

DARPA Internet协议的设计理念

戴维·克拉克*

麻省理工学院

计算机科学实验室

马萨诸塞州剑桥市。02139

(最初发布于Proc. SIGCOMM '88, 《计算机通信评论》第18卷第4期,
1988年8月, 第106–114页)

抽象

最初提出了Internet协议套件TCP / IP
十五年前。它是由国防部开发的
高级研究计划局 (DARPA), 以及
已被广泛用于军事和商业
系统。虽然有论文和
描述协议如何工作的规范
有时很难从这些推断出为什么
协议保持原样。例如, Internet协议是
基于无连接或数据报服务模式。
这样做的动机已被严重误解。
本文试图捕捉一些早期的
推理形成了Internet协议。

1.简介

在过去的15年中, 高级研究项目
美国国防部的机构已经
开发一套用于分组交换的协议
联网。这些协议, 包括Internet
协议 (IP) 和传输控制协议
(TCP), 现在在美国国防部的标准
用于互联网络, 并且在
商业网络环境。想法
在这种努力下发展起来也影响了其他
协议套件, 最重要的是无连接
的ISO的配置协议2, 3, 4。

关于DOD协议的特定信息是
相当一般可用5, 6, 7, 有时难以
确定导致
设计。

实际上, 设计理念已经有了很大的发展
从第一个提案到当前的标准。对于

IP和TCP层中的体系结构。好像
设计的基础, 但也不是设计的一部分
原始建议。互联网设计中的这些变化
通过重复的实施模式产生
以及在制定标准之前进行的测试。

Internet体系结构仍在不断发展。有时一个
新的扩展挑战了设计原则之一,
但无论如何要了解
设计为当前设计提供了必要的背景
扩展名。ISO的无连接配置
协议的历史也给协议着色
互联网套件, 因此对互联网设计有所了解
哲学可能会对使用ISO的人员有所帮助。

本文列出了原始目标的一种观点
Internet体系结构, 并讨论关系
这些目标与
协议。

2.基本目标

DARPA Internet体系结构的最高目标
开发一种有效的多路传输技术
利用现有的互连网络。一些
详尽的阐述很清楚
这个目标。

互联网的组成部分是网络,
相互连接以提供更大的空间
服务。最初的目标是将
带有ARPA分组无线电的原始ARPANET 8
网络9, 10中, 为了给该分组无线电用户
通过网络访问大型服务机
ARPANET。当时假设
是其他类型的网络可以互连, 尽管

多媒体网络。虽然这可能允许集成度更高，因此更好表演，有人认为有必要合并现有的网络架构，如果互联网在实际意义上是有用的。进一步，网络代表了控制，这是该项目的雄心壮志解决整合多个将受管理的实体分别分为一个公用程序。

选择用于多路复用的技术是分组交换。诸如电路切换的替代方案可以已经考虑过，但应用程序正在支持，例如远程登录通过分组交换范例，以及网络在这个项目中要整合在一起的是分组交换网络。所以数据包交换是被接受为互联网的基本组成部分建筑。

这个基本目标的最后一个方面是特定技术的假设连接这些网络。由于商店的技术和转发数据包交换，如DARPA以前的项目ARPANET很好可以理解，最高层的假设是网络将通过Internet数据包层互连交换机，称为网关。

从这些假设得出基本互联网的结构：分组交换通信设施中有许多可区分的使用分组通信将网络连接在一起称为网关的阳离子处理器，它们实现了存储和转发数据包转发算法。

3.二级目标

上一节所述的最高目标包含“有效”一词，但未提供任何有效互连必须定义的定义实现。以下列表总结了更详细的信息为互联网建立的一组目标建筑。

- 1.尽管丢失，互联网通信也必须继续网络或网关。
- 2.互联网必须支持多种类型的通讯服务。
- 3.互联网架构必须容纳各种网络。

6.互联网架构必须允许主机努力程度低的附件。

7.互联网架构中使用的资源必须负责。

这组目标似乎无非是所有所需网络功能的清单。它是重要的是要了解这些目标是按照重要性和完全不同的网络如果更改顺序，将产生体系结构。对于例如，由于该网络旨在在军事背景，这暗示了在恶劣的环境中，生存能力是第一位的目标，并把责任作为最后一个目标。在战时一个较少关注的是详细的会计核算使用的资源多于聚集任何资源可用并迅速将它们部署在操作方式。互联网的架构师注意问责制，收到的问题在设计初期很少关注，并且现在才被考虑。架构主要用于商业部署显然将这些目标放在列表的另一端。

