**Chapter 1**

**Computer Networks and Internet**

Internet hari ini bisa dibilang merupakan sistem rekayasa terbesar yang pernah diciptakan oleh umat manusia,

dengan ratusan juta komputer terhubung, link komunikasi, dan switch dengan miliaran pengguna yang terhubung melalui laptop, tablet, dan smartphone dan dengan berbagai perangkat terhubung Internet baru seperti sensor, Cams Web,konsol game, bingkai foto, dan bahkan mesin cuci. Mengingat internet itu begitu besar dan memiliki begitu beragam komponen dan kegunaan, Bagaimana memahami cara kerjanya? Adakah prinsip dan struktur panduan yang bisa menjadi dasar untuk memahami sistem yang luar biasa besar dan kompleks ini? Dan jika ya, mungkinkah itu benar-benar menarik dan menyenangkan untuk dipelajari tentang jaringan komputer?

Bab pertama ini menyajikan gambaran menyeluruh tentang jaringan komputer dan internet.

Kami akan menyusun ikhtisar jaringan komputer kami di bab ini sebagai berikut. Setelah memperkenalkan beberapa terminologi dasar dan konsep, pertama-tama kita akan memeriksa komponen perangkat keras dan perangkat lunak dasar yang membentuk jaringan. Kita akan mulai tepi jaringan dan melihat sistem akhir dan aplikasi jaringan berjalan dalam jaringan Kita kemudian akan mengeksplorasi inti dari sebuah jaringan komputer, memeriksa

link dan switch yang mengangkut data, serta jaringan akses dan fisik media yang menghubungkan end system ke core jaringan. Kita akan belajar bagaimana jaringan ini terhubung satu sama lain.

Setelah menyelesaikan ikhtisar tepi dan inti jaringan komputer ini, kita akan mengambil pandangan yang lebih luas dan lebih abstrak di paruh kedua bab ini. Kami akan memeriksa delay, loss, dan throughput data dalam jaringan komputer dan menyediakan model kuantitatif sederhana untuk throughput dan delay end-to-end: model yang memperhitungkan transmisi, propagasi, dan penundaan antrian. Baiklah kalau begitu mengenalkan beberapa prinsip arsitektural utama dalam jaringan komputer, yaitu, layering protokol dan model layanan. Kita juga akan belajar bahwa jaringan komputer itu rentan terhadap berbagai jenis serangan; kami akan mensurvei beberapa serangan ini dan pertimbangkan bagaimana jaringan komputer bisa dibuat lebih aman. Akhirnya, kita akan menutup ini

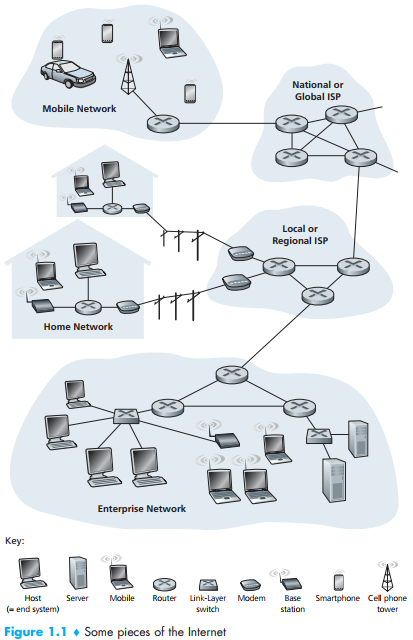
bab dengan sejarah singkat jaringan komputer.

* 1. **What is The Internet**

Ada beberapa cara untuk menjawab pertanyaan ini. Pertama, kita bisa jelaskan mur dan baut dari Internet, yaitu komponen perangkat keras dan perangkat lunak dasar yang membentuk Internet. Kedua, kita bisa menggambarkan internet dalam hal networking infrastruktur yang menyediakan layanan untuk aplikasi terdistribusi. Mari kita mulai dengan deskripsi mur dan baut.

**1.1.1 Mur dan baut dari Internet**

Internet adalah jaringan komputer yang menghubungkan ratusan juta komputasi perangkat di seluruh dunia Belum lama ini, perangkat komputasi ini terutama PC desktop tradisional, workstation Linux, dan yang disebut server yang menyimpannya dan mengirimkan informasi seperti halaman Web dan pesan e-mail. Namun, sistem akhir nontradisional internet seperti laptop, smartphone, tablet, TV, konsol game, Cams Web, mobil, perangkat penginderaan lingkungan, bingkai foto, dan sistem listrik dan keamanan rumah terhubung ke jaringan Internet. Memang, istilah jaringan komputer mulai terdengar sedikit tertanggal, diberikan banyak perangkat nontradisional yang terhubung ke Internet. Dalam jargon Internet semua perangkat ini disebut host atau sistem akhir.



komputasi perangkat seperti TV Web, komputer mobile, pager dan toaster sedang terhubung ke Internet. (Toaster bukan satu-satunya perangkat yang agak tidak biasa telah terhubung ke Internet, lihat Masa Depan dari Dapur) Dalam. jargon internet, semua perangkat disebut **host** atau **sistem akhir**. Banyak dari kita sudah familiar dengan Aplikasi Internet , seperti WWW dan e-mail, adalah **program aplikasi jaringan** yang berjalan pada sistem akhir tersebut. Kita akan melihat ke dalam sistem akhir internet secara lebih rinci dalam bagian 1.3 dan kemudian menggali secara mendalam studi aplikasi jaringan Bab 2.

Sistem akhir, serta sebagian lainnya “potongan” dari internet, menjalankan **protokol** yang mengontrol pengiriman dan penerimaan informasi dalam internet. **TCP** (Transmisi Control Protokol) dan **IP** (Internet Protokol) adalah dua dari yang paling penting protokol di Internet. Protokol prinsip Internet secara kolektif dikenal sebagai **protokol TCP / IP**. Kita mulai melihat ke protokol di bagian 1.2. Tapi itu hanya sebuah awal – banyak dari keseluruhan buku ini berkaitan dengan komputer jaringan protokol!

Sistem Akhir terhubung bersama-sama oleh **link komunikasi**. Kita akan melihat pada bagian 1.5 bahwa ada banyak jenis link komunikasi. Link yang terdiri dari berbagai jenis **media fisik**: kabel koaksial, kawat tembaga, serat optik, dan spektrum radio. Link yang berbeda dapat mengirimkan data pada tingkat yang berbeda. Tingkat link transmisi sering disebut **link bandwidth**, dan biasanya diukur dalam bit / detik.

Biasanya, sistem akhir tidak langsung melekat satu sama lain melalui link komunikasi tunggal. Sebaliknya, mereka secara tidak langsung terhubung satu sama lain melalui perangkat switching perantara yang dikenal sebagai **router**. Sebuah router mengambil informasi tiba di salah satu dari link masuk komunikasi dan kemudian meneruskan informasi itu pada salah satu link keluarnya komunikasi. **Protokol IP** menentukan format dari informasi yang dikirim dan diterima antara router dan sistem akhir. Bahwa jalan Informasi yang dikirimkan mengambil dari sistem akhir pengiriman, melalui serangkaian link komunikasi dan router, untuk menerima sistem end dikenal sebagai **rute** atau **jalur** melalui jaringan. Akan diperkenalkan routing dalam lebih rinci dalam bagian 1.4, dan mempelajari algoritma yang digunakan untuk menentukan rute, serta struktur internal dari router itu sendiri, dalam Bab 4.

Daripada menyediakan jalur khusus untuk berkomunikasi antar sistem akhir, Internet menggunakan teknik yang dikenal sebagai **paket switching** yang memungkinkan beberapa sistem akhir berkomunikasi untuk berbagi jalur, atau bagian dari jalan, pada saat yang sama. Kita akan melihat bahwa packet switching dapat lebih sering digunakan dan lebih “efisien” daripada rangkaian switching (di mana setiap pasangan akhir sistem berkomunikasi mendapat jalur khusus). Para nenek moyang dari Internet adalah jaringan pertama packet-switched, hari ini publik Internet adalah grande dame dari semua packet-switched jaringan yang ada.

