سودهی در شبکه‌های مخابراتی

ویراست دوم

مؤلفان: تیاگاراجان ویسواناتان–مناف بهاتنگر

مترجم: امیدرضا معروضی

فصل سوم

سودهی متقاطع

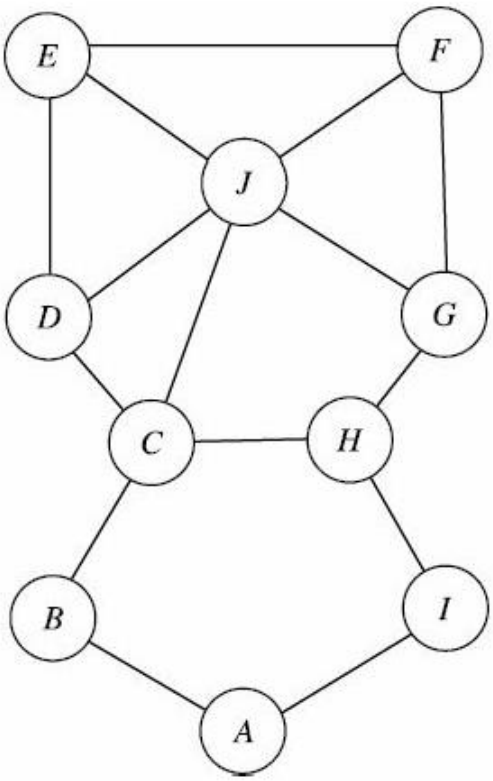
سامانه سودهی استروگر از سال ۱۸۸۹ که معرفی شد تا ۷۰ سال، سوده اصلی در بین سوده‌های وراگویی بود. ولی نقطه ضعف اصلی سامانه استروگر، وابستگی آن به قطعات واتصالات متحرکی بود که در معرض فرسودگی و سایش هستند. برای ایجاد و ختم یک ارتباط، یک گزینشگر دو حرکتی بطور متوسط ۴ صدم متر حرکت عمودی و یک دور کامل حرکت افقی باید داشته باشد. چنین سامانه‌های سازواره‌ای [مکانیکی] نیاز به انجام روالهای منظم تنظیم و نگهداری دارند، و به همین خاطر باید در مکان‌هایی قرار گیرند که به سهولت و خیلی سریع در دسترس فنورزان [تکنسین] ماهر قرار بگیرند. از آنجا که شبکه وراگو تا مناطق دورافتاده گسترش یافته، استفاده از سامانه‌های سودهی‌ای که نگهداری آنها پس ازنصب ساده‌تر باشد و نیازی به تجدید تنظیمات نداشته باشند، ضروری بود. اختراع سوده متقاطع نتیجه کوششهایی است که در همین راستا صورت گرفته است. در اوایل قرن بیستم تحقیقات درباره سودهی که اتصالات در آن با کمترین حرکات سازواره‌ای و با تعداد معدودی آهنربا قابل انجام باشد، آغاز شد. فردی بنام ج. ن. رینولدز[1] از شرکت وسترن الکتریک در ایالات متحده، در سال ۱۹۱۵، نخستین ثبت اختراع در این زمینه را ثبت کرد. متعاقب آن در سال ۱۹۱۹ دو مهندس سوئدی بنامهای بتلندر و پالمگرن[2] سوده متقاطع را اختراع و بنام خود ثبت کردند. پیشرفت بعدی در این حوزه، ساخت سامانه سودهی متقاطع در آزمایشگاه شرکت «ایتی اند تی»[3] در ایالات متحده و در سال ۱۹۳۸ بود. طرح اولیه با عنوان «سامانه متقاطع شماره ۱ » نامگذاری شد. سوای مشخصات سودهی مطلوب و کارآمد، سامانه متقاطع از یک جنبه بنیادی با سامانه‌های استروگر تفاوت داشت: طراحی آن بر اساس مفهوم راهبری مشترک صورت پذیرفته بود.