同样，架构具有成本效益的目标显然在列表中，但低于某些其他目标，例如作为分布式管理或各种各样的支持网络。其他协议套件，包括一些比较流行的商业建筑针对特定类型的网络进行了优化，例如媒介建立的长途存储和转发网络加快电话线速度，并提供非常经济的方式解决方案，以换取交易与其他种类的网（例如本地网）相比，效果稍差区域网。

读者应仔细考虑以上内容目标，并认识到这不是“母亲”清单，但是一系列优先事项使设计充满色彩Internet体系结构中的决策。下列本节讨论此列表与互联网的功能。

4.面对失败的生存能力

列表上最重要的目标是互联网应该继续提供通讯服务，甚至尽管网络和网关出现故障。尤其是，该目标被解释为意味着如果两个实体是通过Internet进行通信，并且出现一些故障导致互联网暂时中断，

- 4.互联网架构必须允许分布式资源管理。
- 5.互联网架构必须具有成本效益。

重新配置以重构服务，然后是实体沟通应该能够继续而无需必须重新建立或重置其高级状态会话。更具体地说，在服务界面在传输层上，此架构无法提供

ACM SIGCOMM

-2-

计算机通讯评论

第3页

与运输客户沟通的设施
发件人与
接收器可能已经丢失。这是一个假设
这种同步永远不会的架构
除非没有任何物理路径可以
可以实现某种沟通。其他
话说回来，在运输的顶端，只有一次失败，
这是总分区。该架构是掩盖的
完全没有任何瞬态故障。

为了实现这个目标，状态信息
说明正在进行的对话必须受到保护。
状态信息的具体示例是
传输的数据包数量，数据包数量
已确认或未完成流程的数量
控制权限。如果档案的较低层
texture失去了这些信息，他们将无法分辨
如果数据丢失，那么应用程序层将具有
以应对失去同步的情况。这个架构
坚持认为这种干扰不会发生，这意味着
必须保护状态信息不丢失。

在某些网络体系结构中，此状态存储在
网络的中间数据包交换节点。在
在这种情况下，为了保护信息不丢失，它必须
复制。由于
复制，确保稳健复制的算法是
本身很难建立，并且很少与
分布式状态信息提供任何形式的
防止故障。替代品，这
选择架构，就是要获取这些信息并收集
它在网络的端点，在实体
利用网络服务。我称这种方法
可靠性“命运共享”。命运共享模式
表明失去状态是可以接受的
与实体相关联的信息（如果相同）
时间，实体本身就迷路了。具体而言，信息
有关传输级别同步的信息存储在
连接到网络并使用其主机
通讯服务。

缘分分享有两个重要的优势
复制。首先，命运分享可以防止任何
中间故障的数量，而复制可以
仅防止特定数量（小于
复制副本的数量）。第二，命运分享是
比复制容易得多。

分享命运有两个后果
生存方法。一，中间包
交换节点或网关不得具有任何

确保排序和
数据确认失败，那上面的应用程序
机器无法操作。

尽管生存能力是
列表，它仍然仅次于顶级目标
现有网络的互连。更生存
技术可能是由一个单一的多
媒体网络设计。例如，互联网使
关于网络的能力的假设非常微弱
报告失败。因此，互联网被迫检测
使用Internet级别机制的网络故障
出现较慢且不太具体的错误的可能性
检测。

5.服务类型

互联网体系结构的第二个目标是
应该在运输服务级别上支持各种
服务类型。不同类型的服务是
通过对此类事物的不同要求来区分
速度，延迟和可靠性。传统类型
服务是双向可靠的数据传递。
这项服务有时称为“虚拟
电路”服务，适用于以下应用
远程登录或文件传输。这是第一次服务
Internet架构中提供的
传输控制协议（TCP）11。还早
意识到即使这项服务也有多种变体，
因为远程登录需要低延迟的服务
在交付中，但对带宽的要求较低，而
文件传输与延迟无关，但是非常
与高吞吐量有关。TCP试图
提供这两种服务。