Internet adalah benar-benar**sebuah jaringan dari jaringan**. Artinya, Internet adalah set saling berhubungan secara pribadi dan milik publik dan dikelola jaringan. Setiap jaringan yang terhubung ke Internet harus menjalankan protokol IP dan sesuai dengan penamaan tertentu dan menangani konvensi. Selain ini beberapa kendala, bagaimanapun, operator jaringan dapat mengkonfigurasi dan menjalankan jaringan (“sepotong” kecil dari Internet) namun itu dipilih. Karena penggunaan universal protokol IP di Internet, IP Protokol ini kadang-kadang disebut sebagai **nada panggil Internet**.

Topologi Internet, yaitu, struktur interkoneksi antara berbagai potongan Internet, adalah sebuah **hirarkis yang longgar**. Secara kasar, dari awah-ke-atas, hirarki terdiri dari sistem akhir terhubung ke **Internet Service Provider (ISP)** meskipun**jaringan akses**. Sebuah jaringan akses mungkin disebut jaringan area lokal dalam perusahaan atau universitas, telepon panggilan sejalan dengan modem, atau jaringan akses berkecepatan tinggi berbasis kabel atau telepon berbasis. Lokal ISP yang pada gilirannya terhubung ke ISP regional, lalu terhubung ke ISP nasional dan internasional. ISP nasional dan internasional terhubung bersama-sama pada tingkat tertinggi dalam hirarki. Tingkatan dan cabang baru (yaitu, jaringan baru, dan jaringan baru dari suatu jaringan) dapat ditambahkan hanya sebagai bagian baru dari Lego dan dapat dilampirkan ke konstruksi Lego yang ada. Pada semester pertama tahun 1996, sekitar 40.000 alamat jaringan baru yang ditambahkan ke Internet Jaringan [1996] – tingkat pertumbuhan luar biasa.

Pada tingkat teknis dan perkembangan, internet dimungkinkan melalui penciptaan, pengujian dan implementasi **Standar Internet**. Standar ini dikembangkan oleh **Internet Engineering Task Force (IETF)**. IETF standar dokumen yang disebut RFC (request for comment; permintaan komentar). **RFC** mulai keluar sebagai permintaan umum untuk komentar (maka namanya) ke penyelesaian masalah arsitektur yang dihadapi perintis Internet. RFC, meskipun tidak secara formal standar, telah berevolusi ke titik di mana mereka seperti dikutip. RFC cenderung sangat teknis dan rinci. Mereka mendefinisikan protokol seperti TCP.

IP, HTTP (untuk Web) dan SMTP (open-standar e-mail). Ada lebih dari 2000 berbeda RFC Internet publik (yaitu, jaringan global dari jaringan dibahas di atas) adalah jaringan yang satu biasanya disebut sebagai internet. Ada juga jaringan pribadi, seperti jaringan perusahaan dan pemerintah tertentu, yang host tidak dapat diakses dari (mereka tidak dapat bertukar pesan dengan) host luar jaringan pribadi. Jaringan ini swasta sering disebut sebagai **intranet**, karena mereka sering menggunakan “teknologi internet” yang sama (misalnya, jenis yang sama dari host, router, link, protokol, dan standar) sebagai Internet publik.

**1.1.2 A Services Description**

Diskusi kami di atas telah mengidentifikasi banyak potongan yang membentuk Internet.Tapi kita juga bisa menggambarkan internet dari sudut yang sama sekali berbeda-yaitu, seperti sebuah infrastruktur yang menyediakan layanan untuk aplikasi. Aplikasi ini termasuk surat elektronik, surfing Web, jaringan sosial, pesan instan, Voiceover-IP (VoIP), video streaming, game terdistribusi, peer-to-peer (P2P) file sharing, televisi melalui Internet, remote login, dan masih banyak lagi. Itu aplikasi dikatakan didistribusikan aplikasi, karena mereka melibatkan banyak sistem akhir yang bertukar data satu sama lain. Yang penting, aplikasi internet Berjalan pada sistem akhir-mereka tidak berjalan di switch paket di inti jaringan. Meski packet switch memudahkan pertukaran data antar sistem akhir, mereka tidak peduli dengan aplikasi yang merupakan sumber atau wastafel data. Mari jelajahi sedikit lebih banyak apa yang kita maksud dengan infrastruktur yang disediakan layanan untuk aplikasi. Untuk tujuan ini, misalkan Anda memiliki ide baru yang menarik untuk sebuah aplikasi internet terdistribusi, yang bisa sangat bermanfaat bagi kemanusiaan atau yang itu mungkin hanya membuat Anda kaya dan terkenal. Bagaimana Anda bisa terus berubah gagasan ini menjadi aplikasi internet yang sebenarnya? Karena aplikasi berjalan pada sistem akhir, Anda perlu menulis program yang berjalan di sistem akhir. Kamu mungkin, misalnya, menulis program Anda di Java, C, atau Python. Sekarang, karena kamu sedang mengembangkan aplikasi Internet terdistribusi, program berjalan di sistem akhir yang berbeda perlu mengirim data satu sama lain. Dan di sini kita sampai ke sebuah isu sentral – yang mengarah pada cara alternatif untuk mendeskripsikan Internet sebagai platform untuk aplikasi Bagaimana satu program berjalan pada satu sistem akhir menginstruksikan internet untuk mengirimkan data ke program lain yang berjalan di system lain?

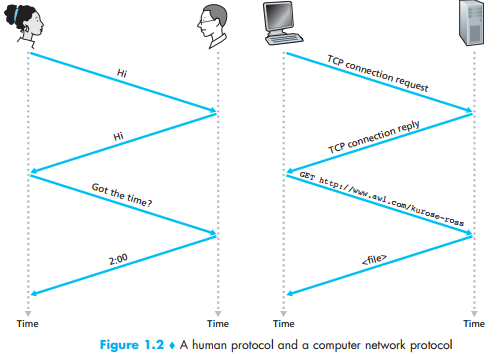
Sistem akhir yang melekat pada Internet menyediakan Application Programming Interface (API) yang menentukan bagaimana sebuah program yang berjalan pada satu sistem akhir bertanya infrastruktur internet untuk mengirimkan data ke program tujuan tertentu yang sedang berjalan pada sistem akhir yang lain. API Internet ini adalah seperangkat aturan yang dikirimkan program harus mengikuti agar internet bisa mengantarkan data ke tempat tujuan program. Kita akan membahas Internet API secara rinci di Bab 2. Untuk saat ini, ayo Gunakan analogi sederhana, yang sering kita gunakan dalam buku ini. Seharusnya Alice ingin mengirim surat ke Bob menggunakan layanan pos. Alice, tentu saja, tidak bisa hanya menulis surat (data) dan menjatuhkan surat di luar jendelanya. Sebagai gantinya, Layanan pos mengharuskan Alice memasukkan surat itu ke dalam amplop; tuliskan Bob nama lengkap, alamat, dan kode pos di bagian tengah amplop; segel amplop; letakkan stempel di pojok kanan atas amplop; dan akhirnya, jatuhkan amplop ke kotak pesan layanan pos resmi. Dengan demikian, layanan pos memiliki "API layanan pos", atau seperangkat peraturan, yang harus diikuti oleh Alice Layanan pos mengantarkan suratnya ke Bob. Dengan cara yang sama, Internet memiliki API yang mengirimkan data program harus mengikuti agar Internet mengantarkan data ke program yang akan menerima data Layanan pos, tentu saja, menyediakan lebih dari satu layanan kepada pelanggannya. Ini menyediakan pengiriman ekspres, konfirmasi penerimaan, penggunaan biasa, dan masih banyak lagi jasa. Dengan cara yang sama, Internet menyediakan beberapa layanan untuk aplikasinya. Bila Anda mengembangkan aplikasi Internet, Anda juga harus memilih salah satu Layanan internet untuk aplikasi Anda. Kami akan menjelaskan layanan Internet di Bab 2. Kami baru saja memberikan dua deskripsi tentang Internet; satu dari segi perangkat kerasnya dan komponen perangkat lunak, yang lain dalam hal infrastruktur untuk penyediaannya layanan untuk aplikasi terdistribusi. Tapi mungkin Anda masih bingung seperti apa   
Internet adalah Apa itu packet switching dan TCP / IP? Apa itu router? Jenis apa link komunikasi hadir di Internet? Apa itu aplikasi terdistribusi? Bagaimana pemanggang roti atau sensor cuaca dipasang ke Internet? Jika Anda merasa sedikit Terkejut dengan semua ini sekarang, jangan khawatir-tujuan buku ini adalah mengenalkannya Anda untuk kedua mur dan baut dari Internet dan prinsip-prinsip yang mengatur bagaimana dan mengapa itu berhasil.

