community String - See std. config
Collector Name - IS-HQ (and others as appropriate)
Priority Level - P1/P2 (as appropriate)
Report Type - WAN
Alerts Enabled? - Yes
Download Config? - Yes
Business Support - CAPNet
Router Service Type - CAPNet Router
Comments - A brief description of the device function
and what redundancy (if any) is available
```

带外管理路径

带外管理路径确保了即使在所有 WAN 电路出现故障的情况下，网络支持人员也可以抵达共置地点。这是一个关键的可用性因素，因为如果支持人员无法抵达故障地点，问题的解决和服务的恢复就会被拖延。

每个共置地点拥有到一个 Cisco 3640 多业务平台的冗余帧中继永久虚拟电路 (PVC)，它连接到该地点各个生产设备的控制台端口。利用该路径，支持人员可以开启每台设备的控制台会话，远程分析问题，无需将人员派遣至现场。图 6 介绍了 CAPNet 的带外管理网络。

图 6 带外网络



两条独立的带外路径连接着每个地点，一条源于圣何塞，另一条源于 RTP。因此，即使所有 WAN 电路和带外电路中的一条出现故障，每个地点依然保持着连接。如果一个地点完全无法连接，那么一定出现了严重的 WAN 停机，并非是一个地点问题。

帧中继电路必须真正独立于主 WAN 电路。它们使用多个地点的多条电路，因而不太可能与主电路同时出现故障。

网络运营

CAPNet 团队通过将最佳实践用于 Cisco IOS 软件升级和变更管理，改进了网络运营。

Cisco IOS 软件升级最佳实践

CAPNet 团队只有当用户需要新特性，并且只有在 IT 移植设计和实施团队许可了该版本在公司的部署后，才能采用新的 Cisco IOS 软件版本。在必要的情况下，CAPNet 团队可以选择一个升级候选特性，并用 Cisco IOS 软件升级流程执行升级（见图 7）。

图 7 Cisco IOS 软件升级流程



虽然全球 Cisco IOS 软件标准文件中列举的镜像已经过其他思科移植部门的测试和部署，但是 CAPNet 运营依然在部署前，对每个新的 Cisco IOS 软件镜像进行了预筛选和验证。

预筛选包括：

- 经由 cisco.com 和高级服务清除故障
- 就显示最高内存单元问题，浏览 Cisco IOS 软件版本说明

然后，CAPNet 利用实验室和试用测试对 Cisco IOS 软件候选特性进行验证。实验室测试验证基本的功能和兼容性，试用测试验证，在一个有限的生产环境下路由器的运营情况。假设候选特性通过了所有测试，它就成为了新的标准，并将被用于所有 CAPNet 地点的部署。

Cisco IOS 软件镜像的存储