TCP的最初概念是它可以是通用的
足以支持任何需要的服务类型。然而，
随着所需服务的全部范围变得清晰起来，
似乎很难建立对所有人的支持
一种协议。

TCP范围之外的服务的第一个示例
是对XNET 12（跨Internet调试器）的支持。
对于XNET，TCP似乎不适合用于
几个原因。首先，调试器协议不应
值得信赖。这个结论可能看起来很奇怪，但是根据
压力或失败的条件（可能恰好是
需要调试器时）要求可靠
通信可能会阻止任何通信
所有。建立可以处理的服务要好得多
与任何通过，而不是坚持

稍后正在进行的连接的基本状态信息。是一类网络设计有时也称为“数据报”网络。其次，更多的信任放在主机上，机器比在网络中的架构中确保数据的可靠传递。如果寄宿居民

发送的每个字节均按顺序传送。第二，如果TCP是足以应付广泛的客户，大概有点复杂。再一次，看来期望在这种情况下支持这种复杂性是错误的调试环境，甚至可能缺少基本的

ACM SIGCOMM

-3-

计算机通讯评论

第4页

操作系统中预期的服务（例如支持用于计时器。）因此，XNET被设计为直接在Internet提供的数据报服务的顶部。

另一个不适合TCP的服务是实时的提供数字化语音，这对于支持命令的电话会议方面控制应用程序。在实时数字语音中，主要要求不是可靠的服务，而是最小化和平滑延迟的服务数据包的传递。应用层正在数字化模拟语音，打包结果位，以及定期通过网络将其发送出去。他们必须定期到达以便转换回模拟信号。如果数据包没有按预期到达，这是不可能的实时重组信号。令人惊讶关于延迟变化控制的观察是网络中最严重的延迟源是提供可靠交付的机制。典型的可靠的传输协议响应丢失的数据包通过请求重新传输并延迟交付后续数据包中的所有数据包，直到丢失的数据包重新传输。然后，它将那个包和所有其余的依次。发生这种情况时的延迟可能是往返交付时间的许多倍网络，可能会完全破坏语音重组算法。相比之下，应对偶尔丢失的数据包。失踪的话可以只是被短暂的沉默所取代，在大多数情况下不会损害向听众讲话。如果是，则为高级别错误可能会发生更正，并且听众可以询问说话者重复受损的短语。

因此，它是在互联网架构，不止一种传输服务是必需的，架构必须是准备容忍同时运输希望限制可靠性，延迟或带宽最低。

这个目标导致了TCP和IP，最初是架构中的单个协议，将其分为两层。TCP提供了一种特定类型的服务，IP尝试时可靠的顺序数据流提供一个基本的构建基块可以构建多种服务类型。这个积木是数据报，也已被采用支持生存能力。由于可靠性相关

创建了协议（UDP）13，以提供以下应用程序：Internet的基本数据报服务的高级接口。

该架构不希望假设基础网络本身支持多种类型服务，因为这将违反使用的目标现有网络。相反，希望是多个服务类型可以从基本数据报构建块，使用主机和网关。例如，（尽管这不是在大多数当前实现中完成），有可能采取与受控延迟但不可靠的服务并将其放在首位传输队列的数量，除非它们的生存期为过期，在这种情况下将被丢弃；而与可靠流关联的数据包将是放在队列的后面，但从不丢弃，不管他们上网多久了。

事实证明，这比最初希望提供的要困难得多多种服务类型，而没有来自的明确支持基础网络。最严重的问题是以一种特定类型的网络设计的网络服务意识不够灵活，无法支持其他服务。最常见的是，网络在假定它应该提供可靠的服务，并将部分延误提供可靠服务的能力，无论是否需要可靠性。接口行为定义为例如，X.25意味着可靠的传送，无法关闭此功能。因此，尽管Internet通过X.25网络成功运行无法提供所需的类型服务的可变性该上下文。其他具有内在联系的网络数据报服务在以下类型上更加灵活他们会允许的服务，但是这些网络很多少见，尤其是在长途旅行中。