**1.1.3 What Is a Protocol?**

Sekarang kita merasa sedikit merasakan apa itu internet, mari kita pertimbangkan yang lain kata kunci penting dalam jaringan komputer: protokol. Apa itu protokol? Apakah protokol itu?

**Sebuah Analogi Manusia**

Mungkin paling mudah untuk memahami pengertian tentang protokol jaringan komputer pertama mempertimbangkan beberapa analogi manusia, karena kita manusia mengeksekusi protokol semua waktu. Pertimbangkan apa yang Anda lakukan saat Anda ingin meminta seseorang sepanjang waktu. Pertukaran tipikal ditunjukkan pada Gambar 1.2. Protokol manusia (atau perilaku yang baik, di paling tidak) menyatakan bahwa seseorang pertama kali menawarkan salam (yang pertama "Hai" pada Gambar 1.2) untuk memulai komunikasi dengan orang lain Respon khas terhadap "Hai" adalah kembali Pesan "Hai" Secara implisit, seseorang kemudian mengambil respons "Hai" ramah sebagai indikasi yang bisa melanjutkan dan meminta waktu. Respon yang berbeda dengan yang awal "Hai" (seperti "Jangan ganggu saya!" Atau "Saya tidak bisa bahasa Inggris," atau ada yang tidak patut Balasan) mungkin menunjukkan keengganan atau ketidakmampuan berkomunikasi. Pada kasus ini, protokol manusia tidak akan meminta waktu. Terkadang satu mendapat no respon sama sekali untuk sebuah pertanyaan, dalam hal ini seseorang biasanya menyerah bertanya kepada orang itu untuk saat ini Perhatikan bahwa dalam protokol manusia kita, ada pesan khusus kita kirim, dan tindakan spesifik yang kami ambil sebagai tanggapan atas pesan balasan yang diterima atau kejadian lain (seperti tidak ada jawaban dalam beberapa waktu tertentu). Jelas, ditransmisikan dan menerima pesan, dan tindakan yang diambil saat pesan ini dikirim atau Peristiwa yang diterima atau lainnya terjadi, memainkan peran sentral dalam protokol manusia. Jika orang menjalankan protokol yang berbeda (misalnya, jika seseorang memiliki perilaku tapi yang lain tidak tidak, atau jika seseorang memahami konsep waktu dan yang lainnya tidak) protokolnya jangan interoperatif dan tidak ada pekerjaan bermanfaat yang bisa dilakukan. Hal yang sama juga berlaku di jaringan-dibutuhkan dua (atau lebih) entitas berkomunikasi yang menjalankan protokol yang sama untuk menyelesaikan sebuah tugas.Mari kita simak sebuah analogi manusia kedua. Misalkan Anda berada di kelas perguruan tinggi (Sebuah kelas jaringan komputer, misalnya!). Guru sedang mengoceh tentang protokol dan kamu bingung Guru berhenti untuk bertanya, "Apakah ada pertanyaan?" (sebuah pesan yang ditransmisikan ke, dan diterima oleh, semua siswa yang tidak tidur). Anda mengangkat tangan Anda (mentransmisikan pesan implisit ke guru). Gurumu Mengakui Anda sambil tersenyum, berkata "Ya. . . "(Pesan yang dikirimkan mendorong Anda menanyakan pertanyaan Anda-guru senang ditanyai), dan Anda kemudian bertanya pertanyaan Anda (yaitu, kirimkan pesan Anda ke guru Anda). Gurumu mendengar pertanyaan Anda (menerima pesan pertanyaan Anda) dan jawaban (mentransmisikan balasan ke kamu). Sekali lagi, kita melihat bahwa transmisi dan penerimaan pesan, dan satu set Tindakan konvensional yang diambil saat pesan ini dikirim dan diterima, ada di inti dari protokol tanya-jawab ini.



**Protokol Jaringan**

Protokol jaringan mirip dengan protokol manusia, kecuali bahwa entitas saling bertukar pesan dan mengambil tindakan adalah komponen perangkat keras atau perangkat lunak dari beberapa perangkat (misalnya komputer, smartphone, tablet, router, atau jaringan lainnya alat). Semua aktivitas di Internet itu melibatkan dua atau lebih remote yang berkomunikasi entitas diatur oleh sebuah protokol. Misalnya, protokol yang diimplementasikan dengan perangkat keras di dua komputer yang terhubung secara fisik mengontrol aliran bit pada "kawat" antara dua kartu antarmuka jaringan; protokol kontrol kemacetan pada akhirnya sistem kontrol tingkat di mana paket ditransmisikan antara pengirim dan penerima; protokol di router menentukan jalur paket dari sumber ke tujuan. Protokol sedang berjalan Di mana-mana di Internet, dan akibatnya sebagian besar buku ini adalah tentang komputer protokol jaringan Sebagai contoh protokol jaringan komputer yang mungkin Anda gunakan akrab, pertimbangkan apa yang terjadi saat Anda membuat permintaan ke server Web, yaitu, saat Anda mengetikkan URL halaman Web ke browser Web Anda. Skenario diilustrasikan di kanan setengah dari Gambar 1.2. Pertama, komputer Anda akan mengirim koneksi pesan permintaan ke server Web dan tunggu balasannya. Web server pada akhirnya akan terima pesan permintaan koneksi Anda dan kembalikan pesan balasan koneksi. Mengetahui bahwa sekarang OK untuk meminta dokumen Web, komputer Anda saat itu mengirimkan nama halaman Web yang ingin diambil dari server Web tersebut di GET pesan. Akhirnya, server Web mengembalikan halaman Web (file) ke komputer Anda. Mengingat contoh manusia dan jaringan di atas, pertukaran pesan dan tindakan yang diambil saat pesan ini dikirim dan diterima adalah kunci yang menentukan elemen dari sebuah protokol: Protokol mendefinisikan format dan urutan pesan yang dipertukarkan dua atau lebih entitas yang berkomunikasi, serta tindakan yang dilakukan pada transmisi dan / atau penerimaan pesan atau acara lainnya. Internet, dan jaringan komputer pada umumnya, banyak menggunakan protokol. Protokol yang berbeda digunakan untuk menyelesaikan tugas komunikasi yang berbeda. Sebagai Anda membaca buku ini, Anda akan mengetahui bahwa beberapa protokol itu sederhana dan sederhana Langsung, sementara yang lain rumit dan mendalam secara intelektual. Menguasai Bidang jaringan komputer setara dengan memahami apa, kenapa, dan bagaimana caranya dari protokol jaringan

1.3 Inti Jaringan

Setelah memeriksa sisi Internet, mari kita simak lebih jauh lagi di dalam jaringan

inti-jala switch dan tautan paket yang menghubungkan Internet

sistem akhir Gambar 1.10 menyoroti inti jaringan dengan garis tebal dan teduh.

1.3.1 Packet Switching

Dalam aplikasi jaringan, sistem akhir saling bertukar pesan satu sama lain. Pesan

dapat berisi apapun yang diinginkan oleh perancang aplikasi. Pesan dapat melakukan a

fungsi kontrol (misalnya, pesan "Hai" di contoh handshaking kami di

Gambar 1.2) atau dapat berisi data, seperti pesan email, gambar JPEG, atau MP3

file audio Untuk mengirim pesan dari sistem akhir sumber ke sistem akhir tujuan,

sumber tersebut memecahkan pesan panjang menjadi potongan data yang lebih kecil yang dikenal sebagai paket.

Antara sumber dan tujuan, setiap paket bergerak melalui jalur komunikasi

dan switch paket (untuk yang ada dua tipe dominan, router dan linklayer

switch). Paket dikirim melalui setiap jalur komunikasi pada tingkat tertentu

sama dengan tingkat transmisi penuh dari link. Jadi, jika sistem akhir sumber atau paket

saklar adalah mengirimkan paket bit L di atas sebuah link dengan tingkat transmisi R bits / sec, lalu

waktu untuk mengirimkan paket adalah L / R detik.