所有 CAPNet 路由器都拥有存储至少 2 个 Cisco IOS 软件镜像的充足闪存（主板或插槽闪存上）（见表 5）。

表 5 Cisco IOS 软件镜像的存储地点

	7603	7206 VXR	3640
主镜像	超级引导闪存	插槽 0	引导闪存
备用镜像	插槽 0	插槽 1	插槽 0

在所有路由器上存储当前 Cisco IOS 软件镜像及其前一版本是 CAPNet 的一项措施。为快速降级，或当 Cisco IOS 软件主镜像无法使用需要更换时，准备一个镜像是十分重要的。如果升级的镜像不再能替代当前主镜像，就在路由器上为当前主镜像存储 2 个拷贝。这可确保一旦主镜像无法使用，总有一个替代引导镜像可用。

Cisco IOS 软件镜像升级

在整个 CAPNet 升级 Cisco IOS 软件镜像是一项定期工作，因此，执行必须准确无误，避免停机。为确保顺利升级，CAPNet 在内部网站上列出了详尽的升级程序。这些程序包括：

- Cisco IOS 软件升级——在备用地点加载新镜像的过程
- Cisco IOS 软件升级计划——通过正式的思科变更管理系统规划维护时间的过程。该系统是一个基于 Web 的工具，简化了创建、批准和跟踪变更请求的流程。
- Cisco IOS 软件激活——激活新镜像并验证新镜像正常工作的过程。这包括通知支持人员以使他们了解变更。

变更管理最佳实践

CAPNet 以一种类似的方式处理其他网络变更，如新硬件或电路添加。变更是通过变更管理系统设计的，考虑了思科网络冻结周期问题，以系统化的方式进行部署。这是整个思科 IT 部门的运作模式，并非仅限于 CAPNet。

故障管理

即使是高度可用的网络也不可避免地经历过故障和停机。硬件部件故障，软件故障，WAN 电路损坏，网络人员失误等屡见不鲜。监控网络性能和向支持人员报警不会减少故障次数，但却可以降低影响。一个可以快速识别问题并通知运营负责人员的强大的监控和报警系统，在大幅度削减所有停机的历时和影响方面取得了长足的进步。

活动监控

EMAN 企业监控器是一个思科 IT 部门的内部网络管理系统，为监控网络活动和针对重大变更报警，提供了一组强大的工具。

CAPNet 利用 EMAN 企业监控器获取下列信息：

- 设备和虚拟主机 ICMP 可用性
- 用于重大事件的陷阱：
 - 接口状态
 - 路由器重启
 - 路由器冷启
- 实时监控：
 - 接口状态
 - 路由器 CPU 级别
 - 路由器内存
 - 延迟监控器（每条电路有限定的延迟）
- 系统日志信息
 - EIGRP 陷入活动状态（SIA）
 - 双工误配
 - 其他事件

接口陷阱监控、实时监控和虚拟主机看似多余，但在一个配备冗余主机和电路的环境中，这种监控级别可以将未监控到的几率降至最低限度。路由器重启或中间电路混淆可能不会对可用性构成影响，但却会生成陷阱。这种未注意到的故障可能会影响网络性能和可靠性。有备则能无患。

CAPNet 团队在 EMAN 中添加了一项定制浏览，用于实时监控。这种浏览功能为职守工程师提供了快速查看所有实时监控事件的当前状态和意外情况的能力。

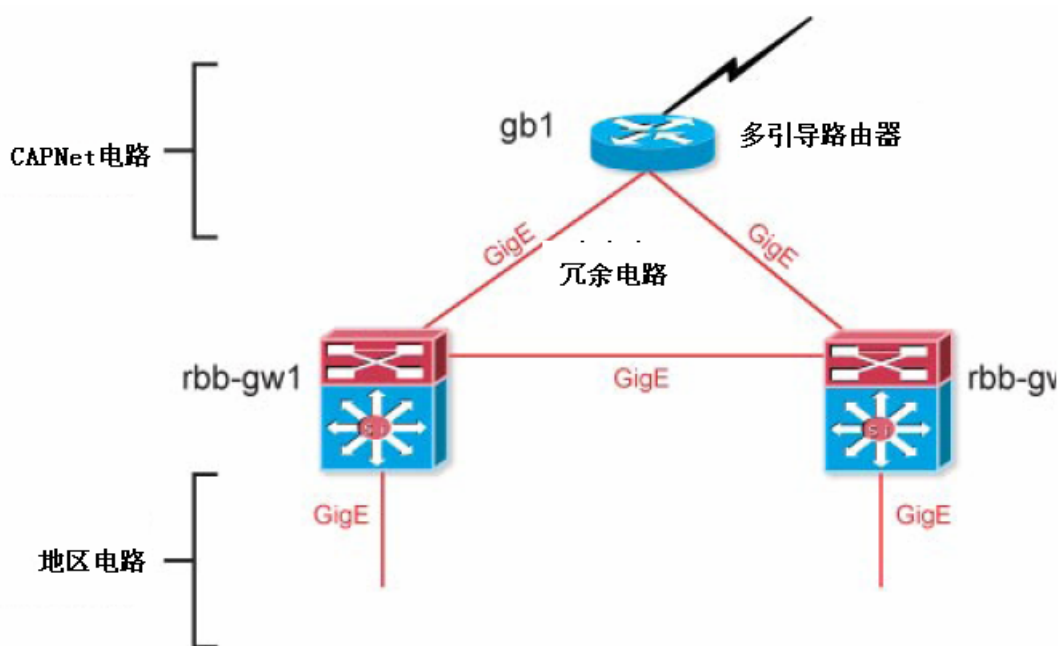