6.各种网络

这对于互联网的成功非常重要能够整合和利用各种各样的网络技术，包括军事和商业设施。互联网架构具有在实现这一目标方面非常成功；它被操作通过各种各样的网络，包括长途网络（ARPANET本身和各种X.25网络），局域网（以太网，环网等），广播卫星网（DARPA大西洋卫星网络14，15以每秒和64千位操作

不能保证数据包的传送，但是
尽力而为，有可能建立在
数据报是可靠的服务（通过确认
并在更高级别转发），或
交换了原始延迟特性的可靠性
基础网络基板的数量。用户数据报

DARPA实验宽带卫星网，16
在美国以每秒3兆比特的速度运行
第二），分组无线网络（DARPA分组
无线网络，以及实验性的英国数据包
无线网络和业余无线电开发的网络
运营商），各种串行链接，范围从1200

第5页

每秒与T1链接的异步连接数，
以及其他各种临时设施，包括
计算机间总线和提供的运输服务
其他网络套件的较高层，例如
IBM的HASP。

Internet体系结构通过以下方式实现了这种灵活性：
做出关于
网络将提供的功能。基础的
假设网络可以传输数据包或
数据报。包必须具有合理的大小，
至少应为100字节，并应交付
具有合理但不是完美的可靠性。网络
如果有更多的话，必须有某种合适的寻址方式
比点对点链接。

有很多服务显然没有
从网络假定。这些包括可靠或
顺序传送，网络级广播或
多播，传输数据包的优先级排序，
支持多种服务，以及内部
了解故障，速度或延迟。如果这些
服务是必需的，然后为了
容纳互联网中的网络，
网络必须支持这些服务
直接或网络接口软件提供的
在端点模拟这些服务的增强功能
网络。有人认为这是不可取的
方法，因为这些服务必须重新
针对每个网络进行设计和重新实现
以及每个网络的每个主机接口。通过
例如在运输过程中设计这些服务
通过TCP可靠交付，必须完成工程
仅执行一次，并且必须仅执行一次
每个主机一次。之后，执行
新网络的接口软件通常非常
简单。

7.其他目标

迄今为止讨论的三个目标是
对设计的最深远影响
建筑。剩下的目标，因为它们
重要性较低，可能无法有效地实现，
还是没有完全设计好。允许的目标
互联网的分布式管理肯定有
在某些方面得到满足。例如，并非所有
实施和管理Internet中的网关
由同一机构。有几种不同的
部署的Internet中的每个管理中心

管理网关的各种组织是
不一定是管理
网关连接到的网络。

另一方面，一些最重要的
当今互联网的问题与缺乏
足够的分布式管理工具，尤其是在
路由区域。在庞大的互联网中
当前操作的，路由决策需要
受资源使用政策的约束。今天这个
只能以非常有限的方式完成，这需要
手动设置表格。这很容易出错，并且
同时还不够强大。最重要的
未来几年互联网架构的变化
年可能是新的发展
生成用于管理资源的工具
多个主管部门的环境。

很明显，在某些情况下，互联网
架构无法产生具有成本效益的
利用昂贵的通讯资源
量身定制的架构。标头
Internet数据包很长（典型的标头是40
字节），如果发送了短数据包，则此开销为
明显的。当然，最糟糕的情况是
字符远程登录数据包，其中包含40个字节的
标头和一个字节的数据。其实很难
任何协议套件都声称这些
交换以合理的效率进行。
另一方面，用于文件传输的大数据包
可能有1,000字节的数据，
标头仅占百分之四。

效率低下的另一个可能原因是
重传丢失的数据包。由于互联网不
坚持在网络上恢复丢失的数据包
级别，可能有必要重新传输丢失的数据包
从互联网的一端到另一端。这表示
重传的数据包可能会跨越几个
介入网第二次，而恢复
网络级别不会生成此重复流量。
这是由于
以上讨论的提供服务的决定
终点。网络接口代码很多
更简单，但总体效率可能更低。
但是，如果重传速率足够低（对于
例如1％），那么增量成本是可以容忍的。如
纳入网络的粗略经验法则
在架构中，每一百个包中的一个丢失是
相当合理，但十分之一的损失说明

