سودهی در شبکه‌های مخابراتی

ویراست دوم

مؤلفان: تیاگاراجان ویسواناتان–مناف بهاتنگر

مترجم: امیدرضا معروضی

فصل چهارم

سودهی برقواره‌ای جدا در مکان

در سامانه‌های سودهی متقاطع اولیه که از ادوات برقسازه‌ای[الکترومکانیکی] در زیرسامانه راهبری مشترک استفاده می‌شد، پردازش برخوانی کند بود. تلاش‌هایی که در راستای افزایش سرعت راهبری و علامت‌دهی بین مراکز صورت گرفت، پای ادوات برقواره‌ای [الکترونیکی] را در طراحی زیرسامانه راهبری وعلامت‌دهی باز کرد. در اواخر دهه ۴۰ و اوایل دهه ۵۰ میلادی، تلاشهایی برای استفاده از ادواتی نظیر درجام [لامپ] خلأ، تراسو [ترانزیستور]، یکسوگذر[دیود]های گازی، طبلک[درام] آهنربایی، و درجام تەراهه پرتو[لامپ اشعه کاتدی] بمنظور تحقق‌بخشی به کارکردهای راهبری انجام گرفتند. برای زمانبندی اخباره‌ها، ترجمه ارقام شماره‌گیری شده و ارسال انتخابی زنگ به کاربران *خط ارتباطی گروهی*[1] مدارهایی با استفاده از یکسوگذرهای گازی ساخته و استفاده شدند. به یک خط ارتباط گروهی چند نفر مشترک متصل هستند، و از اینرو به ارسال انتخابی زنگ نیاز داریم. در بخش ۹–۱ در مورد فن خط ارتباطی گروهی توضیح بیشتری می‌دهیم. از درجام‌های خلأ در مدارهای علامت‌دهی تک بسامدی و از تراسوها در مدارات بررسی عایق بودن خطوط استفاده شد. در همان زمان که این تحولات انجام می‌پذیرفتند، رایانه‌های نوین برقواره‌ای شمارا هم پا به عرصه وجود می‌گذاشتند. مهندسین طراح سامانه‌های سودهی، خیلی زود متوجه شدند که ثبات‌ها و مترجم‌های راهبری مشترک را می‌توان بطور کلی با یک رایانه شمارا جایگزین کرد.

[1] party line

۱-٤ راهبری برنامه پذیر

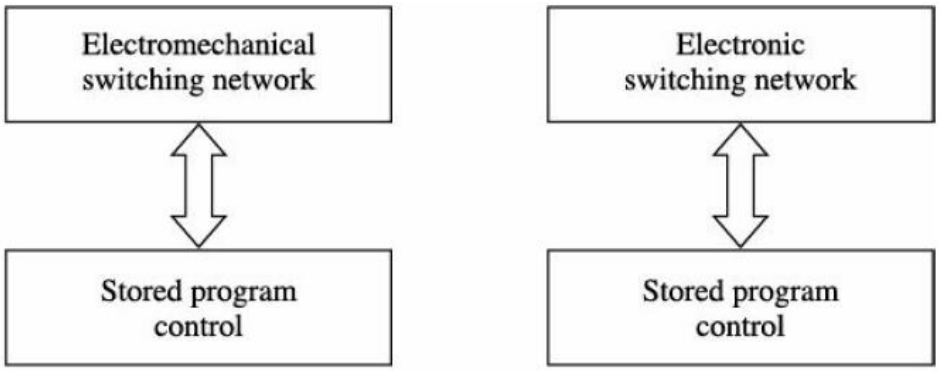
رایانه‌های شمارا از مفهوم برنامه ذخیره شده استفاده می‌کنند. برنامه یا همان مجموعه‌ای از دستورالعمل‌ها، در حافظه رایانه ذخیره می‌شوند و یک به یک بطور خودکار توسط پردازنده اجرا می‌شوند. بخاطر اجراء کارکردهای راهبری مرکز تبادل توسط برنامه‌های ذخیره شونده در حافظه رایانه، اصطلاح *راهبری با برنامه ذخیره شده*[1] متداول شد. خودکارسازی کامل کارکردهای مختلف مرکز تبادل و ارائه خدمات متنوع جدید به کاربران، دستاورد بلافصل بکارگیری برنامه‌های ذخیره شده، بشمار می‌روند. علامت دهی کانال مشترک «دوسیئس»[2] متمرکز شدن روال نگهداری و شناسایی خودکار عیوب، و همچنین ایجاد واسط‌های تعاملی برای ارتباط انسان–دستگاه تعدادی از امکانات ایجاد شده جدید در اثر استفاده از راهبری برنامه‌پذیر «اسپیسی» در مراکز سودهی وراگویی هستند.

انجام کارکردهای راهبری یک مرکز وراگویی توسط رایانه، به سادگی استفاده از رایانه برای امور تجاری و یا پردازش داده‌های علمی نیست. مرکز وراگویی باید بطور ۲۴ ساعته در شبانه روز و ۳۶۵ روز در سال بطور بی وقفه برای ۳۰ تا ۴۰ سال کار کند. این بدان معنا است که رایانه راهبر مرکز وراگویی باید در برابر خرابی مقاومت بالایی داشته باشد. رایانه‌های تجاری اولیه فاقد ویژگی مقاومت در برابر خرابی بودند و مهندسین طراح مراکز سودهی با چالش توسعه سامانه‌ای با نرم‌افزار و سخت‌افزار مقاوم در برابر خرابی مواجه بودند. در واقع، بیشترین ابداعات انجام شده در رایانش مقاوم به خرابی از حوزه سوده‌های مخابراتی اتخاذ شده‌اند.

موفقیت تلاش‌های صورت گرفته در جهت کاربرد ادوات برقواره‌ای و رایانه در زیرسامانه راهبری مراکز تبادل، برای شتاب یافتن ساخت و توسعه سامانه‌های سودهی تمام برقواره‌ای که در آنها ماتریس سودهی هم برقواره‌ای است، مشوق خوبی بود. نخستین سامانه سودهی برقواره‌ای، تحت نام «ایدوئس» شماره ۱[3] پس از ۱۰ سال تلاش بی‌وقفه و آزمایشهای میدانی متعدد، در ماه مه سال ۱۹۶۵ در سوکاسونای نیوجرسی توسط شرکت «ایتی اند تی» افتتاح شد. از آن زمان به بعد، در تاریخچه تحولات سامانه‌های سودهی برقواره‌ای و برنامه‌پذیر شاهد رشدی مداوم و سریع در امکانات و خدمات بوده‌ایم. امروزه، «اسپیسی» یک ویژگی استانده برای تمام مراکز تبادل برقواره‌ای است. بسیاری از مراکز سودهی برقواره‌ای جدا در مکان از ماتریس‌های سودهی برقسازه‌ای و

[1] stored program control
[2] common control channel (CCS)
[3] ESS No.1

«اسپیسی» استفاده می‌کنند. ولی مراکز خودکار خصوصی «پابکس» و مراکز تبادل کوچک از ادوات سودهی برقواره‌ای استفاده می‌کنند. با ابداع فناوری یکپارچه‌سازی در مقیاس بسیار بزرگ «ولسی»، در طراحی سوده‌های جدا در مکان بزرگ هم، از ماتریس‌های سودهی نیمه‌رسانا استفاده می‌شوند. در شکل ۴–۱، دو نوع سامانه سودهی برقواره‌ای جدا در مکان، یکی دارای ماتریس سودهی برقسازه‌ای، و دیگری دارای ماتریس سودهی برقواره‌ای نشان داده شده‌اند.



(ب) سودهی برقسازه‌ای (آ) سودهی برقواره‌ای

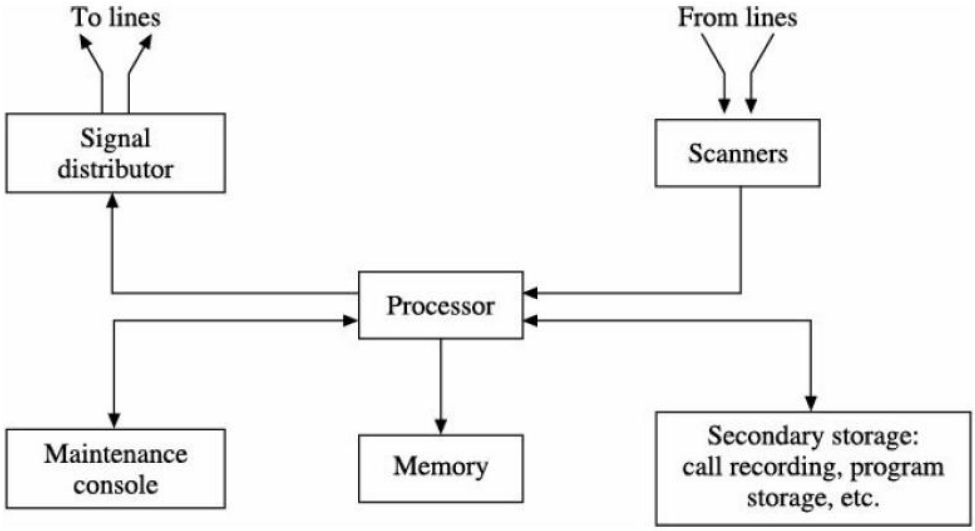
شکل ۴–۱ سامانه‌های سودهی جدا در مکان برقواره‌ای

هر چند فقط یکی از این دو نوع بطور کامل برقواره‌ای است، ولی هر دو نوع به عنوان سوده برقواره‌ای شناخته می‌شوند. بخاطر پیشرفت‌های صورت گرفته در حوزه ادوات برقواره‌ای، امکان توسعه سوده‌های برقواره‌ای جدا در زمان هم فراهم شد، و مراکز تبادل نوین بطور کامل برقواره‌ای شدند. اصول کار سوده‌های برقواره‌ای جدا در زمان را در فصل ۶ بیان خواهیم کرد.

دو رهیافت مختلف برای سازماندهی راهبری برنامه‌پذیر بکار گرفته می‌شود: متمرکز و گسترده. سامانه‌های سودهی برقواره‌ای اولیه «ایدوئس» که طی سالهای ۱۹۷۰–۱۹۷۵ ساخته شدند، همگی از رهیافت متمرکز استفاده می‌کردند. با ابداع ریزپردازنده‌ها وتراشه‌های «ولسی» نیرومند و ارزان نظیر آرایه‌های منطقی برنامه‌پذیر «پلا» و راهبر منطقی برنامه‌پذیر «پلسی»، تلاش‌هایی برای طراحی سامانه‌های «اسپیسی» گسترده انجام شد. ولی هنوز هم تاکنون بیشتر از سامانه‌های «اسپیسی» متمرکز استفاده می‌شود. بخش زیادی از این فصل را به تشریح معماری و نرم‌افزار «اسپیسی» اختصاص داده‌ایم. قبل از ادامه و مطالعه نرم‌افزار، خوب است که خواننده، مطالب مهم بخشهای ۵–۱ و ۱–۳ را دوباره مرور کند.

۴-۲ «اسپیسی» متمرکز

در راهبری متمرکز، تجهیزات راهبری با یک پردازنده نیرومند جایگزین شده‌اند. این پردازنده توانایی پردازش ۱۰ تا ۱۰۰ برخوانی در ثانیه، بسته به بار روی سامانه و وظایف جانبی که باید بصورت همزمان انجام شوند، را دارد. در شکل ۴-۲ پیکربندی یک واحد راهبری نوعی مورد استفاده در «ایدوئس» دارای راهبری «اسپیسی» متمرکز را مشاهده می‌کنید.

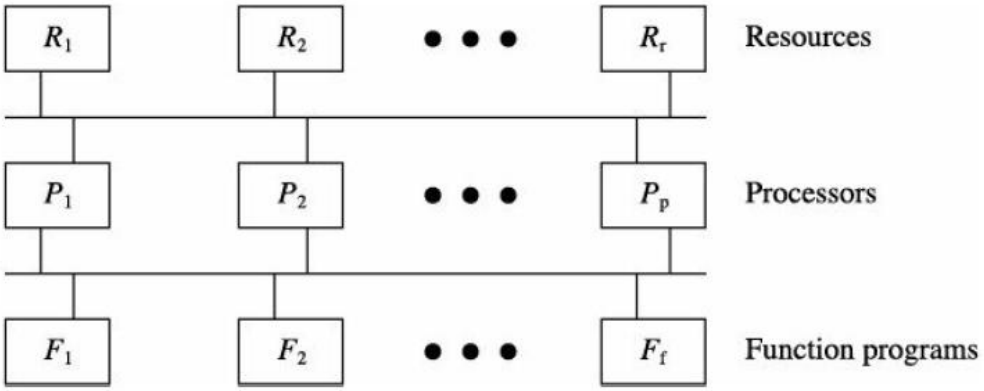


شکل ۴-۲ سازمان یک «اسپیسی» متمرکز نوعی

در پیکربندی «اسپیسی» متمرکز، بخاطر افزونه‌سازی، می‌توان بیش از یک پردازنده را بکار گرفت. در اینصورت، تمام پردازنده‌ها باید به منابع مرکز تبادل، از قبیل پویشگرها و نقاط توزیع، دسترسی کامل داشته و توانایی اجرا تمام کارکردهای راهبری را هم داشته باشند. در شکل ۴-۳ یک ساختار افزونه متمرکز نشان داده شده است.

افزونه‌سازی را حتی می‌توان در سطح منابع مرکز تبادل و برنامه‌های کاربردی هم ایجاد کرد. در پیاده‌سازی عملی، منابع مرکز تبادل و واحدهای حافظه حاوی برنامه‌های اجرایی کارکردهای راهبری متفاوت را می‌توان بین پردازنده‌های مختلف به اشتراک گذاشت، و یا اینکه هر پردازنده مسیر اختصاصی دسترسی به منابع مرکز تبادل و یک روگرفت [کپی] اختصاصی از برنامه‌ها و داده‌های داخل واحد حافظه برای خود داشته باشند.

پیکربندی‌های افزونه می‌توانند در چندین حالت عملیاتی مختلف کار کنند که در بخش بعدی به آنها می-پردازیم.



شکل ۴-۳ یک ساختار راهبری متمرکز دارای افزونگی

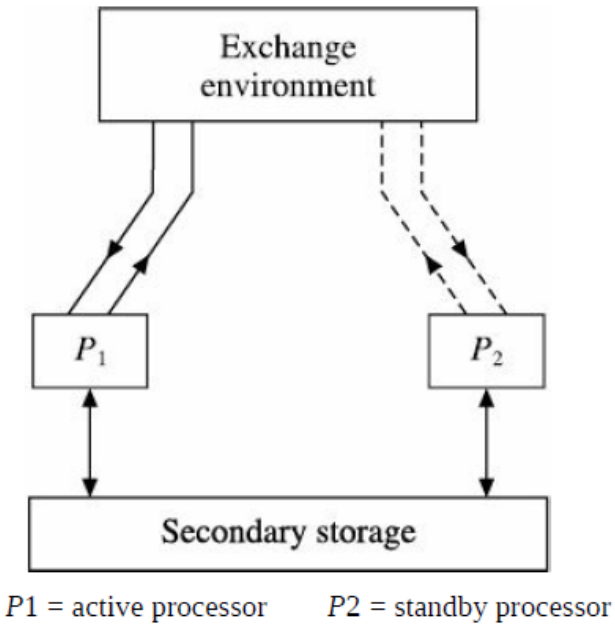
۱-۲-٤ حالات عملیاتی

در حال حاضر، تقریباً در تمام سامانه‌های سودهی برقواره‌ای که از راهبری متمرکز استفاده می‌کنند، از پیکربندی دو پردازنده‌ای استفاده می‌شود. از اینرو، ما هم به حالات عملیاتی این پیکربندی می‌پردازیم. معماری دو پردازنده‌ای را در یکی از سه حالت عملیاتی زیر می‌توان بکار گر فت:

۱) حالت آماده بکار
۲) حالت دوگانه همزمان
۳) حالت اشتراک بار

ساده‌ترین حالت عملیاتی در پیکربندی دو پردازنده‌ای، *حالت آماده بکار* است. بطور عادی، یک پردازنده هم از نظر سخت‌افزار و هم نرم‌افزار فعال و دیگری آماده کار است. پردازنده آماده بکار هم می‌تواند در حالت *آماده بکار گرم* و هم *آماده بکار سرد* باشد. در حالت آماده بکار سرد، پردازنده آماده بکار خاموش است. در حالت آماده بکار گرم، پردازنده روشن است و نرم‌افزار روی آن بارگذاری شده و آماده اجرا است. اما فقط وقتی آنرا برخط می‌سازیم که پردازنده فعال خراب شود. توانایی پردازنده آماده بکار در بازسازی حالت سامانه سودهی، وقتی راهبری را برعهده می‌گیرد، یعنی تعیین اینکه کدام مشترکین و کدام تراسیم‌ها مشغول و آزاد بوده‌اند و

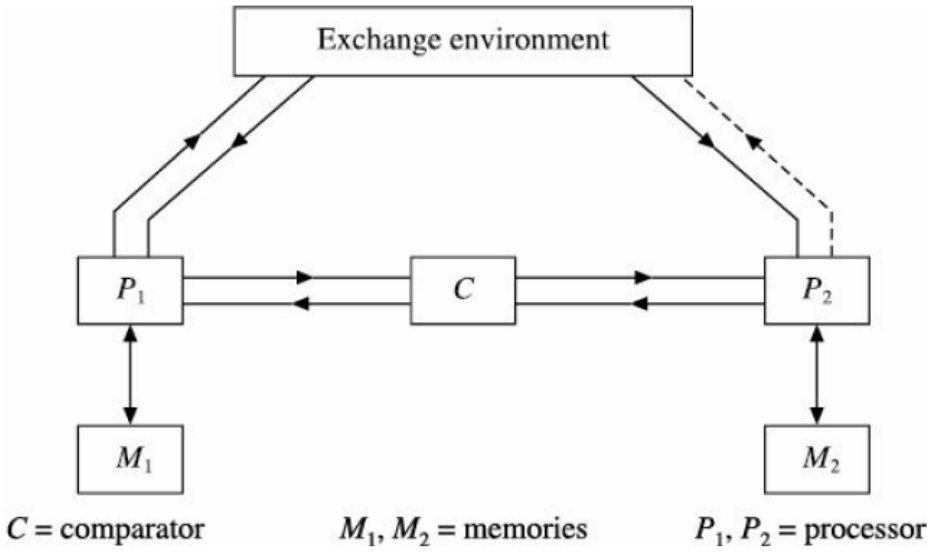
کدام مسیرها از طریق ماتریس سودهی اتصال یافته‌اند و امثال آن، یکی از ضروریات مهم این نحوه پیکربندی است. در مراکز تبادل کوچک، با پویش تمام اخباره‌های وضعیت خطوط به محض آنکه پردازنده آماده بکار عملیاتی شود، اینکار امکان‌پذیر است. در چنین وضعیتی، فقط برخوانی‌هایی که موقع خراب شدن پردازنده فعال در حال برقرار شدن بودند، مختل خواهند شد. در مراکز تبادل بزرگ، پویش تمام اخباره‌های وضعیت در مدت زمانی موجه، شدنی نیست. پس پردازنده فعال در بازه‌های متناوب معین، مثلاً هر پنج ثانیه یکبار، یک روگرفت از وضعیت سامانه را در یک حافظه ثانوی قرار می‌دهد. وقتی عمل تعویض پردازنده رخ بدهد، پردازنده برخط، آخرین وضعیت سامانه را از حافظه ثانویه بارگذاری کرده و عملیات راهبری را ادامه خواهد داد. در این مورد، برخوانی‌هایی که حالت آنها از آخرین به روزرسانی حالت سامانه تا هنگام خرابی پردازنده فعال قبلی عوض شده باشند، مختل خواهند شد. شکل ۴-۴ پیکربندی دو پردازنده‌ای در حالت آماده بکار را با ذخیره‌سازی نسخه پشتیبان بطور مشترک نشان می‌دهد. نیازی نیست که دو حافظه ثانوی مشترک داشته باشیم و افزونگی ساده در سطح واحد کفایت می‌کند.



شکل ۴-۴ پیکربندی دو پردازنده‌ای در حالت آماده بکار

در *حالت عملیاتی دوگانه همزمان*، با زوجسازی سخت افزار، امکان اجراء همزمان یک مجموعه از دستورالعملها در دو پردازنده و مقایسه مدام نتیجه بدست آمده، فراهم شده است. اگر اختلافی در نتایج مشاهده شود، پردازنده معیوب طی چند هزارم ثانیه شناسایی و از چرخه کار خارج می‌شود. هنگامی که سامانه بطور

معمول کار کند، داده درون پردازنده‌ها و حافظه آنها همیشه یکسان است و اطلاعات یکسانی را از ادوات پیرامونی مرکز تبادل بطور همزمان دریافت می‌کنند. در واقع راهبری مرکز تبادل فقط برعهده یکی از دو پردازنده است و دیگری اگرچه با اولی هماهنگ است ولی نقشی در راهبری مرکز تبادل ندارد. در شکل ۴–۵ پیکربندی حالت عملیاتی دوگانه همزمان را مشاهده می‌کنید.



شکل ۴–۵پیکربندی در حالت عملیاتی دو گانه همزمان

وقتی مقایسه کننده بروز خرابی را اعلام کند، پردازنده‌های P_1, P_2 از حالت زوج‌سازی شده خارج شده و یک برنامه وارسی در هر یک از آنها، بمنظور مشخص کردن پردازنده معیوب، بطور مستقل از هم به اجراء درمی-آید.این برنامه وارسی بدون آنکه اخلالی در پردازش برخوانی‌ها که موقتاً به حالت تعلیق درآمده ایجاد کند، اجراء خواهد شد. وقتی پردازنده معیوب از چرخه کار خارج شد، پردازنده دیگر بطور مستقل از آن عمل خواهد کرد. با رفع خرابی پردازنده معیوب و بازگرداندن آن به چرخه کار، محتویات حافظه پردازنده فعال در حافظه آن رونویسی شده و هماهنگ‌سازی عملیاتی آن با پردازنده فعال انجام می‌گیرد و سپس مقایسه‌کننده فعال می‌شود. گاهی هم برای انجام روال نگهداری، پردازنده از حالت عملیاتی خارج می‌شود و پس از انجام امور نگهداری دوباره به چرخه کاری بازگردانده می‌شود.

امکان دارد به علت خطایی گذرا در مقایسه، خرابی اعلام شده باشد که توسط اجراء برنامه وارسی خطایی شناسایی نشود. در چنین وضعیتی تصمیم در مورد نحوه ادامه عملیات اختیاری است و سه احتمال زیر وجود دارند:

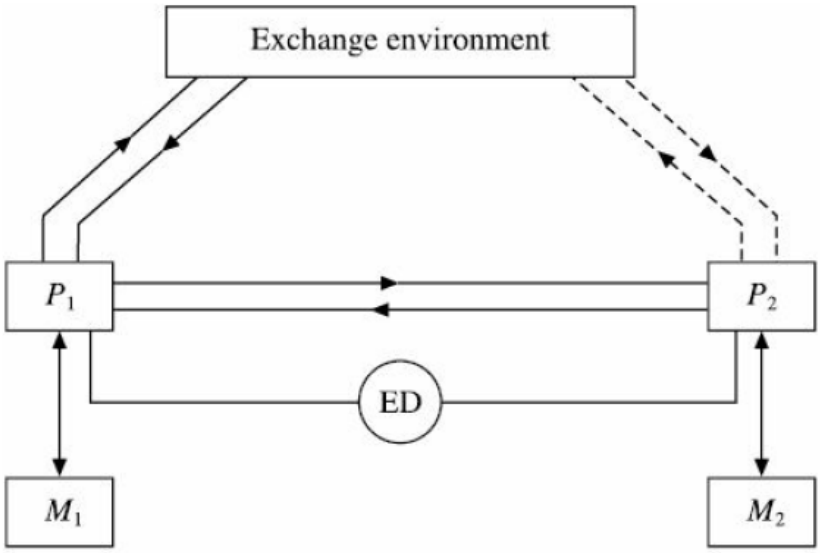
۱) عملیات را با دو پردازنده ادامه داد.

۲) پردازنده فعال را از چرخه کار خارج و با پردازنده دیگر عملیات را ادامه داد.

۳) عملیات را با پردازنده فعال در حال کار ادامه داد و پردازنده دیگر را از چرخه کار خارج کرد.

راهبرد ۱ فرض می‌کند که خطایی گذرا رخ داده و دیگر تکرار نمی‌شود. در بسیاری از اوقات، خطاهای گذرا مقدمه بروز خطاهای دائمی در شرف وقوع هستند که با بکارگیری آزمونهای عیب‌یابی فراگیر بر روی پردازنده تحت شرایط بحرانی از لحاظ برقمایه [ولتاژ]، جریان و دما، می‌توان آنها را آشکارسازی نمود. راهبرد ۲ و ۳ بر این اساس بکار گرفته می‌شوند. در این دو راهبرد، پردازنده‌ای که از چرخه کاری خارج شده، برای شناسایی خرابی احتمالی در شرایط بحرانی تحت آزمونهای زیادی قرار می‌گیرد. گاهی تصمیم در مورد بکارگیری راهبرد ۲ یا ۳ هم اختیاری است.

در *حالت عملیاتی اشتراک بار*، برخوانی وارده بطور تصادفی و یا به نحوی از پیش معین به یکی از دو پردازنده محول می‌شود که آن برخوانی را تا وقتی کامل نشده رسیدگی می‌کند. لذا در این حالت هر دو پردازنده همزمان فعال هستند و بطور پویا بار کاری و منابع را به اشتراک می‌گذارند. این پیکربندی در شکل ۴-۶ نشان داده شده است.



ED=ابزار انحصار

شکل ۴-۶ پیکربندی حالت عملیاتی اشتراک بار

هر دو پردازنده دسترسی کامل به تمام ادوات پیرامونی مرکز تبادل را دارند که توسط این پردازنده‌ها پایش و راهبری می‌شوند. از آنجا که این دو پردازنده بطور مستقل برخوانی‌ها را رسیدگی می‌کنند، فضای حافظه آنها برای ذخیره‌سازی موقت داده‌های برخوانی مجزا از هم است. هر چند برنامه‌ها و داده‌های نیمه دائمی را می‌توان به اشتراک گذاشت ولی به دلیل اهداف افزونه‌سازی آنها هم در حافظه‌های جدا از هم نگهداری می‌شوند. یک مسیر ارتباطی بین پردازنده‌ای وجود دارد که پردازنده‌ها از طریق آن اطلاعات لازم برای هماهنگی متقابل و ممیزی سلامت یکدیگر را مبادله می‌کنند. چنانچه مبادله اطلاعات صورت نگیرد، یا اطلاعات مبادله شده نشانگر ایراد در کار یکی از پردازنده‌ها باشد، پردازنده آشکارکننده ایراد، تمام بار سامانه از جمله برخوانی‌های برقرار شده قبلی توسط پردازنده معیوب را برعهده می‌گیرد. ولی بهر حال برخوانی‌هایی که توسط پردازنده معیوب در حال برقرار شدن بوده‌اند، معمولاً از دست می‌روند. برای استفاده اشتراکی از منابع به یک سازوکار انحصار نیاز است تا هر دو پردازنده بطورهم زمان نتوانند یک منبع را در اختیار بگیرند. این سازوکار می‌تواند بصورت سخت‌افزاری یا نرم‌افزاری و یا هر دو تحقق یافته باشد. در شکل ۴-۶ یک ابزار انحصار سخت‌افزاری نشان داده شده است که وقتی یک پردازنده آن را برمی‌نشاند[ست می‌کند]، از دستیابی پردازنده دیگر به منبع مربوطه تا وقتی پردازنده اولی آنرا بازنشانی[ریست] نکرده، جلوگیری می‌کند. در بخش ۴-۴ سازوکار انحصار نرم‌افزاری را توضیح می‌دهیم.

براساس آمار، در حالت عملکرد معمول، هر پردازنده نیمی از بار برخوانی‌ها را رسیدگی می‌کند. متصدیان بهره-بردار مرکز تبادل می‌توانند با ارسال فرامینی، آمدوشد را بطور نامتقارن بین دو پردازنده توزیع کنند. برای مثال، برای آزمایش یک اصلاحیه نرم‌افزاری بر روی یک پردازنده در شرایط آمدوشد کم، که بار اصلی توسط پردازنده دیگر باید رسیدگی شود، چنین کاری ممکن است انجام شود. وقتی در شرایط زیادباری هستیم، پیکربندی اشتراک بار در مقایسه با دیگر حالات عملیاتی بهترین کارایی را دارد، چراکه برای رسیدگی بار زیاد از توانایی بالقوه هر دو پردازنده استفاده می‌شود. استفاده از پیکربندی اشتراک بار، آمدوشد مؤثر را تا ۳۰ درصد نسبت به حالت عملیاتی دوگانه همزمان افزایش می‌دهد. اشتراک بار را گامی در جهت گسترده‌سازی راهبری می‌توان دانست.

۴-۲-۲ دسترس پذیری سامانه «اسپیسی»

دلیل اصلی استفاده از پیکربندی‌های افزونه، افزایش دسترس پذیری کلی سامانه است. همانطور که در بخش ۱-۴ هم بیان شد، مراکز وراگویی باید ۳۰ تا ۴۰ سال بطور مداوم در دسترس باشند. حال دسترس پذیری یک سامانه تک پردازنده‌ای را با دسترس پذیری سامانه دو پردازنده‌ای مقایسه خواهیم کرد. دسترس پذیری سامانه تک پردازنده‌ای A از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \qquad (۴-۱)$$

که $MTBF$ زمان متوسط بین دو خرابی و $MTTR$ زمان متوسط بازسازی هستند. کلمه *بازسازی*[1] در عبارت $MTTR$ که فعلاً استفاده می‌شود، قبلاً بصورت *تعمیر*[2] و *بهبودی*[3] هم از آن یاد می‌شد. دسترس ناپذیری U سامانه تک پردازنده‌ای بصورت زیر بدست می‌آید:

$$U = 1 - A = 1 - \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} = \frac{MTTR}{MTBF + MTTR} \qquad (۴-۲)$$

و اگر $MTBF >> MTTR$ آنگاه:

$$U = \frac{MTTR}{MTBF} \qquad (۴-۳)$$

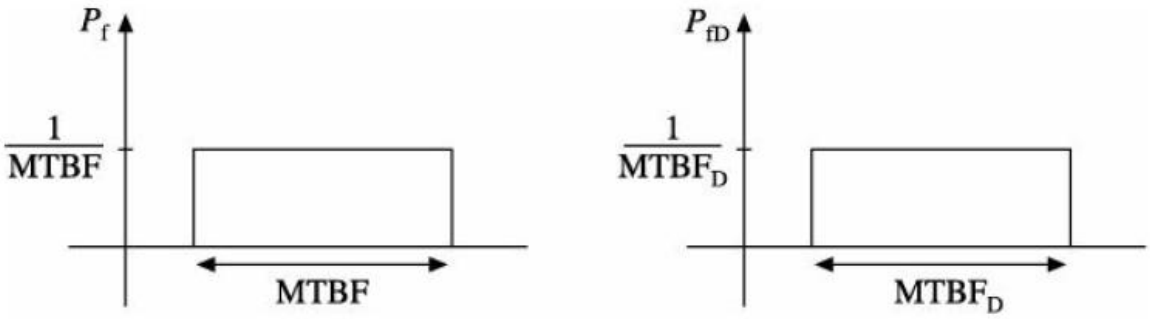
اکنون دسترس پذیری سامانه دو پردازنده‌ای را بدست می‌آوریم. دو پردازنده بصورت موازی بهم اتصال دارند. فقط وقتی هر دو پردازنده در یک زمان خراب شده باشند، سامانه از کار می‌افتد و به کلی از دسترس خارج می‌شود. چنین وضعیتی وقتی پیش می‌آید که یکی از پردازنده‌ها خراب شود و قبل از بازساری آن، پردازنده دیگر هم خراب شود. دسترس ناپذیری این سامانه رااحتمال توأم خرابی هر دو پردازنده با همدیگر است که تعیین می‌کند. برای محاسبه دسترس پذیری سامانه دو پردازنده‌ای دو روش در سوابق نوشتاری ذکر شده‌اند. نتایج هر دو روش تا حد موجهی بهم نزدیک است. در ادامه این دو روش را بیان می‌کنیم. فرض کنید دسترس پذیری سامانه دو پردازنده‌ای را با نماد A_D، دسترس ناپذیری آن را با نماد U_D، و دو پردازنده را با نمادهای P_1, P_2

[1] restore
[2] repair
[3] recovery

نشان دهیم. همچنین فرض می‌کنیم که مقادیر $MTBF, MTTR$ برای هر دو پردازنده یکی هستند و خرابی دو پردازنده هم مستقل از یکدیگر باشند. واضح است که $U_D = 1 - A_D$.

روش اول

در این روش زمان متوسط بین دو خرابی سامانه دو پردازنده‌ای را برحسب مقادیر $MTBF, MTTR$ هر یک از پردازنده‌ها بدست می‌آوریم و بعد از نسخه دوتایی رابطه (۱–۴) برای محاسبه A_D استفاده خواهیم کرد. معمولاً، توزیع زمان خرابی سامانه‌ها را نمایی فرض می‌کنند. به نحوی که وقتی زمان نزدیک $MTBF$ می‌رسد، احتمال زیاد بشود. ولی برای ساده‌تر شدن محاسبه $MTBF_D$، فرض می کنیم زمان خرابی هر پردازنده P_f و زمان خرابی سامانه دو پردازنده‌ای P_{fD}، همانطور که در شکل ۴–۷ ملاحظه می‌کنید، هر دو بطور یکنواخت به ترتیب در بازه‌های $MTBF$ و $MTBF_D$ توزیع شده باشند.