Transmisi Store-and-Forward

Sebagian besar packet switch menggunakan transmisi store-and-forward pada input ke

link. Transmisi store-and-forward berarti switch paket harus menerima

seluruh paket sebelum bisa mulai mengirimkan bit pertama dari paket ke

link keluar Untuk mengeksplorasi transmisi store-and-forward secara lebih rinci, pertimbangkan

Jaringan sederhana terdiri dari dua sistem akhir yang dihubungkan oleh satu router, seperti

ditunjukkan pada Gambar 1.11. Router biasanya memiliki banyak tautan kejadian, sejak tugasnya

adalah untuk mengganti sebuah paket masuk ke sebuah link keluar; dalam contoh sederhana ini,

router memiliki tugas yang agak sederhana untuk mentransfer paket dari satu (input) link ke

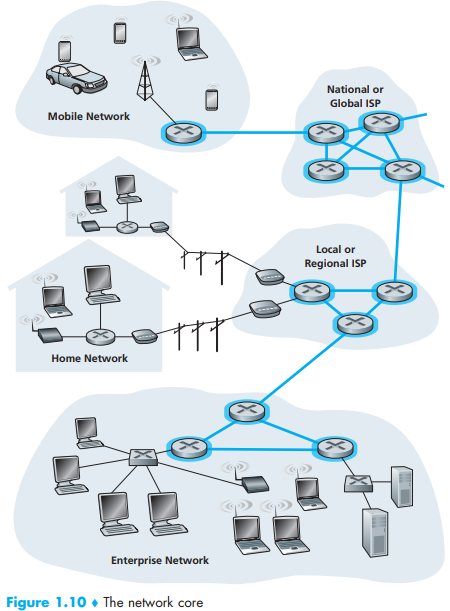
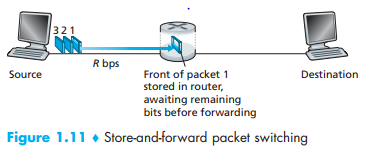
satu-satunya link terlampir lainnya. Dalam contoh ini, sumbernya memiliki tiga paket, masing-masing

terdiri dari bit L, untuk dikirim ke tempat tujuan. Pada cuplikan waktu yang ditunjukkan pada

Gambar 1.11, sumber telah mengirimkan beberapa paket 1, dan bagian depan paket 1

sudah sampai di router. Karena router menggunakan store-and-forwarding,

Pada saat bersamaan, router tidak dapat mentransmisikan bit yang telah diterimanya; bukan itu

pertama-tama harus menyangga (yaitu, "menyimpan") bit paket. Baru setelah penerimanya diterima

semua paket bit dapat mulai mengirimkan (yaitu, "maju") paket ke

link keluar Untuk mendapatkan beberapa wawasan tentang transmisi store-and-forward, mari sekarang

hitung jumlah waktu yang berlalu sejak sumber mulai mengirim

paket sampai tujuan telah menerima keseluruhan paket. (Disini kita akan mengabaikannya

delay propagasi-waktu yang dibutuhkan untuk bit untuk melintasi kawat di dekat

kecepatan cahaya-yang akan dibahas di Bagian 1.4.) Sumber mulai mengirimkan

pada waktu 0; Pada waktu L / R detik, sumber telah mengirimkan seluruh paket, dan

Seluruh paket telah diterima dan disimpan di router (karena tidak ada propagasi

menunda). Pada saat L / R detik, sejak router baru saja menerima keseluruhan

paket, ia bisa mulai mengirimkan paket ke link keluar menuju tujuan;

Pada waktu 2L / R, router telah mentransmisikan seluruh paket, dan keseluruhannya

paket telah diterima oleh tujuan. Jadi, total delay adalah 2L / R. Jika

saklar bukan diteruskan bit segera setelah mereka tiba (tanpa pertama menerima

seluruh paket), maka total delaynya adalah L / R karena bit tidak terangkat

router. Tapi, seperti yang akan kita bahas di Bagian 1.4, router perlu menerima, menyimpan, dan

proses seluruh paket sebelum meneruskan.

Sekarang mari kita hitung jumlah waktu yang berlalu dari sumbernya

mulai mengirim paket pertama sampai tujuan menerima ketiga paket tersebut.

Seperti sebelumnya, pada saat L / R, router mulai meneruskan paket pertama. Tapi juga pada waktu

L / R sumber akan mulai mengirim paket kedua, karena baru saja selesai dikirim

seluruh paket pertama Jadi, pada waktu 2L / R, tujuan telah menerima yang pertama

paket dan router telah menerima paket kedua. Begitu pula pada waktu 3L / R,

tujuan telah menerima dua paket pertama dan router telah menerima yang ketiga

paket. Akhirnya, pada waktu 4L / R tujuan telah menerima ketiga paket tersebut!

Sekarang mari kita pertimbangkan kasus umum pengiriman satu paket dari sumber ke tujuan

Di atas jalur yang terdiri dari N menghubungkan masing-masing tingkat R (dengan demikian, ada router N-1

antara sumber dan tujuan). Dengan menerapkan logika yang sama seperti di atas, kita melihat bahwa

Penundaan end-to-end adalah: 

(1.1)

Anda sekarang mungkin ingin mencoba untuk menentukan apa penundaan akan untuk paket P dikirim

lebih dari serangkaian link N.

Penundaan Antrian dan Rugi Paket

Setiap packet switch memiliki beberapa link yang menyertainya. Untuk setiap link terlampir,

packet switch memiliki output buffer (juga disebut output queue), yang menyimpan

paket yang akan dikirim router ke link itu. Buffer output memainkan tombol

peran dalam packet switching Jika paket yang datang perlu dikirim ke sebuah link tapi

menemukan link yang sibuk dengan transmisi paket lain, paket yang ada harusnya

tunggu di buffer output Jadi, di samping penundaan dan pengiriman toko-dan-maju, paket

mengalami penundaan pengiriman buffer antrian. Keterlambatan ini bervariasi dan tergantung pada

tingkat kemacetan dalam jaringan. Karena jumlah ruang buffer terbatas, a

Paket yang tiba mungkin menemukan bahwa buffer benar-benar penuh dengan paket lain yang menunggu

untuk transmisi Dalam kasus ini, packet loss akan terjadi-baik paket yang tiba

atau salah satu paket yang sudah antri akan dijatuhkan.

Gambar 1.12 mengilustrasikan sebuah jaringan packet-switched sederhana. Seperti pada Gambar 1.11,

paket diwakili oleh lembaran tiga dimensi. Lebar pelat mewakili

jumlah bit dalam paket. Pada gambar ini, semua paket memiliki lebar dan lebar yang sama

maka panjangnya sama. Misalkan Host A dan B mengirim paket ke Host E. Hosts

A dan B pertama mengirim paket mereka di sepanjang 10 Mbps Ethernet links ke router pertama. Itu

router kemudian mengarahkan paket ini ke link 1,5 Mbps. Jika, selama interval singkat

waktu, tingkat kedatangan paket ke router (bila dikonversi menjadi bit per detik)

melebihi 1,5 Mbps, kemacetan akan terjadi di router sebagai paket antrian di link itu

buffer output sebelum dikirim ke link. Misalnya, jika Host A dan B

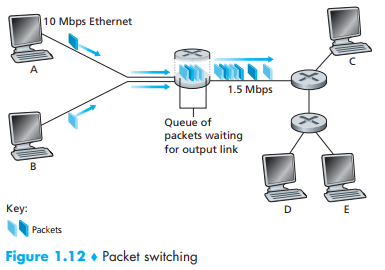
masing-masing mengirimkan satu paket lima back-to-back pada saat bersamaan, lalu sebagian besar

paket akan menghabiskan beberapa waktu menunggu di antrian. Situasinya sebenarnya sama sekali

analog dengan banyak situasi sehari-hari-misalnya, saat kita mengantre

seorang teller bank atau menunggu di depan sebuah pabean. Kami akan memeriksa keterlambatan antrian ini

lebih rinci di Bagian 1.4.