策略，必须在主机中而不是在主机中实施在网络中。最初，对于那些不是熟悉协议实现，这样做似乎有些艰巨。实施者尝试将传输协议移至前端处理器，带有协议的想法将只实施一次，而不是再次实施每种类型的主机。但是，这需要本发明主机到前端协议的想法几乎与原始实施一样复杂传输协议。作为协议的经验增加，与实施主机内的协议套件似乎正在减少，现在可以在多种应用中使用各种机器，包括个人计算机和其他计算机资源非常有限的机器。

使用寄宿生引起的相关问题机制是执行不力机制可能会损害网络以及主机。之所以可以容忍这个问题，是因为最初实验涉及数量有限的宿主可以控制的实现。然而，随着互联网使用的增长，这个问题已经偶尔以严肃的方式浮出水面。在这方面，鲁棒性的目标，导致命运的方法共享，从而导致主机驻留算法，如果主机行为不当，则会失去健壮性。

最后一个目标是问责制。实际上，会计Cerf和Kahn在第一篇论文中讨论了协议和网关的重要功能。但是，目前，Internet体系结构包含一些用于计算数据包流量的工具。这个由于该问题的范围目前仅在研究中建筑正在扩展到包括非军事严重关注未成年人的消费者站立并监视资源的使用在互联网上。

8.架构与实现

先前的讨论清楚地表明，Internet体系结构的目标是提供广泛的所提供服务的灵活性。不同的运输协议可用于提供不同类型的服务，并且可以合并其他网络。换句话说，该架构非常努力地避免限制了互联网可以提供的服务范围

描述一组特定的网络，网关和在上下文中已连接在一起的主机互联网体系结构。实现可能会有所不同他们提供的服务数量级。实现已建立在每秒1200位的基础上电话线，并且只有在速度高的情况下才能出网每秒大于1兆位。显然，这些中可以具有的吞吐量期望实现的数量级有所不同。同样，一些互联网实现的延迟以数十为单位毫秒，其中其他人的延迟时间为秒。某些应用程序，例如实时语音这两者之间的工作方式根本不同实现。一些互联网经过精心设计，因此网关和路径中存在很大的冗余。这些Internet可以生存，因为存在资源失败后可以重新配置。其他网际网络为了降低成本，实现具有以下几点：通过实现连通性，使失败可能会将互联网分为两半。

互联网架构可以容忍各种各样的通过设计实现。但是，它使设计师具有大量工程的特殊实现去做。这种建筑的主要斗争之一发展是要了解如何给予指导设计师的实现，指导将实现的工程与以下类型相关服务将导致。例如设计师必须回答以下问题。什么样的带宽必须在基础网络中，如果总体服务是要提供一定的吞吐量率？给定一个内部可能发生故障的模型这种认识应该是什么样的冗余设计成实现？

大多数已知的网络设计辅助工具似乎并没有有助于回答这类问题。协议例如，验证者可帮助确认协议符合规范。但是，这些工具几乎从不处理性能问题，这是对服务类型的想法至关重要。相反，他们处理更严格的逻辑观念协议相对于规范的正确性。虽然验证逻辑正确性的工具很有用，但两者在规范和实施阶段，他们会无法解决经常出现的严重问题与性能有关。典型的实现经验是，即使逻辑正确

建筑规范。但是，我们仍然坚决觉得有必要给予实施者指导。我们今天继续努力解决这个问题。

另一类设计辅助工具是模拟器，它可以有所作为并探索服务它可以在各种负载下提供。没有人还没有尝试构建一个模拟器考虑到网关的广泛变化实施，主机实施以及在可能的范围内看到的网络性能互联网实现。因此，正是这种情况大多数Internet实现都是在信封。这是对目标结构的评论互联网体系结构的背后分析，如果有足够的知识人，通常就足够了。特定设计师互联网实现通常较少关注获得线路利用率最后百分之五比知道所需的服务类型是否可以鉴于手头上的所有资源，时刻。

架构与性能之间的关系是一个非常具有挑战性的。的设计师互联网架构非常强烈地认为这是一个严重的错误，只注意逻辑上的正确性和忽略性能问题。但是，他们在形式化任何方面遇到很大的困难体系结构中的性能约束。这些出现困难是因为体系结构不是为了限制性能，而是为了允许变化，其次（也许更多）从根本上），因为似乎没有用描述性能的正式工具。

