

An Introduction to Computer Networks

Principle: Packet Switching



菲尔：当互联网被设计出来时，它是基于一个有争议的、革命性的想法：分组交换。现在看来，它是建立网络的直接和明显的方式。但情况并不总是如此。这是一个非常简单的想法，但当然就像简单的想法一样，一旦你把它付诸实践，就会产生许多有趣的影响。我们将用一整周的时间来讨论分组交换及其影响，但在这段视频中，我们将介绍高水平的想法和它的直接好处。

What is packet switching?

Packet: A self-contained unit of data that carries information necessary for it to reach its destination.

Packet switching: Independently for each arriving packet, pick its outgoing link. If the link is free, send it. Else hold the packet for later.

CS144, Stanford University

尼克

数据包。 一个独立的数据单位，携带必要的信息以到达目的地。

分组交换是指我们将数据分解成不连续的、独立的数据块。每块数据被称为数据包，携带足够的信息，网络可以将数据包送到目的地。因此，假设我们有一个来源和一个目的地，在它们之间有一个由分组交换机A、B和C组成的网络。当A收到目的地的数据包时，它沿链路将其发送给B；当B收到目的地的数据包时，它将其发送给C；当C收到目的地的数据包时，它将其发送给目的地。在最简单的包交换形式中，每个

数据包是单独和独立的路由。例如，假设有另一个与B相连的交换机，称为D。在向C发送一个数据包后，B可以立即向D发送下一个数据包。或者，如果下一个数据包也是到目的地，它将向C背对背发送两个数据包。

数据包交换：对于每个到达的数据包，独立地选择其出站链接。如果该链接是空闲的，就发送它。否则，保留该数据包以备后用。

这里有一个关于分组交换如何工作的例子：每个数据包都包含一个明确的路由，指定了沿途每个分组交换的ID。我们把这称为"自我路由"或"源路由"，因为源头指定了路由。

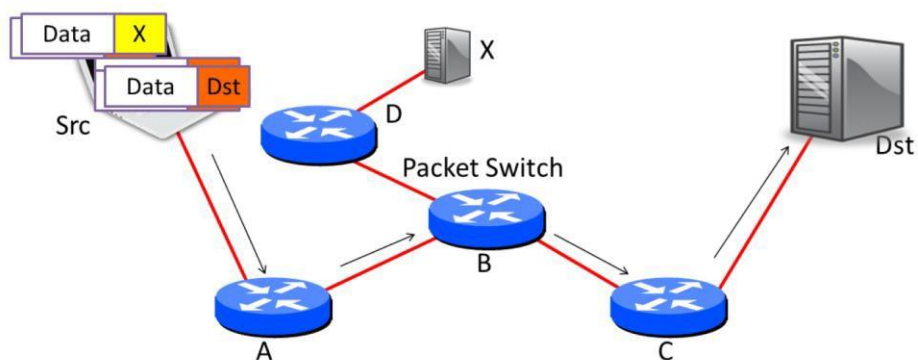
当源端发送一个数据包时，它在数据包中放入A、B、C、目的地。然后它把数据包转发给A。A看了看头里面，发现下一跳是B，所以它把数据包转发给B。B看到下一跳是C，而C看到最后一跳是目的地。事实证明，互联网支持源路由，但它通常被关闭，因为它引起了很大的安全问题。拥有路由器的人不希望告诉你如何发送数据包，因为也许你能欺骗他们，把他们送到他们不应该去的地方，例如作为安全的计算机。

一个简单的优化，也是今天互联网的主要做法，就是在

每个交换机中放置少量的状态，告诉它要把数据包发送到哪个下一跳。例如，一个交换机可以有一个目标地址的表格

和下一跳。当它收到一个数据包时，它在表中查找地址，并将数据包发送到适当的下一跳。在这种模式下，数据包需要携带的只是目的地地址。使用该地址，沿途的每个交换机都可以做出正确的决定。例如，在我们这里的网络中，A的表说到目的地的数据包应该去交换机B，交换机B的表说到目的地的数据包应该去交换机C，以此类推。

Packet Switching



3

在分组交换中，没有专门的电路来承载我们的数据。相反，我们通过添加一个头来发送一个数据块，并将其称为一个数据包。头部包含了数据包要去的地方的地址，就像一个信封告诉邮局要去哪里一样。

发信。

<点击链接发送数据包>一个数据包交换网络由终端主机、链接和数据包交换机组成。当我们发送一个数据包时，它被逐跳路由到其目的地。每个数据包交换机在其本地的数据包头中查找地址。

转发表。

例如，这个数据包的地址是B。当我们传输它时，第一个路由器在其本地表中查找地址B，并看到交换机S2是下一跳。S2和S4做了同样的事情，数据包最终被送到了B。在互联网上有几种不同类型的数据包交换机。其中一些被称为路由器或网关，而另一些被称为以太网交换机。我们稍后会进一步了解它们中的每一种。在这个阶段，你只需要知道它们都是数据包交换机的类型，并且它们

根据报头中的目标地址转发数据包。



<两张草图在这里。

A: 源路由图片 - **ABC**-目的地

B: 沿着路径的每个交换机的转发表。

Two consequences

1. Simple packet forwarding.
2. Efficient sharing of links.

CS144, Stanford University

菲尔

(这一部分似乎真的基于基于电路的网络。许多学生从来没有使用过这种网络。为什么你需要每个流的状态？为什么你可能无法有效地共享链接？)