شکل ۴–۷ توزیع یکنواخت احتمالات زمان خرابی

بنابراین خواهیم داشت:

$$P_f = \frac{1}{MTBF}, \quad P_{fD} = \frac{1}{MTBF_D}$$

برای سامانه‌های دو پردازنده‌ای، احتمال مشروط خراب شدن یک پردازنده وقتی دیگری در حال بازسازی است برابر احتمال خراب شدن پردازنده طی زمانی برابر $MTTR$ خواهد بود. این را بصورت زیر نشان می‌دهیم:

$$P_f(P_1|P_2) = P_f(P_2|P_1) = P_f \times MTTR$$

که در این رابطه $P_f\left(P_i|P_j\right)$ بیانگر احتمال مشروط خرابی پردازنده P_i وقتی است که P_j قبلاً خراب شده و در حال بازسازی است. در این رابطه مقادیر i, j به ترتیب ۱و ۲ ، ویا ۲و۱ می‌تواند باشد.

خرابی توأم دو پردازنده به دو شیوه می‌تواند اتفاق بیفتد:

۱) P_2 خراب شود وقتی قبل آن P_1 خراب شده و هنوز بازسازی آن تمام نشده باشد.

۲) P_1 خراب شود وقتی قبل آن P_2 خراب شده و هنوز بازسازی آن تمام نشده باشد.

بنابراین خواهیم داشت:

$$P_{fD} = P_f\left(P_1\right)\times P_f\left(P_2|P_1\right)+ P_f\left(P_2\right)P_f\left(P_1|P_2\right) = 2\times\frac{MTTR}{\left(MTBF\right)^2}$$

حال رابطه (۱–۴) را برای سامانه دو پردازنده‌ای بکار می گیریم و بدست می‌آوریم:

$$A_D = \frac{MTBF_D}{MTBF_D + MTTR} = \frac{\frac{\left(MTBF\right)^2}{2MTTR}}{\frac{\left(MTBF\right)^2}{2MTTR} + MTTR} = \frac{\left(MTBF\right)^2}{\left(MTBF\right)^2 + 2\left(MTTR\right)^2} \qquad (۴–۵)$$

بنابراین دسترس ناپذیری برابر خواهد بود با:

$$U_D = 1 - A_D = 1 - \frac{\left(MTBF\right)^2}{\left(MTBF\right)^2 + 2\left(MTTR\right)^2} = \frac{2\left(MTTR\right)^2}{\left(MTBF\right)^2 + 2\left(MTTR\right)^2}$$

اگر $MTBF >> MTTR$ آنگاه خواهیم داشت:

$$U_D = \frac{2\left(MTTR\right)^2}{\left(MTBF\right)^2} \qquad (۴–۶)$$

روش دوم

در این روش از این قضیه استفاده می‌کنیم که دسترس ناپذیری سامانه دو پردازنده‌ای، برابر دسترس‌ناپذیری توأم هر دو پردازنده است، یعنی:

$$U_D = \left(1 - A\right)^2 = 1 + A^2 - 2A \qquad (۴–۷)$$

$$A_D = 1 - U_D = 2A - A^2 \qquad (۴-۸)$$

با جایگزینی مقدار A بدست آمده از رابطه (۴-۱) در رابطه (۴-۸) بدست می‌آوریم:

$$A_D = \frac{(MTBF)^2 + 2 \times MTBF \times MTTR}{(MBF + MTTR)^2} \qquad (۴-۹)$$

$$U_D = 1 - A_D = \frac{(MTTR)^2}{(MTBF + MTTR)^2} \qquad (۴-۱۰)$$

مثال ٤-١) مقادیر $MTBF = 2000$ ساعت و $MTTR = 4$ ساعت داده شده‌اند. دسترس ناپذیری سامانه تک پردازنده‌ای و دو پردازنده‌ای را برحسب تعداد ساعات در ۳۰ سال بدست آورید.

حل– برای سامانه تک پردازنده داریم:

$$U = \frac{4}{2004} = 1.996 \times 10^{-3}$$

که معادل ۵۲۴٫۸۸ ساعت در ۳۰ سال خواهد بود.

برای سامانه دو پردازنده‌ای از روش اول داریم:

$$U_D = \frac{2 \times (16)}{(2000)^2} = 8 \times 10^{-6}$$

برای سامانه دو پردازنده‌ای از روش دوم داریم:

$$U_D = \frac{(16)}{(2004)^2} = 3.984 \times 10^{-6}$$

که معادل ۱٫۰۴۸ ساعت در ۳۰ سال خواهد بود.

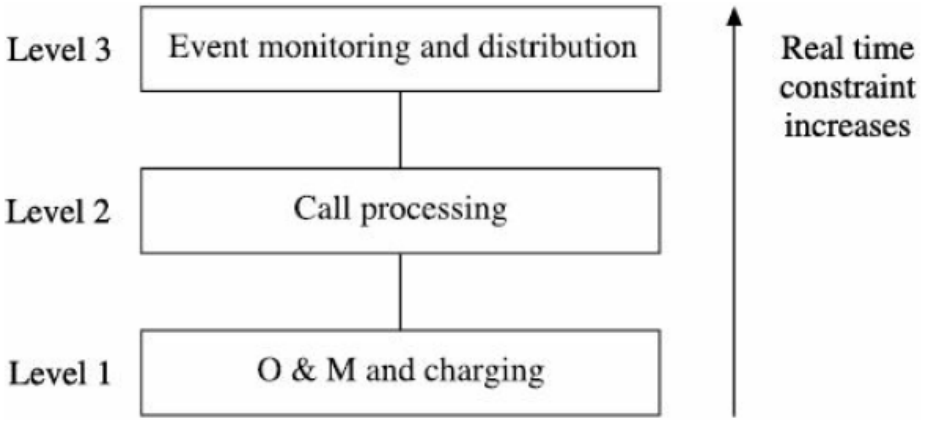
نکته: در بازه ۳۰ سال، ۷ یا ۸ سال کبیسه وجود دارد.

شاخص دسترس پذیری پیکربندی دو پردازنده‌ای در مقایسه با پیکربندی تک پردازنده‌ای بسیار جالب توجه است و بهبودی به میزان دو مرتبه مقداری یعنی لااقل ۱۰۰ برابری را نشان می‌دهد. مقادیر واقعی دسترس پذیری

پیکربندی دو پردازنده‌ای بقدری رضایتبخش است که نیازی به بکارگیری پیکربندی سه پردازنده‌ای و یا بیشتر وجود ندارد. فقط در کاربردهای بسیار حساس فضایی است که از پیکربندی سه پردازنده‌ای با شیوه رأی اکثریت استفاده می‌شود. رأی اکثریت به رفع ابهامات ناشی از ایراد داشتن یکی از پردازنده‌ها و تعیین پردازنده معیوب کمک شایانی می‌کند. به این طرح، طرح *افزونگی سه‌گانه پودمانی «تمر»*[1] گفته می‌شود.

۳–۲–٤ راهبری در «اسپیسی» متمرکز

همانطور که در بخش ۳–۱ هم بیان شد، پایش رویدادها، پردازش برخوانی‌ها، بهره‌برداری، اداره و نگهداری «بان»[2] مهمترین کارکردهای زیرسامانه راهبری در یک مرکز تبادل هستند. اداره مرکز شامل کارکردهای حسابرسی، حسابنویسی و صدور قبض می‌باشد. با توجه به الزامات پاسخگویی بلادرنگ، همانطور که در شکل ۳–۸ مشاهده می‌کنید، کارکردهای راهبری را در سه سطح می‌توان دسته‌بندی کرد.

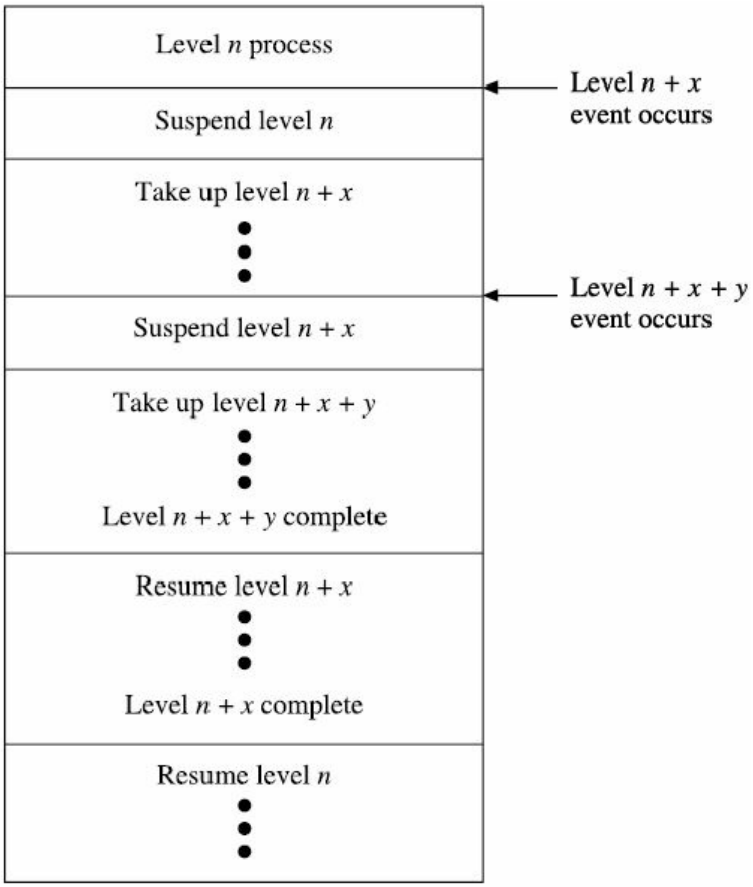


شکل ۳–۸ دسته‌بندی کارکردهای زیرسامانه راهبری به لحاظ الزامات پاسخگویی بلادرنگ

پایش و پردازش رویدادها بالاترین محدودیت و کارکردهای «بان» کمترین محدودیت را از نظر پاسخگویی بلادرنگ دارا هستند. در راهبری متمرکز استفاده از امکاناتی جهت اولویت‌بندی وقفه‌ها برای در نظر گرفتن میزان محدودیت بلادرنگ بودن کارکردها ضروری است. وقتی پردازنده راهبر در حال پردازش یک وظیفه «بان» است، اگر رویدادی رخ بدهد، باید اجراء آن وظیفه را متوقف کرد و پس از پردازش و تکمیل کنش‌های لازم در پاسخ به آن رویداد، آن وظیفه را از سرگرفت. همانطور که در شکل ۴–۹ ملاحظه می‌کنید ممکن است

[1] Triple Modular Redundancy (TMR)
[2] Operation, Administration, and Maintenance (OAM)

وقفه‌های تودرتو برای تعلیق کارکردهای کم اولویت و پاسخ دهی به کارکردهای با اولویت بالاتر در چند مرحله لازم باشند.

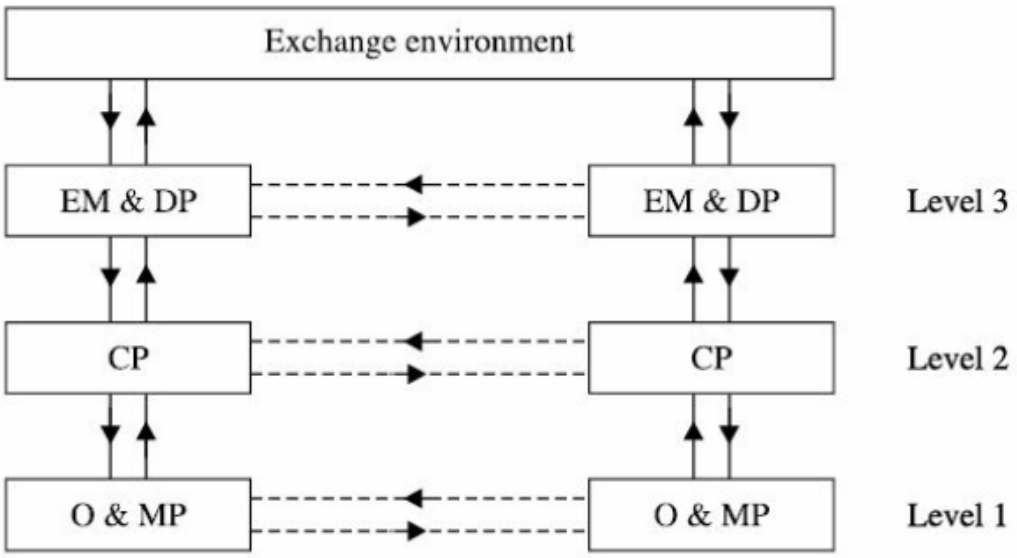


شکل ۴-۹ نحوه پردازش وقفه‌های تودرتو

با وقوع هر وقفه، اجراء برنامه از طریق یک عملکرد انشعاب به نشانی یک روال خدماتی وقفه مستقر در حافظه، انتقال می‌یابد. دو شیوه اجرایی برای اینکار وجود دارند. به یکی *وقفه برداری* و به دیگری *وقفه غیربرداری* گفته می‌شود. در شیوه وقفه غیر برداری، نشانی روال وقفه در عمل انشعاب ثابت است، و یک روال خدمات وقفه اصلی داریم که با پویش اخباره‌های وقفه تصمیم می‌گیرد که کدام روال خدماتی وقفه باید در پاسخ به هر اخباره فعال شوند. در شیوه وقفه برداری، منشأ وقفه، نشانی انشعاب روال خدمات وقفه خود را در اختیار پردازنده قرار می‌دهد، و خدمات وقفه بدون اینکه هیچ اقدام پردازشی دیگری لازم باشد، شروع می‌شود. به مجموعه نشانی‌های ارائه شده توسط منشأهای مختلف وقفه، *بردار وقفه* گفته می‌شود. واضح است که پاسخگویی در روش وقفه برداری از روش غیربرداری سریعتر است.

۳-٤ «اسپیسی» گسترده

در راهبری گسترده، کارکردهای راهبری بین چندین پردازنده در داخل خود مرکز تبادل به اشتراک گذاشته می‌شوند. ظهور ریزپردازنده‌های ارزان موجب ایجاد یک چنین ساختاری شدند. دسترس پذیری و اطمینان پذیری در این ساختار از «اسپیسی» متمرکز بهتر هستند. کارکردهای راهبری در مرکز تبادل را هم بصورت افقی و هم بطور عمودی می‌توان برای پردازش گسترده تفکیک کرد. در تفکیک عمودی، کل ادوات پیرامونی مرکز تبادل به چند بلوک تقسیم می‌شود و هر بلوک به یک پردازنده تخصیص می‌یابد تا تمامی کارکردهای راهبری تجهیزات بلوک خود را انجام دهد. حال سامانه راهبری کلی از چندین واحد راهبری در هم تلفیق شده تشکیل شده است. پردازنده هر بلوک را جهت افزونه‌سازی می‌توان مضاعف‌سازی کرد و از یکی از حالات عملیاتی دو پردازنده‌ای قید شده در بخش ۴-۲ استفاده نمود. این آرایش پودمانی [ماجولار] است و با گسترش مرکز تبادل می‌توان واحدهای راهبری دیگری را برای رسیدگی به خطوط جدید به آن اضافه نمود.



پردازنده برخوانی CP– پایشگر رویداد و پردازنده توزیع EM & DP– پردازنده بهره‌برداری و نگهداری O & MP

شکل ۴-۱۰راهبری گسترده با زنجیره دوتایی

در تفکیک افقی، هر پردازنده یک یا چند تا از کارکردهای راهبری مرکز تبادل را برعهده دارد. یک روش تفکیک افقی نوعی این است که کارکردها از محل خطوط گروه‌بندی نشان داده شده در شکل ۴-۸، تفکیک شوند. زنجیره‌ای از پردازنده‌های مختلف، می‌توانندبرای پایش وقایع، پردازش برخوانی‌ها و کارکردهای «بان»

بکار گرفته شوند. مطابق آنچه در شکل ۴–۱۰ مشاهده می‌کنید، کل زنجیره را بمنظور افزونه‌سازی می‌توان مضاعف‌سازی کرد. اصول عملکرد پیکربندی زنجیره دوتایی درست همانند ساختار دو پردازنده‌ای است.

۱–۳–٤ پردازش‌های سطح ۳

از آنجا که در راهبری گسترده، هر پردازنده کارکرد خاصی را برعهده دارد، می‌توان آن را برای کارایی بیشتر بطور خاص برای همان کارکرد بصورت سفارشی طراحی کرد. پردازنده سطح ۳ در شکل ۴–۱۰ وظایف پویش، توزیع و نشانه‌گذاری را عهده‌دار است.

این پردازنده و ادوات مرتبط با آن در محلی نزدیک به شبکه سودهی، اتصال دهنده‌ها و تجهیزات علامت‌دهی قرار دارند. پردازش‌های لازم باید ماهیتی ساده، خاص و مشخص داشته باشند. در کل، پردازش در این سطح با برنشانی و یا خواندن یک یا چند وضعیت دودویی در مدار الاکلنگی [فلیپ فلاپ] و یا ثبات‌ها انجام می‌شود. برای انجام یک کارکرد راهبری، دنباله‌ای معینی از متغییرهای دودویی را باید خواند و در صورت لزوم تغییر داد. چنین عملیات ساده‌ای را می‌توان توسط مدارات منطقی و یا ادوات ریزبرنامه‌ای بصورتی کارآمد انجام داد.

به یک واحد راهبری که بصورت مجموعه‌ای از مدارات منطقی با استفاده از عناصر منطقی، مدارات برقواره‌ای و امثال آن طراحی شده باشد، واحد راهبری "مداری" گفته می‌شود. واحد مداری چه از نظر کاری که انجام می‌دهد و چه به لحاظ ظرفیت پردازشی مورد نیاز آن دقیقاً درخور آن کارکرد طراحی می‌شود. اما انعطاف‌پذیر نیست و براحتی نمی‌توان تغییرات احتمالی لازم را در آن اعمال کرد. واحد ریزبرنامه‌ای عمومی‌تر است و می‌توان با تغییر برنامه و داده‌های لازم،آن را در کاربردهای مختلف بکارگرفت. اگر فناوری‌های ساخت و ظرفیت پردازشی آنها یکسان باشند، واحدهای ریزبرنامه‌ای از واحدهای مداری گرانتر و کندتر هستند. وقتی روال پردازش پیچیده باشد، پیاده‌سازی آن با واحدهای ریزبرنامه‌ای آسانتر است. در جدول ۴–۱ مشخصات راهبری مداری و ریزبرنامه‌ای باهم مقایسه شده‌اند. با ابداع ریزپردازنده‌های ارزان و آرایه‌ها و راهبرهای منطقی برنامه‌پذیر «ولسی»، واحدهای ریزبرنامه‌ای انتخاب اول و مطلوبی برای پردازش سطح ۳ به شمار می‌آیند.

[1]hard-wired

جدول ۴-۱ مشخصات طرح‌های راهبری برقواره‌ای

راهبری ریزبرنامه‌ای	راهبری مداری
دارای انعطاف	انعطاف ناپذیر
کند	سریع
گران	ارزان
مناسب برای کارکردهای راهبری با پیچیدگی متوسط	مناسب برای کارکردهای راهبری ساده و دارای پردازش ثابت
سهولت پیاده سازی کارکردهای پیچیده	دشواری پیاده سازی کارکردهای پیچیده
ارائه خدمات جدید آسان است	ارائه خدمات جدید ممکن نیست
نگهداری آن ساده است	نگهداری آن دشوار است.

در ریزبرنامه‌ها، وضعیت‌های دودویی لازم برای کارکردهای راهبری توسط یک *کلمه راهبری*[1] با الگوی مشخصی از بیت‌ها، تغییر داده می‌شوند که اخباره‌های راهبری مربوطه را فعال می‌کنند. با ذخیره کردن مجموعه-ای از کلمات راهبری در حافظه و فراخوانی آنها یکی پس از دیگری، اخباره‌های راهبری در یک توالی درست، فعال خواهند شد. با شناخت درست این جنبه بنیادین از راهبری، با دو رهیافت مختلف می‌توان کلمات راهبری را در سامانه‌های ریزبرنامه‌ای طراحی کرد.کلمه راهبری را می‌توان طوری طراحی کرد که به ازاء هر اخباره راهبری قابل تصور یک بیت در آن وجود داشته باشد. به یک چنین سازماندهی از سامانه راهبری طرح *راهبری افقی* گفته می‌شود. در روشی دیگر، تمام اخباره‌های راهبری را می‌توان بصورت دودویی کدگذاری کرد و کلمه راهبری تنها حاوی این الگوهای کدگذاری شده خواهد بود. این روش را *راهبری عمودی* می نامند. راهبری افقی منعطف و سریع است زیرا هر تعداد اخباره کنترلی لازم را می‌توان بطور همزمان فعال کرد. اما گران است بدین معنا که ممکن است طول کلمه راهبری بزرگتر از آن بشود که بتوان آنرا بصورت عملی تحقق داد. در راهبری عمودی تنها یک اخباره در هر زمان فعال می‌شود و زیان تأخیر فعال‌سازی مجموعه‌ای از اخباره‌ها می‌تواند به نحو غیرقابل قبولی زیاد باشد. در عمل از یک راه‌حلی بینابینی استفاده می‌شود که در آن

[1] control word

کلمه راهبری شامل گروهی از کلمات کدگذاری شده هستند که اجازه فعال‌سازی تعداد زیادی از اخباره‌های راهبری را بطور همزمان ایجاد می‌کند. در برخی از طراحی‌ها، برای کارکردهای پویش و توزیع، بجای طراحی یک واحد ریزبرنامه‌ای از ریزپردازنده‌های استانده استفاده می‌شود. البته طرح‌های مبتنی بر ریزپردازنده از واحدهای ریزبرنامه‌ای کندتر هستند و لذا تا وقتی «آیسی»های سفارشی ویژه این کارکردها با قیمتی ارزان در دسترس نباشند، بیشتر از طراحی ریزبرنامه‌ای استفاده خواهد شد.

۲-۳-٤ پردازش‌های سطح ۲

پردازنده‌هایی که برای پردازش برخوانی در سطح ۲ شکل ۴-۱۰ مورد استفاده هستند، در اغلب موارد، از قبل بطور خاص بدین منظور ساخته شده‌اند. به پردازنده‌های سطح ۲، *پردازنده سودهی* و یا *پردازنده برخوانی* گفته می‌شود. رایانه‌های عام منظوره اولیه مناسب کاربردهای بلادرنگ نبودند و اندازه آنها بزرگ و قیمت آنها هم خیلی گران بود. با ظهور رایانه‌های کوچک و در وهله بعد ریزپردازنده‌ها، برخی کاربردهای بلادرنگ خارج از حوزه مخابرات با بکارگیری آنها ایجاد شدند. این امر هم به نوبه خود منجر به پیدایش پردازنده‌های استانده مناسب کاربردهای بلادرنگ شد. با این وجود، سازندگان سامانه‌های سودهی تا مدتی ترجیح می‌دادند که همچنان از پردازنده‌های سودهی ساخت خودشان استفاده کنند تا بر همه جوانب تولید و از جمله هزینه‌های آن احاطه کامل خود را حفظ کنند. این اواخر گرایش به سمت استفاده از ریزپردازنده‌های استانده موجود در بازار برای انجام کارکردهای پردازنده سودهی افزایش یافته است.

پردازنده‌های سودهی تفاوت بنیادینی با پردازنده‌های رایانه‌های شمارای عام منظوره ندارند. ولی آنها هم همانند تمام پردازنده‌های که مخصوص راهبری فرآیندها و یا سایر کاربردهای بلادرنگ صنعتی طراحی شده‌اند، مشخصه‌های ویژه‌ای دارند. برای مثال، طراحی دستورالعمل‌های آن به گونه‌ای است که اجازه تجمیع بیشتر داده‌ها در حافظه را بدون آنکه زمان دسترسی به آنها بی‌جهت افزایش یابد را می‌دهد. در کاربردهای سودهی، دستورات زیادی برای کار با تک بیت‌ها و نصف بایت‌ها وجود دارند. دستورات خاصی برای مدیریت صف وظایف و رویدادها وجود دارند که برای بهینه‌سازی زمان اجرای کارکردهای مخصوص زمانبندی مطلوب هستند. معماری پردازنده سودهی به نحوی طراحی شده‌است که داشتن دسترس پذیری ۹۹,۹۹٪ ، مقاوم بودن در برابر خرابی و امنیت عملیات در آن تضمین شوند. پردازنده‌های سودهی در حوزه ورودی/خروجی «آی/ ئو» هم

با رایانه‌های عام منظوره متفاوتند، بطور عمده بخاطر آنکه علاوه بر ادوات جانبی پردازش داده مرسوم برای اتصال وراچاپگرها، نوارهای آهنربایی و مانند آن، ادوات جانبی ویژه برای اتصال ادوات خاص وراگویی مانند پویشگرها، توزیع کننده‌ها و نشانه‌گذارها هم برای آنها وجود دارند. نرخ کل انتقال داده «آی/ئو»در پردازنده-های سودهی خیلی زیاد نیست و در سامانه‌های بزرگ در حدود چند صد هزار بایت در ثانیه است. برای انتقال داده «آی/ ئو»، هم از انتقال داده راهبری شده توسط برنامه، و هم از روش دسترسی مستقیم به حافظه «دیما» می-توان استفاده کرد. گاهی ادوات جانبی مرکز تبادل در فاصله دوری از پردازنده سودهی قرار گرفته‌اند و در نتیجه برای اتصال آنها به راهبر «آی/ ئو» بایداز مسیرهای ارتباطی مخصوص استفاده کرد.

ظرفیت رفع و رجوع آمدو شد تجهیزات راهبری معمولاً توسط ظرفیت پردازنده سودهی محدود می‌شوند. بار روی پردازنده سودهی توسط ضریب تصرف t اندازه‌گیری می‌شود که با رابطه ساده زیر تخمین زده می‌شود:

$$t = a + bN \qquad (۴-۱۱)$$

در این رابطه، a سربار ثابتی است که به ظرفیت و پیکربندی مرکز تبادل وابسته است، b زمان متوسط پردازش هر برخوانی و N تعداد برخوانی‌ها در واحد زمان هستند. تفسیر ضریب تصرف t کسری از واحد زمان است که پردازنده مشغول پردازش است. عدد ثابت a تا حد زیادی به بارکاری پویشگری برمی‌گردد که آن هم به نوبه خود به تعداد خطوط مشترکین، خطوط تراسیم و مدارات خدمت رسانی در مرکز تبادل وابسته است. با دانستن تعداد کل خطوط، تعداد دستوراتی که برای پویش یک خط باید اجراء شوند، و زمان متوسط اجراء دستورات می‌توان مقدار عدد a را تخمین زد. برای تخمین مقدار برسنجه [پارامتر] b لازم است که شاخص *اختلاط برخوانی* را بصورت ترکیبی از نسبت‌های برخوانی‌های ایجاد شونده، وارده، صادره، محلی و ترابردی تعریف کنیم.

این امر به این دلیل ضروری است که تعداد دستورتی که برای پردازش انواع مختلف برخوانی باید انجام شوند بسیار با هم متفاوت هستند. برای مثال تعداد دستورات لازم الاجرا برای پردازش یک مکالمه وارده که در آن لازم نیست ارقام نشانی برخوانی را بازارسال کرد بمراتب از یک برخوانی ترابردی کمتر است. نتیجه برخوانی نظیر برقراری ارتباط، مشغول بودن مخاطب، یا پاسخ ندادن مخاطب هم تأثیر زیادی بر روی تعداد دستوراتی که باید اجرا شوند، خواهد داشت. تعداد مشترکین دارای شماره‌گیر «دیتی امف» و شماره‌گیر چرخان و درصدی از مکالمات که بر روی خطوط گروهی «پبکس» باید ارسال شوند، از عوامل مهم دیگر در این زمینه هستند. با در

نظر گرفتن جمیع این عوامل،شاخص اختلاط برخوانی بدست می‌آید و زمان متوسط پردازش هر برخوانی با گرفتن متوسط وزندار زمانهای پردازش انواع مختلف برخوانی محاسبه می‌شود.

معمولاً پردازنده سودهی را طوری طراحی می‌کنند که بتواند بار آمدوشدی که ۴۰٪ بیشتر از بار نامی آن است را رفع و رجوع کند و وقتی حالت اضافه باری ایجاد شود، بار پردازنده به ۹۵٪ ظرفیتش برسد تا بدین طریق نوسانات آمدوشد را مستهلک نماید. با در نظر گرفتن این ملاحظات رابطه ۴–۱۱ را بصورت زیر دوباره نویسی می‌کنیم:

$$0.95 = a + 1.4bN_N \qquad (۴–۱۲)$$

که در این رابطه N_N بار نامی برجسب تعداد برخوانی در واحد زمان است. بنابراین خواهیم داشت:

$$N_N = \frac{0.95 - a}{1.4b} \qquad (۴–۱۳)$$

زمان متوسط اجرای دستور به شاخص اختلاط دستور وابسته است چرا که هر دستور زمان اجرای منفاوتی دارد. بهترین راه برای ارزیابی یک پردازنده برخوانی تهیه یک معیار به عنوان نماینده شاخص اختلاط برخوانی و اندازه‌گیری زمان واقعی پردازش تحت این شرایط باری است.

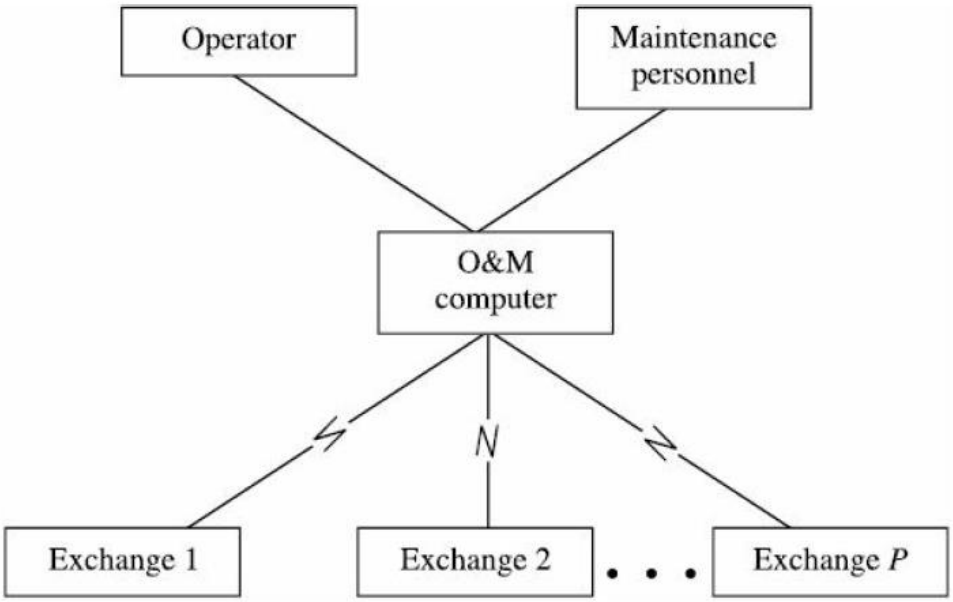
۳–۳–٤ پردازش‌های سطح ۱

کارکردهای بهره‌برداری، اداره و نگهداری «بان» در سطح ۱ راهبری قرار دارند و موارد زیر را شامل می‌شوند:.

- اداره سخت افزار و نرم‌افزار مرکز تبادل
- افزودن، اصلاح و یا حذف اطلاعات جداول ترجمه
- تغییر رده خدماتی مشترکین
- عملیاتی کردن خطوط و یا تراسیم‌های جدید
- نظارت بر عملیات در مرکز تبادل
- پایش آمدوشد
- آشکارسازی و مکان یابی خطاها و عیوب

- اجراء برنامه‌های عیب یابی و آزمایش
- تراکنش انسان– دستگاه

ماهیت پیچیده این کارکردها استفاده از رایانه‌ای بزرگ دارای حافظه گردونه‌ای و نواری را الزامی می‌سازد. در نتیجه، پردازنده «بان» در بسیاری از موارد یک رایانه استانده عام منظوره و معمولاً یک رایانه بزرگ است. در مقایسه با پردازش‌های سطوح ۲ و ۳، پیچیدگی و حجم نرم‌افزار در سطح ۱ بسیار بیشتر است. کارکردهای «بان» محدودیت‌های کمتری به لحاظ بلادرنگ بودن دارند و پردازش همروند کمتری را می‌طلبند. همانطور که در شکل ۴–۱۱ مشاهده می‌کنید، استفاده اشتراکی از یک رایانه «بان» توسط چندین مرکز تبادل از دوردست هم امری متداول است.



شکل ۴–۱۱بهره برداری و نگهداری از دوردست

در چنین آرایشی، مراکز تبادل تنها واحدهای پردازش سطح ۱ و ۲ را در محل خود دارند. کارکنان متخصص نگهداری از یک مکان مرکزی ، می‌توانند امور شناسایی عیوب و نگهداری چندین مرکز دوردست را انجام دهند.

شیوه راهبری گسترده سه سطحی را که در این بخش بیان کردیم، هرچند روشی متعارف و رایج است، به هیچ وجه نمی‌توان تنها شیوه ممکن برای توزیع کارکردهای راهبری دانست. در طرح بسیاری از مراکز تبادل از یک رایانه مستقر در محل مرکز، هم برای کارکردهای «بان» و هم پردازش برخوانی‌ها استفاده می‌شود. در بعضی از

طرح‌ها هم از دو پردازنده متفاوت برای انجام کارکردهای «بان» و پردازش برخوانی استفاده شده است و از روش «بان» دوردست استفاده نشده است. در عوض هر مرکز تبادل رایانه «بان» اختصاصی خود را دارد.