这个问题特别严重，因为互联网项目的目标是制定规范成为军事标准的文件。它是政府承包的一个众所周知的问题不能指望承包商符合任何标准这不是采购标准的一部分。如果互联网关注性能，因此，它必须提出性能要求纳入采购规范。这是微不足道的发明了限制性能的规格-ance，例如指定执行必须能够每秒传递1,000个数据包。但是，这种约束不能成为

9.数据报

互联网的基本体系结构特征是使用数据报作为要传输的实体跨基础网络。如本文所述建议，数据报为何存在几个原因在架构中很重要。首先，他们消除中间连接状态的需求交换节点，这意味着互联网可以失败后重新构造而无需担心状态。其次，数据报提供了一个基本的构建块可以提供多种服务已实施。与虚拟电路相反，通常意味着一种固定类型的服务，即数据报提供端点提供的更基本的服务可以适当组合以构建服务类型需要。第三，数据报代表最小网络服务假设，已允许各种网络将被并入各种互联网实现。决定使用数据报是非常成功的互联网非常实现其最重要的目标成功。

经常有一个错误的假设数据报，这就是数据报的动机是实质上是更高级别服务的支持等同于数据报。换句话说，它具有有时有人建议提供数据报因为运输服务有哪些应用require是一个数据报服务。实际上，这很少案件。而Internet中的某些应用程序，例如对日期服务器或名称服务器的简单查询，请使用大多数情况下，基于不可靠数据报的访问方法互联网内的服务想要更多复杂的传输模型比简单的数据报更重要。有些服务希望提高可靠性，有些则希望想要延迟和缓冲延迟，但几乎所有人的期望都比数据报。重要的是要了解在这方面，数据报是一个构建块，并且本身不是服务。

10. TCP

有几个有趣且有争议的设计TCP以及TCP本身开发中的决策在成为

建筑，因此这取决于个人进行采购以认识到这些必须将性能约束添加到规格中并正确指定它们以实现提供所需服务类型的实现。我们不知道如何在以下方面提供指导执行此任务的人的体系结构。

决策稳定的标准管理和性质设计端口地址结构的详细介绍，作为TCP的一部分发布的实施说明协议手册。17，18但同样的动机为有时缺乏决策。在本节中，我尝试捕捉一些早期的推理TCP的一部分。此部分必不可少；一种

ACM SIGCOMM

-7-

计算机通讯评论

第8页

全面回顾TCP本身的历史将需要另一张这种长度的纸。

提供了原始的ARPANET主机到主机协议基于字节和数据包的流控制。这个似乎过于复杂，TCP的设计者感到仅一种监管形式就足够了。选择是规范字节的传递，而不是比包。TCP中的流量控制和确认因此基于字节数而不是分组数。确实，在TCP中，对于数据打包。

此决定是出于以下几点考虑：其中一些变得无关紧要，而另一些比预期的要重要。原因之一确认字节是为了允许插入控制信息进入序列空间字节，以便控件以及数据都可以承认。序列空间的用途是放弃，赞成使用临时技术来处理每个控制消息。虽然最初的想法吸引人的普遍性，它在实践中造成了复杂性。

字节流的第二个原因是允许如果将TCP数据包分解为较小的数据包为了通过一个小小的网子来适应数据包大小。但是此功能已移至IP层当IP与TCP分离时，IP被迫发明一种不同的破碎方法。

确认字节而不是确认字节的第三个原因是允许一些小包在发送中聚集到一个更大的数据包中主机，如果有必要重新传输数据。它是尚不清楚这种优势是否重要；它变成了至关重要。UNIX等具有基于单个字符的内部沟通模型交互通常会发送许多字节为1的数据包其中的数据。（有人可能会从网络上争论认为这种行为很愚蠢，但这是一个现实，以及交互式远程登录的必要性。）人们经常观察到这样的宿主可以产生一字节的数据包泛滥，这将比慢速主机处理它们的速度快得多。结果是丢包和重传。

如果重传是原始数据包，则每次重传都会重复同样的问题，

那么这种洪水可能永远不会发生。控制在数据包级别具有以下效果：如果发送小数据包，则会严重限制吞吐量。如果接收主机指定了多个数据包在不知道字节数的情况下接收在每种情况下，实际收到的数据量可能会有所不同1000倍，具体取决于发送主机在每个数据包中放置一个或一千个字节。