数据包交换有两个非常好的特性。首先，交换机可以为每个数据包做出单独的、本地的决定。它不需要保留它所看到的数据包的额外状态，也不需要保留两个数据包是否去往同一个目的地。

即使许多数据包是一些更大的传输或协议的一部分，交换机也不需要知道或关心。交换机不需要知道有些数据包是Skype电话，有些是网络请求，还有一些是你电脑的固件更新。它只是转发数据包。这大大简化了交换机的

工作。

第二，它可以让交换机在多方之间有效地共享一个链接。例如，考虑一个家庭中的无线路由器，有两个人在他们的笔记本电脑上浏览互联网。(画图) 如果一个人正在阅读一个网页，那么另一个人可以以链接的全速下载一个文件。如果第一个人开始加载一个新的网页，那么这个链接就可以在他们两个人之间共享。一旦下载完成，第一个人就可以使用该链接的全速。

这两点真的很重要，所以我们将对这两点进行一些更详细的讨论。

No per-flow state required

Flow: A collection of datagrams belonging to the same end-to-end communication, e.g. a TCP connection.

Packet switches don't need state for each flow – each packet is self-contained.

No per-flow state to be added/removed.

No per-flow state to be stored.

No per-flow state to be changed upon failure.

CS144, Stanford University

尼克

当然，当我们进行通信时，我们通常不会只发送一个数据包，而是发送许多；例如，一个语音电话由许多连续的数据包组成，都是同一通信的一部分。我们把这种数据包的序列称为流。更具体地说。

流：属于同一终点的数据报的集合。
到端通信，例如TCP连接。

让我们首先看看每个数据包的独立路由。

因为每个数据包都是独立的，所以交换机不需要知道数据包组或数据包流的情况。想象一下，如果每个交换机都必须跟踪通过它的每一个网络连接。这将需要一个

巨大的状态将很难管理。相反，独立处理每个数据包意味着交换机可以更简单地建立、管理和排除故障。

交换机不需要担心添加或删除这种每个流的状态。想象一下，如果每次你想加载一个网页，你都必须与路径上的每个交换机进行通信，以设置状态，这样你的请求就会成功。

这可能会使事情变得更慢。相反，你可以直接发送数据包，交换机适当地转发它们。

开关也不需要*存储*这个状态。因为交换机必须是快速的，他们需要将这种状态存储在非常快的内存中，这很昂贵。这使得交换机可以专注于做一件事，快速转发数据包。

最后，它意味着开关不必担心故障。例如，想象一下，当你开始一个网络请求时，但你的平板电脑却没有能量了，这时会发生什么？交换机要为请求保留每个流的状态，但如果创建该状态的节点之一发生故障，交换机需要知道如何清理它。否则，你可能会有几百万、几十亿的死流在消耗你的内存。在包交换中，交换机没有每个端点的状态。如果你的平板电脑死了，交换机并不关心，这只是意味着它停止接收来自它的数据包。通过这种方式，交换机在功能上与通过它发送流量的计算机更加

独立。

Efficient sharing of links

Data traffic is bursty

- Packet switching allows flows to use all available link capacity.
- Packet switching allows flows to share link capacity.

This is called *Statistical Multiplexing*.

CS144, Stanford University

菲尔

想想你通常如何使用互联网--你的使用是突发性的。你加载一个网页，然后阅读它，再加载另一个网页。你从iTunes下载几首歌曲，然后听它们。你从Netflix串流一个节目45分钟，然后停止。数据流量是突发性的：不是总是以固定的速度发送和接收数据，而是随着时间的推移，使用量跳跃和下降，上升和下降。

虽然数据流量有大规模的变化和峰值--下午3点通常很高，8点也是如此，而凌晨2点则很低，但在较小的范围内，它是非常突发的，这些突发往往是独立的。假设你和你的朋友都在一家咖啡馆里浏览网页。当你加载一个新的页面和你的朋友加载一个新的页面时，大多是独立的

。有时他们可能会重叠，但往往他们

不会。通过将你所有的流量视为数据包，无线路由器可以非常有效和简单地在你们之间分享其容量。如果你正在加载一个页面，而你的朋友正在阅读，无线路由器可以将其所有的容量给你的数据包。同样，如果你的朋友正在加载一个页面，而你正在阅读，路由器可以把它所有的容量给你朋友的数据包。链接不需要因为你们中的一个人不使用它而部分闲置，如果你们都在使用它，那么链接可以在你们之间共享。

这种将单一资源以概率或统计方式在多个用户之间共享的想法被称为统计复用。它的统计性在于，每个用户根据其他人使用资源的多少，获得资源的统计份额。例如，如果你的朋友正在阅读，你可以使用所有的链接。如果你们两个人都在加载一个页面，你们就可以获得一半的链接容量。

Summary

Packet switches are simple: they forward packets independently, and don't need to know about flows.

Packet switching is efficient: It lets us efficiently share the capacity among many flows sharing a link.

尼克。

因此，这就是分组交换的两个主要好处：它使交换机变得简单，因为它们不需要知道数据包的流量。其次，它让我们在共享一条链路的许多流量之间有效地分享容量。这种简单的构件在当时是革命性的，但它现在已被接受为构建网络的常见方式。