٤-٤ معماری نرم‌افزار

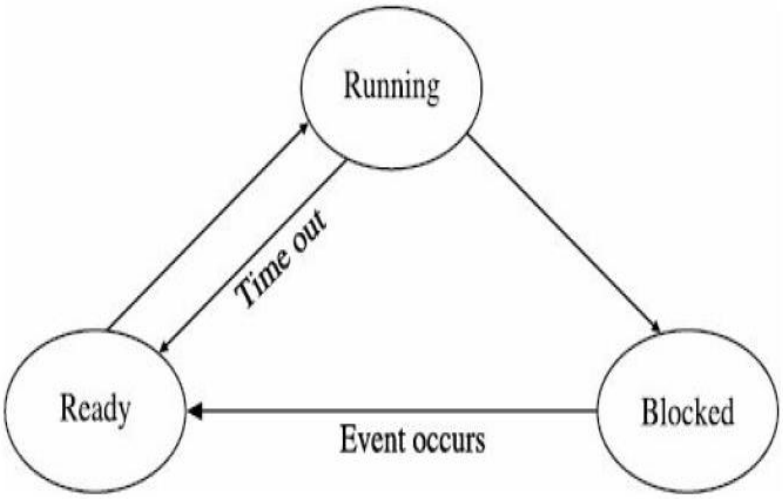
نرم‌افزار سامانه «اسپیسی» همانند نرم‌افزار رایانه‌های عام منظوره در دو رسته تقسیم‌بندی می‌شوند: *نرم‌افزار سامانه‌ای* و *نرم‌افزار کاربردی*. معماری نرم‌افزار با محیط نرم‌افزاری سامانه مانند پردازشگرهای زبان سروکار دارند. اصطلاح معمول برای محیط نرم‌افرازی سامانه، *سیستم عامل* است. همانطور که در بخش ۳-۴-۳ بیان شد، معمولاً کارکردهای «بان» توسط رایانه‌های عام منظوره انجام می‌گیرند، و معماری نرم‌افزاری لازم برای اینکار همان سیستم عامل عام برای پردازش داده است. پردازش برخوانی خاص سامانه‌های سودهی است و نیاز به پاسخ بلادرنگ دارد، از اینرو نیاز به نرم‌افزار سامانه‌ای ویژه‌ای داریم. در این کتاب، وقتی از معماری نرم‌افزار «اسپیسی»، صحبت می‌کنیم، منظور همان کارکردهای پردازش برخوانی است. ولی بسیاری از ویژگی‌هایی که در مورد آنها صحبت می‌کنیم بخشی از سیستم عاملی است که کارکردهای «بان» را اجرا می‌کنند. در مورد جزئیات نرم‌افزارهای کاربردی در بخش ۵-۴ توضیح خواهیم داد. برای دنبال کردن مباحث این بخش و بخش ۵-۴ آشنایی با کارکردهای مختلف راهبری مراکز تبادل که در بخشهای ۵-۱ و ۳-۱ در مورد آنها بحث شده ضروری است. آشنایی با کارکردهای سیستم عامل عام منظوره هم به عهده خواننده گذاشته شده است.

٤-٤-١ نکاتی در مورد سیستم عامل

پردازش برخوانی یک کارکرد پردازشی رویدادگرا است. این نوع از پردازش با وقوع رویدادی در خط مشترک یا تراسیم فعال می‌شود. برخوانی طی یک دنباله پردازش‌های پیوسته در مرکز تبادل برقرار نمی‌شود. بلکه حاصل چندین کنش پردازشی مقدماتی است که هر کدام چند ده یا چند صد هزارم ثانیه طول می‌کشند و با بازه‌های معطلی برای وقوع رویدادهای خارجی از هم جدا شده‌اند.گاهی این بازه‌های معطلی تا ۲۰ ثانیه هم تداوم می‌یابند. برای مثال، کاملاً محتمل است که یک کاربر قبل از شماره‌گیری ارقام متوالی یک شماره وراگو، چند ثانیه‌ای تأمل کند. بنابراین تا جایی که به پردازنده مربوط می‌شود، تعداد زیادی از برخوانی‌ها

همزمان پردازش می‌شوند، که هر یک توسط یک *پردازه* مجزا رسیدگی می‌شود. هر پردازه، در این سیاق، برنامه‌ای درحال اجرا است. هر برنامه به خودی خود پردازه نیست. برنامه هستاری [موجودیت] غیر فعال است، حال آنکه پردازه هستاری فعال است. برخی از نویسندگان از واژه *وظیفه* برای اشاره به پردازه استفاده کرده‌اند. محیط چند پردازه‌ای توسط ویژگی چند برنامه‌ای بودن نرم‌افزار سامانه‌ای فراهم می‌شود. قابل ذکر است که در یک مرکز تبادل ۳۰۰۰۰ شماره‌ای، ۳۰۰۰ برخوانی در حالت برقرار شده و در حال تبادل صحبت هستند، حدود ۵۰۰ برخوانی هم یا در حال برقراری و یا در حال آزادسازی هستند. بنابراین یکی از مهمترین مشخصه‌های نرم-افزار سامانه‌ای در یک پردازنده سودهی، دارا بودن محیط چندبرنامه‌ای نیرومندی است که توانایی پشتیبانی از هزاران پردازه همزمان را داشته باشد.

هر پردازه در یک محیط چندبرنامه‌ای در یکی از حالات در حال اجراء، آماده برای اجراء و یا حالت مسدود قرار دارد. فعالیت جاری پردازه است که حالت آن را تعیین می‌کند و مادامی که پردازه اجراء می‌شود، حالت آن طبق نمودار شکل ۴-۱۲ عوض می‌شود.



شکل ۴-۱۲حاالات و انتقال حالات یک پردازه

هرچند تعداد زیادی پردازه در سامانه وجود دارند، ولی واحد پردازش مرکزی «واپر»[1]در هر زمان تنها به یک پردازه می‌تواند اختصاص یابد. پردازه را *درحال اجراء* می‌گوئیم اگر در آن زمان «واپر» به آن اختصاص یافته باشد. پردازه را *آماده اجراء* می‌گوئیم اگر چنانچه «واپر» در دسترس باشد، بتواند آن را اجراء کند.پردازه را *مسدود* می‌نامیم، اگر قبل از ادامه اجراء منتظر وقوع یک رویداد باشد. در حالیکه تنها یک پردازه در حال اجراء

[1]Central Processing Unit (CPU)

در هر لحظه می‌توانیم داشته باشیم ولی چندین پردازه آماده اجراء و چندین پردازه مسدود هم در آن لحظه می‌توانند حاضر باشند. پردازه‌های آماده بر حسب اولویت مرتب می‌شوند و اولین پردازه در صف مرتب شده، پردازه‌ای است که پس از اتمام کار پردازه در حال اجراء «واپر» را در اختیار می‌گیرد. ممکن است برای سطوح مختلف اولویت، صفهای مرتب شده مجزایی تشکیل شوند. پردازه‌های مسدود نامرتب هستند و به ترتیب وقوع رویدادی که منتظر آن هستند از حالت مسدود خارج می‌شوند. برای جلوگیری از تصاحب انحصاری «واپر» توسط یک پردازه، چه بصورت اتفاقی و چه عامدانه، با شروع اجراء هر پردازه زمان‌سنجی بکار می‌افتد و اگر زمان مقرر منقضی شود، حالت پردازه در حال اجراء اجباراً به حالت آماده تغییر داده می‌شود تا به انتهای صف پردازه‌های آماده مرتب شده در اولویت خود اضافه شود.

هر پردازه در داخل سیستم عامل توسط یک *بلوک راهبری پردازه «براپ»*[1] توصیف می‌شود که یک ساختار داده حاوی اطلاعاتی نظیر موارد زیر درباره پردازه است:

- حالت جاری پردازه
- اولویت پردازه و برسنجه‌های زمانبندی «واپر»
- جایگاه ذخیره‌سازی داده ثبات برای حفظ محتویات ثبات‌های «واپر» وقتی وقفه‌ای رخ بدهد
- حافظه تخصیص یافته به پردازه
- حساب پردازه مانند محدودیت زمانی و میزان استفاده از «واپر»، شماره پردازه و مانند آن
- حالات رویدادها و منابع «آی/ئو» مرتبط با پردازه

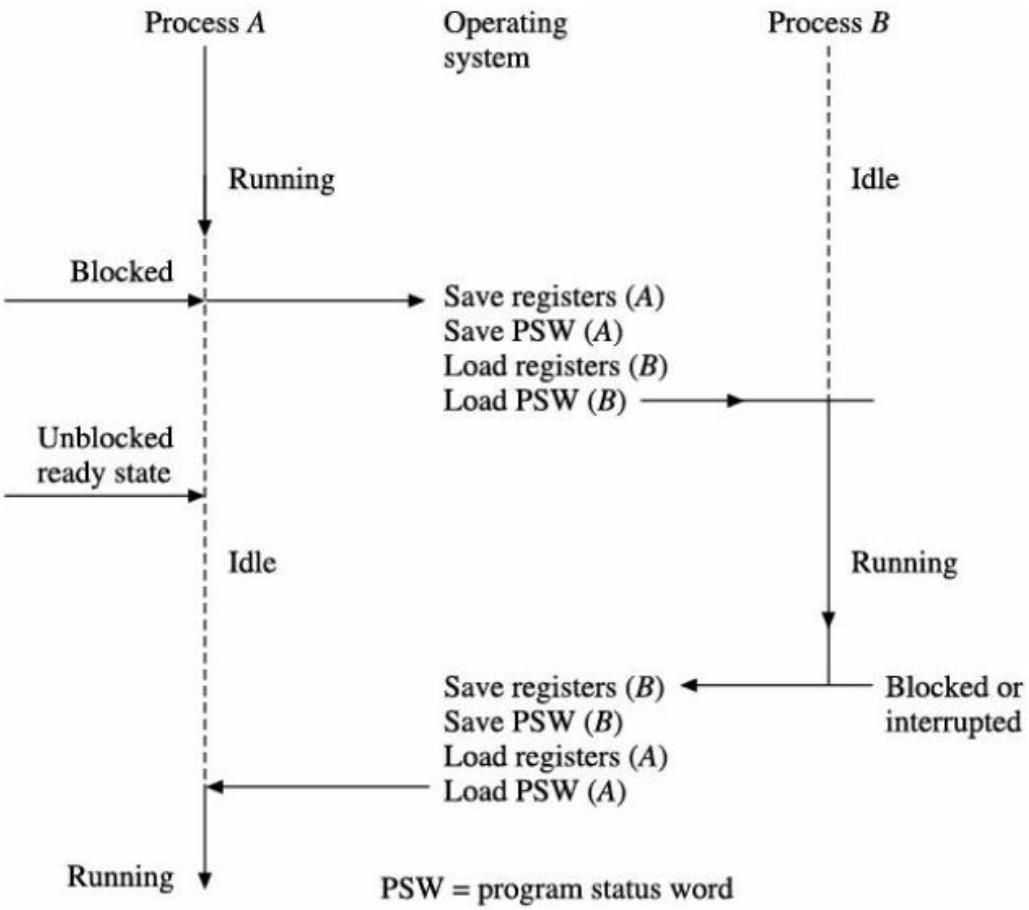
«براپ» مخزنی از اطلاعات کلیدی درباره پردازه است که هرگاه نیاز باشد پردازه برای تصاحب «واپر» دوباره راه‌اندازی شود به آنها نیاز خواهیم داشت. در بین ثبات‌های «واپر» ثباتی بنام حالتنمای برنامه «حابر»[2] وجود دارد که نشانی دستورالعمل بعدی که باید اجراء شود در آن درج می‌شود. عمل تغییر پردازه در شکل ۴–۱۳ به تصویر کشیده شده است.

به تغییر پردازه، *تغییر زمینه* هم گفته می‌شود. وقتی پردازه در حال اجراء مسدود شود یا رویداد و وقفه‌ای باعث تحریک پردازه‌ای با اولویت بیشتر بشود، عمل تغییر پردازه انجام می‌گیرد. در بخش ۳–۲–۴ در مورد سازوکار

[1] Process Control Block (PCB)
[2] Program Status Word (PSW)

اولویت بندی وقفه‌ها توضیحاتی داده شده است. سطوح اولویت بندی مختلف نوعی در یک مرکز تبادل به ترتیب نزول اولویت به صورت زیرهستند:

- اخطار خرابی
- ارتباط بین پردازنده‌ای، ادوات جانبی سریع (گردونه[دیسک] و امثال آن)
- زمان سررسید پرسرعت وقفه وظایف متناوب
- ادوات جانبی مرکز تبادل
- زمان سررسید کم سرعت وقفه وظایف متناوب
- پردازش برخوانی
- ادوات جانبی کند (پایانه و امثال آن)
- وظایف «بان»



شکل ۴–۱۳ روند تغییر پردازه

واضح است که تغییر زمینه که با ذخیره‌سازی «حابر» و بارگذاری آن همراه است، به دفعات زیاد در یک پردازنده سودهی انجام می‌شود.در پردازنده‌های سودهی، دستورات سخت افزار ویژه‌ای جهت انجام عمل ذخیره سازی و بارگذاری «حابر» وجود دارند تا باعث تسریع تغییر زمینه شوند.

پردازه‌های مختلف در سامانه سودهی از این لحاظ که از متغییرهای مشترکی استفاده می‌کنند، جداول مشترکی را به روزرسانی می‌کنند، در پرونده [فایل] مشترکی داده می‌نویسند و مانند آن، باید با هم همکاری داشته باشند. اطلاعات منابع مرکز تبادل (تراسیم‌ها، ثبات ارقام و مانند آن) و میزان بهره‌وری جاری از آنها در قالب جداولی نگهداری می‌شوند. برای مثال در *جدول حالت خط مشترکین* اطلاعاتی راجع به خطوط مشترکین، مانند آزاد و یا مشغول بودن آن، رسته خط و امثال آن وجود دارد. حال فرض کنید پردازه A جدول حالت خطوط مشترکین را پویش می‌کند و متوجه می‌شود مشترک مشخصی آزاد است. در همین لحظه پردازه B که اولویت بالاتری دارد، وقفه‌ای ایجاد می‌کند و به دنبال حالت خط همان مشترک خاص، جدول را جستجو کرده و حالت آن را آزاد می‌بیند. بلافاصله آن خط را برای هدف خود به تصرف درآورده و حالت آن خط مشترک را به حالت مشغول تغییر می‌دهد. هنگامیکه راهبری دوباره به پردازه A برمی‌گردد، این پردازه هم بی‌خبر از کنش پردازه B، خط مشترک را برای انجام منظور خود در تصرف خود فرض می‌کند و حالت آن خط را به حالت مشغول برنشانی می‌کند. بدین ترتیب، یکی از خطوط مشترکین همزمان به دو پردازه (برخوانی) مخلف تخصیص داده شده است که امری نادرست است. مشکلی مشابه این، هر وقت از جداول و پرونده‌ها بصورت اشتراکی بخواهد استفاده شود، همه جاممکن است اتفاق بیفتد. برای حل این مسأله باید برای هر پردازه هنگام استفاده از جدول اشتراکی، *دسترسی انحصاری*ایجاد کرد. وقتی پردازه‌ای در حال استفاده از جدولی مشترک هست، تمام پردازه-های دیگری که می‌خواهند به آن جدول دسترسی داشته باشند باید منتظر بمانند. با اتمام کار پردازه اول، حال نوبت به دسترسی یافتن یکی از پردازه‌های در انتظار، به جدول مشترک خواهد رسید. بنابراین، برای دسترسی به داده‌های اشتراکی بین پردازه‌ها باید *انحصار متقابل*[1]وجود داشته باشد.

وقتی یک پردازه در حال دسترسی به داده‌های اشتراکی است، در اصطلاح گفته می‌شود که وارد *بخش بحرانی* یا *ناحیه بحرانی*شده است. انحصار متقابل تضمین می‌کند که در هر زمان و برای یک داده اشتراکی معین، تنها یک پردازه در ناحیه بحرانی می‌تواند باشد. ولی باید توجه داشت که وقتی یک پردازه در بخش بحرانی هست، اجراء سایر پردازه‌ها در خارج بخش بحرانی می‌تواند ادامه داشته باشد. از آنجا که با ورود هر پردازه به بخش

[1]mutual exclusion

بحرانی، ورود سایر پردازه‌ها به آن قدغن می‌شود، بخش بحرانی پردازه تا حد امکان باید سریع انجام شود. پردازه‌ای که در بخش بحرانی است نباید مسدود شود. در کدنویسی بخش بحرانی باید دقت نمود که از بروز حلقه‌های تکرار بی‌انتها و مانند آن پرهیز شود.

برای تحمیل انحصار متقابل راه‌حلهای سخت‌افزاری و نرم‌افزاری فراوانی ابداع شده‌اند. در اینجا یکی از عامترین راه‌حلهای نرم‌افزاری در این مورد را ارائه می‌دهیم: استفاده از یک ابزار هماهنگ‌سازی بنام تیرنشانه [سمافور]. تیرنشانه یک متغییر حفاظت شده است که می‌تواند مقادیر صحیح نامنفی داشته باشد. به ازاء هر منبع اشتراکی یک تیرنشانه در سامانه وجود دارد. مقدار اولیه تیرنشانه را به تعداد منابع مشابه، مثلاً تعداد خطوط تراسیم، موجود در مخزن باید برنشانی کرد. دو عملگر تقسیم‌ناپذیر وارسی (P) و افزودن (V) بر روی تیرنشانه (S) اعمال می‌شوند. هر عملگر P غیرصفر بودن تیرنشانه را وارسی می‌کند و اگر چنین بود برای نشان دادن برداشته شدن یکی از منابع از مخزن اشتراکی، یک واحد از مقدار S کم می‌کند. اما اگر مقدار S برابر صفر باشد، پردازه مسدود خواهد شد و فقط با اعمال عملگر V،که به نشانه بازگشت یکی از منابع به مخزن اشتراکی یک واحد به S می‌افزاید، آزاد خواهد شد. پردازه مسدود در صف پردازه‌های مسدود خواهان همان منبع قرار داده می‌شود. در مورد جدول اشتراکی، مقدار S فقط مقادیر دودویی صفر و یک می‌تواند باشد.

پیاده‌سازی تیرنشانه همراه با صف انسداد ممکن است باعث وضعیت انتظار بی‌پایان برای رفع انسداد دو یا چند پردازه بشود، چرا که آزادسازی آنها منوط به انجام یک عملگر V است که پردازه موجد آن خود مسدود شده است. در اصطلاح به چنین وضعیتی، *بن بست* گفته می‌شود. برای تشریح این وضعیت، فرض کنید در یک سامانه دو پردازه P_0, P_1 را داریم که هر کدام به یکی از تیرنشانه‌های دودویی S_0, S_1 با مقدار اولیه ۱ دسترسی دارند. عملیات زیر توسط این دو پردازنده صورت گرفته‌اند:

در گام نخست پردازه P_0 عملگر P را روی تیرنشانه S_0 اعمال می‌کند و در نتیجه آن $S_0 = 0$ خواهد شد. سپس پردازه P_1 همینکار را بر روی S_1 اعمال می‌کند و در نتیجه $S_1 = 0$ خواهد شد. حال پردازه P_0 عملگر P را روی تیرنشانه S_1 اعمال می‌کند و چون صفر است در صف پردازه‌های مسدود تیرنشانه S_1 قرار می‌گیرد. حال پردازه P_1 عملگر P را روی تیرنشانه S_0 اعمال می‌کند و آن هم چون $S_0 = 0$ است در صف پردازه‌های مسدود تیرنشانه S_0 قرار داده می‌شود. پردازه P_0 که تیرنشانه S_0 را تصرف کرده روی S_1 مسدود شده و پردازه P_1 که تیرنشانه S_1 را تصرف کرده روی S_0 مسدود شده است. هر یک از این دو پردازه در انتظار انجام عملگر

V توسط آن دیگری است و این باعث ایجاد بن بست می‌شود. روشهایی برای جلوگیری، اجتناب، آشکارسازی و رفع بن‌بست ایجاد شده‌اند که در این کتاب فرصتی برای بحث در مورد آن نیست. خوانندگان علاقمند می-توانند در اینباره به مراجع [۵ و ۹] رجوع کنند.

۲-٤-٤ تولید نرم‌افزار

پس از بیان ویژگی‌های برجسته سیستم عامل برای پردازنده‌های سودهی، توجه خود را به تولید نرم‌افزار معطوف می‌کنیم. جایگاه رفیع تولید نرم‌افزار در صنعت سوده‌سازی مدیون پنج عامل اساسی زیر در ارتباط با نرم‌افزار سودهی است:

۱) پیچیدگی و اندازه نرم‌افزار
۲) طول عمر طولانی مدت لازم
۳) عملیات بلادرنگ
۴) الزامات سفت و سخت دسترس پذیری و اطمینان‌پذیری
۵) الزامات ترابردپذیری[قابلیت حمل] نرم‌افزار

پیچیدگی نرم‌افزار سودهی برخاسته از پیچیدگی سامانه سودهی است. نرم‌افزار سامانه «اسپیسی» بالغ بر صدها هزار خط کد برنامه است. تولید نرم‌افزار سامانه‌های سودهی هزاران نفر–سال برنامه‌نویسی را می‌طلبد. طول عمر متوسط نرم‌افزار سامانه «اسپیسی»، که در حدود ۴۰ سال است، نسبت به طول عمر نرم‌افزارهای سایر سامانه‌های بزرگ که بین ۷ تا ۱۵ سال است، یک استثناء به شمار می‌رود. با توجه به عمر طولانی لازم برای نرم‌افزار سامانه سودهی نیاز است که به دلایل زیر آن را در طول کارکردش گسترش و بهبود دهیم:

- پشتیبانی از خدمات نو
- پاسخگویی به نیازهای جدید احتمالی در واحد مدیریت شبکه
- سازگاری با برنامه‌های کاربردی که از کشوری به کشور دیگر ممکن است متفاوت باشند
- ایجاد زمینه استفاده از فناوری‌های سخت‌افزاری نوظهور در سامانه

گاهی تلاش برای بهبود امکانات نرم‌افزار، امکانات موجود آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این مسأله بانام *اندرکنش امکانات*[1] شناخته می‌شود و در اوقات اخیر تحقیقات گسترده‌ای در مورد آن انجام گرفته است. سرمایه‌گذاری مالی و منابع انسانی بسیار زیاد لازم برای توسعه نرم‌افزار سامانه سودهی، موجب آن شده که وفق دادن آن با نسل‌های متوالی از سخت‌افزارها ضرورت یابد. به عبارت بهتر، ترابردپذیری یکی از الزامات اساسی برای نرم‌افزار سامانه سودهی است.

شاخه نوینی از مهندسی بنام *مهندسی نرم‌افزار*، بمنظور مطالعه و بررسی مسائل تولید و نگهداری نرم‌افزارهای بزرگ مقیاس در سامانه‌های پیچیده ظهور یافته است. طبق قواعد مهندسی نرم‌افزار، تولید نرم‌افزار در چهار مرحله مختلف به شرح ذیل باید انجام شود:

۱) مشخص کردن کارکردها
۲) توصیف صوری و مشخص کردن جزئیات
۳) کد نویسی و ممیزی کدها
۴) آزمایش و رفع اشکالات نرم‌افزار

شیوه توصیه شده دوبخشی برای طراحی نرم‌افزار عبارت است از: *رهیافت کل به جزء* و *طراحی پودمانی*. منظور از رهیافت کل به جزء، پیشروی از کلیات به موارد خاص همراه با افزایش سطح پیچیدگی و انتزاع است. به عبارت ساده‌تر، باید از بیان کلی مسأله شروع کرد و گام به گام وارد جزئیات بیشتر شد. در طراحی پودمانی، نرم‌افزار به پودمان [ماجول]های مختلف قسمت‌بندی می‌شود که هر کدام با بکارگیری تفکیک چندگامه یا فرآیند پالایش توسعه داده می‌شوند. رابط بین پودمان‌ها باید به دقت طراحی شود تا آنها تقریباً از هم مستقل باشند و کدنویسی، آزمایش و اصلاح بعدی آنها آسانتر شود.

تخستین گام در طراحی نرم‌افزار، بیان مشخصات کارکردی آن به زبان طبیعی است. این توصیف باید تا حد ممکن کامل و جامع باشد. گام دوم انتقال این بیانات از زبان طبیعی به یک زبان مشخص‌سازی و توصیف صوری است تا ابهامات زبان طبیعی برطرف شوند. در زبان مشخص‌سازی و توصیف صوری، که معمولاً بصورت ترسیم نموداری است، تمام روی هم افتادگی‌ها و جا افتادگی‌های احتمالی که می‌تواند در بین پودمان-های نرم‌افزار واقع شده باشند، به وضوح مشخص خواهند شد. گام بعد در تولید نرم‌افزار، خود برنامه‌نویسی

[1] feature interaction

است. این مرحله نوعی ترجمه است، که در آن قسمت مرتبط با رایانه زبان مشخص‌سازی صوری باید به یک زبان برنامه‌نویسی تبدیل شود. در گام آخر تولید نرم‌افزار شامل آزمایش و اعتبارسنجی است. در این مرحله با بکارگیری الگوهای آزمایشی به دقت انتخاب شده، تا حد بسیار زیادی خطاهای احتمالی در برنامه برطرف خواهند شد. معمولاً این مرحله به شیوه جزء به کل انجام می‌شود، به این معنی که از جزئیات قطعات کد آزمایش‌ها شروع شده و بعد پودمان‌ها و دست آخر عملکرد کل بسته نرم‌افزار را آزمایش می‌کنیم.

در سال ۱۹۶۸، موضوع نرم‌افزار سامانه «اسپیسی»، در مجمع عمومی «آیتیو–تی» («سیساتیت» بعدی)، به کارگروه تحقیقاتی «اسجی» «ایکس آی» تحت عنوان "سودهی وراگویی" سپرده شد. مفهوم مهندسی نرم‌افزار هم در حوزه رایانه در همان زمان، کم و بیش، شکل گرفته بود. در اوایل دهه ۷۰ میلادی، «اسجی» «ایکس آی» سه موضوع اصلی برای استانده‌سازی نرم‌افزار را شناسایی کرده بود. دو تا از آنها، یعنی مشخص‌سازی صوری و کدنویسی متناظر با دو مرحله از تولید نرم‌افزار بودند. سومی زبانی برای تعامل انسان–دستگاه بودکه برای انجام کارکردهای «بان» در یک مرکز تبادل، ضروری بود. نتایج کارهای انجام شده در این حوزه‌ها تحت نام استانده-های سری «زی» «آیتیو–تی» با عناوین زیر انتشار یافته‌اند:

- زی ۱۰۰–زی۱۹۹: زبان توصیف مشخصات «اسدل»
- زی ۲۰۰–زی۲۹۹ : زبان سطح بالای «سیسیاتیت» «چیل»
- زی ۳۰۰–زی ۳۹۹: زبان انسان–دستگاه «زباد»
- زی ۴۰۰–زی۴۹۹: کیفیت
- زی ۵۰۰–زی۵۹۹: روش‌ها
- زی ۶۰۰–زی۶۹۹: میان افزارها

«اسدل» یک روش صوری برای توصیف مشخصات کارکردی و پردازه‌های داخلی لازم برای تحقق بخشیدن به آن مشخصات است. آن را می‌توان هم یک ابزار توسعه نرم‌افزار و هم یک روش مستندسازی در سطح بالا دانست. بنای «اسدل» بر *نمودارهای انتقال حالت* قرار دارد. برای نمایش محاسبات ترتیبی و مشروط در آن از امکانات روندنماهای مرسوم استفاده می‌شود. همچنین برای نمایش ارتباطات و هماهنگ‌سازی‌های لازم بین پردازه‌های همروند، امکاناتی موسوم به *اخباره‌ها* دارد. هر نمودار «اسدل» یکی از پردازه‌های همروند را نمایش می‌دهد. در شکل ۴–۱۴ نمادهای استانده «اسدل» را مشاهده می‌کنید.

«اسدل» برای سازندگان تجهیزات سودهی و همچنین بنگاه‌های بهره‌بردار و نگهداری از سامانه سودهی، مزایایی به شرح ذیل ایجاد کرده است:

۱) یک روش طراحی کل به جزء مناسب است.

۲) گرایش آن به سمت اندرکنش بین پردازه‌ها در سامانه سودهی است.

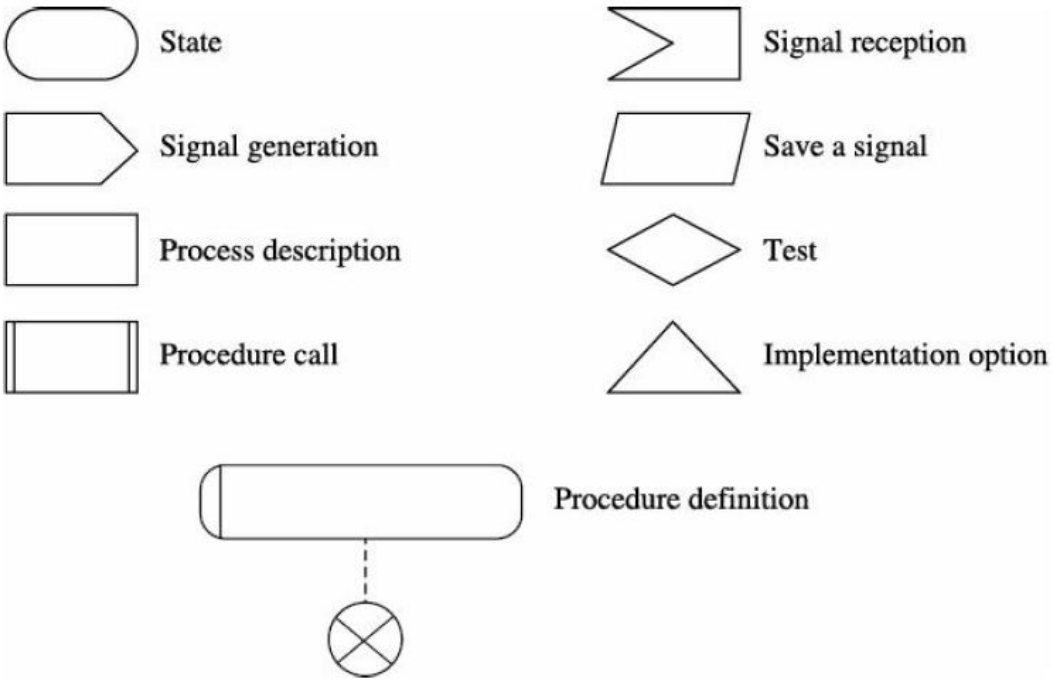
۳) ابزارهای گوناگونی برای ذخیره‌سازی، به روز رسانی، و ممیزی منطقی مشخصات «اسدل» وجود دارند.

۴) ابزارهایی برای ترجمه مشخصات «اسدل» به کد «چیل» و برعکس وجود دارند.

۵) یادگیری، تفسیر و استفاده از آن ساده است.

۶) برای ارزیابی پیشنهادات ارائه شده در مناقصه‌ها یک روش بی‌ابهام برای توصیف و ارائه مشخصات فراهم ساخته است.

۷) مبنایی برای مقایسه معنادار بین قابلیت‌های سامانه‌های «اسپیسی» ایجاد کرده است.



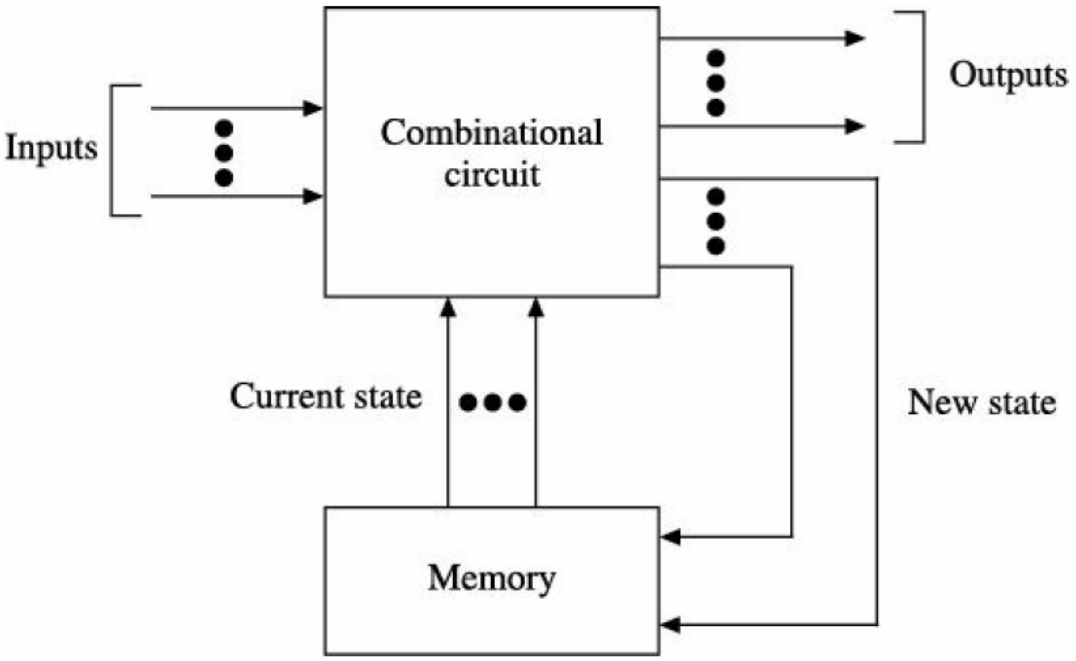
شکل ۴-۱۴ نمادهای استانده «اسدل»

طراحی در «اسدل» براساس نمونه‌سازی [مدلسازی] ریاضی و یک ابزار تحلیلی بنام *دستگاه حالت محدود «افسم»*[1] انجام می‌شود. همانطور که از نام آن پیداست، «افسم» همواره در یکی از مجموعه محدود حالات خود

[1]Finite State Machine (FSM)

قرار دارد. هر رویداد ورود منجر به یک گذار حالت خواهد شد. حالت بعدی را هم حالت فعلی و هم مقدار ورودی تعیین می‌کنند. ممکن است «افسم» بر اساس حالت فعلی خود یک خروجی هم تولید نماید. دو نوع «افسم» داریم: همزمان و ناهمزمان. در «افسم» ناهمزمان تغییر حالت هنگام وارد شدن ورودی اتفاق می‌افتد. اگر دو یا چند ورودی کم و بیش در یک زمان وارد شوند، «افسم» قبل از نشستن بر حالت نهایی از چند حالت میانی بطور گذرا عبور خواهد کرد. در «افسم» همزمان، لحظه گذار حالت توسط یک ساعت تعیین می‌شود. فقط وقتی یک تکانه ساعت حاضر باشد، تغییر حالت امکان‌پذیر خواهد بود. در نتیجه، حالت فعلی و ورودی که بین آخرین تکانه ساعت قبلی و تکانه فعلی وارد شده باشد، تعیین کننده حالت بعدی خواهند بود. گذار سرساعت به ما اطمینان می‌دهد که «افسم» از هیچ حالت میانی گذر نکرده است.