监控拥有冗余电路的主机

准确的可用性测量依赖正确的接口使用和主地址配置。否则，主机会在并未停机的情况下，表现为停机。

每个 CAPNet 主机名被单一引导到回路 0 接口上的地址，而该回路地址被用于监控各台设备。回路接口的使用为监控主机和从 EMAN 执行远程命令提供了稳定、永续可用的接口。利用回路接口还可以简化维护和支持活动。当为监控执行轮询 DNS 时，单一引导主机名要好于多引导主机名，因为您可以经常在 EMAN 企业监控器中获得伪报警（当主机运行时，表现为停机）。

图 8 对多引导如何导致不正确的可用性数据进行了介绍。

图 8 配备冗余电路的多引导主机



如果利用多引导主机名监控 gb1，在 rbb-gw2 规划的一小时维护期间，它将表现为停机，因为连接 gb1 和 rbb-gw2 的接口将断开，即使路由器拥有到 rbb-gw1 的冗余连接也不起作用。您可以通过将 gb1 纳入 rbb-gw2 变更管理来避开这一问题，但是，这样就会掩盖 gb1 可能发生在维护过程中的实际问题。

网络报警

EMAN 经配置可以针对所监控的任何数据发送报警。这些报警可发送至某人或职守寻呼机化名。CAPNet 团队可以利用报警分组，为网络的不同部分和不同的报警优先级，定制报警（见表 6）。

表 6 报警分组通知功能

报警分组	行动	示例
高	快速通知呼叫工程师，全天候	电路故障
中	在工作时间内通知呼叫工程师，非工作时间发送电子邮件	带外电路混淆
低	仅通过电子邮件通知	双工误配

多报警分组的使用确保了关键问题尽可能快地得以及时解决（7x24）。其他虽非关键但却重要的问题可以在相应的时间内解决，无需过分加重呼叫工程师的负担。

网络支持

CAPNet 使用呼叫工程师进行网络支持，而由思科高级服务部门提供辅助。呼叫工程师全天候负责解决网络问题。呼叫工程师可以利用呼叫日志跟踪问题，并在 EMAN 中发布总结信息。

呼叫工程师

CAPNet 的（呼叫）值班轮换由 8 名工程师组成，一周 7x24 轮换。因此，每名工程师一周值班，八周休息。呼叫工程师负责处理所有紧急事务，这些事务通常是由 EMAN 报警服务以值班寻呼的形式实时生成的。偶尔，CAPNet 呼叫工程师也会从网络运营机构接收报警（通常并非与 CAPNet 直接有关）。

CAPNet 将其呼叫值班安排和其他思科 IT 支持小组都公布在 IT 运营支持值班计划表上。该计划表是一种类似日历的 Web 网页，介绍了每天值班的主要和辅助工程师安排。

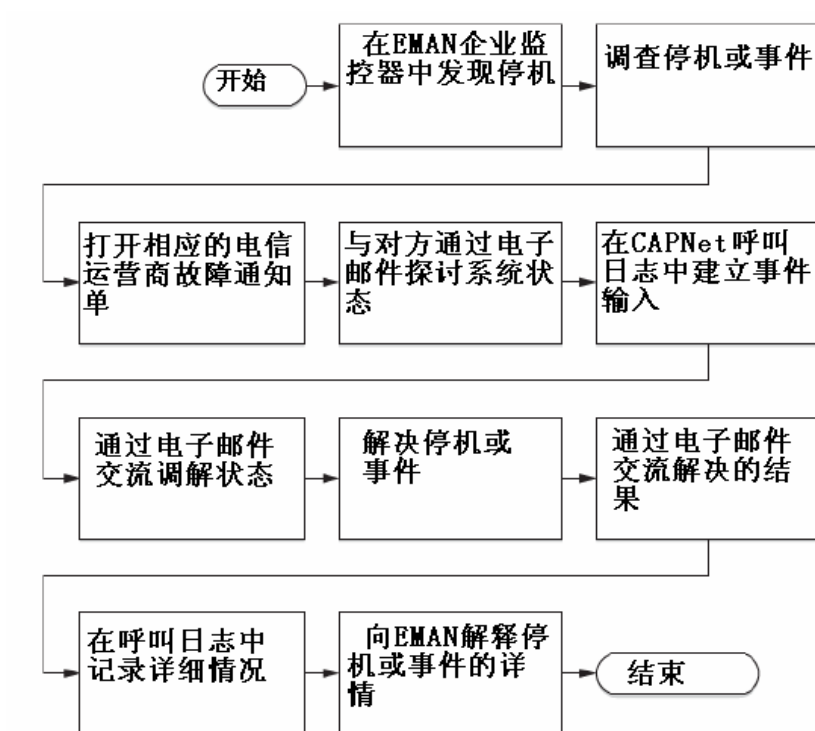
责任交接

CAPNet 每周的值班交接是在每个周一的太平洋时间早晨 8 点。此时，当班的工程师将把呼叫值班移交给轮班的下一位工程师，通过电话或短信都可以。直至接班的工程师提供了明确的责任交接完成信息，当班的 CAPNet 工程师才可以卸下责任。开放案例和故障通知单也在责任交接时移交给下一 CAPNet 值班位工程师，除非这样做不必要或不实际。

事件处理流程

CAPNet 值班工程师会按照一个标准程序，发现问题，交流进程，并记录结果（见图 9）。