[1] J. N. Reynolds
[2] Betulander & Palmgren
[3] AT&T Laboratories

۳-۱ اصول راهبری مشترک

هر چند راهبری مشترک برای نخستین بار در مراکز تبادل متقاطع ارائه شد، ولی ریشه مفهوم راهبری مشترک را در سامانه راهنما[1] که در مراکز تبادل استروگر هم بکار گرفته می‌شد، می‌توان یافت. سامانه راهنما در مناطقی مانند شهرهای بزرگ که چند مرکز تبادل وجود دارند، امکاناتی جهت شماره‌گذاری یکنواخت مشترکین و مسیریابی برخوانی‌ها از یک مرکز تبادل به مرکزی دیگر به کمک مراکز میانی، ایجاد می‌کند. منظور از شماره-گذاری یکنواخت این است که شماره یک مشترک مشخص از هر مرکز تبادلی که شماره‌گیری شود، یکسان باشد، همان چیزی که ما امروز به آن عادت کرده‌ایم. اما تحقق آن بدون استفاده از سامانه راهنما در سامانه‌های سودهی دارای راهبری مستقیم امکان‌پذیر نبود.

شبکه چند تبادلی نشان داده شده در شکل ۳-۱ را در نظر بگیرید. بخاطر ملاحظات اقتصادی، این شبکه متصل کامل نیست.



شکل ۳-۱ یک شبکه چندتبادلی

[1] Director system

اگر یک مشترک مرکز A بخواهد با مشترکی ازمرکز F تماس بگیرد، ارتباط این دو لااقل باید از سه مرکز تبادل میانی مسیریابی شود. دو مسیر ممکن A-B-C-J-F و A-I-H-G-F هستند. در سامانه استروگر، با جاگیری یک سطح عمودی از طبقات گزینشگر گروه اول مربوط به تماس‌های بیرونی، می‌توان ارتباط را به خارج از مرکز تبادل فرستاد. ۱۰ برونگاه سطح عمودی جاگیری شده، می‌توانند به ۱۰ مرکز تبادل مختلف متصل باشند. فرض کنید که سطح صفر برای تماس‌های بیرونی جاگیری شده است و برای ادامه بحث برونگاه‌ها بصورت جدول زیر تخصیص یافته باشند:

به مرکز تبادل	برونگاه	از مرکز تبادل
B	۰۱	A
I	۰۲	A
C	۰۴	B
J	۰۳	C
H	۰۵	I
G	۰۱	H
F	۰۲	G
F	۰۱	J

فرض کنید مشترکی متصل به مرکز تبادل A قصد برخوانی مشترک شماره ۱۴۵۷ از مرکز تبادل F را دارد. شماره-گیری دنباله شماره های زیر می‌تواند این ارتباط را برقرار سازد:

از مسیر A-B-C-J-F : ۱۴۵۷– ۰۱– ۰۳– ۰۴– ۰۱

از مسیر A-I-H-G-F : ۱۴۵۷– ۰۲– ۰۱– ۰۵– ۰۲

حال مشکلات بطور واضحی پدیدار می‌شوند:

- شماره شناسایی مشترک به مسیر ارتباط وابسته است.
- مشترکین باید از همبندی [توپولوژی] شبکه و نحوه تخصیص برونگاه‌ها در مراکز تبادل مطلع باشند.

- شماره و تعداد ارقام شماره مخاطب بسته به اینکه منشأ برخوانی کدام مرکز تبادل باشد، متفاوت خواهد بود.