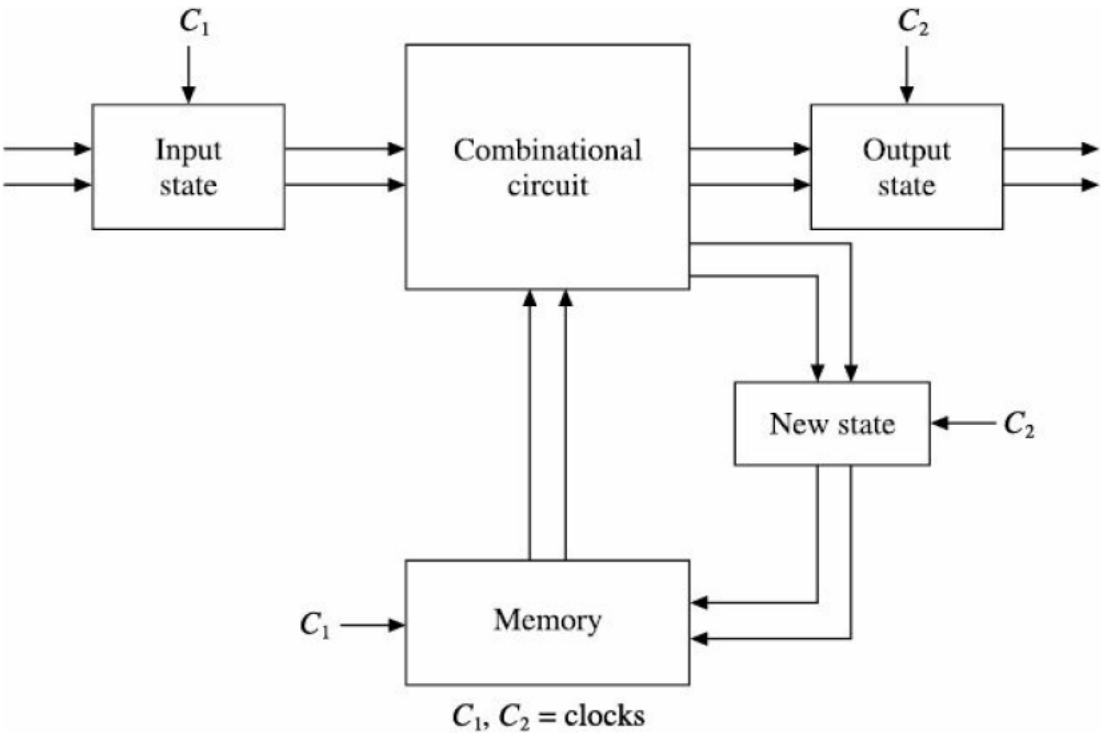
بخاطر ماهیت سامانه سودهی، آنها اساساً در دسته «افسم» ناهمزمان قرار دارند و عملیات آنها توسط مدارات منطقی ترتیبی انجام می‌شوند. همانطور که در شکل ۴–۱۵ مشاهده می‌کنید، آنها را می‌توان با استفاده از یک بخش مدارات منطقی ترکیبی و یک بخش حافظه نمونه سازی [مدلسازی] کرد.



شکل ۴–۱۵ نمونه دستگاه حالت محدود

عملیات ترتیبی ناهمزمان به علت تغییر حالات گذرایی که ممکن است در آنها اتفاق بیفتند، مشکلات زیادی دارند. در شکل ۴–۱۶ عملیات همزمان سرساعت که این مشکلات در آنها حل شده‌اند را ملاحظه می‌کنید. نمونه‌سازی[مدلسازی] و تحلیل عملیات سرساعت آسانتر هستند.

بدون از دست رفتن عمومیت، هر سامانه سودهی را با یک «افسم» همزمان می‌توان نمونه‌سازی کرد. بر این مبنا، نظریه و اصول عملکرد «افسم» همزمان بر طراحی «اسدل» حاکم است. نمودارهای «اسدل» را به سادگی می‌توان به آنچه *شبکه‌های پتری* نام دارند، و یک ابزار ریاضی عالی دیگر برای تحلیل و مطالعه پردازه‌های همروند بشمار می‌روند، تبدیل نمود. بنابراین، «اسدل» ابزار مناسبی برای یک «افسم» است که نرم‌افزار همروند را اجراء می‌کند.



شکل ۴-۱۶ «افسم» همزمان

۳-٤-٤ نکاتی در مورد زبان برنامه نویسی

در تولید نرم‌افزار سودهی هم از زبان هم‌گذاری [اسمبلی] و هم زبان سطح بالا هر دو استفاده می‌شود. در سامانه‌های سودهی برقواره‌های اولیه از برنامه نویسی به زبان هم‌گذاری استفاده زیادی می‌شد. اما گرایش جاری استفاده از زبانهای برنامه نویسی سطح بالا بجای استفاده از زبان هم‌گذاری است. زبانهای برنامه نویسی فرترن، الگول، و پاسکال بخاطر الزامات خاص پردازش در سامانه‌های سودهی، برای نوشتن برنامه سامانه «اسپیسی» خیلی مناسب نبودند. بخاطر این، «آیتیو–تی» در سال ۱۹۷۵ یک گروه ویژه را مأمور تهیه یک زبان سطح بالای

مناسب نمود و این گروه پیشنهاد مقدماتی خود را در سال ۱۹۷۶ ارائه داد. این پیشنهاد مورد ارزیابی قرار گرفت و طی چهار سال مباحث دیگری هم به آن افزوده شد و در سال ۱۹۸۰ در مجمع عمومی «آیتیو–تی» در توصیه نامه زی۲۰۰ با عنوان تعریف یک زبان سطح بالا به تصویب رسید. این زبان که با نام زبان سطح بالای «سیسیاتیت» «چیل» شناخته شد، بطور خاص مناسب کدنویسی پودمان‌های «اسپیسی» زیر طراحی شده بود:

- رسیدگی به برخوانی
- آزمایش و نگهداری
- سیستم عامل
- پشتیبانی حالت برخط و حالت برون خط
- ترجمه زبان انسان–دستگاه
- آزمون پذیرش

همانند بسیاری از زبانهای برنامه‌نویسی دیگر(مانند پاسکال و سی) «چیل» هم سه امکان اصلی دارد:

۱) ساختمان داده
۲) دستورات اقدام
۳) ساختمان برنامه

«چیل» از شیء داده‌های ساده و پیچیده "نوعی شده" هر دو پشتیبانی می‌کند. یک شیء داده ساده یا *مقدار* و یا *مکان* است. هر مکان نامی دارد و می‌توان مقدار عددی در آن ذخیره شود. با الحاق یک *اسلوب/مود/*به یک شیء داده می‌توان آن را *نوعی* ساخت. اسلوب شیء مجموعه مقادیری که آن شیء می‌تواند به خود بگیرد، روش دسترسی به آن شیء اگر مکان باشد، و عملیات مجاز روی مقادیر آن شیء را تعریف می‌کند. مثال‌هایی از اسلوب‌های استانده عدد صحیح، عدد بولی، و نویسه [کاراکتر] هستند.

از تجمیع اشیاء ساده، شیء داده پیچیده ساخته می‌شود. یک شیء پیچیده ممکن است از اشیاء هم حالت ساخته شود(آرایه) یا از اشیائی با حالات متفاوت ایجاد شود که در اینصورت به آن *ساختمان* گفته می‌شود. هر شیء مؤلفه یک ساختمان را یک حوزه از آن می‌نامند.

بخش دستوره‌ای [الگوریتمی] برنامه «چیل» را دستورات اقدامی آن می‌سازند. در یک برنامه «چیل» از انتساب، فراخوانی رویه، و فراخوانی روال‌های پیش ساخته پشتیبانی می‌شود. بمنظور راهبری روند اجرای برنامه، دستورات راهبری جریان متعارفی چون: IF برای انشعاب دوراهه، CASE برای انشعابات چندراهه، DO برای حلقه تکرار، CAUSE برای استثنائات خاص در «چیل» تدارک دیده شده‌اند. در نرم‌افزار سودهی، محاسبات همروند جایگاه خاصی دارند، از اینرو «چیل» هم برای راهبری روند اجراء محاسبات همروند تدارک کافی را فراهم ساخته است. دستوراتی مانند *START, STOP, DELAY, CONTINUE, RECEIVE* برخی از دستورات اقدامی مرتبط با راهبری جریان همروند هستند.

ساختمان برنامه از گروه‌بندی اشیاء و اقدامات مرتبط تشکیل شده است. ساختمان برنامه استفاده از نام‌ها مثلاً، محلی یا عمومی بودن آن، و طول عمر اشیاء را انتظام می‌دهد. برای ایجاد قابلیت محاسبات همروند، ساختمان برنامه «چیل» از مفهوم پردازه که درباره آن در بخش ۱-۴-۴صحبت شد، پشتیبانی می‌کند. برخی از عملیات که روی پردازه‌ها اعمال می‌شوند عبارتند از: ایجاد، انهدام، معلق کردن، بازیافتن، مسدود کردن، نام گذاری، و اولویت گذاری.

هیچ سامانه سودهی بدون عملیات بهره‌برداری از آن و همینطور نگهداری قابل تصور نیست. سامانه‌های سودهی برقواره‌ای هم در این مورد استثناء نیستند. با توجه به این موضوع بود که «آیتیو-تی» کار بر روی زبان انسان-دستگاه «زباد» را در اوایل دهه ۷۰ میلادی آغاز نمود و در سال ۱۹۷۶ مجمع عمومی اصول «زباد» را در مجموعه توصیه‌نامه‌های زی ۳۰۰ منتشر و به تصویب رساند. چهار کارکرد اصلی «زباد» عبارتند از:

۱) بهره برداری
۲) نگهداری
۳) نصب
۴) آزمون پذیرش

طراحی «زباد» به نحوی انجام شده است که مبتدیان و حرفه‌ای‌ها هر دو بتوانند از آن استفاده کنند، بکارگیری آن با زبانهای کشورهای مختلف و در سازمانهای متفاوت ممکن باشد، و انعطاف‌پذیری لازم برای بکارگیری فناوری‌های جدید را داشته باشد. امروزه از «زباد» نه فقط در میز راهبری مرکز تبادل، بلکه در مراکز بهره برداری

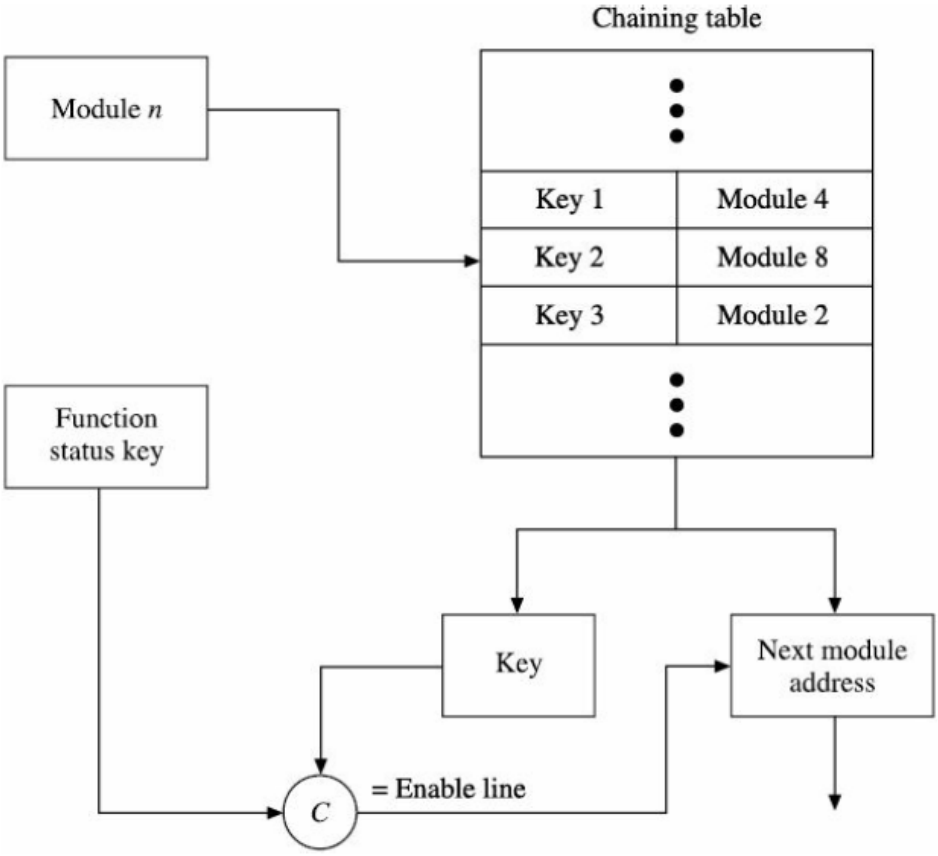
و نگهداری بمنظور اداره ارتباطات مشترکین، مسیریابی، و اندازه‌گیری‌های آمدوشد و مدیریت شبکه هم استفاده می‌شود.

«زباد» توسط قواعد نوشتاری و معانی‌زبانی و هچنین رویه‌های تبادل اطلاعات در آن تعریف می‌شود. قواعد نوشتاری، مجموعه نویسه‌ها و نحوه استفاده از نمادها، واژگان کلیدی و کدهای ویژه‌ای را که برای ساخت دنباله‌های زبانی صحیح به لحاظ دستور زبان، ضروری هستند، را تعریف می‌کند. در «زباد» هم، تعاریف قواعد نوشتاری از همان نمودارهای قواعد نوشتاری مورد استفاده در زبان برنامه‌نویسی پاسکال، تبعیت می‌کنند. معانی زبانی شامل تعبیرات هر عنصر یا دستور زبان می‌شود. رویه‌های تبادل اطلاعات با نکات مکالمه‌ای و تعاملی در گفتگوی انسان–دستگاه که برای انجام امور بهره‌برداری و نگهداری ضروری هستند، سروکار دارند. گاهی اشتباه متصدی می‌تواند تبعات خسارت‌باری بدنبال داشته باشد، و رویه‌های تبادل اطلاعات «زباد» برای جلوگیری از این قبیل اتفاقات تعریف شده‌اند. دسترسی متصدیان به سامانه تنها از طریق فرمان‌های کارکردی مانند *خدمات را برای خط برقرر کن*، *خدمات خط را قطع کن*، *امتیازات خط را اصلاح کن* و مانند آن، امکان‌پذیر است. دسترسی مستقیم به جداول داده در حافظه ممنوع است. برای صدور فرامینی که می‌توانند تبعات بالقوه جدی بدنبال داشته باشند، رویه «زباد» قبل از اجراء آن، تأئید مجددی از متصدی درخواست می‌کند و توجه او را به مخاطرات احتمالی ناشی از فرمان صادره جلب می‌کند. در رویه‌های «زباد» یک سازوکار *عقبگرد* پیش‌بینی شده تا در صورتی که فرمان حاضر بخاطر یک خرابی لحظه‌ای در سامانه، بدرستی قابل انجام نباشد، حالت عملیاتی سامانه به آخرین حالت قبلی بازگردانده شود.

٤-٤-٤ طراحی پودمانی

طراحی بسته‌های نرم‌افزاری در سامانه‌های سودهی بصورت پودمانی انجام می‌گیرد تا نرم‌افزاری مطمئن و عاری از خطا تولید شود. در این شیوه از طراحی، بسته نرم‌افزاری به چندین پودمان برنامه مختلف تقسیم‌بندی می‌شود که هر کدام وظیفه معینی را برعهده دارند. اندازه پودمان بسته به وظیفه‌ای که بر عهده دارد، متفاوت است. هر پودمان با یک نقطه ورود و یک نقطه خروج مشخص می‌شود. یک پودمان می‌تواند در دل پودمان دیگری قرار گرفته باشد و کل نرم‌افزار را می‌شود بصورت یک پودمان تودرتو تصور کرد. پودمان‌ها یا بطور مستقیم و از طریق واسطهای به دقت طراحی شده و یا بطور غیرمستقیم و از طریق جداول داده در حافظه، با یکدیگر داده

مبادله می‌کنند. با گروه‌بندی چندپودمان مرتبط در یک گروه، واحدهای کارکردی مرتبط با کارکردهای مستقل از هم شکل می‌یابند. یک پودمان می‌تواند به عنوان قسمتی از چندین واحد کارکردی مختلف ظاهرشده باشد. معمولاً هر واحد کارکردی روی یک پردازه مجزا در داخل سامانه اجراء می‌شود. پودمان‌های هر پردازه از طریق یک برنامه مخصوص و یا جداول زنجیرسازی با یکدیگر زنجیر می‌شوند. در شکل ۴–۱۷ زنجیر شدن پودمان‌ها توسط جدول را ملاحظه می‌کنید.



شکل ۴–۱۷ زنجیره شدن پودمان‌ها توسط جدول

برای هر پودمان اشاره‌گری به مجموعه‌ای از مندرجات مرتبط با آن پودمان در جدول زنجیرساز وجود دارد. هر مورد مندرج در جدول زنجیره‌ساز شامل یک کلید و یک شماره پودمان می‌شود. هر وقت که اجراء یک پودمان تکمیل می‌شود، مندرجات جدول زنجیره‌ساز پویش می‌شوند و کلیدها با کلید حالت کارکرد مقایسه می‌شوند. اگر تطابقی یافت شد، نوبت اجرای پودمان مربوط به کلید یافت شده خواهد رسید. در این رهیافت، انعطاف کافی برای اضافه کردن پودمان‌های جدید به یک کارکرد و یا حذف پودمان‌های منسوخ از آن توسط اصلاح داده‌های زنجیرسازی به راحتی فراهم شده است.

٤-٥ نرم‌افزار کاربردی

مطابق خطوط تقسیم کارکردها در شکل ۴-۸، نرم‌افزار کاربردی سامانه سودهی هم در سه رده زیر که هر کدام از یک یا چند پودمان تشکیل شده است، تقسیم بندی می‌شود:

۱) پایش رویدادها و نرم‌افزار توزیع
۲) نرم افزار پردازش برخوانی
۳) نرم افزار «بان»

پایش رویدادها در سامانه سودهی در نهایت منجر به یک پردازش برخوانی و یا یک کارکرد «بان» می‌شود. برای مثال، برداشتن گوشی توسط مشترک باعث پردازش برخوانی و آشکارسازی خطا، یک پردازه بازیابی در نرم‌افزار «بان» را بدنبال خواهد داشت. توزیع نواها و اخباره‌ها بطور عمده در کارکردهای پردازش برخوانی قرار دارند. در نتیجه، پودمان‌های پایش رویداد و توزیع، هم قسمتی از نرم‌افزار پردازش برخوانی و هم قسمتی از نرم-افزار «بان» را بسته به مورد استفاده آنها، تشکیل می‌دهند، پس نرم‌افزار کاربردی به دو دسته اصلی، یعنی نرم افزار پردازش برخوانی و نرم افزار «بان» تقسیم می‌شود.

نرم افزار کاربردی حدود ۸۰ درصد از حجم کل نرم‌افزار سامانه سودهی را شامل می‌شود. پودمان‌های «بان» رویهم رفته ۶۵ درصد ازآن هستند. کل نرم افزار نوعی بین ۴۰۰ تا ۵۰۰ هزار خط دستورالعمل رایانه است. لازم نیست که تمام برنامه مقیم در هسته[1]باشد. البته با توجه به محدودیت‌های بلا درنگی، نرم‌افزار سامانه و پردازش برخوانی معمولاً مقیم در هسته هستند. پودمان‌های «بان» روی حافظه پشتیبان قرار دارند و در صورت و موقع لزوم به حافظه اصلی انتقال می‌یابند. بدین منظور، بسته به نوع معماری‌ای که پردازنده سودهی پشتیبانی می‌کند، سیستم عامل می‌تواند از روش *رویهمگذاری*[2] و یا *حافظه مجازی*[3] استفاده کند.

[1] core resident
[2] overlay
[3] virtual memory

٤-٥-١ طراحی برسنجه‌ای

همواره در طراحی نرم‌افزار سامانه‌های سودهی از طراحی برسنجه‌ای استفاده می‌شود. با اینکار می‌توانیم با تنظیم مشخصه‌های هر مرکز تبادل بطور خاص از همان بسته نرم‌افزاری بارها به عنوان نرم‌افزار مراکز تبادل گوناگون استفاده کنیم. برای تعریف مشخصات از برسنجه‌ها استفاده می‌کنیم و برسنجه‌ها به دو نوع برسنجه‌های سامانه و برسنجه‌های اداره تقسیم بندی می‌شوند. برسنجه‌های سامانه موجب انعطاف‌پذیری در سطح کل سامانه می‌شوند و برسنجه‌های اداره قیود عملیاتی در هر مرکز تبادل خاص را تعریف می‌کنند. برسنجه‌های سامانه در تمام مراکز از یک نوع مشخص، یکسان هستند. برای مثال تأخیرهای زمانی در علامت‌دهی، آستانه‌های بروز خرابی و امثال آن. مثال‌هایی از برسنجه‌های اداره‌ای عبارتند از تعداد خطوط مشترکین در مرکز تبادل، ظرفیت سودهی و مانند آن. معمولاً بیش از ۱۰۰ برسنجه اداره‌ای داریم که مشخصات عملیاتی یک مرکز تبادل بر اساس آنها تعریف می‌شوند.

داده‌های برسنجه‌ها به شکل جداول و یا پرونده [فایل] در داخل سامانه ذخیره می‌شوند. ماهیت هر داده برسنجه-ای در دو رده *نیمه دائمی* و *موقتی* رده‌بندی می‌شوند. داده‌های نیمه دائمی برسنجه‌های توصیفگر مشخصات سخت‌افزاری مرکز تبادل و ادوات پیرامونی آن هستند. هر سه حوزه کاربردها یعنی پایش رویدادها، پردازش برخوانی و «بان» از آنها استفاده می‌کنند. این برسنجه‌ها بندرت، مثلاً با گسترش مرکز تبادل و یا پیکربندی مجدد ناشی از یک ایراد عمده، بروزرسانی می‌شوند. داده‌های موقت عمرشان به اندازه طول عمر پردازه‌ای است که به آن تعلق دارند. این داده‌ها حالت موقت منابع سامانه و مسیرهای ارتباطی را تعریف می‌کنند و شامل تمام اطلاعات مختص به یک پردازه می‌شوند. اکنون برسنجه‌های مربوط به ادوات پیرامونی مرکز تبادل، خطوط مشترکین، تراسیم‌ها و کارکردهای پردازش برخوانی را در نظر می‌گیریم.

٤-٥-٢ برسنجه‌های ادوات پیرامونی مرکز تبادل

ادوات پیرامونی یک مرکز تبادل شامل واحدهای واسط خط مشترک، واحدهای واسط تراسیم، واحدهای واسط خطوط خدمت‌رسان، اتصال‌دهنده‌ها، ماتریس شبکه سودهی، نشانه‌گذارها، پویشگرها، و توزیع کننده‌ها می‌شوند. در مراکز تبادل برقواره‌ای، پردازش ارقام بصورت نرم‌افزاری انجام می‌شود و برخلاف مراکز تبادل برقسازه‌ای از پردازشگرهای ارقام سخت‌افزاری خبری در آنها نیست. به واحدهای واسط خط مشترکین،

تراسیم‌ها و خطوط خدمت‌رسانی بصورت جمعی *مدارات واسط پایانه*[1] اطلاق می‌شود. مدارات واسط پایانه، پویشگرها، و توزیع کننده‌ها بطور دائم بهم متصل هستند. هر پویشگر از مجموعه معینی از واحدهای خط و اتصال دهنده اخباره دریافت می‌کند. از توزیع کننده برای ارسال اخباره به مجموعه معینی از اتصال‌دهنده‌ها و واحدهای خط استفاده می‌شود. به نحوی مشابه یک ارتباط دائم بین نشانه‌گذار و بخش‌هایی از شبکه سودهی وجود دارد. از نشانه‌گذار برای برقرار ساختن مداری خاص در داخل شبکه سودهی استفاده می‌شود. واحدهای خطوط مشترکین هم با ماتریس‌های سودهی مخصوص خود ارتباط دارند.

معمولاً از دو پرونده نیمه دائمی برای نگهداری از داده‌های ادوات پیرامونی مرکز تبادل استفاده می‌شود:

- پرونده مدارات واسط‌پایانه
- پرونده پیکربندی شبکه سودهی

در هر برگه ثبت [رکورد] از پرونده مدارات واسط پایانه، لااقل چهار حوزه زیر وجود دارند:

۱) نشانی توزیع کننده مربوطه
۲) نشانی پویشگر مربوطه
۳) نشانی ماتریس سودهی
۴) نشانی قفسه قرارگیری واسط

در مورد سه حوزه نخست توضیحی لازم نیست. آخرین حوزه قفسه‌ای که واحد خط در آن قرار دارد را مشخص می‌کند. از این مدخل برای عملیات نگهداری و آزمایش‌ها استفاده می‌شود. لازم نیست برای هر مدار پایانه یک مدخل در این پرونده ایجاد کرد. معمولاً مدارات پایانه‌ای بصورت گروه‌های ۱۶ تا ۳۲ تایی به یک پویشگر یا توزیع کننده وصل می‌شوند و در یک قفسه کنار هم قرار داده شده‌اند. معمولاً همه آنها به مجموعه نقاط یکسانی در شبکه سودهی اتصال می‌یابند که می‌توان آنها را به عنوان یک گروه تلقی نمود. در این صورت برای هر گروه از مدارات پایانی در این پرونده تنها یک مدخل کفایت می‌کند. این امر باعث کاهش اندازه پرونده خواهد شد.

[1] terminal circuit interfaces

هر شبکه سودهی از یک یا چند مرحله از بلوک ها تشکیل یافته است که توسط قابهای توزیع میانی بهم متصل شده‌اند. هرچند که نحوه اتصالات درون بلوک‌ها از پیش معین و ثابت است ولی اتصالات بین آنها از یک مرکز تبادل به مرکز تبادلی دیگر می‌تواند متفاوت باشد. پرونده پیکربندی شبکه سودهی حاوی اطلاعاتی در مورد نحوه ارتباطات بین بلوک‌های سودهی است.

توصیف ادوات پیرامونی مرکز تبادل، اطلاعات زیر را دربردارد:

- خطوط مشترکین متصل
- تراسیم‌هایی که بطرف سایر مراکز تبادل می‌روند
- قواعد ترجمه ارقام شماره‌گیری و مسیریابی

۳-۵-٤ برسنجه‌های خطوط مشترکین و تراسیم

در مقایسه با سامانه سودهی با راهبری مشترک، سامانه «اسپیسی» امکانات زیادی برای مشخص‌سازی خطوط مشترکین دارد. اطلاعات نگهداری شده در این زمینه عبارتند از:

- شماره واحد واسط خط و شماره راهنما
- حالت درحال خدمت یا خارج از خدمت بودن خط
- نوع دستگاه وراگویی متصل به خط
- مقادیر نامی برسنجه‌های انتقال
- محدودیت‌های برخوانی
- حقوق و امتیازات مشترک
- سفارش‌های مشترک

همانطور که در بخش ۱-۳ گفته شد، به هر مشترک یک شماره راهنما (نشانی مجازی) اختصاص می‌یابد که از شماره واقعی واحد واسط خطی (نشانی واقعی) که برای برقراری ارتباط با او استفاده می‌شود، مستقل است. سازوکار ترجمه نشانی، برای برقراری ارتباط، نشانی راهنما را به نشانی واقعی ترجمه می‌کند. دستگاه وراگویی متصل به خط مشترک می‌تواند از نوع شماره‌گیر چرخان، دکمه فشاری دهدهی و یا دکمه فشاری «دیتی امف»

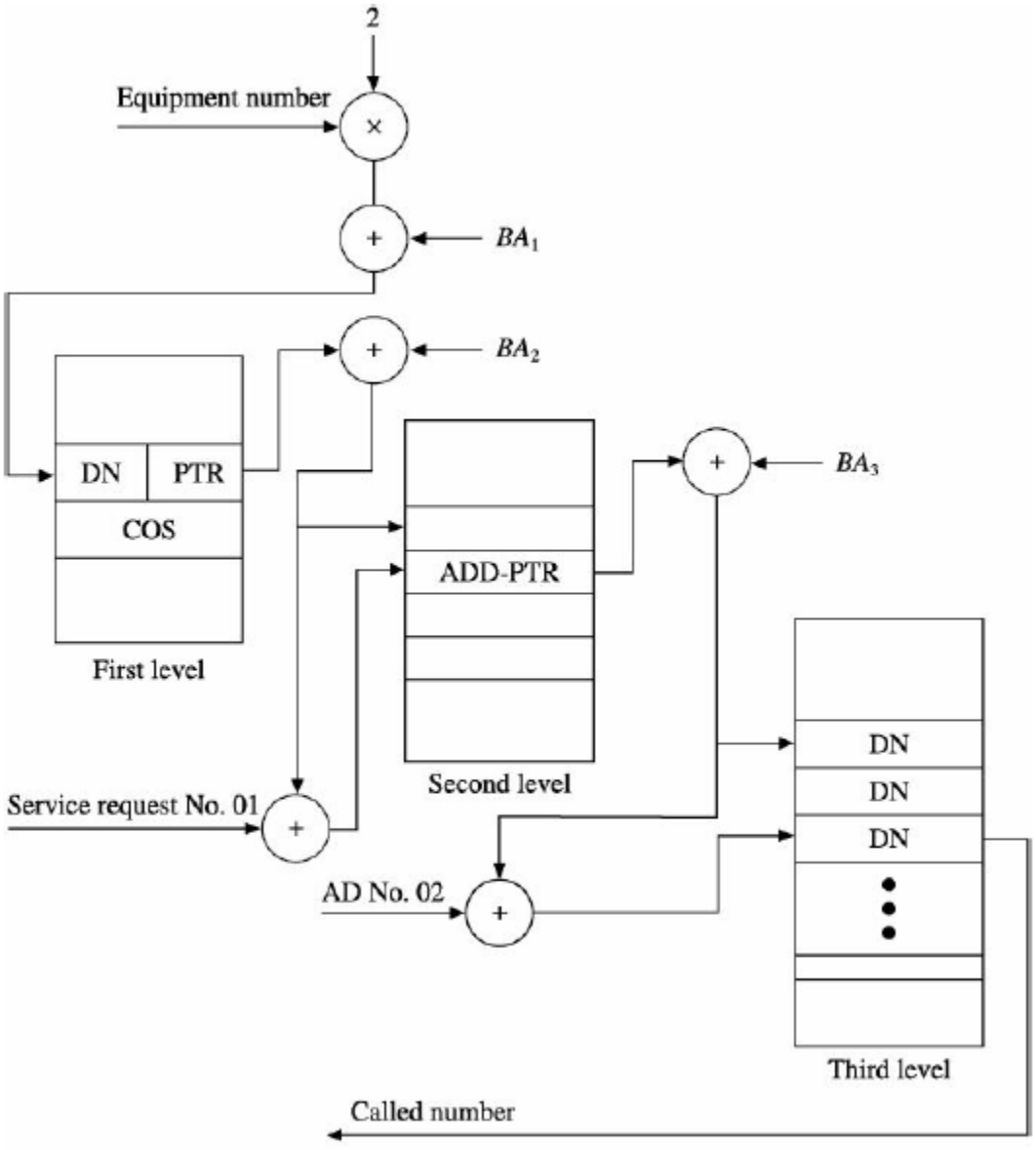
باشد. واحد واسط خطی که مشترک به آن وصل شده باید قابلیت کار با آن نوع دستگاهی که مشترک از آن استفاده می‌کند را داشته باشد.

اطلاعات خطوط مشترکین بسیار حجیم هستند. از اینرو، پرونده حاوی اطلاعات خطوط مشترکین باید ساختار دقیقی داشته باشند، تا به سادگی قابل دسترسی و قابل اصلاح باشد. برای دسترسی به پرونده خط مشترکین دو مسیر دسترسی لازم است: *دسترسی بر مبنای شماره واحد خط*، و *دسترسی بر مبنای شماره راهنما*. وقتی یک برخوانی ایجاد می‌شود، تنها اطلاعات در دسترس از آن شماره واحد واسط خطی است که اخباره برداشته‌شدن گوشی بر روی آن ظاهر شده است. شماره راهنمای متقاضی ناشناخته است. بنابراین در این مرحله دسترسی به پرونده فقط از طریق شماره واحد خط انجام‌پذیر است. موقعی که می‌خواهیم برخوانی را به مخاطب متصل نمائیم، فقط شماره راهنمای مخاطب را می‌دانیم، لذا تنها به داده خط از طریق شماره راهنما می‌توانیم دسترسی داشته باشیم.