Meneruskan Tabel dan Protokol Routing

Sebelumnya, kami mengatakan bahwa sebuah router mengambil sebuah paket yang tiba di salah satu terpasangnya

link komunikasi dan meneruskan paket itu ke salah satu komunikasi terlampirnya

link. Tapi bagaimana router menentukan link mana yang harus diteruskan

paket ke? Packet forwarding sebenarnya dilakukan dengan berbagai cara berbeda

jenis jaringan komputer. Di sini, kami secara singkat menjelaskan bagaimana hal itu dilakukan di

Internet.

Di Internet, setiap sistem akhir memiliki alamat yang disebut alamat IP. Ketika sebuah

source end system ingin mengirim paket ke sistem end end, sumbernya

termasuk alamat IP tujuan di header paket. Seperti alamat pos,

alamat ini memiliki struktur hirarkis. Saat sebuah paket tiba di router di

jaringan, router memeriksa sebagian dari alamat tujuan paket dan ke depan

paket ke router yang berdekatan. Lebih khusus lagi, setiap router memiliki

tabel penerusan yang memetakan alamat tujuan (atau bagian dari tujuan

alamat) ke link keluar router itu. Saat sebuah paket tiba di router,

router memeriksa alamat dan mencari tabel penerusannya, dengan menggunakan tujuan ini

alamat, untuk mencari link keluar yang sesuai. Router kemudian mengarahkan paket ke

link keluar ini

Proses perutean end-to-end analog dengan pengemudi mobil yang tidak digunakan

peta tapi lebih memilih untuk menanyakan arah. Misalnya, Joe sedang mengemudi

dari Philadelphia ke 156 Lakeside Drive di Orlando, Florida. Joe pertama kali mengendarainya

lingkungan pompa bensin dan bertanya bagaimana untuk sampai ke 156 Lakeside Drive di Orlando,

Florida. Petugas pompa bensin mengekstrak bagian Florida dari alamat dan

memberitahu Joe bahwa dia perlu pergi ke jalan tol interstate I-95 South, yang memiliki sebuah

Pintu masuk tepat di sebelah pom bensin. Dia juga memberitahu Joe bahwa begitu dia memasuki Florida,

dia harus bertanya pada orang lain disana Joe kemudian membawa saya-95 ke selatan sampai dia tiba di Jacksonville,

Florida, pada saat mana dia meminta petugas pompa bensin lainnya untuk mendapatkan petunjuk.

Petugas tersebut mengekstrak bagian alamat Orlando dan memberitahu Joe bahwa dia

harus terus di I-95 ke Daytona Beach dan kemudian meminta orang lain. Di Daytona

Pantai, petugas pompa bensin lainnya juga mengekstrak bagian Orlando

alamat dan memberitahu Joe bahwa dia harus membawa saya-4 langsung ke Orlando. Joe mengambil I-4 dan

turun di pintu keluar Orlando. Joe pergi ke petugas pompa bensin lain, dan kali ini

Petugas ekstrak bagian Drive Drive dari alamat dan memberitahu Joe

Jalan dia harus mengikuti sampai ke Lakeside Drive. Begitu Joe sampai di Lakeside Drive, dia

meminta anak pada sepeda bagaimana untuk sampai ke tujuannya. Anak itu mengekstrak bagian 156

dari alamat dan menunjuk ke rumah. Joe akhirnya mencapai tujuan utamanya.

Dalam analogi di atas, petugas pompa bensin dan anak-anak sedang bersepeda

analog dengan router.

Kami baru mengetahui bahwa router menggunakan alamat tujuan paket untuk mengindeks penerusan

meja dan tentukan link keluar yang sesuai. Tapi pernyataan ini memohon

Pertanyaan lain: Bagaimana tabel forwarding bisa diatur? Apakah mereka dikonfigurasi oleh

tangan di setiap router, atau apakah Internet menggunakan prosedur yang lebih otomatis?

Masalah ini akan dipelajari secara mendalam di Bab 4. Tapi untuk membangkitkan nafsu makan Anda di sini,

kita akan perhatikan sekarang bahwa Internet memiliki sejumlah protokol routing khusus yang ada

digunakan untuk mengatur tabel forwarding secara otomatis. Sebuah protokol routing mungkin, misalnya,

tentukan jalur terpendek dari setiap router ke setiap tujuan dan gunakan

hasil jalan terpendek untuk mengkonfigurasi tabel penerusan di router.

Bagaimana Anda benar-benar ingin melihat rute end-to-end yang dibawa oleh paket

Internet? Kami sekarang mengundang Anda untuk membuat tangan Anda kotor dengan berinteraksi dengan Traceroute

program. Cukup kunjungi situs www.traceroute.org, pilihlah sumber di tertentu

negara, dan melacak rute dari sumber itu ke komputer Anda. (Untuk diskusi tentang

Traceroute, lihat Bagian 1.4.)

1.3.2 Circuit Switching

Ada dua pendekatan mendasar untuk memindahkan data melalui jaringan link

dan switch: circuit switching dan packet switching. Setelah paket tertutup

Jaringan pada subseksi sebelumnya, sekarang kita mengalihkan perhatian kita ke circuitswitched

jaringan.

Di jaringan circuit-switched, sumber daya dibutuhkan di sepanjang jalur (buffer, link

tingkat transmisi) untuk menyediakan komunikasi antara sistem akhir

dicadangkan untuk durasi sesi komunikasi antara sistem akhir. Di

jaringan packet-switched, sumber daya ini tidak dicadangkan; pesan sesi

gunakan sumber daya sesuai permintaan, dan sebagai konsekuensinya, mungkin harus menunggu (yaitu,

antrian) untuk akses ke link komunikasi. Sebagai analogi sederhana, perhatikan dua

restoran, yang memerlukan pemesanan dan restoran lain yang tidak memerlukan pemesanan

atau menerima mereka Untuk restoran yang membutuhkan pemesanan, kita harus pergi

melalui kerumitan menelepon sebelum kita meninggalkan rumah. Tapi saat kita sampai di

Restoran kita dapat, pada prinsipnya, segera duduk dan memesan makanan kita. Untuk

Restoran yang tidak memerlukan pemesanan, kita tidak perlu repot-repot memesan

meja. Tapi saat kami sampai di restoran, kami mungkin harus menunggu meja sebelumnya

kita bisa duduk

Jaringan telepon tradisional adalah contoh jaringan circuit-switched.

Pertimbangkan apa yang terjadi bila seseorang ingin mengirim informasi (suara atau faksimili)

ke yang lain melalui jaringan telepon. Sebelum pengirim bisa mengirimkan informasinya,

jaringan harus menjalin hubungan antara pengirim dan operator

penerima. Ini adalah koneksi bonafide yang switch di jalan

antara pengirim dan penerima menjaga status koneksi untuk koneksi itu. Di

jargon dari telephony, koneksi ini disebut sirkuit. Saat jaringan

membentuk sirkuit, juga memiliki tingkat transmisi konstan di jaringan

link (mewakili sebagian kecil dari kapasitas transmisi masing-masing) untuk

durasi koneksi Karena tingkat transmisi yang diberikan sudah disediakan

Koneksi sender-to-receiver ini, pengirim dapat mentransfer data ke penerima

pada tingkat bunga konstan yang terjamin.

Gambar 1.13 mengilustrasikan jaringan circuit-switched. Di jaringan ini, ke empat rangkaian

switch saling berhubungan dengan empat link. Masing-masing link ini memiliki empat sirkuit,

sehingga setiap link bisa mendukung empat koneksi simultan. Host (misalnya,

PC dan workstation) masing-masing terhubung langsung ke salah satu switch. Kapan

dua host ingin berkomunikasi, jaringan menetapkan end-to-end yang berdedikasi

koneksi antara dua host Jadi, agar Host A bisa berkomunikasi

Host B, jaringan pertama-tama harus memesan satu rangkaian pada masing-masing dua tautan. Dalam contoh ini,

koneksi end-to-end khusus menggunakan sirkuit kedua pada link pertama dan

sirkuit keempat di link kedua. Karena setiap link memiliki empat sirkuit, masing-masing

link yang digunakan oleh koneksi end-to-end, koneksi mendapatkan seperempat dari link

total kapasitas transmisi selama sambungan berlangsung. Jadi, misalnya, jika

Setiap link antara switch yang berdekatan memiliki tingkat transmisi 1 Mbps, lalu masing-masing

Koneksi circuit-switch end-to-end mendapatkan 250 kbps tingkat transmisi khusus.