اگر مرکز تبادل مسیریابی را خود انجام دهد، این مشکلات حل می‌شوند و یک شماره شناسایی یکتا و ثابت به کاربران ارائه خواهد شد. اکنون هر شماره از دو قسمت تشکیل می‌شود: قسمت اول *شناسه مرکز تبادل* و قسمت دوم *شناسه خط مشترک* در مرکز تبادل. هر مرکز تبادل باید قابلیت دریافت و ذخیره‌سازی ارقام شماره‌گیری شده، ترجمه شناسه مرکز تبادل به دنباله ارقام مسیریابی، و ارسال ارقام مسیر به همراه شناسه خط مشترک به سایر مراکز تبادل را داشته باشد. این کارها در مرکز تبادل استروگر بر عهده زیرسامانه راهنما گذاشته شده است. در رابطه با سامانه راهنما چند نکته رابه ترتیب اهمیت متذکر می‌شویم:

- به محض آنکه سامانه راهنما ارقام ترجمه شده را ارسال کرد، آزاد می‌شود تا بتواند برخوانی دیگری را پردازش کند و درگیر نگهداری مدار برای مکالمه نخواهد شد.
- پردازش برخوانی‌ها بطور مستقل از قسمت ماتریس سودهی انجام می‌شود.
- به مشترک یک شماره مجازی، مستقل از شماره واقعی خطی که برای ارتباط با او بکار گرفته می‌شود، تخصیص داده می‌شود. سازوکار ترجمه نشانی، برای برقراری ارتباط، نشانی مجازی را به نشانی واقعی ترجمه می‌کند.

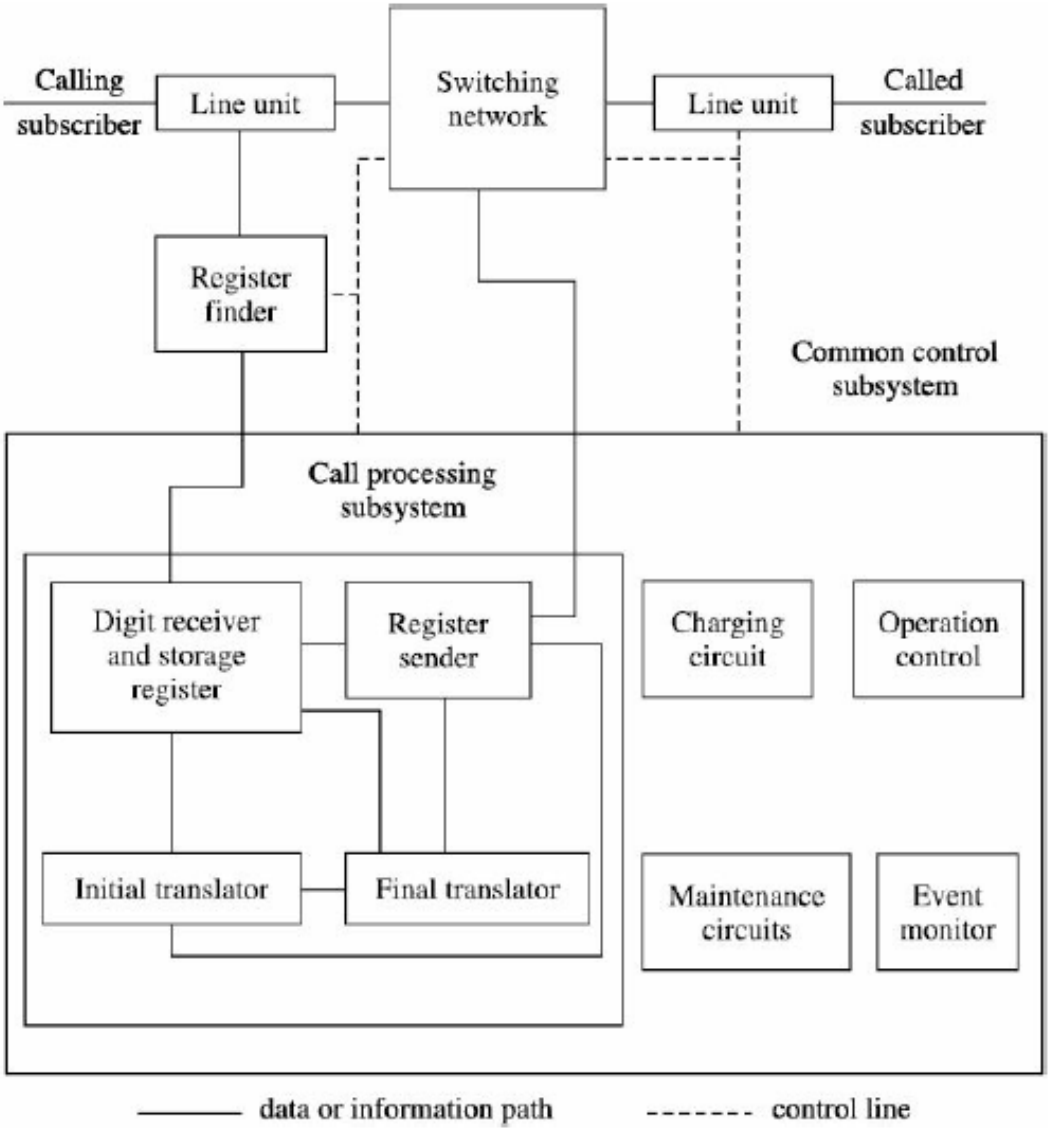
تمام مطالب ذکر شده، از خصوصیات بنیادین سامانه راهبری مشترک هستند. در شکل ۳-۲ نمودار بلوکی عملکرد یک سامانه سودهی دارای سامانه راهبری مشترک ، نشان داده شده است.