همانطور که در بخش ۱–۴ هم بیان شد، پیامد فوری معرفی شدن «اسپیسی»، دسترسی مشترکین به خدمات جدید و پیشرفته بود. توضیحات مشروحی از جزئیات برخی از این خدمات نوین ، در بخش ۶–۴ آورده شده‌اند. بسیاری از این خدمات نوین اختیاری هستند. مشترکین باید بتوانند خدمات مورد نظر خود را سفارش بدهند و این سفارشات را باید در پرونده او منظور کرد. جداکردن پرونده‌های حاوی اطلاعات ثابت قابل اعمال به همه مشترکین از پرونده‌های مربوط به خدمات اختیاری مربوط به بعضی از مشترکین منطقی بنظر می‌رسد. در شکل ۱۸–۴ ساختمان داده نوعی برای مدخل جدول داده خط متقاضی و سازوکار دسترسی برای شماره‌گیری کوتاه ترسیم شده است.

دسترسی با شماره واحد واسط خط شروع می‌شود. بسته به فضای در دسترس و تخصیص یافته، جداول داده خط می‌تواند در هر کجا از حافظه پردازنده بارگذاری شود. بنابراین دسترسی به آنها از طریق یک نشانی پایه و یک برونجایی [آفست] انجام می‌شود. نشانی پایه به شروع جدول اشاره دارد و با اضافه کردن برونجایی به نشانی پایه نشانی واقعی مدخل مورد نظر در جدول بدست می‌آید. در نخستین سطح شکل ۴–۱۸، با ضرب شماره واحد واسط خط در عدد ۲، مقدار برونجایی بدست می‌آید. به هر مدخل در این جدول دو خانه حافظه تحصیص یافته است، پس لازم است که شماره واحد واسط را دو برابر کنیم. کلمه اول مدخل دو قسمت دارد. قسمت اول آن شماره راهنمای متقاضی است که هویت متقاضی را مشخص می‌کند و باید برای مرکز تبادل پائین دست یا

مخاطب فرستاده شود و همچنین برای مقاصد محاسبه هزینه مکالمه لازم است. قسمت دوم اشاره‌گری به جدول خدمات اختیاری متقاضی است اگر اصلاً خواهان خدمات اختیاری شده باشد. در غیر اینصورت مقدار اشاره‌گر پوچ است. کلمه دوم حاوی اطلاعاتی در مورد رده خدمات مشترک مشتمل بر نوع دستگاه، و نوع خط (شخصی، همگانی سکه‌ای) و امثال آن است.



شماره‌گیری کوتاه =AD – راهنمای شماره‌گیری کوتاه =ADD – نشانی پایه =BA

رده خدماتی =COS – شماره راهنما =DN – اشاره‌گر =PTR

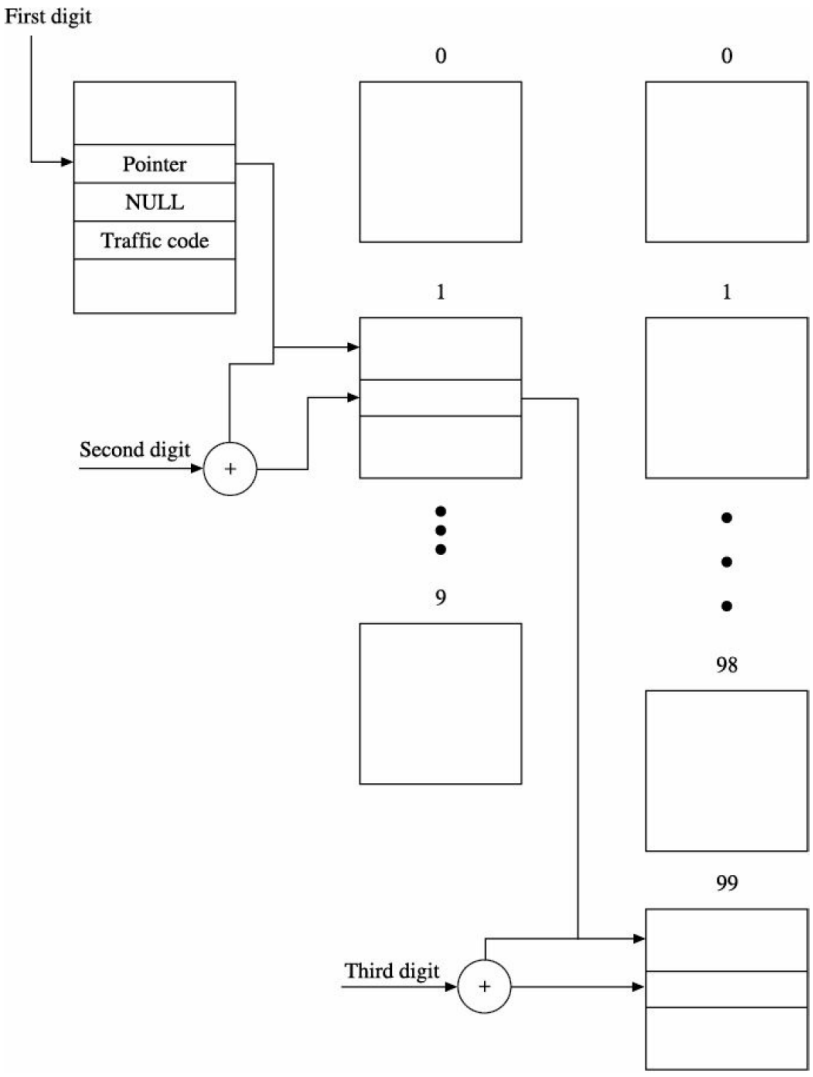
شکل ۴–۱۸ نحوه دسترسی به داده‌های خط متقاضی

در سطح دوم، اگر فرض کنیم اطلاعات لازم برای هر خدمت اختیاری در یک خانه از حافظه ذخیره می‌شود، تعداد خانه‌های حافظه‌ای که به هر مدخل اختصاص می‌یابند برابر تعداد خدمات اختیاری در دسترس او خواهد بود. در نحوه محاسبه اشاره‌گر سطح اول این موضوع در نظر گرفته شده است. بیشینه تعداد مدخل‌ها به تعداد خدمات اختیاری که سامانه ارائه می‌کند، محدود می‌شود. اگر نشانی پایه ۲ را با اشاره‌گر جمع کنیم، نشانی آغاز مدخل متقاضی بدست می‌آید. درخواست کاربر برای یک خدمت به یک برونجایی تبدیل می‌شود که با جمع کردن آن با نشانی شروع مدخل متقاضی، نشانی خانه‌ای از حافظه که به خدمت درخواست شده مربوط است، بدست می‌آید. در مثال ما که در شکل ۴–۱۸ به تصویر درآمده متقاضی خواستار استفاده از امکان شماره‌گیری کوتاه بوده که شماره آن بصورت خدمت درخواستی ۰۱ نمایش داده شده است. در خانه ۱ مدخل مرتبط با خدمات شماره‌گیری کوتاه یک اشاره‌گر با نام ADD-PTR وجود دارد، که به جدول راهنمای شماره‌گیری کوتاه مشترکین واقع در سطح ۳، اشاره می‌کند. با بکارگیری یک سازوکار دسترسی مشابه آنچه در سطح ۲ اعمال شد، ما را در این سطح به شماره راهنمای مخاطبی که متناظر شماره کوتاه ۰۲ است، می‌رساند.

تا جایی که به داده خط مخاطب مربوط می‌شود، ضرورت اصلی یافتن شماره واحد واسط متناظر با شماره خط راهنمای مخاطب و اطلاعات رده خدمات دریافت است. با فرض اینکه شماره خط راهنما ۴ رقمی باشد (کد مرکز تبادل را در نظر نگرفته‌ایم) اینکار با ترجمه یک مرحله‌ای و با استفاده از یک جدول دارای ۱۰۰۰۰ مدخل انجام می‌شود. اما در مراکز تبادلی که تعداد واقعی مشترکین متصل به آن کمتر باشد، مثلاً ۲ تا ۵ هزار نفر، بسیاری از مکان‌های جدول راهنما استفاده نشده باقی می‌مانند. در چنین مواردی با بکارگیری ترجمه دو مرحله-ای می‌توان صرفه‌جویی زیادی در فضای ذخیره‌سازی اعمال نمود. خوب است که خواننده چنین طرحی را خودش انجام دهد.

داده‌های نیمه دائمی مرتبط با تراسیم، نحوه تخصیص گروه‌های تراسیم به مراکز تبادل مختلف و روش علامت-دهی را برای هر گروه مشخص می‌کنند. اگر مدارات تراسیم پشت سر هم را در یک گروه قرار دهیم، سازماندهی داده‌های مربوط به مدارات تراسیم ساده خواهد شد. به ازاء هر گروه تراسیم یک مدخل در جدول خواهیم داشت که با استفاده از نشانی گروه تراسیم به عنوان برونجایی قابل دسترسی خواهد بود. هنگامی که یک اخباره به یک تراسیم وارد شود، با حذف کردن بیت‌های مرتبه پائین نشانی دودویی مدار تراسیم، گروه تراسیم به آسانی شناسایی می‌شوند. اگر در هر گروه هشت مدار داشته باشیم، سه بیت آخر حذف می‌شوند. از بیت‌های مرتبه بالا به عنوان نشانی گروه استفاده می‌کنیم و به جدول داده دسترسی می‌یابیم. برای تراسیم‌های صادره، شماره گروه از ترجمه ارقام شماره‌گیری شده مشخص کننده کد مرکز تبادل بدست می‌آید. در مورد برخوانی‌های ترابردی، با ترجمه نشانی کد مرکز که بر روی خط تراسیم دریافت می‌شود، شماره گروه تراسیم صادره بدست می‌آید.

برای ترجمه نشانی کد مرکز تبادل می توان جداول داده را در ساختاری خطی یا هرمی سازماندهی کرد. چنانچه تعداد ارقامی که باید ترجمه بشوند، ثابت باشد، ساختار خطی مناسب خواهد بود. برای مثال برای ترجمه یک کد مرکز ۲ رقمی، باید یک جدول با ۱۰۰ مدخل را بکار بگیریم که برای دسترسی به آن از کد دو رقمی به عنوان برونجایی استفاده می‌شود. اما در شبکه‌های وراگویی بندرت می‌بینیم که تعداد ارقام نشانی که باید ترجمه شود، ثابت باشند. کد مراکز معمولاً ۲ یا ۳ رقمی است. نشانی که با رقم صفر شروع شود بیان کننده یک برخوانی بین شهری یا بین المللی است که پس از دریافت دو رقم اول شماره عمل ترجمه باید بلافاصله آغاز شود. با توجه به متغییر بودن تعداد ارقام، در مراکز برقواره‌ای ساختار هرمی جداول ترجمه ارجح است. در این ساختار ارقام یک به یک هنگام ورودشان کدگشایی می‌شوند. در هر سطح از کدگشایی، رقم دریافت شده به عنوان نمایه جدول ما را به یکی از مداخل هدایت می کند که در آن گام بعدی مشخص می‌شود. در شکل ۴–۱۹ این طرح به تصویر درآمده است.



شکل ۴–۱۹ ساختار هرمی برای ترجمه کد مرکز تبادل

در این طرح تمام جداول ۱۰ مدخل دارند. در سطح اول یک جدول، در سطح دوم حداکثر ۱۰ جدول، و در سطح سوم هم ۱۰۰ جدول خواهیم داشت. چنانچه از بعضی ارقام خاص استفاده نشده باشند، جداول متناظر آنها هم در سطح بعدی وجود نخواهند داشت. هر مدخل جدول می‌تواند حاوی یک کد آمدوشد، یا اشاره‌گری به آغاز یک بلوک در سطح بعدی و یا مقدار پوچ باشد. معنی مقدار پوچ این است که ترکیب ارقام منتج به آن مورد استفاده نیست. کد آمدوشد، شماره گروه ترانک صادره و مشخصات علامت‌دهی مربوطه را مشخص می‌کند. همچنین ممکن است شماره گروه یک تراسیم صادره جایگزین را هم ارائه نماید تا در صورت پر بودن ظرفیت گروه تراسیم اولیه بتوان از آن استفاده کرد.

٤-٥-٤ برسنجه‌های پردازش برخوانی

در طی پردازش برخوانی داده‌های موقتی ایجاد شده و تغییر می‌یابند. این داده‌ها حالات پویای منابع و مسیرهای ارتباطی را تعریف می‌کنند. این داده‌ها متشکل از داده‌های مرتبط با برخوانی هستند که در منطقه کاری پردازه ذخیره شده‌اند. جداول داده اصلی عبارتند از:

۱) جدول حالت خط مشترکین
۲) جدول حالت مدار پایانه‌ای
۳) جدول حالت مسیرهای ارتباطی در شبکه‌های سودهی
۴) منطقه کاری پردازه

در منطقه کاری پردازه اطلاعاتی درباره نحوه پیشرفت برخوانی، ارقام شماره‌گیری شده، داده‌های ترجمه‌ای که از جداول مسیریابی خوانده شده‌اند، اطلاعات رده خدماتی متقاضی و مخاطب و مانند آن نگاه داشته می‌شوند. منطقه کاری پردازه همراه با پردازه ایجاد می‌شود و با خاتمه یافتن کار پردازه از بین می‌رود.

تاکنون در این بخش، سازماندهی داده‌ها در برسنجه‌های مورد استفاده توسط نرم‌افزار کاربردی را توضیح داده‌ایم. بحث نرم‌افزار کاربردی را با توضیحات مختصری درباره کارکردهای پردازشی در هر یک از سه نرم‌افزار کاربردی، خاتمه می‌دهیم.

٤-٥-٥ کارکردهای پردازشی

پردازش برخوانی در مراکز تبادل برقواره‌ای شباهت زیادی به مراکز تقاطع دارای راهبری مشترک دارند بجز اینکه بسیاری از کارکردها بطور نرم‌افزاری انجام می‌شوند. معمولاً پردازش برخوانی برعهده تعدادی از پردازه-های نرم‌افزاری مختلف گذاشته شده‌اند که توسط پردازه راهبری اصلی به ازاء هر برخوانی ایجاد شده و خاتمه می‌یابند. علاوه بر این، پردازه‌های سامانه‌ای دیگری هم هستند که بطور متناوب اجرا شده و کارکردهای بخصوصی مرتبط با پردازش برخوانی را انجام می‌دهند. یکی از این پردازه‌های متناوب، یک پردازه سامانه است که هر چند صد هزارم ثانیه یکبار تمام خطوط مشترکین را بدنبال وضعیت برداشته شدن گوشی پویش می‌کند. وقتی وضعیت برداشته شدن گوشی آشکار شد، به پردازه راهبر اصلی گزارش می‌شود و آن هم پردازه دیگری را برای انجام تمام امور مرتبط با خط متقاضی فعال می‌کند. این امور شامل جستجو در جدول داده خط مشترک برای تعیین اینکه دستگاه متقاضی شماره‌گیر چرخان دارد، یا اینکه از شماره‌گیر دکمه فشاری دهدهی و یا شماره‌گیر دکمه فشاری «دیتی امف» استفاده می‌کند، تخصیص گیرنده ارقام شماره‌گیری شده مناسب به خط متقاضی، و پایش ارقام شماره‌گیری می‌شود. ارقام دریافت شده به پردازه دیگری که کار آن ترجمه و مسیریابی بر اساس این ارقام است، تحویل داده می‌شوند. یک پردازه دیگر اطلاعات مسیریابی را بدست می‌آورد و مسیرهای ارتباطی را بر روی شبکه سودهی برقرار می‌کند. در این بین، پردازه دیگری برای انجام امور مرتبط با خط متقاضی ایجاد می‌شود.

برنامه‌های اداری در مراکز تبادل برقواره‌ای، علاوه بر کارکردهای معمول اداری، گزارش‌های آمدوشد را تهیه می‌کنند، بر جریان آمدوشد نظارت دارند، مشکلات آمدوشدی شبکه و یا پایانه‌ها را پیدا، و اطلاعاتی در مورد صورتحساب مشترکین جمع‌آوری می‌کنند. اگر بار آمدوشد از ظرفیت سامانه بخواهد بیشتر شود، یک پردازه تنظیم زیادباری راه‌اندازی خواهد شد تا با اولویت‌بندی و زمانبندی مجدد اجراء فعالیت‌ها،تداوم عملکرد سامانه با بیشترین برخوانی ممکن را تضمین نماید. یکی از راه‌های تنظیم زیادباری محدود کردن تعداد برخوانی ایجاد شده در واحد زمان است. با به تأخیر انداختن ارسال بوق آزاد،برای چند ثانیه، به مشترکی که گوشی خود را برداشته است، اینکار انجام می‌شود.

برنامه‌های نگهداری یا برای عیب‌یابی و یا برای نگهداری پیشگیرانه اجراء می‌شوند. تحت شرایط عادی آمدوشد، این برنامه‌های نگهداری پیشگیرانه هستند که در وقت آزاد باقیمانده تا شرایط بلادرنگ، بمنظور وارسی سخت‌افزار و بازرسی محتویات حافظه سامانه، به لحاظ صحت و سازگاری به اجراء درمی‌آیند. در آمدوشد زیاد اجراء این برنامه به تعویق می‌افتد. چنانچه در سامانه خرابی رخ دهد، سیستم عامل برنامه نگهداری زمانبندی نشده‌ای را بمنظور مرمت خرابی سامانه با کمترین آسیب به برخوانی‌های در حال انجام، فعال می‌کند.

بخش‌هایی از سخت‌افزار سامانه ممکن است جدا شوند و برنامه عیب‌یابی روی آنها اجراء شود تا کارکنان بخش تعمیرات بتوانند خرابی را یافته و آن را درست کنند.

٦-٤ خدمات پیشرفته

یکی از مزایای بلافصل راهبری برنامه‌پذیر، دسته بزرگی از خدمات نو و پیشرفته است که می‌توان در اختیار مشترکین گذاشت. در گذشته فهرست بیش از صد خدمت جدید توسط برخی از بنگاه‌ها مانند «آیتیو-تی» تهیه شده و هر روز که می‌گذرد این فهرست طولانی‌تر می‌شود. در واقع بنظر می‌رسد که تنها محدودیت برای ارائه خدمتی نو خلاقیت طراح آن و بهایی است که بازار حاضر است برای آن بپردازد. با وجود آنکه تعداد زیادی خدمت نو وجود دارند، ولی آنها را می‌توان در چهار رسته کلی جای داد:

۱) خدمات مرتبط با متقاضی که بمنظور کاهش زمان شماره‌گیری و تعداد دفعات خطا در شماره‌گیری طراحی شده‌اند.
۲) خدمات مرتبط با مخاطب که بمنظور افزایش نرخ تکمیل برخوانی طراحی شده‌اند.
۳) خدماتی که بیش از دو طرف با یکدیگر در ارتباط هستند.
۴) خدمات متفرقه

به این خدمات، خدمات تکمیلی گفته می‌شود و برخی از مهمترین آنها عبارتند از:

رسته اول:

- شماره‌گیری کوتاه
- برخوانی با شماره ضبط شده یا برخوانی بدون شماره‌گیری
- برگردان تماس موقع آزاد شدن

رسته دوم:

- رهنمونی تماس

- پاسخگویی متصدی

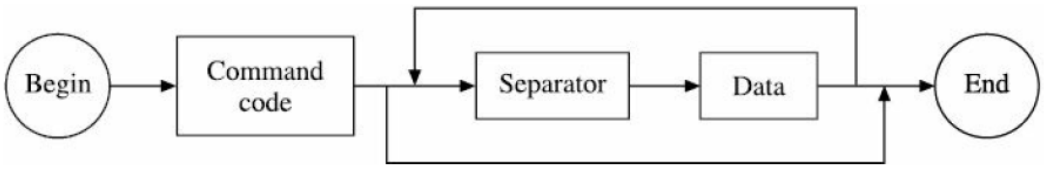
رسته سوم:

- ثبت شماره‌های وارده
- تماس در انتظار
- نگهداشت مشورتی
- برخوانی همایشی

رسته چهارم:

- اخطاردهی خودکار
- منع تماس راه دور «استیدی»
- ردیابی مزاحم

قبل از اینکه در مورد خدمات مهم در هر رسته توضیحاتی ارائه کنیم، رویه کلی ارسال فرمان از سوی مشترک به مرکز تبادل برای کسب این خدمات را شرح می‌دهیم. هر مشترک با ارسال فرمان به مرکز تبادل، می‌تواند خدمتی را فعال یا غیرفعال نماید، در منطقه داده خط خود داده‌هایی را ثبت یا آن را پاک کند، یا از مرکز تأئیدیه‌ای را درخواست کند. برای مثال، هر مشترک با ارسال یک فرمان می‌تواند امکانات شماره‌گیری غیر محلی «استیدی» را برای خط خود فعال یا غیرفعال کند. ممکن است همراه با فرمان داده‌ای مرتبط وجود داشته یا نداشته باشد. تعداد ارقام داده همراه داده، وقتی وجود داشته باشد، بسته به نوع فرمان متغییر هستند. در نتیجه، فرمان‌ها به نحوی طراحی می‌شوند که طول متغییری داشته باشند و برای تعیین انتهای فرمان نیاز به درج نمادی خاص خواهیم داشت. در شکل ۴–۲۰ قاعده نوشتاری عمومی فرمان نشان داده شده است.



شکل ۴–۲۰ قواعد نوشتاری فرمان کاربر

کد فرمان معمولاً کدشماره‌ای دو رقمی است. بطور کلی، خدمات پیشرفته فقط می‌توانند در اختیار کاربرانی قرار گیرند که وراگوی دکمه فشاری «دیتی امف» داشته باشند. برای ارسال فرمان کاربر به مرکز تبادل از دو دکمه * و # استفاده زیادی می‌شود. برای ساده شدن رسیدگی به فرمان‌های کاربران در طرف مرکز، همانطور که در جدول ۴–۲ ملاحظه می‌کنید، آنها را به چهار دسته گروه تقسیم می‌کنند که قالب‌بندی مرسوم‌ترین فرمان‌ها در هر دسته را با و بدون داده همراه مشخص می‌کند. نماد آغازین فرمان وابسته به گروه آن فرمان است. برای سادگی بیشتر در فرمان شماره‌گیری کوتاه، نه از نماد آغازین و نه ازکد فرمان خبری نیست.

جدول ۴–۲ قالب بندی فرمان‌های کاربر

گروه فرمان	قالب بندی فرمان
فعال سازی خدمت و ضبط داده	*CC# *CC*NNN#
غیرفعال کردن خدمت و پاک کردن داده	#CC# #CC*NNN#
استعلام	*#CC# *#CC*NNN#
شماره‌گیری کوتاه	AN#

شماره کوتاه =AN – کدشماره فرمان =CC – داده همراه فرمان =NNN

مشترکین دارای امتیاز خدمت *شماره‌گیری کوتاه «شک»* می‌توانند با شماره‌گیری یک یا دو رقم، یکی از مشترکین را ازمیان فهرستی از مشترکین از پیش معین برخوانی نمایند. شماره‌گیری کوتاه از طریق "شماره-گیرهای حافظه‌دار" یا تجهیزات مشابه متصل به دستگاه وراگویی هم ممکن است ولی در اینجا منظور ما خدماتی است که مرکز تبادل از طریق دستگاه‌های دارای شماره‌گیر «دیتی امف» معمولی برای مشترکین فراهم می‌کند. همانطور که در بخش ۳–۵–۴ هم گفته شد، به هر مشترک دارای خدمت شماره‌گیری کوتاه، فضایی در حافظه، با نام راهنمای شماره‌گیری کوتاه، تخصیص داده شده که در آن شماره کوتاه «شمه»[1] و شماره کامل «شمل»[2] مخاطبی که باید برخوانی شود، هر دو در آن درج شده‌اند. برنامه پردازش برخوانی با مراجعه به

[1] Abbreviated Number (AN)
[2] Full Number (FN)

مندرجات این راهنما، «شمه» را به «شمل» ترجمه می‌کند. محتویات راهنمای «شک» را ممکن است متصدی و یا خود مشترک وارد کند و اصلاح نماید. برای اینکار، مشترک باید دستورات زیر را شماره‌گیری نماید:

برای ثبت یک شماره: *CC*AN*FN#

برای حذف یک شماره: *CC*AN#

برای شماره‌گیری یک شماره: AN#

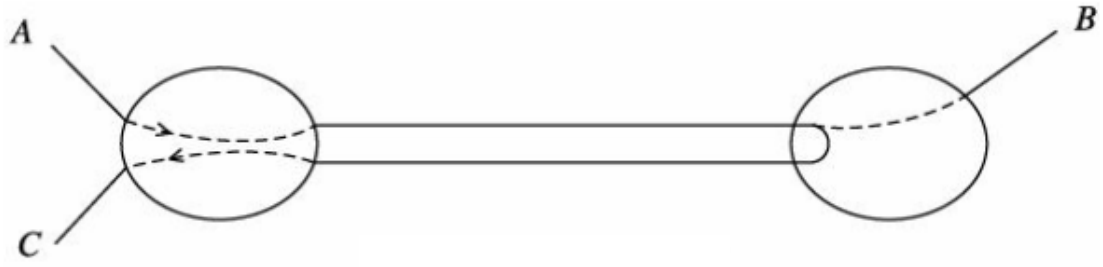
ممکن است استفاده از بعضی از شماره‌های یک و دو رقمی به عنوان شماره کوتاه ممنوع باشد. برای مثال در برخی از کشورها، استفاده از شماره هایی که با صفر شروع می‌شوند، و شماره‌های دو رقمی که با یک شروع می‌شوند ممنوع است و بدین ترتیب شماره کوتاه باید از ۱–۹ و یا ۲۰–۹۹ باشد، که به ۸۹ حالت محدود می‌شود. اجازه داشتن یک مشترک برای استفاده از خدمت «شک» بمعنی اختصاص یافتن مقداری از فضای حافظه پردازشگر «اسپیسی» به اوست. از اینرو میزان هزینه این خدمت متناسب با تعداد «شمه»هایی که مشترک می‌خواهد از آن استفاده کند، محاسبه خواهد شد.

در *خدمت برخوانی با شماره ضبط شده* یا برخوانی بدون شماره‌گیری، متقاضی با برداشتن گوشی و بدون اینکه نیازی به شماره‌گیری باشد، به یک شماره از پیش معین متصل می‌شود. برخلاف خط گرم ،که یک خط ارتباطی اختصاصی بین دو طرف ارتباط است و هیچ ارتباط دیگری روی آن نمی‌تواند انجام شود، خدمات برخوانی با شماره ضبط شده قابل برنامه‌ریزی است. در اینجا امکان استفاده از وراگو بطور عادی و در عین حال استفاده از خدمت برخوانی با شماره ضبط شده برای مشترک وجود دارد. وقتی مشترک گوشی دستگاه وراگوی خود را برمی‌دارد، اگر تا مدت معینی شماره‌گیری نکند، مرکز تبادل بطور خودکار اقدام به برخوانی شماره ضبط شده خواهد کرد. ولی اگر او در این مدت اقدام به شماره‌گیری نماید، کارها بطور معمول پیش خواهد رفت. مشترک از طریق ارسال فرمان درست، می‌تواند شماره‌ای که باید بطور خودکار برخوانی شود را ضبط و یا آن را پاک نماید.

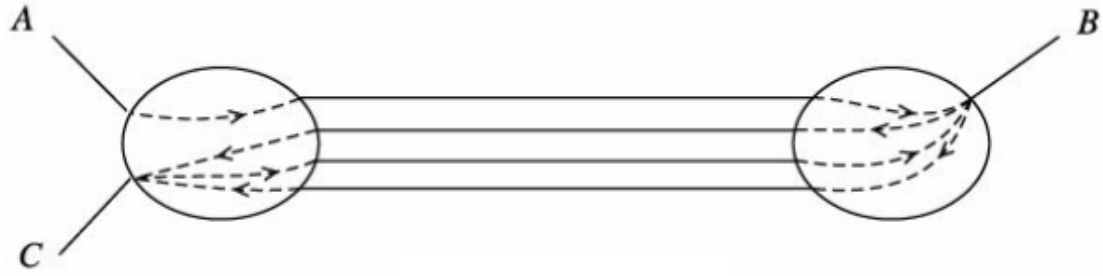
وقتی که یک برخوانی محقق نمی‌شود، متقاضی ممکن است که بخواهد دوباره برای ایجاد آن تلاش کند. برای این امر کافی است درخواست *شماره‌گیری مجدد خودکار* یا *تکرار شماره‌گیری* را به مرکز تبادل ارسال کند، تا آخرین شماره‌ای که مشترک گرفته است، توسط مرکز بطور خودکار مجدداً شماره‌گیری شود. اگر این تکرار

بطور مداوم انجام شود، احتمال ناکامل ماندن برخوانی‌ها افزایش می‌یابد. از اینرو، تعداد دفعات تلاش برای شماره‌گیری مجدد محدود است.

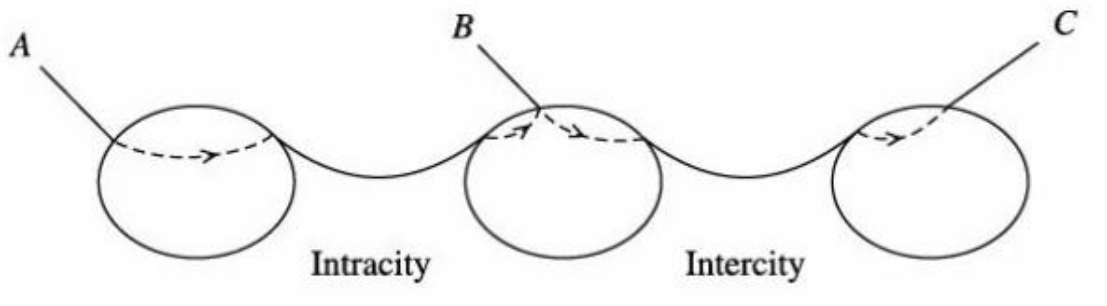
خدمت *برگردان تماس موقع آزاد شدن* به مشترک این امکان را می‌دهد که از مرکز تبادل بخواهد، خط مخاطب را که در وضعیت اشغال است، پایش کند و به محض آزاد شدن، آن را با ارسال زنگ برخوانی کند. پیاده‌سازی این خدمت در داخل مرکز محلی خیلی آسان است. ولی برای پایش ارتباطات راه دور، باید حجم زیادی از اخباره‌های علامت‌دهی بین مراکز جابجا شوند.



(آ) مسیریابی ناکارآمد



(ب) اشغال تراسیم



(ج) مشکل حسابنویسی

شکل ۴-۲۱ مشکلات رهنمونی برخوانی از طریق چند مرکز تبادل

هر مشترک با استفاده از خدمت رهنمونی *برخوانی* می‌تواند به مرکز تبادل فرمان دهد که تمام برخوانی‌های او به شماره‌ای دیگر انتقال داده شوند .پیاده‌سازی این خدمت درون یک مرکز وراگویی خصوصی و یا مرکز محلی کار دشواری نیست. ولی اگر قرار باشد انتقال برخوانی‌ها از طریق چند مرکز انجام شود چند مشکل می‌تواند ایجاد شود. این مشکلات به نحوه انجام مسیریابی، حسابنویسی و استفاده از تراسیم‌ها ارتباط دارند. با رجوع به شکل ۴-۲۱ (آ) فرض کنید مشترک A مشترک B را برخوانده که او هم فرمان رهنمونی برخوانی به C را داده است که مشترکی متصل به مرکز تبادل درخواست دهنده برخوانی است.

با این وجود، بجای یک ارتباط ساده محلی، یک مکالمه بین مرکز تبادلی برقرار می‌شود. حال مشکل نشان داده شده در شکل ۴-۲۱ (ب) را در نظر بگیرید که مشترک A مشترک B را برخوانی کرده که دستور رهنمونی برخوانی‌هایش را به مشترک C را به مرکز تبادل خودش داده و مشترک C هم به نوبه خود دستور رهنمونی برخوانی‌های خود به مشترک B را به مرکز تبادل خود داده است. این حالت رفت و برگشتی بین B و Cموجب آن می‌شود که برای ایجاد ارتباط برخوانی، خیلی زود تمام تراسیم‌های موجود بین دو مرکز تبادل به حالت اشغال درآیند. در شکل ۴-۲۱(ج)، مشترک A مشترک B را که در یک شهر قرار دارند، برخوانی کرده است. مشترک B دستور رهنمونی مکالمات خود به مشترک C که در شهری دیگر است را داده است. اگر مشترک A مشترک B را برخوانی کند، برخوانی از طریق ارتباطات بین شهری به مشترک C وصل می‌شود. حال سئوال این است که هزینه ارتباط بین شهری شکل یافته را A باید پرداخت کند یا B ؟ اگر A باید پرداخت کند، او باید از این امر که برخوانی محلی او به یک ارتباط بین‌شهری تبدیل شده اطلاع یابد تا اگر نخواست ارتباط ایجاد شود، این امکان برایش فراهم باشد.

در خدمت *پاسخگویی متصدی* تمام برخوانی‌های مشترک به یک متصدی انتقال می‌یابد، که به تماس‌ها پاسخ می‌دهد و پیام‌ها را می‌گیرد و هر وقت مشترک با متصدی تماس بگیرد، متصدی پیام‌ها را به او انتقال می‌دهد. در سالهای اخیر، با ظهور دستگاه‌های منشی وراگویی کارآمد و نسبتاً ارزان، دیگر از این خدمت استقبال چندانی نمی‌شود.

در خدمت *ثبت شماره‌های وارده* فهرستی از شماره‌هایی که تقاضای ارتباط با مشترک را داشته‌اند، ولی او به هر دلیلی نمی‌تواند پاسخ آنها را بدهد، تهیه می‌شود. به این خدمت، *ثبت تماس‌های مفقوده* هم گفته می‌شود. تعداد

تماس‌های ثبت شده محدود است، مثلاً تا ۸ شماره مفقوده اخیر ثبت می‌شوند. وقتی وقت مشترک آزاد شد، می‌تواند از مرکز بخواهد که شماره‌های مفقوده را شماره‌گیری کرده و برخوانی را به او برگرداند.