图9 事件处理流程图



CAPNet 呼叫日志

呼叫工程师处理的每一件突发事件都会记录在呼叫总结日志中。该日志通过问题归类、详细分类、起始时间、终止时间、停机/事件历时、解决计时和停机原因（RFO），对停机和事件进行跟踪和计算。表7对问题和归类进行了概述。

表 7 问题归类

问题归类	详细分类
COS-CatOS	COS-其他问题 COS-待定/周期性问题 COS-版本互操作性
EV-环境问题	EV-供电——设备 EV-供电——房间 EV-供电——地点
HE-人为错误	HE-配置错误 HE-未获 CM 批准 HE-冗余故障 其他
HF-硬件故障	HF-布线 HF-思科系统部件 HF-非思科设备
IL-延迟加长	IL-延迟加长——电信运营商重新路由 IL-延迟加长——电路拥塞
IOS-IOS	IOS-CPU 调用 IOS-组播 IOS-路由 其他
NA-N/A	NA-工程师排障 NA-非网络相关问题 NA-P3 地点 NA-监控问题
TF-传输故障	TF-LAN TF-WAN 电路故障——普通电信运营商停机 TF-WAN 电路故障——无备份 其他
UP-待定	UP-待定

问题跟踪

跟踪整个停机和事件的详情对于运营成功是十分关键的。由于值班的不断轮换，没有其他可靠的途径确定趋势或慢性问题。每个季度，CAPNet 都要跟踪数据，确定需要改进的运营领域。

例如，环境日志中的问题归类可以轻松地确定下列问题：

- 慢性硬件或 Cisco IOS 软件问题
- 个别电信运营商或电路的周期性问题
- 环境问题，如电源和 HVAC 问题

- 人为错误，如配置错误

电路或硬件问题可能不至于造成障碍，呼叫日志使识别这些问题更加轻松。总之，不发现问题就不可能解决问题。呼叫日志是一个重要工具，CAPNet 可用它来识别和确认发展中的问题或慢性问题，并保持运营效率。

呼叫日志还为注释 EMAN 记录提供了便于复制和粘贴的方法，该记录为不方便访问呼叫日志的个人和部门提供了停机和事件信息。为确保 EMAN 注释能够提供一致和全面的信息，CAPNet 采用了一种注释模板，包括下列信息：

- 受影响的主机和电路
- 停运时间
- 恢复时间
- 问题说明
- 停机原因（RFO）

主动故障管理

CAPNet 呼叫值班工程师负责浏览每日 EMAN 网络可用性参数，并对未满足可用性目标的项目进行解释。CAPNet 每天会接到报告，对配置变化、路由表中的路由数、成功或失败的自动配置，以及配置异常报告进行说明。CAPNet 还会收到 EIGRP SIA 和以太网双工误配等事件系统日志报警。

虽然可能不能仅通过调查就使地点或设备符合 SLA，我们还是非常鼓励对损失的可用性进行调查。微小问题的主动调查可能会导致弱点及时发现，使其不致发展成为影响服务的停机。

思科高级服务

CAPNet 将思科高级服务作为一个技术资源，用于：

- 故障清除
- 产品开发
- 软硬件资源
- 排障专家
- 设计专家

备用部件

CAPNet 在各个地点保留了备用部件。如果一个硬件出现故障，现场人员可以快速插拔硬件部件，并利用全冗余功能恢复正常运行。