کارکردهای مختلف راهبری در یک سامانه سودهی را می‌توان در قالب چهار مقوله دسته بندی کرد:

۱) پایش رویدادها
۲) پردازش برخوانی
۳) حسابنویسی [شارژ] برخوانی
۴) بهره‌برداری و نگهداری

تمام رویدادهایی که بیرون مرکز تبادل در واحدهای خطوط، اتصال‌دهنده‌های تراسیم، واحدهای فرستنده/گیرنده علائم بین مراکز تبادل اتفاق می‌افتند، توسط زیرسامانه راهبری پایش می‌شوند. بطور مثال، اخباره‌های درخواست

برخوانی و درخواست قطع ارتباط در واحد خط از جمله چنین رویدادهایی هستند. وقوع رویدادهای بیرون از مرکز تبادل با فعال شدن کلیدهای بازفرست [رله] علامت‌دهی می‌شوند که کنش راهبری را به دنبال دارند. زیرسامانه راهبری، با بکار انداختن کلیدهای بازفرست مربوطه در اتصال‌دهنده‌ها، فرستنده/گیرنده‌ها و واحدهای خطوط، فرمان اجرای کارکردهای خاص لازم را به این واحدها صادر می‌کند. پایش رویدادها را می‌توان توزیع کرد. برای مثال، واحد خط خودش می‌تواند در صورت وقوع رویدادهای خاص بر روی خط، کنش راهبری لازم را راه‌اندازی کند.



شکل ۳-۲ سامانه سودهی با راهبری مشترک

هنگامی که یک مشترک گوشی را بردارد، این واقعه کشف و محل برخوانی معین می‌شود. خط کشف شده برای ارسال بوق آزاد نشانه‌گذاری و ثبات‌یاب برای تصرف یک ثبات آزاد فعال می‌شود. از شناسه خط مخاطب برای تعیین رسته خط استفاده می‌شود و اینکه مخاطب متعلق به چه سطح کیفی از خدمت‌رسانی است. همانطور که در بخش ۲-۱ هم گفته شد مشترکین در سامانه وراگو به دو شیوه شماره‌گیری تکانه‌ای و یا شماره‌گیری چندبسامدی می‌توانند شماره‌گیری انجام دهند و بر همین اساس رسته خطوط مشترکین تعیین می‌شود. یک ثبات، متناسب با رسته خط، انتخاب می‌شود تا بوق آزاد را برای اعلام آمادگی دریافت اطلاعات شماره مخاطب، برای متقاضی بفرستد. به محض اینکه چند رقم نخست (بین ۲ تا ۵) شماره که معرف مرکز تبادل مخاطب هستند، در ثبات دریافت شوند، آنها را برای پردازش به مترجم اولیه می‌فرستد. بطور همزمان ثبات مشغول دریافت سایر ارقام شماره خواهد بود.