در خدمت *تماس در انتظار* به مشترکی که مشغول است با یک نشانه اطلاع داده می‌شود که طرف دیگری می‌خواهد با او تماس بگیرد. نشانه یک نوای شنیداری کوتاه است، که مدت آن در حدود سه ثانیه است. مشترک در پاسخ می‌تواند:

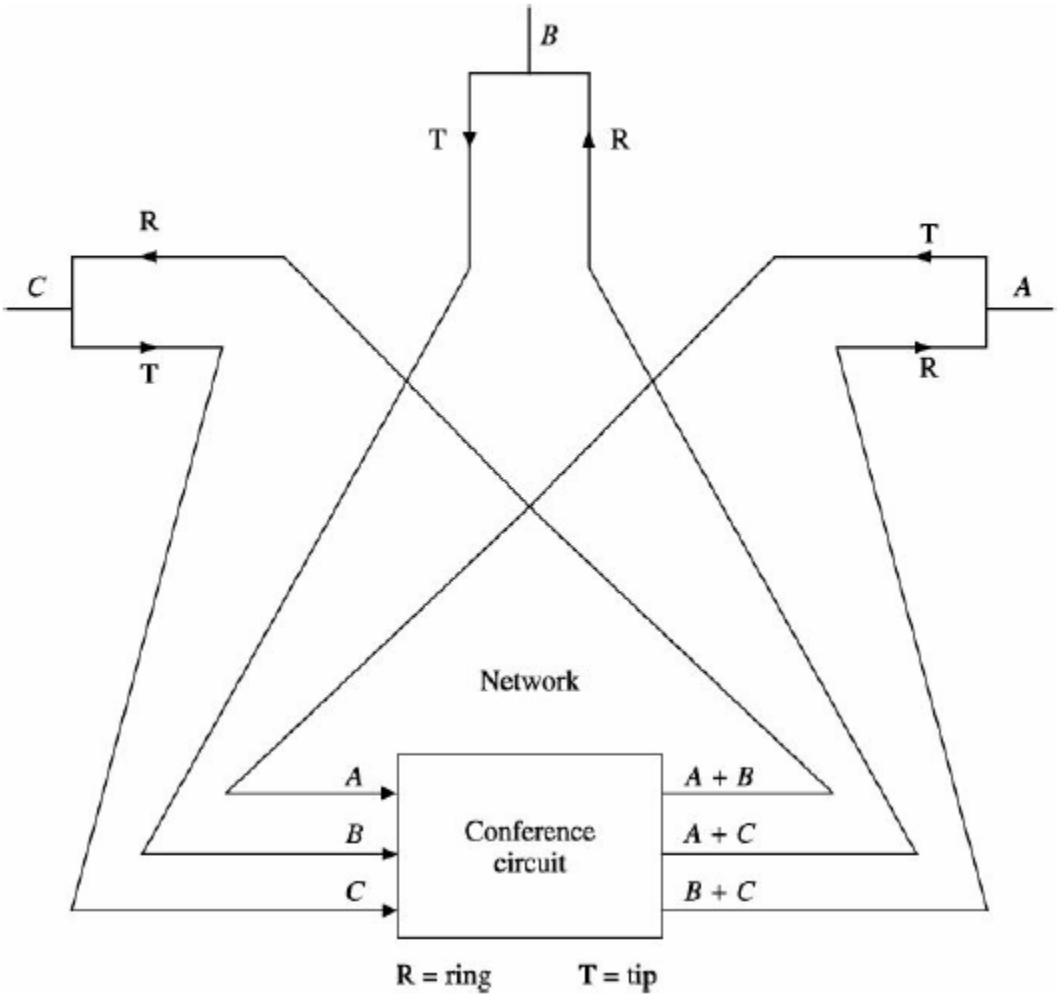
- برخوانی وارده را نادیده بگیرد و به مکالمه خود ادامه بدهد،
- برخوانی وارده را پشت خط نگهدارد و به مکالمه خود ادامه بدهد،
- برخوانی فعلی را پشت خط قرار دهد و به برخوانی در انتظار پاسخ دهد، یا
- برخوانی فعلی را پایان دهد و به برخوانی در انتظار پاسخ دهد.

برای خدمت تماس در انتظار باید دو مسیر سودهی را بطور همزمان برقرار کرد، که هر دو باید طرح علامت‌دهی مشابهی داشته باشند.

در خدمت *نگهداشت مشورتی*، مشترک می‌تواند در حین مکالمه طرف مقابل را پشت خط نگهدارد و با مشترکی دیگر برای مشورت تماس بگیرد. این خدمت مانند خدمت وصل ارتباطات وراگویی در ادارات توسط منشی است که می‌تواند تماس وارده را پشت خط نگهدارد تا با مسئول مربوطه صحبت کند، با این تفاوت که در آنجا شماره‌گیری با مشترکی دیگر انجام نمی‌شود. امکان رفت و برگشت بین تماس اصلی و طرف سوم با نگهداشتن یکی از آنها در پشت خط برای مشترک وجود دارد.

خدمت *برخوانی همایشی*، حالت گسترش یافته خدمت نگهداشت مشورتی است. پس از ارتباط با طرف سوم، یک ارتباط همایشی، بین هر سه طرف برقرار می‌شود. هر یک از طرف‌های ارتباط صدای صحبت نفرات دیگر را می‌توانند بشنوند و ارتباط به حالت همایش ادامه می‌یابد. برای برقراری یک ارتباط همایشی سه نفره، در مرکز تبادل به تجهیزات خاصی که بتواند اخباره صحبت دو نفر را با هم جمع کرده و روی سیم زنگ نفر سوم بفرستد، احتیاج است. چنین آرایشی را در شکل ۴-۲۲ مشاهده می‌کنید. برای داشتن یک ارتباط همایشی N نفره، به N دستگاه جمع کننده مجزا، یکی برای هر نفر، نیاز داریم تا تمام اخباره‌های صحبت‌های افراد دیگر بجز خود آن فرد را با هم جمع کند. روش دیگر ارتباط همایشی، پایش صحبت تمام افراد و سودهی صحبت فردی که بلندتر از سایرین صحبت کند به دیگران است.

در خدمت *اخطاردهی خودکار* مشترک می‌تواند زمان انجام برخوانی اخطار را ثبت نماید. سر موعد مقرر، پردازنده «اسپیسی» زنگ اخطار را برای دستگاه مشترک ارسال می‌کند. معمولاً یک پردازه همزمان مجزا که بطور متناوب، مثلاً هر یک دقیقه، اجرا می‌شود، جدولی که زمان سررسید اخطارها و شماره مشترک در آن نگهداری می‌شود را پویش می‌کند. اگر موعد اخطاردهی برای یک مشترک فرارسیده باشد، برای یک مدت معین مثلاً یک دقیقه یا تا زمانی که مشترک گوشی را بردارد، هر کدام زودتر اتفاق بیفتد، برای دستگاه او اخباره زنگ ارسال می‌شود. وقتی مشترک پاسخ دهد، یک پیام ضبط شده برای او پخش می‌شود تا زمان بیدارباش را به اطلاع او برساند.



شکل ۴-۲۲ ارتباط همایشی سه نفره

خیلی اوقات بالاخص در ادارات از وراگوهای دارای امکان تماس راه دور سوء استفاده می‌شود. قفل کردن صفر دستگاه‌های وراگویی برای برخوانی‌های محلی مجاز هم محدودیت‌هایی می‌تواند ایجاد کند. در سامانه-

های «اسپیسی»، مشترک می‌تواند با ارسال فرمان مناسب، امکان تماس راه دور را فعال و یا غیرفعال نماید. برای بکارگیری این خدمت، به عنوان کلمه عبور، یک شماره محرمانه به مشترک داده می‌شود، که برای *ممنوع و یا مجاز ساختن امکان تماس راه‌دور*، آن را همراه فرمان مناسب باید به پردازنده ارسال کرد. وقتی تماس راه دور ممنوع شده است، امکان استفاده از دستگاه وراگویی برای ارتباطات محلی وجود دارد.

در مراکز تبادل برقواره‌ای، امکان *ردیابی مزاحمان وراگویی* به سادگی امکان پذیر است و در صورتی که مشترکی درخواست کند این خدمت توسط متصدی شبکه فعال خواهد شد. هنگامی که خدمت ردیابی مزاحم فعال است، مشترک امکان استفاده از سایر خدمات تکمیلی را ندارد، زیرا با فشردن یک دگمه شماره‌گیر، تمام اطلاعات مکالمه در حال انجام در اختیار مشترک گذاشته خواهد شد. این اطلاعات شامل ساعت، شماره طرف مقابل در صورتیکه مکالمه محلی باشد، و گرنه شماره تراسیم وارده مربوط به او خواهد بود. امکان اینکه اختیار قطع مکالمه هم به مخاطب داده شود، وجود دارد. مدار مکالمه تا وقتی که مخاطب گوشی خود را نگذاشته آزاد نخواهد شد. بدین ترتیب با دنبال کردن مسیر انتقال مکالمه، شماره متقاضی مزاحم بطور محرز پیدا خواهد شد.

در این اواخر که دستگاه وراگویی برقواره‌ای و دارای ریزپردازنده رایج شده است، گرایش غالب این است که بعضی از خدمات تکمیلی روی آن ارائه شوند. این امر به وضوح در مورد گوشی‌های وراگویی سیار به چشم می‌خورد. دستگاه‌های وراگویی ثابت هم این روزها، امکانات مشابهی را دارا هستند. برخی خدمات، مانند ردیابی مزاحمان، فقط توسط شبکه قابل اجراء هستند. این گرایش باعث شده است که خدمات تکمیلی به دو رسته تقسیم شوند: *تحقق پذیر در شبکه* و *تحقق پذیر در دستگاه وراگو*.

۷–٤ سوده چندمرحله‌ای

در مورد راهبری برنامه‌پذیر و مزایای آن صحبت کردیم، حال موقع آن است که توجه خود را به سوده‌های جدا در مکان چندمرحله‌ای معطوف کنیم. در فصل ۳ سوده‌های تک مرحله‌ای را شرح دادیم و اشاره کردیم که تعداد عناصر سودهی در نقاط تقاطع برای یک سوده بزرگ ، یعنی N^2، بزرگتر از آن است که بتوان آن را تحقق داد. در واقع سوده‌های تک مرحله‌ای چندین مشکل دارند که با پیکربندی چندمرحله‌ای می‌توان آنها را

برطرف نمود. ولی از چند نظر دیگر، طراحی تک مرحله‌ای بهتر است. در جدول ۴–۳ مقایسه بین دو طرح تک مرحله‌ای و چندمرحله‌ای را ملاحظه می کنید.

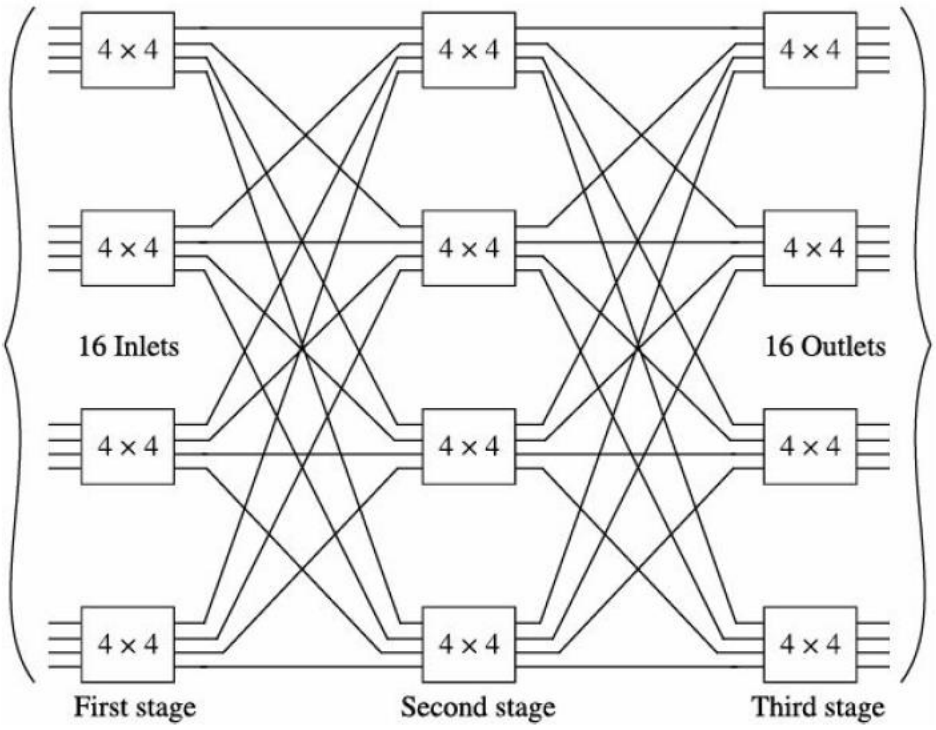
جدول ۴–۳ مقایسه بین سوده‌های تک مرحله‌ای و چندمرحله‌ای

ردیف	تک مرحله‌ای	چند مرحله‌ای
۱	ارتباط هر زوج خط ورود و خروج فقط از طریق یک نقطه تقاطع انجام می‌شود.	ارتباط هر زوج خط ورود و خروج از طریق چند نقطه تقاطع، یکی در هر مرحله، انجام می‌شود.
۲	کیفیت ارتباط بخاطر استفاده از یک عنصر سودهی خوبتر است.	بخاطر استفاده از چند عنصر سودهی در مسیر ارتباطی کیفیت ارتباط چندان خوب نیست.
۳	از هر عنصر سودهی فقط برای ایجاد ارتباط بین یک زوج خط ورود و خروج می‌توان استفاده کرد.	از هر عنصر سودهی برای ایجاد ارتباط بین چندین زوج خط ورود و خروج می‌توان استفاده کرد.
۴	برای ایجاد یک اتصال خاص به یک نقطه تقاطع خاص نیاز است.	برای ایجاد یک اتصال خاص می‌توان از چندین مجموعه متفاوت از نقاط تقاطع استفاده کرد.
۵	اگر یک نقطه تقاطع خراب شود، ارتباط یک زوج خط ورودی/ خروجی متناظر آن مقدور نخواهد بود. افزونگی وجود ندارد.	نقاط تقاطع و مسیرهای دیگری برای جایگزینی وجود دارند. افزونگی داریم.
۶	از نقاط تقاطع بصورت کارآمد استفاده نشده است. حتی اگر تمام خطوط ورودی/ خروجی فعال باشند در هر سطر و در هر ستون از ماتریس سودهی مربعی و یا مثلثی فقط یک نقطه تقاطع مورد استفاده است.	از نقاط تقاطع بصورت کارآمد استفاده شده است.
۷	تعداد نقاط تقاطع مانع از تحقق سوده است.	تعداد نقاط تقاطع به نحو چشمگیری کاهش یافته‌اند.
۸	بخاطر تعداد زیاد نقاط تقاطع روی هر خط ورود/خروج بار خازنی ایجاد می‌شود.	مشکل بار خازنی وجود ندارد.
۹	سوده در ذات خود بی‌انسداد است.	سوده در ذات خود باانسداد است.
۱۰	زمان برقراری ارتباط کوتاه است.	زمان برقراری ارتباط بیشتر است.

حال یک قضیه را بدون بیان اثبات آن مطرح می‌کنیم که ارتباط بین سوده‌های تک مرحله‌ای و چندمرحله‌ای را برای ما روشن می‌کند.

قضیه ۴–۱ برای هر سوده تک مرحله‌ای یک سوده چندمرحله‌ای معادل وجود دارد که از تعداد نقاط تقاطع کمتری در آن استفاده شده، کارآیی انسداد در آن در مقایسه با اولی بهتر و یا لااقل برابر است، و بیش از یک مسیر متفاوت برای برقراری ارتباط بین یک زوج خط ورود و خروج معین را فراهم می‌سازد.

ولی باید توجه داشت که زمان استقرار برخوانی مستقیماً با تعداد مراحل سودهی متناسب است. بنابراین، با فرض ثابت بودن فناوری سودهی، زمان استقرار برخوانی در سوده‌های چندمرحله‌ای همیشه از سوده‌های تک مرحله‌ای طولانی‌تر است. سوده‌های چندمرحله‌ای را می‌توان بصورت *پودمانی طراحی* کرد و *دسترسی کامل* را تضمین می‌کنند. در معماری پودمانی از پودمان‌های سودهی کوچک و یا در اندازه متوسط برای ساخت سوده‌های بزرگ استفاده می‌شود. ابن پودمان‌های سودهی را به راحتی با فناوری «ولسی» می‌توان ساخت. در شکل ۴–۲۳ برای ساخت یک سوده ۱۶×۱۶ از پودمان‌های ۴×۴ در یک معماری سه‌مرحله‌ای استفاده شده است.



شکل ۴–۲۳ ساختار پودمانی سه مرحله‌ای یک سوده ۱۶×۱۶

در هر مرحله از ۴ پودمان سودهی ۴×۴ استفاده شده است. هر برونگاه از پودمان‌های یک مرحله به یک درونگاه از تمام پودمان‌های مرحله بعد متصل شده است. با این نحوه اتصال، دسترسی کامل تحقق یافته و برای مسیریابی

ارتباطات بیشترین انعطاف‌پذیری ایجاد می‌شود. شرط لازم برای تحقق دسترسی کامل این است که بین تمام پودمان‌های دو مرحله متوالی لااقل یک مسیر ارتباطی موجود باشد. در تمام مباحث مطرح شده بعدی در این بخش، فرض بر این است که تمام پیکره‌بندی‌های سودهی تانخورده هستند.

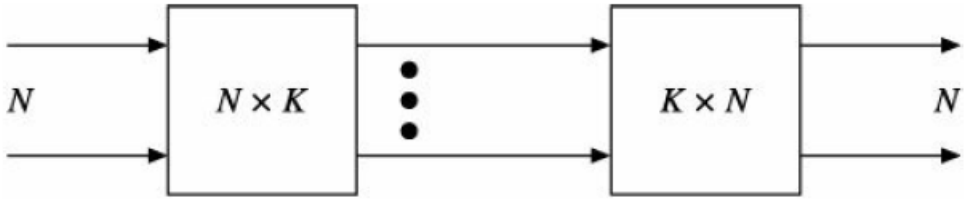
اکنون قرارداد نامگذاری مورد استفاده در مباحث مربوط به سوده‌های چندمرحله‌ای را معرفی می‌کنیم. مشترک j ام وارده را با IS_j و مشترک j ام صادره را با OS_j نمایش می‌دهیم. برای شماره‌گذاری درونگاه‌ها I و برونگاه‌ها O از زیرنویس عددی سه تایی بهره گرفته‌ایم. عدد زیرنویس اولی شماره مرحله، دومی شماره پودمان، و سومی شماره درگاه ورود/خروج در سوده پودمان است. برای مثال، نماد I_{2-14-7} نشان دهنده درونگاه هفتم، پودمان چهاردهم واقع در مرحله دوم است. به همین نحو، برای نمایش یک پودمان M از زیرنویس عددی دوتایی استفاده می‌کنیم. برای مثال، نماد M_{3-5}، نشان دهنده پودمان پنجم از مرحله سوم است. عبارات ورودی/خروجی و درونگاه/برونگاه را بطور مترادف بکار می‌بریم. در جدول ۴-۴ ، با بکارگیری قرارداد نامگذاری مذکور، طرح اتصالات بین خروجی مرحله اول و ورودی مرحله دوم سوده نشان داده شده در شکل ۴-۲۳ نشان داده شده است. به خواننده توصیه می‌شود که جدول مشابهی برای طرح اتصالات مراحل دوم و سوم تهیه نماید.

جدول ۴-۴ الگوی اتصالات بین مراحل اول ودوم سوده پودمانی ۱۶×۱۶

درونگاه مرحله دوم	برونگاه مرحله اول	درونگاه مرحله دوم	برونگاه مرحله اول
I_{2-1-3}	O_{1-3-1}	I_{2-1-1}	O_{1-1-1}
I_{2-2-3}	O_{1-3-2}	I_{2-2-1}	O_{1-1-2}
I_{2-3-3}	O_{1-3-3}	I_{2-3-1}	O_{1-1-3}
I_{2-4-3}	O_{1-3-4}	I_{2-4-1}	O_{1-1-4}
I_{2-1-4}	O_{1-4-1}	I_{2-1-2}	O_{1-2-1}
I_{2-2-4}	O_{1-4-2}	I_{2-2-2}	O_{1-2-2}
I_{2-3-4}	O_{1-4-3}	I_{2-3-2}	O_{1-2-3}
I_{2-4-4}	O_{1-4-4}	I_{2-4-2}	O_{1-2-4}

۱-۷-٤ سوده‌های دو مرحله‌ای

یک سوده دو مرحله‌ای بجز ایجاد امکان مسیرهای متمایز برای برقراری ارتباط، هیچ مزیت دیگری بر سوده‌های تک مرحله‌ای ندارد. ولی به هر صورت، برای کسب بینش به بررسی سوده‌های دو مرحله‌ای می‌پردازیم. هر سوده تک مرحله‌ای $N \times N$ با ظرفیت سودهی K را می توان بصورت یک سوده دومرحله‌ای با ماتریس‌های سودهی $N \times K$ و $K \times N$ که مطابق شکل ۴- ۲۴ بطور متوالی بهم اتصال یافته‌اند، پیاده‌سازی کرد.



شکل ۴-۲۴ یک پیاده‌سازی دو مرحله‌ای برای سوده N×N

اکنون برای ایجاد ارتباط به دو عنصر سودهی، یکی در هر مرحله، نیاز داریم. هر یک از N خط ورودی در مرحله اول را می‌توان به هر کدام از K خط خروجی آن اتصال داد. به نحوی مشابه، هر یک از K خط ورودی در مرحله دوم را هم می‌توان به هر کدام از N خط خروجی آن متصل نمود. در نتیجه برای اتصال یک زوج ورودی/خروجی K مسیر متمایز وجود خواهد داشت. در هر مرحله NK عنصر سودهی وجود دارد. برای ظرفیت سودهی $K = N/16$ تعداد عناصر سودهی برابر $S = N^2/8$ خواهد بود. برای $N = 1024$، و $K = 64$ داریم: $S = 131072$.

اکنون بیایید مطابق شکل ۴-۲۵، با بکارگیری پودمان‌های سودهی کوچکتر، یک طراحی پودمانی دو مرحله‌ای را برای یک سوده $M \times N$ در نظر بگیریم. با فرض اینکه $M = r \times p$ باشد، M خط ورودی را به r دسته p تایی تقسیم می‌کنیم. و با فرض اینکه $N = q \times s$ باشد، N خط خروجی را به s دسته q تایی تقسیم می‌کنیم. برای تحقق شرط دسترسی کامل لازم است که لااقل یک خط خروجی از پودمان‌های مرحله اول به یک خط ورودی از تمام پودمان‌های مرحله دوم متصل شده باشد. با این الزام اندازه پودمان‌های مرحله اول و دوم به ترتیب برابر $p \times s$ و $r \times q$ بدست می‌آید. همچنین فرض می‌کنیم که $r \le q, \quad s \le p$ باشند. این فرض باعث خواهد شد که سوده باانسداد بشود. تعداد کل عناصر سودهی لازم برابر خواهد شد با:

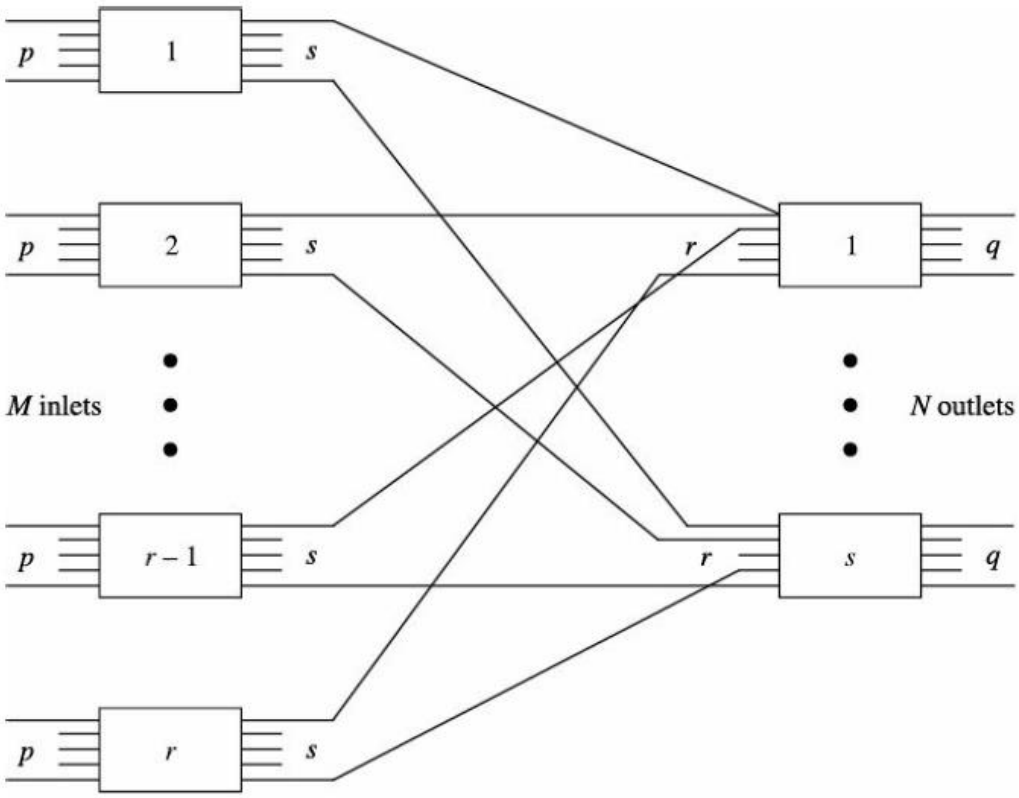
$$S = psr + rqs$$

اگر مقدار p,q را برحسب M,N,r,s در رابطه فوق قرار دهیم، بدست می‌آوریم:

$$S = Ms + Nr \qquad (۴-۱۴)$$

از آنجا که $r \le q \quad ,s \le p$، و ظرفیت سودهی SC با تعداد مسیرهای ارتباطی بین مراحل اول و دوم برابر است:

$$SC = rs \qquad (۴-۱۵)$$



شکل ۴-۲۵ سوده دومرحله‌ای پودمانی

برای آنکه بتوان rs ارتباط را بطور همزمان ایجاد نمود، لازم است که خطوط ورودی و خروجی فعال بطور یکنواخت توزیع شده باشند. به عبارت دیگر، در هر یک از r پودمان مرحله اول، s خط و در هر یک از s پودمان مرحله دوم r خط فعال باشند. علاوه بر این، خطوط خروجی متناظر با هر یک از s خط ورودی فعال در هر پودمان در مرحله اول، باید هر کدام به یکی از s پودمان مرحله دوم اتصال یافته باشند.

انسداد در این سوده به دو صورت ممکن است، اتفاق بیفتد:

۱) برخوانی‌ها طبق الگوی یکنواخت فوق انجام شده باشند، یعنی $r \times s$ برخوانی در دست اقدام هستند، و برخوانی $rs+1$ ام وارد شود.

۲) توزیع برخوانی‌ها یکنواخت نباشد، یعنی در حالیکه یک برخوانی از پودمان M_{1-i} به پودمان M_{2-j} ارتباط یافته است، برخوانی دیگری که مبدأ آن در پودمان M_{1-i} است هم لازم باشد به مقصدی در پودمان M_{2-j} اتصال یابد. از آنجا که تنها یک مسیر ارتباطی بین پودمان‌های M_{1-i} و M_{2-j} وجود دارد، برخوانی دوم نمی‌تواند برقرار شود.

در حالت اول، احتمال انسداد P_B به آمارگان آمدوشد وابسته است. در حالت دوم بصورت زیر می‌توانیم احتمال انسداد را محاسبه کنیم. برای هر مشترک وارده IS شدت آمدوشد یکنواخت را α در نظر می‌گیریم. این عدد بیانگر احتمال فعال شده هر خط ورودی هم خواهد بود. به پودمان M_{1-i}، p خط ورود اتصال دارند. بنابراین احتمال آنکه یکی از خطوط ورودی پودمان M_{1-i} فعال باشد برابر $p\alpha$ خواهد بود. ورودی فعال با احتمال یکسان می‌تواند به هر یک از s خط خروجی پودمان ارتباط داده شود. بنابراین احتمال انتخاب یک خط خروجی خاص مثل O_{1-i-j} برابر $1/s$ خواهد بود. بنابراین احتمال وجود ارتباط بین یک زوج ورودی/خروجی در پودمان M_{1-i} برابر است با $p\alpha/s$. اکنون در پودمان M_{1-i}، $p-1$ خط ورود و $s-1$ خط خروج آزاد موجود است. احتمال اینکه خط دوم ورودی از M_{1-i} فعال شود $(p-1)\times\alpha$ است. احتمال آنکه مقصد برخوانی دوم به خط خروجی بجز خط خروجی که در برخوانی قبلی فعال شده است، متصل باشد، $(s-1)/s$ است. بنابراین احتمال برقراری برخوانی دوم بین یک زوج ورود/خروج دیگر در پودمان M_{1-i} برابر خواهد بود با:

$$\beta = \alpha(p-1)(s-1)/s$$

اکنون، فرض کنید که دومین مشترک وارده IS به پودمان M_{1-i} می‌خواهد با خط خروجی OS در پودمان M_{2-j} تماس برقرار نماید. در اینصورت باید از همان مسیر ارتباطی که قبلاً بین دو پودمان فعال شده بود، استفاده کرد. احتمال این امر $1-\beta$ خواهد بود. این ارتباط نمی‌تواند برقرار شود و انسداد روی می‌دهد. بنابراین احتمال این انسداد برابر خواهد بود با:

$$P_B = \frac{p\alpha}{s}\left[1-(p-1)(s-1)\frac{\alpha}{s}\right] \qquad (۴-۱۶)$$

اگر $p = M/r$ را در رابطه فوق قرار دهیم، خوایم داشت:

$$P_B = \frac{M\alpha\left[s - \left(\frac{M}{r} - 1\right)(s-1)\alpha\right]}{rs^2} \qquad (۴–۱۷)$$

به خواننده توصیه می‌شود که این رابطه را با احتمال انسداد طرح سوده استروگر دو مرحله‌ای که در بخش ۱–۶–۲ بدست آمد، مقایسه کنند.

با توجه به رابطه ۴–۱۴ برای کمینه ساختن تعداد عناصر سودهی باید مقادیر r,s را تا حد امکان کاهش داد. از طرفی با کاهش مقدار r,s ، با توجه به رابطه ۴–۱۷ احتمال انسداد P_B افزایش می‌یابد. بنابراین مقدار r,s را باید به نحوی انتخاب کرد که در عین اینکه نعداد عناصر سودهی کمینه شود، تعداد مسیرهای کافی برای تحقق سطح خدمات به میزان کافی هم برای مشترکین فراهم بشود. در بسیاری از اوقات $M = N$ است و خوب است به این حالت نگاه ویژه‌ای بیاندازیم. در چنین حالتی تعداد خطوط ورود و خروج برابر است و فرض یکسان بودن تعداد پودمان‌های مرحله اول و دوم، یعنی $r = s$ و در نتیجه $p = q$ ، فرضی موجه خواهد بود. بدین ترتیب تعداد کل عناصر سودهی لازم $S = 2Nr$ و ظرفیت سودهی $SC = r^2$ خواهد بود.

اغلب ماتریس‌های سودهی مربعی بصورت تراشه‌های «آیسی» در دسترس هستند که از آنها به عنوان بلوک‌های سازنده طراحی پودمانی سوده استفاده می‌شود. در چنین حالتی داریم: $p = q = r = s = \sqrt{N}$. بنابراین سوده در هر یک از دو مرحله خود $\sqrt{N}$ پودمان دارد و هر پودمان هم ابعاد $\sqrt{N} \times \sqrt{N}$ دارد. اگر N مربع کامل نباشد، ابعاد ماتریس سودهی هر پودمان را برابر $\lfloor\sqrt{N}\rfloor \times \lfloor\sqrt{N}\rfloor$ انتخاب می‌کنیم، که نماد $\lfloor . \rfloor$ برای نمایش نزدیکترین عدد صحیح بزرکتر یا مساوی شناسه [آرگومان] بکار گرفته شده است. با جایگزینی مقادیر در رابطه ۴–۱۴ خواهیم داشت:

$$S = 2N\sqrt{N} \qquad (۴–۱۸)$$

و از رابطه ۴–۱۵ خواهیم داشت:

$$SC = N \qquad (۴–۱۹)$$

همانطور که پیشتر هم در این بحش ذکر شد، اگر توزیع آماری مقاصد مکالمات روی خطوط خروجی یکنواخت باشند، N مکالمه همزمان را می‌توان بر روی این سوده بی‌انسداد برقرار نمود. بنابراین طراحی این سوده *مبنایی* است.