Sebaliknya, pertimbangkan apa yang terjadi ketika satu host ingin mengirim paket ke

host lain melalui jaringan packet-switched, seperti Internet. Seperti sirkuit

switching, paket ditransmisikan melalui serangkaian link komunikasi. Tapi berbeda

Dari circuit switching, paket dikirim ke jaringan tanpa menyimpan link apapun

sumber daya apapun Jika salah satu link macet karena paket lain perlu

ditransmisikan melalui link pada saat bersamaan, maka paket tersebut harus menunggu di buffer

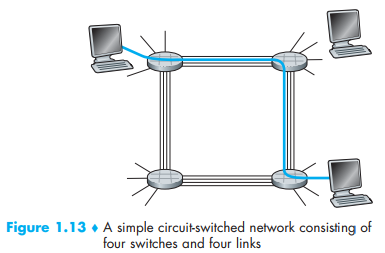
di sisi pengiriman link transmisi dan mengalami penundaan. Internet membuat

Upaya terbaik untuk mengirimkan paket pada waktu yang tepat, namun tidak memberikan jaminan.

Multiplexing di Circuit-Switched Networks

Sebuah rangkaian dalam sebuah link diimplementasikan dengan multiplexing pembagian frekuensi

(FDM) atau time-division multiplexing (TDM). Dengan FDM, spektrum frekuensi

dari sebuah link terbagi di antara koneksi yang ada di seluruh link. 

Secara khusus, link tersebut mendedikasikan sebuah band frekuensi untuk setiap koneksi untuk

durasi koneksi Di jaringan telepon, pita frekuensi ini biasanya

memiliki lebar 4 kHz (yaitu 4.000 hertz atau 4.000 siklus per detik). Lebar

Band ini disebut, tidak mengherankan, bandwidth. Stasiun radio FM juga menggunakan

FDM untuk berbagi spektrum frekuensi antara 88 MHz dan 108 MHz, masing-masing

stasiun yang dialokasikan sebuah band frekuensi tertentu.

Untuk link TDM, waktu dibagi menjadi frame dengan durasi tetap, dan setiap frame

dibagi menjadi sejumlah slot waktu yang tetap. Saat jaringan menjalin koneksi

di seberang link, jaringan mendedikasikan satu slot waktu di setiap frame untuk koneksi ini.

Slot ini didedikasikan untuk penggunaan tunggal koneksi itu, dengan satu slot waktu

tersedia untuk digunakan (dalam setiap frame) untuk mengirimkan data koneksi.

Gambar 1.14 mengilustrasikan FDM dan TDM untuk menghubungkan jaringan tertentu yang mendukung

ke empat sirkuit Untuk FDM, domain frekuensi tersegmentasi menjadi empat band, masing-masing

dari bandwidth 4 kHz. Untuk TDM, domain waktu tersegmentasi menjadi frame, dengan empat

slot waktu di setiap frame; Setiap rangkaian diberi slot khusus yang sama di

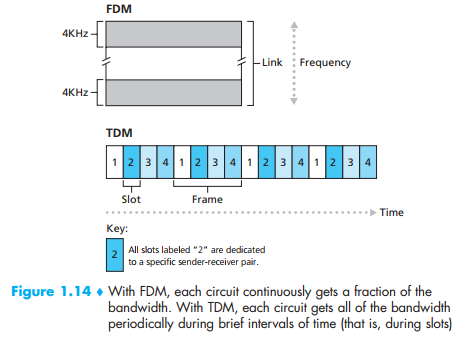
bergulir bingkai TDM Untuk TDM, laju transmisi suatu rangkaian sama dengan

frame rate dikalikan dengan jumlah bit pada slot. Misalnya, jika link tersebut mentransmisikan

8.000 frame per detik dan masing-masing slot terdiri dari 8 bit, lalu transmisi

Tingkat rangkaian adalah 64 kbps.

Pendukung packet switching selalu berpendapat bahwa circuit switching adalah

boros karena sirkuit khusus menganggur selama periode diam. Sebagai contoh, 

Saat satu orang di telepon berhenti berbicara, sumber daya jaringan idle (frekuensi

band atau slot waktu di link sepanjang rute koneksi) tidak dapat digunakan

oleh koneksi lain yang sedang berlangsung. Sebagai contoh lain bagaimana sumber daya ini bisa

kurang dimanfaatkan, pertimbangkan ahli radiologi yang menggunakan jaringan circuit-switched untuk

jarak jauh mengakses serangkaian sinar-x. Ahli radiologi memasang sebuah koneksi, meminta sebuah

gambar, renungkan gambar, lalu minta gambar baru. Sumber jaringan

dialokasikan untuk koneksi namun tidak digunakan (yaitu terbuang sia-sia) selama radiologi

periode kontemplasi Pendukung packet switching juga menikmati menunjukkan

yang membangun sirkuit end-to-end dan memesan kapasitas transmisi dari ujung ke ujung

rumit dan memerlukan perangkat lunak pensinyalan yang rumit untuk mengkoordinasikan operasi

dari switch sepanjang jalan end-to-end.

Sebelum kita menyelesaikan pembahasan rangkaian switching, mari kita kerjakan secara numerik

contoh yang harus menjelaskan lebih jauh tentang topik ini. Mari kita pertimbangkan berapa lama

mengambil untuk mengirim file 640.000 bit dari Host A ke Host B melalui jaringan circuit-switched.

Misalkan semua link di jaringan menggunakan TDM dengan 24 slot dan memiliki bit rate

dari 1,536 Mbps. Anggaplah bahwa dibutuhkan 500 msec untuk membuat rangkaian end-to-end

sebelum Host A bisa mulai mengirimkan file. Berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mengirim file?

Setiap rangkaian memiliki tingkat transmisi (1,536 Mbps) / 24 = 64 kbps, sehingga dibutuhkan (640.000

bit) / (64 kbps) = 10 detik untuk mengirimkan file. Untuk 10 detik ini kita menambahkan rangkaian

waktu pendirian, memberikan 10,5 detik untuk mengirim file. Perhatikan bahwa transmisi

Waktu tidak tergantung pada jumlah link: Waktu transmisi akan menjadi 10 detik

Jika sirkuit end-to-end melewati satu link atau seratus link. (Sebenarnya

Penundaan end-to-end juga mencakup delay propagasi; lihat Bagian 1.4.)

Packet Switching Versus Circuit Switching

Setelah dijelaskan circuit switching dan packet switching, mari kita bandingkan keduanya.

Kritik terhadap packet switching sering berargumen bahwa packet switching tidak sesuai

untuk layanan real-time (misalnya, panggilan telepon dan panggilan konferensi video)

karena keterlambatan end-to-end variabel dan tidak dapat diprediksi (terutama karena variabel

dan penundaan antrian yang tak terduga). Pendukung packet switching berpendapat bahwa

(1) menawarkan pembagian kapasitas transmisi yang lebih baik daripada circuit switching dan (2) itu

lebih sederhana, lebih efisien, dan lebih murah untuk diimplementasikan daripada circuit switching. Sebuah

Diskusi menarik tentang packet switching versus circuit switching adalah [MolineroFernandez

2002]. Secara umum, orang yang tidak suka repot dengan restoran

Pemesanan lebih memilih packet switching ke circuit switching.