回顾过去，正确的设计决定可能是如果TCP要提供各种有效的支持在服务方面，必须对数据包和字节进行监管，因为是在原始的ARPANET协议中完成的。

与字节流有关的另一个设计决策是信尾标志或EOL。现在已经消失了从协议中替换为Push标志或PSH。EOL的最初想法是打破字节流记录。它是通过将来自将记录分成单独的数据包，而不是与合并数据包的想法兼容重传。因此，EOL的语义发生了变化转换为较弱的形式，仅意味着流中的一个或多个点是完整的应用程序级别的元素，这应该引起刷新TCP或网络中的任何内部缓冲区。说“一个或多个”而不是“一个”可以将几个结合在一起保留在重组中压缩数据的目标。但较弱的语义意味着各种应用必须发明一种专门的划界机制记录在数据流的顶部。

在EOL语义的这种演变中，有一点已知的中间形式，引起了很大的争议。根据主机的缓冲策略，TCP的字节流模型可能会在一个不可能的情况。考虑一个主机，其中传入数据放入固定大小的缓冲区序列中。缓冲区已满或返回给用户收到EOL。现在考虑情况乱序数据包的到来为了超越当前缓冲区。现在进一步考虑到收到此乱序数据包后，EOL的数据包导致当前缓冲区为返回给用户的只是部分已满。这个特别一连串的动作会导致将下一个缓冲区中的数据放在错误的位置，

操作性能的影响由本系统被要求到一个数据包进行重发，发生重发以更有效的方式，允许实际操作。

另一方面，字节的确认可以首先被认为是造成这个问题的原因。如果流控制的基础是数据包而不是字节，

由缓冲处理中的范围返回给主机中似乎没有必要的问题。

为了解决这个问题，建议EOL应该“使用”所有序列空间，直到下一个值mod缓冲区大小为零。换句话说，它有人建议EOL应该是制图工具主机缓冲区管理的字节流。

当时，这个想法似乎并没有得到很好的认可太特别了，似乎只有一位房东有这个问题。*回想起来，这可能是正确的将一些相关的方法纳入TCP的想法序列空间和缓冲区管理算法主人。当时，设计师根本没有洞察力，以了解如何在足够的条件下完成一般的方式。

11.结论

在其优先事项的范围内，Internet体系结构非常成功。该协议被广泛使用在商业和军事环境中产生了许多类似的体系结构。在同一时间，它的成功表明了情况下，设计师的优先级不匹配实际需求。更多关注这样的诸如会计，资源管理和具有不同主管部门的区域的运作是需要。

虽然数据报在解决互联网最重要的目标，它并没有提供服务当我们尝试解决一些目标时在优先级列表的后面。例如，资源管理和责任制的目标事实证明，在以下情况下很难实现数据报。如上一节所述，大多数数据报是来自源到目的地，而不是孤立的单位应用程序级别。但是，网关无法直接看到此序列的存在，因为它是强制的孤立地处理每个数据包。因此，资源管理决策或会计必须分别在每个数据包上完成。施加数据报互联网层的模型剥夺了该层的可用于的重要信息来源实现这些目标。

这表明可能存在更好的构建基块比下一代的数据报建筑。该建筑物的一般特征块是它将标识一个数据包序列从源头到目的地，没有假设任何特定类型的服务服务。我用“流量”一词来形容积木。网关是必要的

信息对于维持与流关联的所需服务类型。代替，这种类型的服务将在最后实施点，它会定期向确保正在使用正确的服务类型与流程相关联。这样，状态与流程相关的信息可能会丢失崩溃而不会永久中断服务使用的功能。我称这个概念为“软状态”，它很可能使我们实现我们的主要目标生存力和灵活性，同时更好地处理资源问题管理和问责制。探索交替实用的构建块构成了当前DARPA互联网中的研究指南程序。

12.致谢-历史
透视

不可能承认所有互联网项目的贡献者；确实有在15年的发展中已发展成数百种：设计师，实施者，作家和评论家。确实，重要的话题，可能值得在本身就是管理该项目的过程。参加者来自大学，研究实验室和公司，他们联合起来（程度）以实现这一共同目标。