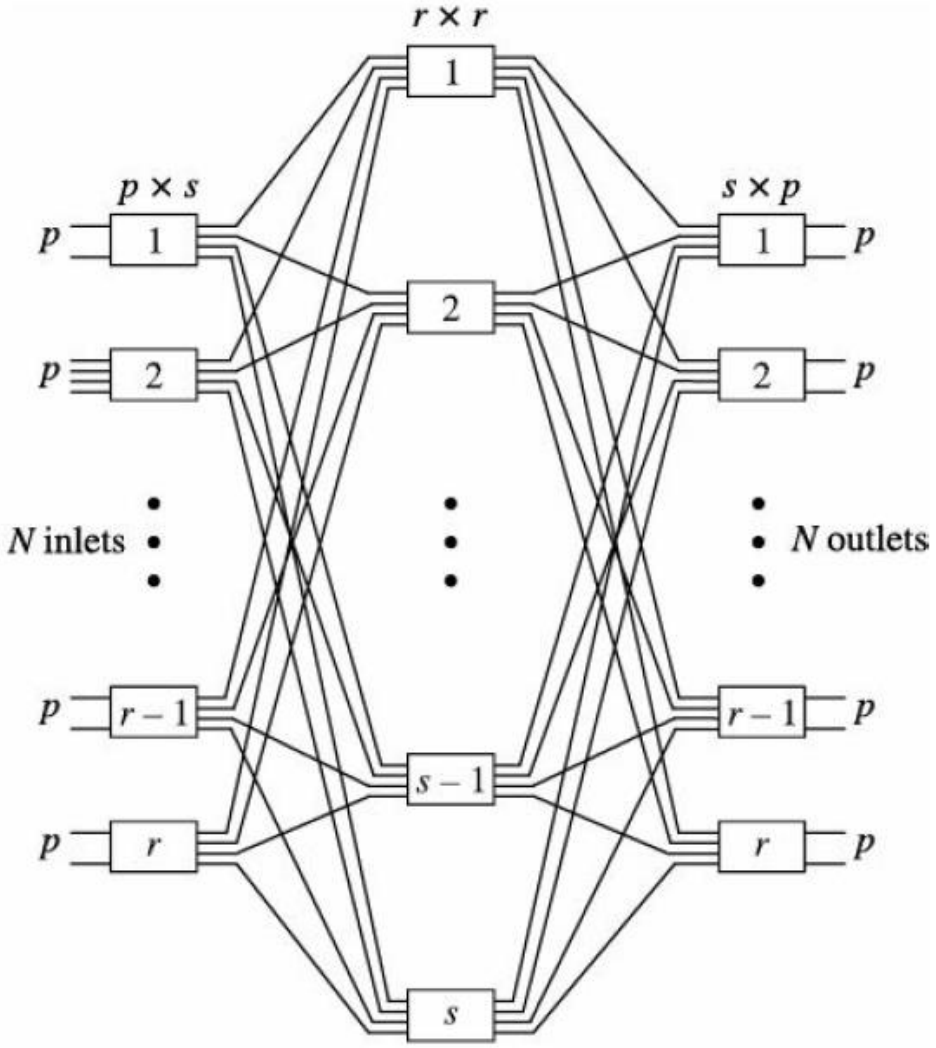
در ساختارهای دو مرحله‌ای که تا کنون در موردشان بحث کرده‌ایم، تنها یک مسیر ارتباطی بین پودمان‌های مرحله اول و دوم وجود دارد. بنابراین وقوع خرابی در یک مسیر ارتباطی، اتصال بین p خط ورودی و q خط خروجی را قطع خواهد کرد. چنین ساختار تک مسیره‌ای، موجب افزایش جدی احتمال انسداد خواهد شد. با افزایش تعداد مسیرهای بین پودمان‌ها در مراحل مختلف، می‌توان احتمال انسداد را کاهش داد. فرض کنید بین هر زوج دلخواه از پودمان‌های مرحله اول و دوم، kمسیر ارتباطی وجود داشته باشد. برسنجه‌های طراحی برای $M = N$ عبارتند از $p = q = \sqrt{N}$ در نتیجه داریم: $s = r = k\sqrt{N}$, $S = 2Nk\sqrt{N}$. $SC = N$, اگر $k < \sqrt{N}$ باشد، طراحی سوده مبنا است. برای اینکه سوده مبنا نباشد و بی‌انسداد شود، باید داشته باشیم: $k = \sqrt{N}$، چرا که اگر تمام $\sqrt{N}$ مشترکی که در پودمان M_{1-i} هستند بخواهند با تمام $\sqrt{N}$ مشترکی که در پودمان M_{2-j} هستند، تماس بگیرند به $\sqrt{N}$ مسیر ارتباطی متمایز بین این دو پودمان نیاز خواهیم داشت. در این شرایط خواهیم داشت:

$$S = 2N^2, \quad SC = N \qquad (۴-۲۰)$$

بنابراین، تعداد عناصر سودهی لازم در طرح سوده دو مرحله‌ای بی انسداد، دو برابر تعداد آن در طرح سوده بی-انسداد یک مرحله‌ای است. در واقع سوده بی انسداد دو مرحله‌ای جز اینکه برای برقراری ارتباط بین هر زوج خط ورودی/خروجی، N مسیر متفاوت را می‌تواند انتخاب کند، هیچ مزیت دیگری بر سوده بی‌انسداد تک مرحله‌ای ندارد. ولی در هر حال استفاده از پیکربندی دو یا چند مرحله‌ای یک روش استانده در طراحی سوده-های با انسداد دارای دسترسی کامل بشمار می‌آیند. در طراحی سوده‌های باانسداد هم به ساختارهای سودهی تمرکزگرا و هم ساختارهای سودهی گسترنده نیاز داریم که به راحتی بصورت قسمت‌های مجزا از هم قابل تحقق هستند. اکنون دیگر باید هدف از بکارگیری آرایش دو مرحله‌ای در بخش ۶-۳ برایتان روشن شده باشد. مزایای واقعی طراحی سوده بصورت چندمرحله‌ای فقط وقتی تعداد مراحل ۳ یا بیشتر باشد، به منصه ظهور خواهند رسید.

۲-۷-٤ سوده‌های سه مرحله‌ای

با بکارگیری ساختار سه مرحله‌ای بجای دو مرحله‌ای، احتمال انسداد و تعداد عناصر سودهی را می‌توان به نحو چشمگیری کاهش داد. ساختار کلی یک سوده $N \times N$ سه مرحله‌ای با انسداد را در شکل ۴-۲۶ ملاحظه می‌کنید.



شکل ۴-۲۶ سوده $N \times N$ سه مرحله‌ای

با فرض اینکه $N = r \times p$ باشد، N خط ورودی را به r دسته p تایی تقسیم می‌کنیم. وبه نحوی مشابه N خط خروجی را به r دسته p تایی تقسیم می‌کنیم. برای تحقق این سوده از پودمان‌هایی با ماتریس سودهی به ابعاد $p \times s$ برای مرحله اول، $r \times r$ برای مرحله دوم و $s \times p$ در مرحله سوم استفاده می‌کنیم. برخلاف سوده‌های دو مرحله‌ای که در بخش ۱-۷-۴ در مورد آنها بحث کردیم، در اینجا برای ارتباط هر خط ورودی دلخواه در

مرحله اول به هر خط خروجی دلخواه در مرحله سوم، s مسیر ارتباطی متمایز وجود دارد. تعداد کل عناصر سودهی برابر است با:

$$S = rps + sr^2 + spr = 2Ns + sr^2 = s\left(2N + r^2\right) \qquad (۴–۲۱)$$

اگر در مرحله اول و سوم از پودمان‌هی سودهی مربعی استفاده کنیم، خواهیم داشت: $p = s = N/r$ و در نتیجه

$$S = \frac{2N^2}{r} + Nr \qquad (۴–۲۲)$$

در رابطه ۴–۲۲ ، r هم در صورت و هم مخرج به چشم می‌خورد، که نشانگر این است که یک مقدار بهینه برای r وجود دارد که به ازاء آن کمترین تعداد عناصر سودهی S را ایجاد می‌کند. برای یافتن این مقدار بهینه، از رابطه ۴–۲۲ نسبت به متغییر r مشتق می‌گیریم و آن را برابر صفر قرار می‌دهیم:

$$\frac{dS}{dr} = \frac{-2N^2}{r^2} + N = 0$$

که از این معادله خواهیم داشت: $r = \sqrt{2N}$. مشتق دوم به ازاء این مقدار از r مثبت است، که نشان می‌دهد مقدار S به ازاء مقدار بدست آمده کمینه خواهد بود:

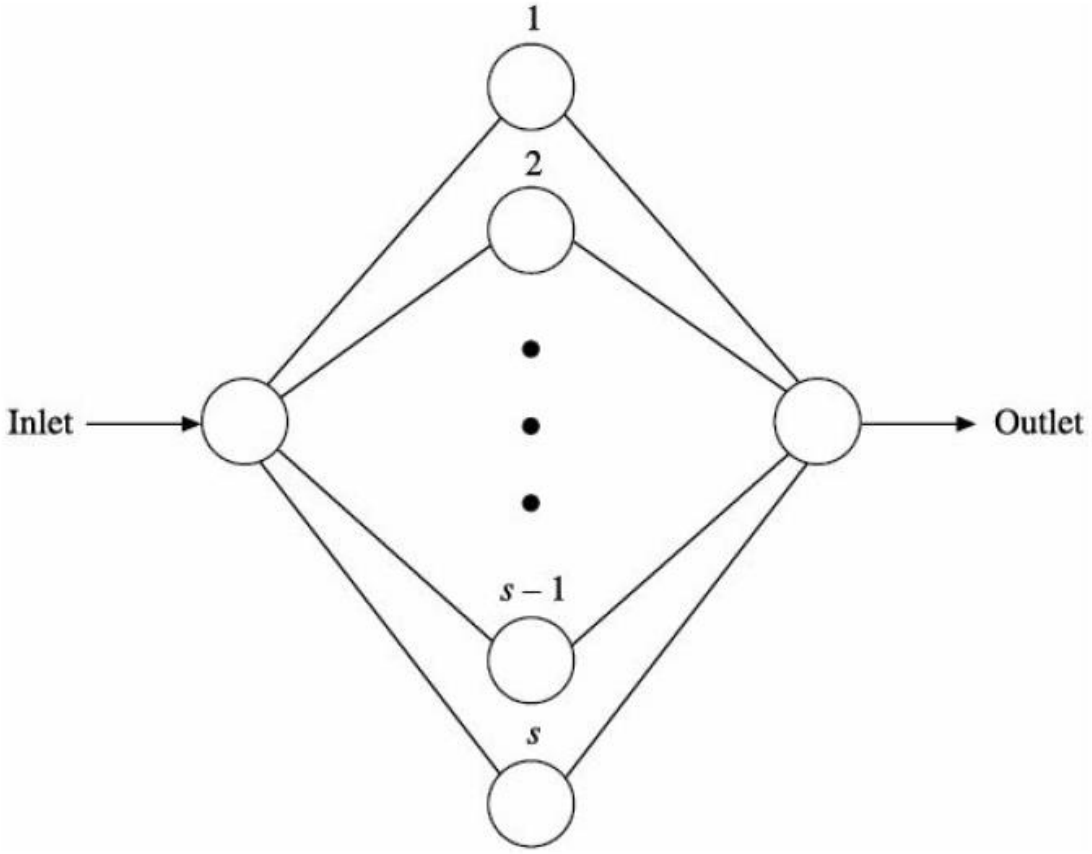
$$S_{\min} = 2N\sqrt{2N} \qquad (۴–۲۳)$$

برای مقدار بهینه r خواهیم داشت: $p = N/r = \sqrt{N/2}$. بنابراین نسبت بهینه تعداد پودمان‌ها به تعداد خطوط ورودی در هر پودمان بصورت زیر داده شده است:

$$r/p = \sqrt{2N}/\left(\sqrt{N/2}\right) = 2 \qquad (۴–۲۴)$$

از رابطه ۴–۲۴ می‌توان فهمید که برای طرح بهینه یک سوده ۳۲×۳۲، از۸ پودمان ۴×۴ در مرحله اول، و ۴ پودمان ۸×۸ در مرحله دوم، و ۸ پودمان ۴×۴ در مرحله سوم باید استفاده کرد. طرح بهینه همیشه ممکن نیست، مثلاً برای سوده ۱۶×۱۶. در چنین مواردی، پیکره بندی کلی را کمی بزرگتر در نظر می‌گیریم تا شرط بهینگی برآورده شود. مقادیر $p = 3, \quad r = 6$ از طراحی بهینه یک سوده ۱۸×۱۸ بجای سوده ۱۶×۱۶ بدست آمده‌اند. اغلب اوقات، در دسترس بودن «آیسی» استانده پودمان‌های سودهی است که نحوه انتخاب را تعیین می‌کنند.

برای محاسبه احتمال انسداد سوده‌های چندمرحله‌ای روشهای گوناگونی وجود دارند. از بین این روشها، دو روش یکی منتسب به سی. وای. لی و دیگری منتسب به سی. یاکوبی کاربرد گسترده‌تری دارند. (به مراجع انتهای فصل رجوع کنید.) هر دو روش تقریبی هستند و نتایج موجه و دقیقی دارند، بخصوص اگر مقایسه بین ساختارهای مختلف بیش از مقدار عددی مطلق مدنظر باشد. روش ارائه شده توسط یاکوبی از روش لی دقیق‌تر است. ولی ارزش اصلی روش لی در این است که روش نمونه‌سازی [مدلسازی] آن ساده است و رابطه مربوط به این روش بطور مستقیم به ساختار سوده ارتباط دارد. ما در این کتاب از گراف احتمال لی برای تخمین احتمال انسداد سوده‌های چندمرحله‌ای استفاده می‌کنیم. گراف احتمال لی برای یک سوده سه مرحله‌ای در شکل ۴–۲۷ نشان داده شده است.



شکل ۴–۲۷ گراف لی برای یک سوده سه مرحله‌ای

در این گراف، دایره‌های کوچک نشان دهنده مراحل سودهی و خطوط بیانگر مسیرهای ارتباطی بین مراحل هستند. این گراف تمام مسیرهای موجود بین یک خط ورودی و یک خط خروجی را نشان می‌دهد. بازتاب این موضوع که S مسیر متمایز که هر کدام از یکی از پودمان‌های مرحله دوم می‌گذرند برای هر ارتباط خاص

امکان‌پذیر است، به خوبی در این گراف هویدا است. با شکستن گراف به مسیرهای متوالی و موازی می‌توان احتمالات انسداد P_B در سوده را تخمین زد. فرض کنید:

β احتمال اشغال یک مسیر ارتباطی و $\beta' = 1-\beta$ احتمال آزاد بودن مسیر ارتباطی باشند. همینطور $Q_B = 1-P_B$ احتمال مسدود نبودن سوده باشد.

وقتی مسیرهای ارتباطی موازی داریم، احتمال انسداد بخاطر در دسترس نبودن یک مسیر از مسیرهای موازی برابر است با احتمال مشغول بودن تمام آن مسیرهای موازی، یعنی:

$$P_B = \beta^s, \quad Q_B = 1-\beta^s$$

وقتی برای ایجاد ارتباط استفاده از j مسیر ارتباطی متوالی ضرورت داشته باشد، احتمال انسداد بخاطر در دسترس نبودن این مسیرهای متوالی به سادگی با کم کردن احتمال در دسترس بودن تمام آنها بطور همزمان از عدد یک محاسبه می‌شود. شرط در دسترس بودن مسیرهای متوالی این است که تمام j مسیر تشکیل دهنده آن در دسترس باشد، که احتمال آن برابر $(\beta')^j$ خواهد بود. بنابراین:

$$P_{BS} = 1-(\beta')^j = 1-(1-\beta)^j$$

در سوده سه مرحله‌ای، هر یک از مسیرهای موازی متشکل از دو مسیر متوالی هستند.و s مسیر موازی داریم. بنابراین:

$$P_B = \left[1-(\beta')^2\right]^s = \left[1-(1-\beta)^2\right]^s \qquad (۴-۲۵)$$

اگر شدت آمدوشد یک مشترک وارده IS برابر α باشد، خواهیم داشت:

$$\beta = (p\alpha)/s = \alpha/k \qquad (۴-۲۶)$$

با جایگذاری مقدار β از رابطه ۴-۲۶ در رابطه ۴-۲۵ احتمال انسداد سوده سه مرحله‌ای برحسب ضریب اشغال خط ورودی α آن بصورت زیر بدست می‌آید:

$$P_B = \left[1-\left(1-\frac{\alpha}{k}\right)^2\right]^s \qquad (۴-۲۷)$$

در رابطه ۲۶-۴ ضریب k، ضریب تمرکز یا گسترش فضایی است. اگر s از p بزرگتر باشد، مرحله اول باعث گسترش می‌شود، و اگرنه باعث تمرکز خواهد شد. با توجه به رابطه ۲۷-۴ ملاحظه می‌شود که برای کم بودن احتمال انسداد باید عبارت α/k کوچک باشد. اگر α بزرگ باشد، k هم باید بزرگ باشد، یعنی اگر بار خطوط ورودی زیاد باشد، لازم است در مرحله اول گسترش داشته باشیم. بطور معمول این وضعیت را برای مراکز ترابردی شاهد هستیم که بار روی تراسیم‌های ورودی سنگین است و برای کاهش احتمال انسداد باید گسترش داشته باشیم. از طرف دیگر اگر α کوچک باشد، k هم باید عددی کوچک باشد، یعنی اگر بار ورودی کم باشد، مرحله اول می‌تواند تمرکز ایجاد کند. چنین شرایطی را معمولاً در مراکز انتهایی و سوده‌های «پیکس» شاهد هستیم.

کارکرد چندپخشی که بصورت $M(1,N)$ آنرا نمایش می‌دهیم، یکی از کارکردهایی است که بسیاری از اوقات باید توسط سوده انجام شود. $M(1,2)$ به معنای این است که یک مشترک همزمان به دو نفر دیگر متصل شده باشد. برآورد کارایی انسداد سوده در محیط چندبخشی، موضوع مطالعات فراوانی بوده است. معمولاً روش لی و یاکوبی اساس این مطالعات بوده‌اند. خوانندگان علاقه‌مند می‌توانند برای آشنایی بیشتر در این زمینه به مرجع [۱۱] مراجعه نمایند.

۱-۲-۷-٤ سوده‌های سه مرحله‌ای بی انسداد

سوده‌های چندمرحله‌ای را می‌توان بصورت بی‌انسداد طراحی کرد. سی. کلوس در سال ۱۹۵۴ برای اولیت بار این گونه سوده‌ها را مورد مطالعه قرار داده است (بخش مراجع را ببینید). کلوس نشان داد که ساخت سوده‌های چندمرحله‌ای بی‌انسداد با تعداد عناصر سودهی کمتر نسبت به سوده بی‌انسداد تک مرحله‌ای امکان‌پذیر است. سوده‌های چند مرحله‌ای بی‌انسداد و دسترس‌پذیر کامل به افتخار او شبکه‌های سودهی کلوس نامگذاری شده‌اند. با قرار دادن تعداد مناسبی پودمان در مرحله دوم، یعنی با افزایش مقدار s، می‌توان سوده سه مرحله‌ای را بی‌انسداد کرد. تا جایی که انسداد مورد نظر باشد، بدترین شرایط برای انسداد، وضعیت زیر است:

۱) $p-1$ خط ورودی از M_{1-i} مشغول باشند.

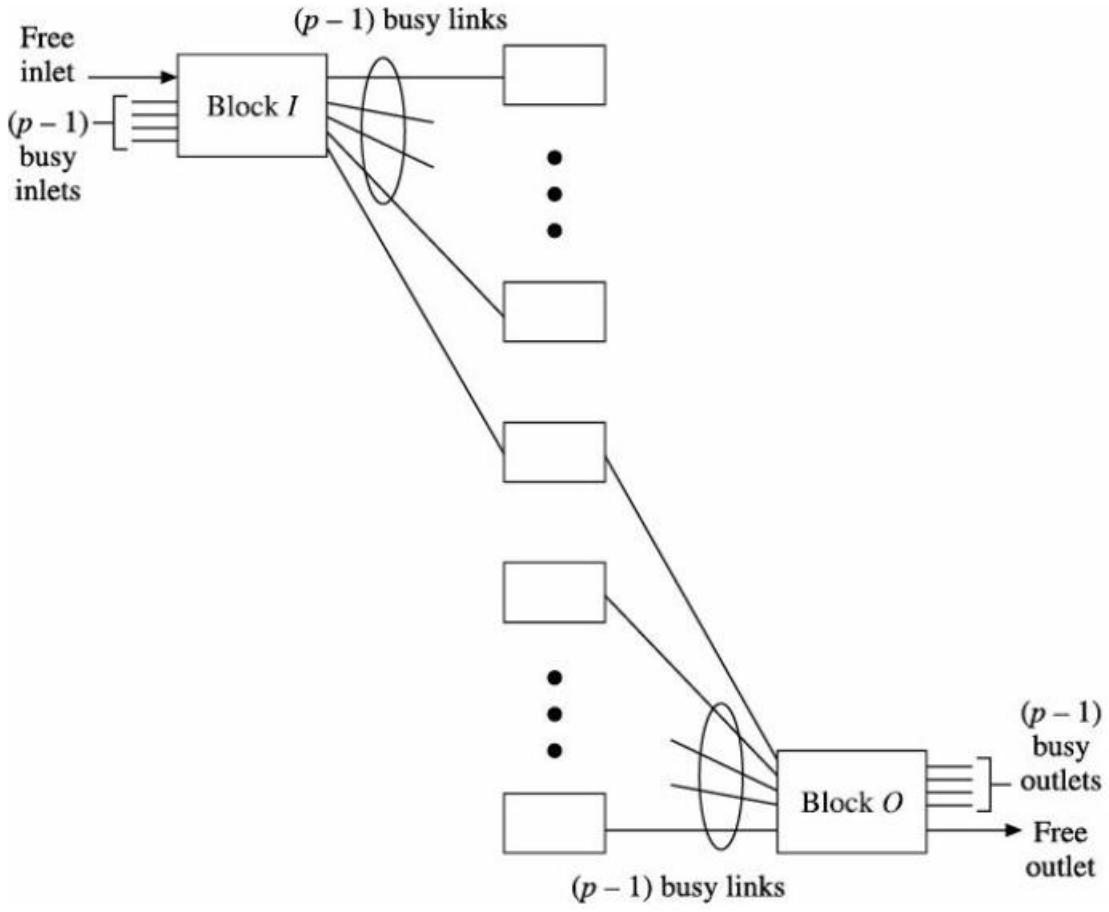
۲) $p-1$ خط خروجی از M_{3-j} مشغول باشند.

۳) $p-1$ پودمانی از مرحله دوم که $p-1$ خط خروجی از M_{1-i} روی آنها نشسته است، با $p-1$ پودمانی از مرحله دوم که خطوط ارتباطی آنها به M_{3-j} اتصال دارند، متفاوت باشند.

۴) خط ورودی آزاد M_{1-i} را باید به خط خروجی آزاد M_{3-j} اتصال داد.

چنین شرایطی در شکل ۴–۲۸ نشان داده شده است. $p-1$ خط ارتباطی از پودمان مرحله اول روی $p-1$ پودمان مختلف در مرحله دوم نشسته است. مسیرهای ارتباطی منتهی به پودمان مرحله سوم از $p-1$ پودمان مختلف در مرحله دوم خارج شده‌اند. تحت این شرایط، به یک پودمان دیگر در مرحله دوم نیاز داریم تا ارتباط شرط ۴ را برقرار کنیم. بنابراین تعداد پودمان‌های لازم در مرحله دوم برای بی‌انسداد بودن سوده عبارت است از:

$$s = 2(p-1)+1 = 2p-1 \qquad (۴–۲۸)$$



شکل ۴–۲۸ پیکربندی سوده سه مرحله‌ای بی‌انسداد

اندازه‌های ماتریس‌سودهی مرحله اول $p\times(2p-1)$، دوم $r\times r$ و سوم $(2p-1)\times p$ هستند. بدین ترتیب تعداد عناصر سودهی در پیکربندی بی‌انسداد برابر است با:

$$\begin{aligned} S &= p(2p-1)r + (2p-1)r^2 + p(2p-1)r \\ &= 2N\left(\frac{2N}{r}-1\right) + r^2\left(\frac{2N}{r}-1\right) \\ &= \frac{4N^2 - 2rN}{r} + 2Nr - r^2 \end{aligned} \qquad (۴–۲۹)$$

مقدار بهینه r برای کمینه‌سازی تعداد عناصر سودهی را بصورت زیر می‌توان محاسبه کرد:

$$\begin{aligned} &\frac{dS}{dr} = \frac{-4N^2}{r^2} + 2N - 2r = 0 \\ &-2N^2 + Nr^2 - 2r^3 = 0 \\ &r^2(N-r) = 2N^2 \end{aligned} \qquad (۴–۳۰)$$

برای $N >> r$ داریم: $N - r \approx N$ و بنابراین:

$$r = \sqrt{2N}, \qquad p = \sqrt{N/2} \qquad (۴–۳۱)$$

با جایگذاری مقدار بدست آمده برای r در معادله ۴–۲۹، خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} S_{\min} &= \frac{4N^2}{\sqrt{2N}} - 2N + 2N\sqrt{2N} - 2N \\ &= 4N\sqrt{2N} - 4N = 4N\left(\sqrt{2N} - 1\right) \end{aligned} \qquad (۴–۳۲)$$

و اگر $\sqrt{2N} >> 1$ بدست می‌آوریم:

$$S_{\min} = 4N\sqrt{2N} \qquad (۴–۳۳)$$

ضریب کاهش تعداد عناصر سودهی λ (بخش ۴–۱ را ببینید) برای سوده سه مرحله‌ای بی انسداد بصورت زیر داده شده است:

$$\lambda = \frac{S_{single_stage}}{S_{\min}}$$

در جدول ۴–۵ مقادیر λ , S به ازاء چند مقدار N آورده شده است. تعداد عناصر سودهی برای سوده تک مرحله‌ای بی‌انسداد را برابر $N^2/2$ در نظر گرفته‌ایم.

جدول ۴-۵ ضریب کاهش تعداد عناصر سودهی در سوده سه مرحله‌ای بی‌انسداد

λ	تعداد عناصر سودهی S		N
	سه مرحله‌ای	تک مرحله‌ای	
۲	۸۱۹۲	۱۶۳۸۴	۱۲۸
۸	۰٫۵ میلیون	۴ میلیون	۲۰۴۸
۱۶	۴ میلیون	۶۴ میلیون	۸۱۹۲
۳۲	۳۲ میلیون	۱ میلیارد	۳۲۷۶۸

هر چه مقدار N بیشتر شود، میزان صرفه‌جویی ایجاد شده در اثر پیکربندی چند مرحله‌ای سوده نمایان تر می‌شود. اما برای مقادیر بزرگ N، تعداد عناصر سودهی هنوز هم بسیار زیاد است به نحوی که تحقق آن را غیرعملی می‌کند. برای مثال یک سوده بی‌انسداد دارای ۳۰۰۰۰ خط، حدود ۳۰ میلیون عنصر سودهی باید داشته باشد. در یک سوده بزرگ با این ابعاد حتی در پیکربندی با انسداد هم تعداد عناصر لازم تحقق ناپذیر هستند. با افزایش تعداد مراحل سودهی به مقادیر بیشتر از ۳، تعداد عناصر سودهی را باز هم می‌توان کاهش داد. در بخش ۴-۷-۳ سوده‌های n مرحله‌ای که n یک عدد صحیح بزرگتراز ۳ است را بررسی می‌کنیم.

با تدارک تعداد بیشتری از مسیرهای ارتباطی، تعدادبیشتری از مسیرهای متمایز برای برقرار ساختن ارتباطات در دسترس قرار می‌گیرند. اخیراً بخاطر نیاز به ارتباطات داده بصورت مطمئن، ایده برقراری بیش از یک مسیر ارتباطی بطور همزمان برای هر ارتباط مطرح شده است. این ویژگی که آنرا *حفاظت سریع از امکانات «حسا»*[1] می‌نامیم، موجب جاگیری دو مسیر کاملاً موازی در شبکه برای هر ارتباط ساده خواهد شد. از محل فرستنده، مسیرهای ارسال داده به دو شاخه مجزا تقسیم می‌شوند که شبکه مانند دو مدار نقطه به نقطه مستقل، آنها را سودهی کرده است. این دو مسیر در سمت گیرنده تلفیق می‌یابند. در تلفیق دو مسیر، آن مسیری که کیفیت اخباره بهتری دارد، انتخاب می‌شود. طی یک انتقال، بسته به کیفیت لحظه‌ای اخباره، می‌تواند چندبار مسیر انتخابی عوض شود. خوانندگان علاقه‌مند برای آشنایی بیشتر با این روش می‌توانند به مرجع [۷] مراجعه نمایند.

[1] Fast Facility Protection (FFP)

۲-۲-۷-٤ انتخاب مسیر در سوده‌های سه مرحله‌ای

در بخش ۱-۲-۷-۴، نکاتی را در مورد سوده‌های سه مرحله‌ای بی‌انسداد بیان کردیم. با افزایش مسیرهای ارتباطی بین مراحل اول و دوم توانستیم، ویژگی بی‌انسداد بودن را ایجاد نمائیم. بطور کلی، پودمان‌های مرحله اول با ضریبی نزدیک به ۲ گسترش می‌یابند و پودمان‌های مرحله آخر هم با همان ضریب متمرکز می‌شوند. در سوده‌های برقواره‌ای امروز، از رایانه برای برقراری مسیر بین یک زوج خط ورود/خروج استفاده می‌شود. از اینرو، امکان استفاده از رهیافتی دستوره‌ای [الگوریتمی] بدین منظور وجود دارد. چندین راهبرد دستوره‌ای مختلف جهت برقراری مسیر در شبکه‌های چندمرحله‌ای وجود دارند. برخی از آنها عبارتند از:

۱) مسیردهی از طریق اولین پودمان در دسترس
۲) مسیردهی از طریق خلوت ترین پودمان
۳) مسیردهی از طریق شلوغ ترین پودمان
۴) مسیردهی از طریق پودمان برگزیده

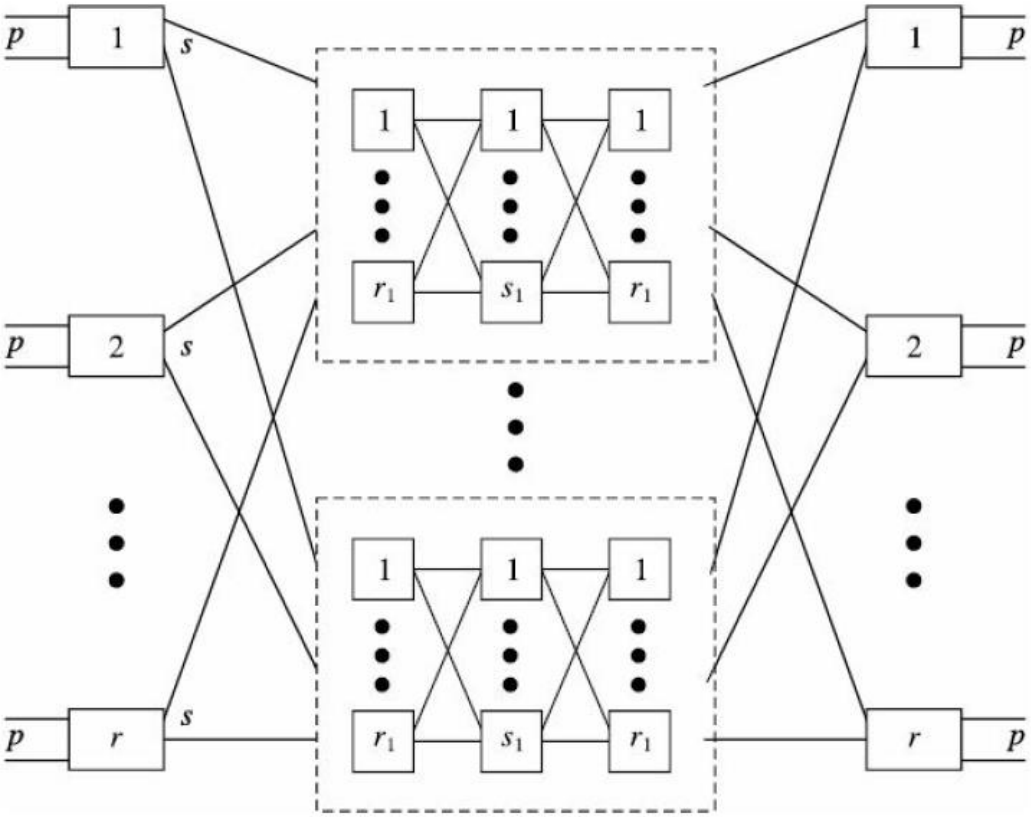
پودمانی که در راهبردهای فوق به آن اشاره شده است، پودمان مراحل میانی یک سوده n مرحله‌ای و یا پودمان مرحله دوم در یک سوده سه مرحله‌ای است. پودمان‌های مراحل اول و آخر به ترتیب با توجه به خط ورود و خط خروج تعیین خواهند شد. هر راهبرد کارآیی انسداد متفاوتی خواهد داشت. در راهبرد نخست، پودمان‌های مرحله دوم با ترتیب معینی پویش می‌شوندتا پودمانی که دارای مسیرهای ارتباطی آزاد به پودمان‌های متصل به خط ورود و خروج باشد، پیدا شود. اولین پودمان پیدا شده را برای مسیردهی انتخاب می‌کنیم. در راهبرد دوم و سوم ترتیب پویش پودمان‌ها بر اساس تعداد مسیرهای گذرا از طریق آنها است. در راهبرد دوم ابتدا پودمان‌هایی که تعداد مسیرهای کمتری از آنها عبور داده شده است مورد پویش قرار می گیرند، در حالیکه در راهبرد سوم ابتدا پودمان‌هایی که تعداد مسیرهای بیشتری از آنها عبور داده شده است را پویش می‌کنیم. در راهبرد آخر، مسیردهی از طریق مجموعه‌ای از مسیرهای از پیش معین که کارآیی انسداد آنها بهتر است، انجام می‌شود.