Mengapa packet switching lebih efisien? Mari kita lihat sebuah contoh sederhana. Seharusnya

pengguna berbagi link 1 Mbps. Anggaplah bahwa setiap pengguna bergantian di antara periode

aktivitas, ketika pengguna menghasilkan data dengan kecepatan konstan 100 kbps, dan periode

tidak aktif, bila pengguna tidak menghasilkan data. Misalkan lebih jauh bahwa pengguna aktif

hanya 10 persen dari waktu (dan sedang minum kopi selama 90 persen sisanya

dari waktu). Dengan circuit switching, 100 kbps harus dipesan untuk setiap pengguna pada sepanjang waktu. Misalnya, dengan circuit-switched TDM, jika frame satu detik terbagi

menjadi 10 slot waktu 100 ms masing-masing, maka masing-masing pengguna akan dialokasikan satu slot waktu

per frame

Dengan demikian, link circuit-switched hanya bisa mendukung 10 (= 1 Mbps / 100 kbps) secara simultan

pengguna. Dengan packet switching, probabilitas bahwa pengguna tertentu aktif adalah

0,1 (yaitu, 10 persen). Jika ada 35 pengguna, probabilitasnya ada 11 atau

Pengguna aktif lebih banyak adalah sekitar 0.0004. (Pekerjaan Rumah Tangga P8

garis besar bagaimana probabilitas ini diperoleh.) Bila ada 10 atau kurang secara bersamaan

pengguna aktif (yang terjadi dengan probabilitas 0.9996), kedatangan agregat

Tingkat data kurang dari atau sama dengan 1 Mbps, tingkat output dari link. Jadi, kapan

Ada 10 atau lebih sedikit pengguna aktif, paket pengguna mengalir melalui tautan dasarnya

tanpa penundaan, seperti halnya dengan circuit switching. Bila ada lebih dari 10

sekaligus pengguna aktif, maka jumlah kedatangan agregat dari paket melebihi

kapasitas output link, dan antrian output akan mulai tumbuh. (Ini terus berlanjut

tumbuh sampai tingkat input agregat turun kembali di bawah 1 Mbps, di mana titik

antrian akan mulai berkurang panjangnya.) Karena probabilitas memiliki lebih dari

10 pengguna aktif secara bersamaan sangat kecil dalam contoh ini, packet switching menyediakan

dasarnya kinerja yang sama seperti circuit switching, tapi melakukannya sementara

memungkinkan lebih dari tiga kali jumlah pengguna.

Sekarang mari kita simak contoh sederhana kedua. Misalkan ada 10 pengguna dan itu

satu pengguna tiba-tiba menghasilkan seribu paket 1.000 bit, sementara pengguna lainnya

tetap diam dan tidak menghasilkan paket. Di bawah switching sirkuit TDM dengan 10

slot per frame dan setiap slot terdiri dari 1.000 bit, pengguna aktif hanya bisa menggunakannya

satu slot waktu per frame untuk mentransmisikan data, sedangkan sisanya sembilan slot waktu di masing-masing

bingkai tetap kosong Ini akan menjadi 10 detik sebelum semua pengguna aktif satu juta bit

data telah dikirim Dalam kasus packet switching, pengguna aktif dapat terus menerus

kirim paketnya pada tingkat link penuh 1 Mbps, karena tidak ada pengguna lain

menghasilkan paket yang perlu multiplexing dengan paket pengguna aktif. Didalam

Kasus, semua data pengguna aktif akan ditransmisikan dalam 1 detik.

Contoh di atas menggambarkan dua cara di mana kinerja paket

switching dapat lebih unggul dari rangkaian switching. Mereka juga menyoroti hal yang krusial

Perbedaan antara dua bentuk berbagi tingkat transmisi link antar multipel

aliran data Circuit switching pra-mengalokasikan penggunaan link transmisi terlepas

dari permintaan, dengan alokasi tapi tidak diperlukan waktu link akan tidak terpakai. Paket

beralih di sisi lain mengalokasikan penggunaan link sesuai permintaan. Tautkan kapasitas transmisi

akan dibagi berdasarkan paket per paket hanya di antara pengguna yang memiliki

paket yang perlu dikirim melalui link.

Meskipun packet switching dan circuit switching keduanya lazim di hari ini

Jaringan telekomunikasi, trennya pasti sudah ke arah paket

beralih. Bahkan banyak jaringan telepon circuit-switched saat ini perlahan

bermigrasi menuju packet switching. Secara khusus, jaringan telepon sering digunakan

packet switching untuk porsi telepon luar negeri yang mahal di luar negeri.

1.3.3 Jaringan Jaringan

Kami melihat sebelumnya bahwa sistem akhir (PC, smartphone, server Web, server surat,

dan sebagainya) terhubung ke internet via akses ISP. Akses ISP bisa disediakan

baik konektivitas kabel atau nirkabel, menggunakan berbagai teknologi akses

termasuk DSL, kabel, FTTH, Wi-Fi, dan seluler. Perhatikan bahwa akses ISP tidak

tidak harus menjadi telco atau perusahaan kabel; Sebagai gantinya bisa jadi, misalnya universitas

(menyediakan akses internet kepada siswa, staf, dan fakultas), atau perusahaan

(menyediakan akses bagi karyawannya). Tapi menghubungkan pengguna akhir dan konten

Penyedia akses ke ISP hanya merupakan bagian kecil dari pemecahan teka-teki penghubung

miliaran sistem akhir yang membentuk Internet. Untuk menyelesaikan ini

Teka-teki, akses ISP sendiri harus saling berhubungan. Hal ini dilakukan dengan menciptakan

Jaringan jaringan-memahami frase ini adalah kunci untuk memahami

Internet.

Selama bertahun-tahun, jaringan jaringan yang membentuk Internet telah berkembang menjadi

struktur yang sangat kompleks. Sebagian besar evolusi ini didorong oleh ekonomi dan

kebijakan nasional, bukan dengan pertimbangan kinerja. Untuk bisa mengerti

Struktur jaringan Internet saat ini, mari kita secara bertahap membangun serangkaian jaringan

struktur, dengan setiap struktur baru menjadi pendekatan yang lebih baik dari kompleks

Internet yang kita miliki saat ini. Ingat bahwa tujuan menyeluruh adalah untuk interkoneksi

akses ISP sehingga semua sistem akhir bisa saling mengirim paket. Satu naif

Pendekatannya adalah agar setiap akses ISP terhubung langsung dengan setiap akses lainnya

ISP. Seperti desain mesh, tentu saja, terlalu mahal untuk akses ISP, seperti itu

akan membutuhkan setiap akses ISP untuk memiliki link komunikasi terpisah ke masing-masing ISP

ratusan ribu ISP akses lainnya di seluruh dunia.

Struktur jaringan pertama kami, Struktur Jaringan 1, menghubungkan semua

akses ISP dengan satu ISP transit global. ISP transit global kami (imajiner) adalah

jaringan router dan jalur komunikasi yang tidak hanya menjangkau dunia, tapi

juga memiliki setidaknya satu router di dekat masing-masing dari ratusan ribu akses ISP.

Tentu saja, akan sangat mahal bagi ISP global untuk membangun sedemikian luas

jaringan. Agar menguntungkan, secara alami akan mengisi setiap akses ISP untuk

konektivitas, dengan harga yang mencerminkan (tapi tidak harus berbanding lurus

ke) jumlah lalu lintas akses pertukaran ISP dengan ISP global. Sejak

Akses ISP membayar ISP transit global, ISP akses dikatakan sebagai pelanggan dan

ISP transit global dikatakan sebagai penyedia layanan.

Sekarang jika beberapa perusahaan membangun dan mengoperasikan ISP transit global yang menguntungkan,

maka wajar bagi perusahaan lain untuk membangun ISP transit global mereka sendiri dan bersaing

dengan ISP transit global yang sebenarnya. Hal ini menyebabkan Struktur Jaringan 2, yang mana

terdiri dari ratusan ribu akses ISP dan multiple global transit

ISP. ISP akses tentu memilih Struktur Jaringan 2 di atas Struktur Jaringan

1 karena mereka sekarang dapat memilih di antara penyedia transit global yang bersaing sebagai a

fungsi harga dan layanan mereka. Perhatikan, bagaimanapun, bahwa ISP transit global mereka sendiri harus saling berhubungan: Jika tidak, akses ISP terhubung ke salah satu yang global

Penyedia transit tidak akan dapat berkomunikasi dengan akses ISP yang terhubung

penyedia transit global lainnya.