TCP的最初愿景来自Robert Kahn还有Vinton Cerf，他的观点非常清晰，可以追溯到1973年，具有适当功能的协议如何成为粘合剂它将汇集各种新兴网络技术。从他们在DARPA的职位开始，他们引导项目在早期发展到TCP和IP成为DoD的标准。

本文的作者是在70年代，并接管了1981年使用TCP / IP。他要感谢所有那些和他一起工作，尤其是那些是时候重建一些失落的历史了纸。

参考文献

具有流动状态以记住物体的性质
流过它们，但是状态

1. V. Cerf和R. Kahn，“数据包协议
网络互通”，*IEEE Transactions
上通讯*，卷。1974年5月，第22卷，第5期，第pp。
637-648。

2. ISO，“传输协议规范”，技术。
国际组织IS-8073报告
标准化，1984年9月。

*
EOL的这种使用被正确地称为“橡胶EOL”，但其
批评者迅速在一个叫“橡胶婴儿缓冲缓冲器”的地方
试图嘲笑这个想法。功劳必须归功于
比尔·普鲁默（Bill Plummer）的主意是面对批评者时坚持自己的枪法
快速地对他说了一遍。

ACM SIGCOMM

-9-

计算机通讯评论

3. ISO，“用于提供连接的协议-lessMode网络服务”，Tech。报告DIS8473，国际标准化组织，1986年

4. R. 卡隆，“网间协议”，论文集*IEEE*，第一卷 1983年12月第71号第12页。1388-1392。

5. Jonathan B. Postel“网络协议方法”，*IEEE交流事务-阳离子*，卷。Com-28，第4号，1980年4月，第pp。605-611。

6. 乔纳森·B·波斯特尔，卡尔·A·阳光，丹尼Cohen，“ARPA Internet协议”，*计算机网络* 5卷。1981年7月，第5卷，第4期，第261-271页。

7. 艾伦·谢尔策（Alan Sheltzer），罗伯特·欣登（Robert Hinden）和迈克·布雷西亚（Mike Brescia），“将不同类型的网络与网关”，*数据通信*，1982年8月。

8. J. McQuillan和D. Walden，“ARPA网络设计决策”，*计算机网络*，第1卷 1977年8月第5号，第243-289页。

9. R. E. 卡恩（S.A.）格罗内迈耶，J. Burdifiel Hoversten，“分组无线技术的发展技术”，在*IEEE的诉讼*卷。66，1978年11月第11号，第1408-1496页。

10. BM Leiner，DL Nelson，FA Tobagi，“发行于分组无线电设计”，*IEEE会议论文集*，卷 75，第1号。1987年1月，第6-20页。

11.-，“传输控制协议RFC-793”，*DDN协议手册*，第一卷 1981年9月，第2页。2.179-2.198。

12. Jack Haverty，“Internet的XNET格式协议版本4 IEN 158”，*DDN协议手册*，卷。1980年10月2日，第2-345至2页-348。

13. Jonathan Postel，“用户数据报协议NICRFC-768”，*DDN协议手册*，第1卷。'。1980年8月，第2.175-2.177页。

14. I. Jacobs，R. Binder和E. Hoversten，将军目的分组卫星网络”，*会议记录*

16. W.Edmond。S Blumenthal。A.Echenique，S.Storch，T.Calderwood和T.Rees，《蝴蝶卫星》宽带分组卫星网络的IMP”，*ACM SIGCOMM '86*，ACM，斯托（V.Stowe），1986年8月，第194-203页。

17. David D. Clark，《窗口与致谢》TCP NIC-RFC-813“，*DDN协议中的策略手册*，卷。3，1982年7月，第3-5至3-26页。

18. David D. Clark，“名称，地址，端口和路由NIC-RFC-814”，*DDN协议手册*，卷 3，1982年7月，第3-27至3-40页。

的*IEEE*，卷。1978年11月，第66号，第11页。
1448-1467。

15. C. Topolcic和J. Kaiser, “ SATNET
监控系统”, *IEEE*论文集
MILCOM, 马萨诸塞州波士顿, 1985年10月, 页。
26.1.1-26.1.9。