摄像机和远程助手

每个 CAPNet 共置地点都拥有面向设备机架的 Web 摄像机。呼叫工程师可以利用这些摄像机浏览设备，帮助远程人员解决问题。思科 IT 在所有共置地点都签署有现场支持协议，因此可提供现场支持。

CAPNet 文档

对于呼叫工程师，易于寻找和准确的在线文档是一种重要的支持，有助于在问题发生时予以快速解决和补救。

CAPNet 保留了下列在线文档：

- CAPNet 值班程序
- CAPNet 电信运营商签约网页
- CAPNet 网络映射
- CAPNet IOS 标准
- CAPNet BGP
- CAPNet 仪表盘全球值班计划
- TAC 案例程序

所有文档都能在思科 IT 部门的内部网站上方便地访问。

总结和建议

在很多方面，出色的运营实践经验和技巧为实现高可用性在各方面铺平了道路。最佳实践的采用通常会在短期内提高运营开支，但是，如果实施恰当的话，将显著地减少长期开支。我们关注的领域包括网络设计、配置、监控和报警、呼叫支持程序和文档。如果不关注这些领域，出色的运营就难以实现，更难以维持。

当开始一项高可用性计划时，首先要寻找机遇实施若干简便的改进计划。如果您部署了过多硬件平台和 Cisco IOS 软件版本，可以尝试转变成标准硬件平台和软件版本。请注意，仅凭借技术和标准化是无法实现 5 个 9 的。许多故障的发生是由于运营、管理和支持程序的漏洞造成的。思科为企业提供了许多资源，包括用于重要流程的最佳实践白皮书。

迄今为止，高可用性的优势远超出了成本。高可用性网络改进了公司形象，降低了运营成本，提高了员工和供应商效率，并可支持现代化 IP 通信应用，如视频会议和 IP 话音。



思科系统（中国）网络技术有限公司

北京

北京市东城区东长安街1号东方广场
东方经贸城东一办公楼19—21层
邮编：100738
电话：(8610)85155000
传真：(8610)85181881

上海

上海市淮海中路222号
力宝广场32—33层
邮编：200021
电话：(8621)33104777
传真：(8621)53966750

广州

广州市天河北路233号
中信广场43楼
邮编：510620
电话：(8620)85193000
传真：(8620)38770077

成都

成都市顺城大街308号
冠城广场23层
邮编：610017
电话：(8628)86961000
传真：(8628)86528999

如需了解思科公司的更多信息，请浏览<http://www.cisco.com/cn>

思科系统（中国）网络技术有限公司版权所有。

2005 ©思科系统公司版权所有。该版权和/或其它所有权利均由思科系统公司拥有并保留。Cisco, Cisco IOS, Cisco IOS标识, Cisco Systems, Cisco Systems标识, Cisco Systems Cisco Press标识等均为思科系统公司或其在美国和其他国家的附属机构的注册商标。这份文档中所提到的所有其它品牌、名称或商标均为其各自所有人的财产。合作伙伴一词的使用并不意味着在思科和任何其他公司之间存在合伙经营的关系。