Struktur Jaringan 2, yang baru saja dijelaskan, adalah hierarki two-tier dengan transit global

penyedia yang berada di tingkat atas dan mengakses ISP di tingkat bawah. Ini mengasumsikan

bahwa ISP transit global tidak hanya mampu mendekati setiap akses

ISP, tapi juga merasa ekonomis ingin melakukannya. Padahal, meski beberapa ISP

memang memiliki cakupan global yang mengesankan dan berhubungan langsung dengan banyak ISP akses,

Tidak ada ISP yang hadir di setiap kota di dunia. Sebaliknya, di wilayah manapun,

mungkin ada ISP regional yang akses ISP di wilayahnya terhubung. Setiap

ISP regional kemudian terhubung ke ISP tingkat-1. ISP Tier-1 mirip dengan imajiner kita

ISP transit global; Tapi ISP tier-1, yang memang ada, tidak ada kehadirannya

setiap kota di dunia Ada sekitar selusin ISP tingkat-1, termasuk

Level 3 Komunikasi, AT & T, Sprint, dan NTT. Menariknya, tidak ada kelompok secara resmi

sanksi tier-1 status; seperti kata pepatah-jika Anda harus bertanya apakah Anda anggota

sebuah kelompok, Anda mungkin tidak.

Kembali ke jaringan jaringan ini, tidak hanya ada beberapa tingkat persaingan yang bersaing.

1 ISP, mungkin ada beberapa ISP regional bersaing di suatu wilayah. Dalam hirarki seperti itu,

setiap akses ISP membayar ISP regional yang terhubung, dan masing-masing ISP regional

membayar tier-1 ISP yang terhubung dengannya. (Akses ISP juga bisa terhubung langsung ke a

tier-1 ISP, dalam hal ini membayar tier-1 ISP). Dengan demikian, ada customer-provider

hubungan pada setiap tingkat hirarki. Perhatikan bahwa ISP tingkat-1 tidak membayar siapa pun

karena mereka berada di puncak hirarki. Untuk lebih memperumit masalah, di beberapa daerah,

mungkin ada ISP regional yang lebih besar (mungkin mencakup seluruh negara) yang mana

ISP regional yang lebih kecil di wilayah itu terhubung; ISP regional yang lebih besar kemudian terhubung ke a

tier-1 ISP Misalnya, di China, ada akses ISP di setiap kota, yang terhubung

ISP provinsi, yang pada gilirannya terhubung ke ISP nasional, yang akhirnya terhubung ke tingkat-1

ISP [Tian 2012]. Kami mengacu pada hirarki multi-tier ini, yang masih hanya kasar

aproksimasi Internet saat ini, sebagai Struktur Jaringan 3.

Untuk membangun jaringan yang lebih mirip internet saat ini, kita harus menambahkan

titik kehadiran (PoPs), multi-homing, peering, dan pertukaran internet poin

(IXPs) ke Struktur Jaringan hirarkis 3. PoP ada di semua tingkat hirarki,

kecuali untuk tingkat bawah (akses ISP). PoP hanyalah sekelompok satu atau dua

lebih banyak router (di lokasi yang sama) di jaringan penyedia tempat pelanggan ISP

bisa terhubung ke provider ISP. Agar jaringan pelanggan terhubung ke a

PoP provider, bisa menyewakan link berkecepatan tinggi dari telekomunikasi pihak ketiga

penyedia untuk langsung menghubungkan salah satu router ke router di PoP. Setiap ISP

(kecuali untuk ISP tingkat-1) dapat memilih multi-rumah, yaitu terhubung ke dua atau

ISP provider lebih banyak. Jadi, misalnya, akses ISP bisa multi-rumah dengan dua

ISP regional, atau mungkin multi rumah dengan dua ISP regional dan juga dengan tingkat-1

ISP. Demikian pula, ISP regional mungkin multi-rumah dengan beberapa ISP tingkat-1. Bila a ISP multi-homes, bisa terus mengirim dan menerima paket-paket internet ke internet sekalipun

jika salah satu penyedianya mengalami kegagalan.

Seperti yang baru saja kita pelajari, ISP pelanggan membayar penyedia ISP mereka untuk mendapatkan global

Interkonektivitas internet Jumlah yang ISP pelanggan membayar ISP penyedia

mencerminkan jumlah lalu lintas yang ditukar dengan provider. Untuk mengurangi biaya tersebut, a

Pasangan ISP terdekat pada tingkat hirarki yang sama bisa mengintip, yaitu mereka bisa

langsung menghubungkan jaringan mereka bersama sehingga semua lalu lintas di antara mereka lolos

melalui koneksi langsung daripada melalui perantara upstream. Saat dua

ISP peer, biasanya bebas dari settlement, yaitu ISP tidak membayar yang lain. Seperti dicatat

Sebelumnya, ISP tier-1 juga saling mengenal satu sama lain, bebas penyelesaian. Untuk diskusi yang mudah dibaca

dari peering dan customer-provider relationship, lihat [Van der Berg 2008].

Sepanjang jalur yang sama ini, perusahaan pihak ketiga dapat membuat Internet Exchange

Point (IXP) (biasanya di gedung yang berdiri sendiri dengan sakelar sendiri), yaitu a

titik pertemuan dimana beberapa ISP dapat saling bergabung. Ada sekitar 300 IXP di

Internet hari ini [Augustin 2009]. Kami mengacu pada ekosistem ini - terdiri dari

akses ISP, ISP regional, ISP tingkat-1, PoPs, multi-homing, peering, dan IXPs-as

Struktur Jaringan 4.

Kita sekarang akhirnya sampai di Struktur Jaringan 5, yang menggambarkan Internet

Struktur Jaringan 5, yang diilustrasikan pada Gambar 1.15, dibangun di atas Jaringan

Struktur 4 dengan menambahkan jaringan penyedia konten. Google saat ini adalah salah satu dari

contoh terkemuka dari jaringan penyedia konten semacam itu. Pada tulisan ini, diperkirakan

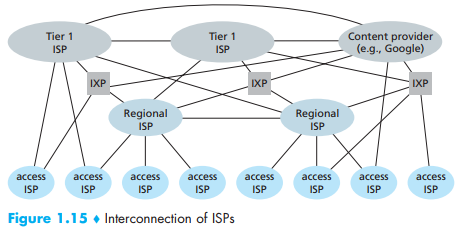
bahwa Google memiliki 30 sampai 50 pusat data yang tersebar di Amerika Utara,

Eropa, Asia, Amerika Selatan, dan Australia. Beberapa rumah data center ini

lebih dari seratus ribu server, sementara pusat data lainnya lebih kecil, perumahan

hanya ratusan server Pusat data Google semuanya saling terhubung via

Jaringan TCP / IP pribadi Google, yang menjangkau seluruh dunia namun demikian

terpisah dari internet publik. Yang penting, jaringan pribadi Google saja  membawa lalu lintas ke / dari server Google. Seperti ditunjukkan pada Gambar 1.15, Google

jaringan pribadi mencoba untuk "memotong" tingkat atas Internet dengan mengintip

(penyelesaian gratis) dengan ISP tingkat rendah, baik dengan menghubungkan langsung dengan mereka atau

dengan menghubungkan mereka di IXPs [Labovitz 2010]. Namun, karena banyak akses

ISP hanya bisa dijangkau dengan transit melalui jaringan tier-1, yaitu Google

jaringan juga terhubung ke ISP tingkat-1, dan membayar ISP tersebut untuk lalu lintasnya

bertukar dengan mereka Dengan membuat jaringan sendiri, penyedia konten tidak saja

mengurangi pembayarannya ke ISP tingkat atas, namun juga memiliki kontrol yang lebih besar terhadap kinerjanya

layanan akhirnya dikirim ke pengguna akhir. Infrastruktur jaringan Google ini

dijelaskan secara lebih rinci pada Bagian 7.2.4.

Singkatnya, internet hari ini-jaringan jaringan-kompleks, terdiri dari

selusin atau lebih ISP tier-1 dan ratusan ribu ISP tingkat rendah. ISP adalah

beragam dalam cakupan mereka, dengan beberapa mencakup beberapa benua dan samudra, dan

yang lainnya terbatas pada wilayah geografis yang sempit. ISP tingkat rendah terhubung ke

ISP tingkat tinggi, dan ISP tingkat tinggi saling berhubungan satu sama lain. Pengguna dan

penyedia konten adalah pelanggan dari ISP tingkat rendah, dan ISP tingkat rendah adalah pelanggan

dari ISP tingkat tinggi. Dalam beberapa tahun terakhir, penyedia konten utama juga telah menciptakannya

memiliki jaringan sendiri dan terhubung langsung ke ISP tingkat rendah jika memungkinkan.