۳-۷-٤ سوده‌های n مرحله‌ای

چندین روش ساخت مختلف برای سوده‌های دارای چهار مرحله، پنج مرحله و یا بیشتر وجود دارند. شرح تمام این روش‌ها فراتر از منظر کتاب حاضر است. به عنوان یک مثال روشنگر، به شرح سوده پنج مرحله‌ای نشان داده شده در شکل ۴-۲۹ می‌پردازیم.

با جایگزینی هر پودمان مرحله میانی سوده نشان داده شده در شکل ۴-۲۶ با یک ساختار سودهی سه مرحله‌ای، سوده پنج مرحله‌ای شکل می‌گیرد. به پودمان‌های میانی سوده شکل ۴-۲۶، r خط وارد می‌شدند. حال این خطوط باید به ساختار سوده‌ای سه مرحله‌ای جایگزین شده وارد شوند. r خط ورودی را بین r_1 پودمان هر کدام با r/r_1 خط ورودی تقسیم می‌کنیم.

برای مقایسه تعداد عناصر سودهی در سوده‌های سه و پنج مرحله‌ای، فرض می‌کنیم که تمام مراحل سوده سه مرحله‌ای با ماتریس‌های مربعی بهینه تحقق یافته و در نتیجه کمترین تعداد عناصر سودهی در آن استفاده شده باشند.



شکل ۴-۲۹ سوده پنج مرحله‌ای

با فرض اینکه سوده سه مرحله‌ای در یک مثال خاص 2^{15} مشترک داشته باشد، از معادله ۴–۲۶ بدست می-آوریم:

$$S = 16 \times 2^{20}, \quad p = 128, \quad r = 256$$

برای اینکه کارایی انسداد سوده پنج مرحله‌ای مشابه سوده سه مرحله‌ای باشد، شبکه سودهی سه مرحله‌ای مرکزی آن را بی‌انسداد طراحی می‌کنیم و تعداد عناصر سودهی را محاسبه می‌کنیم:

تعداد عناصر سودهی در مرحله اول = $2^8 \times 2^7 \times 2^7 = 2^{22}$

تعداد عناصر سودهی در مرحله آخر = 2^{22}

تعداد عناصر سودهی در هر پودمان میانی سه مرحله‌ای با استفاده از معادله ۴–۳۳ = $2^{14} \times \sqrt{2}$

تعداد عناصر سودهی در همه پودمان‌های میانی = $2^{14} \times \sqrt{2} \times 2^8 = \sqrt{2} \times 2^{22}$

کل تعداد عناصر سودهی در سوده پنج مرحله‌ای = $3.4 \times 10^{22} \approx 13.6 \times 10^6$

اگر میزان کمی انسداد در مراحل میانی را بپذیریم، از ماتریس‌های سودهی مربعی و تعداد بهینه پودمان‌ها استفاده کنیم، از روابط ۴–۲۳ و ۴–۲۴ مقادیر زیر را برای تعداد عناصر سودهی لازم بدست می‌آوریم:

$$p \approx 12 \quad r_1 = 2 \times p = 24$$

تعداد عناصر سودهی در هر پودمان از سوده سه مرحله‌ای = $\sqrt{2} \times 2^{13}$

تعداد عناصر سودهی در همه پودمان های سوده سه مرحله‌ای = $\sqrt{2} \times 2^{20}$

تعداد کل عناصر سودهی در سوده پنج مرحله‌ای = 9.4×10^6

فرآیند جایگزینی پودمان‌های میانی با ساختارهای سودهی سه مرحله‌ای را می‌توان همینطور ادامه داد تا سوده-هایی با تعداد مراحل بالاتر (تعداد فرد) بدست آیند. اگر ساختار جایگزین شده بی‌انسداد طراحی شده باشد، کارایی انسداد سوده $n+2$ مرحله‌ای حاصل با سوده n مرحله‌ای اولیه فرقی نخواهد داشت، اما تعداد عناصر سودهی آن کمتر خواهد شد. اگر مقدار محدودی انسداد در مراحل میانی را قبول کنیم، تعداد عناصر سودهی به

میزان بیشتری کاهش خواهند یافت. کارایی انسداد سوده n مرحله‌ای را با استفاده از گراف لی مانند آنچه درسوده سه مرحله‌ای انجام دادیم، می‌توان تخمین زد.

تمرین‌ها

۱- هر یک از این عبارات را تعریف کنید: برنامه، رویه[1] پردازنده، پردازه، کاربر، وظیفه، کار[2] و زیرروال.

۲- فهرست پردازه‌های مسدود شده به ترتیب اولویت نگهداری نمی‌شود. چرا؟

۳- در یک سامانه سودهی که هزاران پردازه در حال اجرا هستند، قرارگیری یک پردازه در حلقه نامحدود را به راحتی نمی‌توان تعیین کرد. در سیستم عامل، از چه روشهای ایمن‌سازی‌ای، برای جلوگیری از اجراء نامحدود یک پردازه می‌توان استفاده کرد؟

۴- نشان دهید که اگر عملگرهای P و V بطور اتم‌گونه (جدا از هم) اجراء نشوند، احتمال اینکه انحصار متقابل نقض شود، وجود خواهد داشت.

۵ - نشان دهید که یک تیرنشانه عام را چطور می‌توان با تیرنشانه‌های دودویی پیاده سازی کرد.

۶- در تقاطع‌های جاده‌ای هم امکان ایجاد راه بندان یا بن بست وجود دارد. این وضعیت را بصورت تصویری ترسیم کنید.

۷- یک مرکز ترابرد را می توان به یک تقاطع جاده‌ای تشبیه کرد. نشان دهید که با اعمال عملگر P تیرنشانه امکان دارد که در مرکز ترابردی که چهار مرکز تبادل را سودهی می‌کند، راه بندان ایجاد شود. برای هر مرکز تبادل یک تراسیم ورودی و یک تراسیم خروجی در نظر بگیرید.

۸- فهرست‌های انتظار تیرنشانه معمولاً به ترتیب تقدم زمان ورود «فیفو» نوبت بندی می‌شوند. اگر نوبت بندی بر اساس تأخر زمان ورود «لیفو» باشد، پیش بینی می‌کنید چه مشکلاتی ممکن است، ایجاد شوند؟

[1] procedure
[2] job

۹- ظرفیت سودهی یک سامانه سودهی محلی برابر SC است. وقتی برخوانی نباشد، پردازنده «اسپیسی» معطل است و با ورود یک برخوانی فعال می‌شود. اگر هنگام ورود برخوانی پردازنده مشغول باشد، در صورت وجود ظرفیت یدکی در سامانه در حالت انتظار باقی می‌ماند. در غیر اینصورت برخوانی از دست رفته تلقی می‌شود. برنامه‌ای بنویسید که کارکردهای پردازنده «اسپیسی» را با ورود برخوانی‌ها هماهنگ نماید.

۱۰- برنامه‌ای به زبان C یا «چیل» بنویسید که خدمت اخطاردهی را تحقق بدهد و دو زنگ یادآوری به غیر از برخوانی بیدارباش اول در فواصل زمانی پنج دقیقه‌ای نیز ارسال می‌کند.

۱۱- یک سوده سه مرحله‌ای دارای ۱۲۸ خط ورودی و ۱۲۸ خط خروجی است. فرض کنید در مرحله اول و سوم از ۱۶ ماتریس سودهی استفاده شده است.

الف) اگر سوده بی‌انسداد باشد، تعداد عناصر سودهی را بدست آورید.

ب) در زمان اوج آمدوشد، نرخ اشغال هر خط ورودی ۱۰ درصد است. اگر برای عملکرد سوده بصورت با-انسداد تعداد عناصر سودهی را به یک سوم مقدار قبل کاهش دهیم، احتمال انسداد این سوده چقدر است؟

۱۲- ضریب کاهش تعداد عناصر سودهی را برای یک سوده سه مرحله‌ای دارای N خط ورودی و خروجی برای الف) $N=128$ و ب) $N=32768$ محاسبه کنید.

۱۳- یک سوده سه مرحله‌ای را با برسنجه‌های زیر طراحی کرده‌ایم:

$$M=N=512, \qquad p=q=6, \qquad \alpha=0.7$$

احتمال انسداد سوده را با استفاده از رابطه لی محاسبه کنید اگر الف) $s=16$ ب) $s=24$ و ج) $s=31$.

عدم دقت را برای حالت ج تعیین کنید.

۱۴- معادله یاکوبی برای محاسبه احتمال انسداد در سوده سه مرحله‌ای بصورت زیر است:

$$P_B=\frac{(p!)^2}{s!(2p-s)!}\alpha^s(2-\alpha)^{2p-s}$$

نمادگذاری در این رابطه همان است که در معادلات ۴–۲۹ و ۴–۳۰ استفاده شده بود. برای برسنجه‌های مشخص شده سوده سه مرحله‌ای مسأله ۱۳ و حالات مختلف آن احتمال انسداد را از رابطه فوق محاسبه کرده و با نتایج بدست آمده در مسأله ۱۳ مقایسه کنید.

۱۵– برسنجه‌های طراحی یک سوده سه مرحله‌ای با ضریب اشغال خط ورودی ۰٫۱ را برای الف) $N=128$ ب) $N=2048$ و ج) $N=8192$ به نحوی تعیین کنید تا احتمال انسداد $P_B=0.002$ باشد.

۱۶– با کمک گراف لی نشان دهید که احتمال انسداد سوده پنج مرحله‌ای شکل ۴–۲۹ بصورت رابطه زیر بدست می‌آید:

$$P_B=\left\{1-(1-\alpha_1)^2\left[1-\left(1-(1-\alpha_2)^2\right)^{s_1}\right]^2\right\}^s$$

که $\alpha_1=\alpha p/s$ و $\alpha_2=\alpha_1 r/(r_1 s_1)$، α ضریب اشغال خط و نمادهای s_1 ,r_1 ,r وفق شکل ۴–۲۹ تعریف شده‌اند.

مراجع

1. Benes, V.E., *Mathematical Theory of Connecting Switches and Telephone Traffic*, Academic Press, New York, 1965.
2. Briley, B.E., *Introduction to Telephone Switching*, Addison-Wesley, Reading (Mass.), 1983.
3. Chapuis, R.J. and Joel, Jr., A.E., *Electronics, Computer and Telephone Switching*, (*North Holland Studies in Telecommunications, Vol. 13*), North Holland, Amsterdam, 1990.
4. Clos, C., A study of non-blocking switch, *Bell System Technical Journal*, Vol. 32, March 1953, pp 406−424.
5. Deitel, H.M., *An Introduction to Operating Systems*, Addison-Wesley, Reading (Mass.), 1984.
6. GRINSEC, *Electronic Switching*, (*North Holland Studies in Telecommunications, Vol.* 2), North Holland, Amsterdam, 1983.
7. Husseldaugh, W.B., Blocking Probability Calculation for a Three Stage Multicasting (1,2) Clos Switching Network, *Thesis*, The University of Texas at Arlington, 1992.
8. Hwang, F.K. and Jajszczyk, A., On Nonblocking Multiconnection Networks, *IEEE Transactions on Communication*, Vol. COM-34, No. 10, October 1986, pp. 1038−1041.
9. Jacobaeus, C., *A Study of Congestion in Link Systems*, Ericsson Techniques, No. 48, Stockholm, 1950, pp 1−70.
10. Lee, C.Y., Analysis of switching networks, *Bell System Technical Journal*, Vol. 34, November 1955, pp 1287−1315.
11. Silberschatz, A. and Peterson, J.L., *Operating System Concepts*, Addison-Wesley, Reading (Mass.), 1988.

لغت‌نامه انگلیسی به فارسی

A		
Abbreviated Dialing	شماره‌گیری کوتاه	AD
account	حسابرسی، حساب	
acknowledgment	تأئیدیه	
action statement	دستور اقدام	
address	نشانی	
administraton	اداره	
algorithmic	دستوره‌ای	پیشنهاد
ambiguity	ابهام	
application software	نرم افزار کاربردی	
approach	رهیافت	
array	آرایه	
assembly language	زبان هم‌گذاری	
assignment	انتساب	
atomically	اتم گونه	
automatic redialling	شماره‌گیری مجدد خودکار	
availability	دسترس پذیری	
B		
barring	منع	
baseline switch	سوده مبنا	
benchmark	معیار	

bifurcation	جا افتادگی	
billing	صدور قبض	
binary	دودویی	
blocked	مسدود	
bottom-up	جزء به کل	
branch	انشعاب	
boolean	عدد بولی	
C		
call	برخوانی	فرهنگستان
call back	برگردان تماس	
call forwarding	رهنمونی تماس	
call mix	اختلاط برخوانی	
call processor	پردازنده برخوانی	
call waiting	تماس در انتظار	
calling number record	ثبت شماره‌های وارده	
category	رسته	
cathode ray tube	درجام ته راهه پرتو	
Central Processing Unit	واحد پردازش مرکزی	CPU
centralized control	راهبری متمرکز	
chaining table	جدول زنجیرسازی	

character	نویسه	
charging	حسابنویسی	
class of service	رده خدماتی	
clocked	سرساعت	
cold standby	آماده بکار سرد	
command	فرمان	
Common Channel Signalling	علامت‌دهی کانال مشترک	CCS
concurrent	همروند	
condition	وضعیت	
conference call	برخوانی همایشی	
configuration	پیکربندی	
consultation hold	نگهداشت مشورتی	
context	زمینه، سیاق	
context switching	تغییر زمینه	
control word	کلمه راهبری	
copy	روگرفت	
core resident	مقیم در هسته	
coupled	تلفیق شده	
critical region	ناحیه بحرانی	
critical section	بخش بحرانی	

D		
data object	شیء داده	
data structure	ساختمان داده	
deadlock	بن بست	
debugging	اشکال زدایی نرم‌افزار	
decomposition	تفکیک	
diode	یکسوگذر	
distributed control	راهبری گسترده	
distribution point	نقاط توزیع	
distributor	توزیعگر	
disturb	اختلال	
documentation	مستندسازی	
drum	طبلک	
duplicate	مضاعف سازی	
E		
electromechanical	برقسازه‌ای	پیشنهاد
electronic	برقواره‌ای	پیشنهاد
electronic switch	سوده برقواره‌ای	
enhanced services	خدمات پیشرفته	
entitlement	حقوق و امتیازات	
entity	هستار	

entry	مدخل	
evaluation	ارزیابی کردن	
event monitoring	پایش رویداد	
event oriented	رویداد محور	
exception	استثناء	
exchange	مرکز تبادل	
exchange environment	ادوات پیرامونی مرکز تبادل	
exclusion mechanism	سازوکار انحصار	
exhaustive	فراگیر	
F		
Fast facility protection	حفاظت سریع از امکانات	FFP
fault diagnosis	شناسایی عیوب	
fault tolerant	مقاوم در برابر خرابی	
feature interaction problem	مشکل اندرکنش امکانات	
finite state machine	دستگاه حالت محدود	
First In First Out	به ترتیب تقدم ورود	FIFO
flip flop	مدار الاکلنگی	
flowchart	روندنما	
formal	صوری	
formal description and specification language	زبان توصیف و مشخص‌سازی صوری	

format	قالب بندی	
function	کارکرد	
G		
gas diode	یکسوگذر گازی	
general purpose	عام منظوره	
global	عمومی	
H		
hard-wired control unit	واحد راهبری مداری	
hardware coupling	زوجسازی سخت‌افزار	
horizontal control	راهبری افقی	
hot standby	آماده بکار گرم	
human-machine interface	واسط انسان–دستگاه	
I		
imbrication	روی هم افتادگی	
impending	در شرف وقوع	
in-service	در حال خدمت	
incoming call	برخوانی وارده	
indication	نشانه	
inlet	درونگاه، خط ورود	
instruction	دستورالعمل	
insulation	عایق بندی	

interactive	تعاملی	
intermodule interface	رابط بین پودمان‌ها	
interprocessor link	مسیر ارتباطی بین پردازنده‌ها	
interrogation	استعلام	
interrupt	وقفه	
Interrupt vector	بردار وقفه	
J		
job	کار	
junctor	اتصال دهنده	
K		
keyword	واژگان کلیدی	
L		
Last In First Out	به ترتیب تأخر ورود	LIFO
load sharing	اشتراک بار	
local call	برخوانی محلی	
M		
magnetic tape	نوار آهنربایی	
mainframe	رایانه بزرگ	
maintenance	نگهداری	
majority voting	رأی اکثریت	
malfunction	ایراد	

malicious call	مزاحم	
man-machine	انسان–دستگاه	
marginal	بحرانی	
marking	نشانه گذاری	
Mean Time Between Failures	زمان متوسط بین خرابی‌ها	MTBF
Mean Time To Restore	زمان متوسط بازسازی	MTTR
microprocessor	ریزپردازنده	
microprogrammed	ریزبرنامه‌ای	
middleware	میان افزار	
missed call record	ثبت شماره‌های مفقوده	
mode	اسلوب	
modelling	نمونه‌سازی	فرهنگستان
module	پودمان	فرهنگستان
monitoring	پایش	
monopolizing	در انحصار گرفتن	
multicast	چندپخشی	
multiprogramming	چند برنامه‌ای	
mutual exclusion	انحصار متقابل	
N		
nested	تو در تو	

network implementable	تحقق پذیر در شبکه	
no dialing call	برخوانی بدون شماره‌گیری	
nominal	نامی	
non-vectored interrupt	وقفه غیربرداری	
null	پوچ	
O		
occupancy	ضریب تصرف، ضریب اشغال	
off-hook	برداشتن گوشی	
off-line	برون خط	
offset	برونجایی	
on-line	برخط	
operating system	سیستم عامل	
operator	متصدی	
operator answer	پاسخگویی متصدی	
originating call	برخوانی ایجاد شده	
out-of-service	خارج از خدمت	
outgoing	صادره	
outgoing call	برخوانی صادره	
outlet	برونگاه، خط خروج	
overhead	سربار	

overlay	روی همگذاری	
overload	اضافه باری	
P		
parameter	برسنجه	پیشنهاد
party line	خط ارتباطی گروهی	
payphone recognition tone	نوای شناسایی تلفن همگانی	
Petri Nets	شبکه های پتری	
pointer	اشاره‌گر	
portabillity	ترابردپذیری	
priority	اولویت	
Private Automatic Branch eXchange	مرکز تبادل خصوصی خودکار	
procedure	رویه	
process	پردازه	
Process Control Block	بلوک راهبری پردازه	PCB
process switching	تغییر پردازه	
Program Status Word	حالتنمای برنامه	PSW
program structure	ساختمان برنامه	
Programmable Logic Array	آرایه منطقی برنامه‌پذیر	PLA
Programmable Logic Controller	راهبر منطقی برنامه‌پذیر	PLC
Push button	دکمه فشاری	

Q		
R		
rack	قفسه	
ready	آماده اجراء	
real time	بلادرنگ	
record	برگه ثبت	
recorded number call	برخوانی با شماره ضبط شده	
recovery	بهبودی	
redundancy	افزونگی، افزونه‌سازی	
register	ثبات	
reliability	اطمینان پذیری	
reminder ring	زنگ یادآوری	
repair	تعمیر	
repeat dialling	تکرار شماره گیری	
repository	مخزن	
reset	بازنشانی	
restore	بازسازی	
roll back	عقبگرد	
routine	روال	
routing	مسیریابی	

running	در حال اجراء	
S		
scanner	پویشگر	
scheduling	زمانبندی	
secondary storage	حافظه ثانویه	
selective ringing	ارسال انتخابی زنگ	
semantics	معانی زبانی	
semaphore	تیرنشانه	
semipermanent	نیمه دائمی	
sequential logic	مدارات منطقی ترتیبی	
service routine	روال خدماتی	
set	برنشانی	
space division switching	سودهی جدا در مکان	
Specification Description Language	زبان توصیف مشخصات	SDL
standby	آماده بکار	فرهنگستان
standard	استانده	فرهنگستان
state transition diagram	نمودار انتقال حالت	
statistics	آمارگان	
stepwise	چندگامه	
stored program control	راهبری برنامه پذیر	

strategy	راهبرد	
subroutine	زیر روال	
subscriber line state table	جدول حالت خط مشترکین	
subscriber uniselector scheme	طرح تک‌گزینشگری مشترک	
supervisory	نظارت	
supplementary services	خدمات تکمیلی	
switching elements advantage factor	ضریب کاهش عناصر سودهی	
switching processor	پردازنده سودهی	
switchover	تعویض	
symbol	نماد	
synchronous duplex	دوگانه همزمان	
syntax	قواعد نوشتاری	
T		
tailored	درخور	
task	وظیفه	
telephone set implementable	تحقق پذیر در دستگاه وراگو	
teleprinter	وراچاپگر	
tendering	مناقصه گذاری	
terminal circuit interface	مدارات واسط پایانه	
time division switching	سودهی جدا در زمان	

Top-down approach	رهیافت کل به جزء	
traffic	آمد و شد	
traffic handling capacity	ظرفیت رفع و رجوع آمدوشد	
transcribe	انتقال بیان	
transient failure	خرابی گذرا	
transient state	حالت گذرا	
transistor	تراسو	فرهنگستان
transit call	برخوانی ترابردی	
Triple Modular Redundancy	افزونگی سه گانه پودمانی	TMR
trunk	تراسیم	
tube	درجام	پیشنهاد
typed	نوعی، نوعی شده	
U		
unavailability	دسترس ناپذیری	
utilisation	بهره‌وری	
V		
vacuum tube	درجام خلأ	
validation	اعتبارسنجی	
vectored interrupt	وقفه برداری	
verification	ممیزی	
verifying state of health	ممیزی سلامت	

	راهبری عمودی	vertical control
W		
	متوسط وزندار	weighted average
	مدار منطقی	wired logic
	بارکاری	workload
X		
Y		
Z		

لغت‌نامه فارسی به انگلیسی

الف		
ابهام	ambiguity	

	junctor	اتصال دهنده
	atomically	اتم گونه
	call mix	اختلاط برخوانی
	disturb	اختلال
	administraton	اداره
	exchange environment	ادوات پیرامونی مرکز تبادل
	array	آرایه
PLA	Programmable Logic Array	آرایه منطقی برنامه‌پذیر
	evaluation	ارزیابی کردن
	selective ringing	ارسال انتخابی زنگ
	standard	استانده
	exception	استثناء
	interrogation	استعلام
	mode	اسلوب
	pointer	اشاره‌گر
	load sharing	اشتراک بار
	debugging	اشکال زدایی نرم‌افزار
	overload	اضافه باری
	reliability	اطمینان پذیری
	validation	اعتبارسنجی

افزونگی، افزونه‌سازی	redundancy	
افزونگی سه گانه پودمانی	Triple Modular Redundancy	TMR
افقی	horizontal	
آمارگان	statistics	
آماده اجراء	ready	
آماده بکار	standby	فرهنگستان
آماده بکار سرد	cold standby	
آماده بکار گرم	hot standby	
آمد و شد	traffic	
انتساب	assignment	
انتظار مکالمه	call waiting	
انتقال بیان	transcribe	
انحصار متقابل	mutual exclusion	
انسان–دستگاه	man-machine	
انشعاب	branch	
اولویت	priority	
ایراد	malfunction	
ب		
بارکاری	workload	
بازسازی	restore	

بازنشانی	reset	
بحرانی	marginal	
بخش بحرانی	critical section	
برخط	on-line	
برخوانی	call	فرهنگستان
برخوانی ایجاد شونده	originating call	
برخوانی با شماره ضبط شده	recorded number call	
برخوانی بدون شماره‌گیری	no dialing call	
برخوانی ترابردی	transit call	
برخوانی صادره	outgoing call	
برخوانی محلی	local call	
برخوانی وارده	incoming call	
بردار وقفه	Interrupt vector	
برداشتن گوشی	off-hook	
برسنجه	parameter	پیشنهاد
برقسازه‌ای	electromechanical	پیشنهاد
برقواره‌ای	electronic	پیشنهاد
برگردان تماس	call back	
برگه ثبت	record	
برنشانی	set	

برونجایی	offset	
برون خط	off-line	
برونگاه	outlet	
بلادرنگ	real time	
بلوک راهبری پردازه	Process Control Block	PCB
بن بست	deadlock	
به ترتیب تقدم ورود	First In First Out	FIFO
به ترتیب تأخر ورود	Last In First Out	LIFO
بهبودی	recovery	
بهره‌وری	utilisation	
پ		
پاسخگویی متصدی	operator answer	
پایش	monitoring	
پایش رویداد	event monitoring	
پردازنده برخوانی	call processor	
پردازنده سودهی	switching processor	
پردازه	process	
پودمان	module	
پویشگر	scanner	
پیکربندی	configuration	

پوچ	null	
ت		
تأئیدیه	acknowledgment	
تحقق پذیر در دستگاه وراگو	telephone set implementable	
تحقق پذیر در شبکه	network implementable	
ترابردپذیری	portabillity	
تراسو	transistor	فرهنگستان
تراسیم	trunk	
تعاملی	interactive	
تعمیر	repair	
تعویض	switchover	
تغییر پردازه	process switching	
تغییر زمینه	context switching	
تفکیک	decomposition	
تکرار شماره گیری	repeat dialling	
تلفیق شده	coupled	
تماس در انتظار	call waiting	
تو در تو	nested	
توزیعگر	distributor	
تیرنشانه	semaphore	

ث		
ثبات	register	
ثبت شماره‌های مفقوده	missed call record	
ثبت شماره‌های وارده	calling number record	
ج		
جا افتادگی	bifurcation	
جاگیری	reservation	
جدول حالت خط مشترکین	subscriber line state table	
جدول زنجیرسازی	chaining table	
جزء به کل	bottom-up	
چ		
چند برنامه‌ای	multiprogramming	
چندگامه	stepwise	
چندپخشی	multicast	
ح		
حافظه ثانویه	secondary storage	
حالت گذرا	transient state	
حالتنمای برنامه	Program Status Word	PSW
حفاظت سریع از امکانات	Fast facility protection	FFP
حقوق و امتیازات	entitlement	

حلقه بی‌پایان	infinite loop	
حسابرسی، حساب	account	
حسابنویسی	charging	
خ		
خارج از خدمت	out-of-service	
خدمات پیشرفته	enhanced services	
خدمات تکمیلی	supplementary services	
خرابی گذرا	transient failure	
خط ارتباطی گروهی	party line	
خط خروجی	outlet	
خط ورود	inlet	
دال		
در انحصار گرفتن	monopolizing	
درجام	tube	
درجام ته راهه پرتو	cathode ray tube	
درجام خلأ	vacuum tube	
در حال اجراء	running	
درخور	tailored	
در شرف وقوع	impending	
در حال خدمت	in-service	

درونگاه، خط ورود	inlet	
دسترس پذیری	availability	
دسترس ناپذیری	unavailability	
دستگاه حالت محدود	finite state machine	
دستور اقدام	action statement	
دستورالعمل	instruction	
دستوره‌ای	algorithmic	پیشنهاد
دکمه فشاری	Push button	
دودویی	binary	
دوگانه همزمان	synchronous duplex	
ذال		
ر		
رابط بین پودمان‌ها	intermodule interface	
راهبر منطقی برنامه‌پذیر	Programmable Logic Controller	PLC
راهبرد	strategy	
راهبری افقی	horizontal control	
راهبری برنامه پذیر	stored program control	
راهبری عمودی	vertical control	
راهبری گسترده	distributed control	

راهبری متمرکز	centralized control	
رأی اکثریت	majority voting	
رایانه بزرگ	mainframe	
رده خدماتی	class of service	
رسته	category	
روال	routine	
روال خدماتی	service routine	
روگرفت	copy	
روندنما	flowchart	
روی هم افتادگی	imbrication	
روی همگذاری	overlay	
رویداد محور	event oriented	
رویه	procedure	
رهنمونی تماس	call forwarding	
رهیافت	approach	
رهیافت کل به جزء	Top-down approach	
ریزبرنامه‌ای	miroprogrammed	
ریزپردازنده	microprocessor	
ز		
زبان توصیف مشخصات	Specification Description Language	SDL

زبان توصیف و مشخص‌سازی صوری	formal description and specification language	
زبان هم‌گذاری	assembly language	
زمانبندی	scheduling	
زمان متوسط بازسازی	MTTR	
زمان متوسط بین خرابی‌ها	MTBF	
زمینه	context	
زنگ یادآوری	reminder ring	
زوجسازی سخت‌افزار	hardware coupling	
زیر روال	subroutine	
ژ		
سین		
ساختمان برنامه	program structure	
ساختمان داده	data structure	
سازوکار انحصار	exclusion mechanism	
سرساعت	clocked	
سوده برقواره‌ای	electronic switch	
سوده مبنا	baseline switch	
سودهی جدا در زمان	time division switching	
سودهی جدا در مکان	space division switching	

سیاق	context	
سیستم عامل	operating system	
شین		
شبکه های پتری	Petri Nets	
شماره‌گیری کوتاه	Abbreviated Dialing	AD
شماره‌گیری مجدد خودکار	automatic redialling	
شناسایی عیوب	fault diagnosis	
شیء داده	data object	
صاد		
صادره	outgoing	
صدور قبض	billing	
صوری	formal	
ضاد		
ضریب تصرف	occupancy	
طا		
طبلک	drum	
ظا		
ظرفیت	capacity	
ظرفیت رفع و رجوع آمدوشد	traffic handling capacity	
ظرفیت سوسازی	switching capacity	

ضریب کاهش عناصر سودهی	switching elements advantage factor	
عین		
عام منظوره	general purpose	
عایق بندی	insulation	
عدد بولی	boolean	
عقبگرد	roll back	
علامت‌دهی کانال مشترک	Common ChannelSignalling	CCS
عمومی	global	
غین		
ف		
فراگیر	exhaustive	
فرسودگی و سایش	wear and tear	
فرمان	command	
فنورز	technician	
قاف		
قالب بندی	format	
قفسه	rack	
قواعد نوشتاری	syntax	
کاف		

کار	job	
کارکرد	function	
کلمه راهبری	control word	
گاف		
لام		
میم		
متصدی	operator	
متوسط وزندار	weighted average	
مخزن	repository	
مدار الاکلنگی	flip flop	
مدار منطقی	wired logic	
مدارات واسط پایانه	terminal circuit interface	
مدخل	entry	
مرکز تبادل	exchange	
مرکز تبادلخصوصی خودکار	Private Automatic Branch eXchange	PABX
مزاحم	malicious call	
مستندسازی	documentation	
مسدود	blocked	
مسیر ارتباطی بین پردازنده‌ها	interprocessor link	

مسیریانی	routing	
مشکل اندرکنش امکانات	feature interaction problem	
مضاعف سازی	diplicate	
معانی زبانی	semantics	
معیار	benchmark	
مقاوم در برابر خرابی	fault tolerant	
مقیم در هسته	core resident	
ممیزی	verification	
ممیزی سلامت	verifying state of health	
مناقصه گذاری	tendering	
منع	barring	
میان افزار	middleware	
نون		
ناحیه بحرانی	critical region	
نامی	nominal	
نرم افزار کاربردی	application software	
نشانه	indication	
نشانه گذاری	marking	
نشانی	address	
نظارت	supervisory	

نقاط توزیع	distribution point	
نگهداری	maintenance	
نگهداشت مشورتی	consultation hold	
نماد	symbol	
نمودار انتقال حالت	state transition diagram	
نمونه‌سازی	modelling	
نوار آهنربایی	magnetic tape	
نوعی، نوعی شده	typed	
نویسه	character	
نیمه دائمی	semipermanent	
واو		
واحد راهبری مداری	hard-wired control unit	
واحد پردازش مرکزی	Central Processing Unit	
واسط انسان–دستگاه	human-machine interface	
وراچاپگر	teleprinter	پیشنهاد
وضعیت	condition	
وظیفه	task	
وقفه	interrupt	
وقفه برداری	vectored interrupt	
وقفه غیربرداری	non-vectored interrupt	

ه		
هستار	entity	
همبندی	topology	
همروند	concurrent	
ی		
یکسوگذر	diode	
یکسوگذر گازی	gas diode	

جدول اختصارات

A

AD	شک	Abbreviated Dialing
AN	شمه	Abbreviated Number
AT&T	ایتی اند تی	
B		
BP		By-Pass
C		
CCITT	سیسیاتیت	Comite Consultatif Internationale de Telegraphique et Telephonique
CCS	دوسیئس	Common Channel Signalling
CHILL	چیل	CCITT High Level Language
CPU	واپر	Central Processing Unit
D		
DMA	دیما	Direct Memory Access
DTMF	دیتی امف	Dual Tone MultiFrequency
E		
ESS	ایدوئس	Electronic Switching System
F		
FFP	حسا	Fast facility protection
FIFO	فیفو	First In First Out
FN	شمل	Full Number
FSM	افسم	Finite State Machine
G		

H		
I		
I/O	آی/ ئو	Input/Output
IC	آیسی	Integrated Circuit
ITU-T	آیتیو– تی	International Telecommunication Union-Terrestrial
J		
L		
LIFO	لیفو	Last In First Out
M		
MTBF	امتی بیف	Mean Time Between Failure
MTTR	امتیتی آر	Mean Time To Restore
MML	زباد	Man-Machine Language
N		
O		
OAM	بان	Operation, Administration, Maintenance
P		
PABX	پابکس	Private Automatic Branch eXchange
PBX	پبکس	Private Branch eXchange

PCB	براپ	Process Control Block
PLA	پلا	Programmable Logic Array
PLC	پلسی	Programmable Logic Controller
PSW	حابر	Program Status Word
Q		
R		
S		
SG	اسجی	Study Group
SDL	اسدل	Specification Description Language
SPC	اسپیسی	Stored Program Control
STD	استیدی	Subscriber Trunking Dialig
T		
TMR	نمر	Triple ModularRedundancy
U		
US	تگ	UniSelector
US-10	تگ–۱۰	UniSelector with 10 outlet
US-24	تگ–۲٤	UniSelector with 24 outlet
V		
VLSI	ولسی	Very Large Scale Integration

W		
X		
	ایکس آی	XI
Y		
Z		