مترجم اولیه مسیر برخوانی روی شبکه را مشخص می‌سازد و در مورد اینکه آیا برخوانی باید پذیرفته شود یا نه، تصمیم می‌گیرد. همینطور شیوه حسابنویسی و نرخ تعرفه متقاضی را هم مشخص می‌کند. این تصمیمات بر مبنای اطلاعات سطح کیفی خدمت‌رسانی مشترک اتخاذ می‌شوند که جزئیات آن به شرح ذیل است:

۱) *منع برخوانی:* امکان دارد که یک مشترک از انجام نوع خاصی از برخوانی مانند برخوانی غیرمحلی «استیدی»[1] و یا شماره‌گیری بین‌المللی «آیئسدی»[2] منع شده باشد.
۲) *اولویت برخوانی:* وقتی مرکز تبادل و یا شبکه دچار اضافه باری باشند، تنها برخوانی‌های مشترکینی که تحت عنوان مشترکین اولویت‌دار شناخته می‌شوند را عبور می‌دهند.
۳) *حسابنویسی برخوانی:* امکان دارد در یک مرکز تبادل برای مشترکین مختلف قواعد متفاوتی برای حسابنویسی بکار گرفته شوند.
۴) *مسیریابی بر اساس مبدأ:* ممکن است نحوه مسیریابی و مقصد برخی از برخوانی‌های خاص به موقعیت جغرافیایی متقاضی وابسته باشد. برای مثال، برخوانی خدمات فوریت‌های پزشکی به نزدیکترین مرکز ارائه خدمات فوریت‌های پزشکی مسیریابی می‌شود.
۵) *برخوانی بدون شماره‌گیری:* در این نوع از مکالمات نیازی به شماره‌گیری از طرف متقاضی نیست، مانند ارتباطات خط گرم، و برخوانی به شماره از پیش تعیین شده مسیریابی می‌شود.

[1] STD
[2] ISD

همچنین ممکن است مترجم اولیه دستوراتی از کارکنان بهره‌بردار و یا اطلاعاتی در مورد حالت شبکه دریافت کند که آنها را در تصمیمات خود لحاظ کند. برای مثال، وقتی در یک گروه تراسیم نقصی ایجاد شود، بخشی از برخوانی‌ها را از طریق گروه تراسیمی دیگر، مسیردهی نماید. گاهی به مترجم اولیه، *مترجم کد اداره*[1] و یا *کدگشا-نشانه‌گذار*[2] هم گفته می‌شود. نخستین بار بتلندر مهندس سوئدی پیشاهنگ در فناوری سوده متقاطع بود که از واژه "نشانه‌گذار" به معنای "راهبری" استفاده کرد. این واژه از آنجا بکار گرفته شد که پایانه‌هایی که باید بهم اتصال پیدا کنند توسط اخباره برقی "نشانه‌گذاری" می‌شوند. وقتی صحبت از سامانه سودهی متقاطع باشد، هنوز هم از این واژه استفاده می‌شود.

چنانچه مقصد برخوانی شماره‌ای در مرکز تبادلی دیگر، غیر از مرکز تبادلی که در حال پردازش شماره است، باشد، مترجم اولیه ارقام مسیریابی را تولید و در اختیار ثبات ارسال کننده می‌گذارد. در آنجا ارقام شناسه مشترک هم پشت سر ارقام مسیریابی قرار داده می‌شوند و الگوی ترکیبی از طریق خطوط تراسیم به مرکز تبادل بعدی ارسال می‌شوند. ثبات ارسال کننده متناسب با الزامات مرکز تبادل مقصد فنون علامت‌دهی مناسب را بکار می‌گیرد. اگر مقصد برخوانی، مخاطبی در همان مرکز تبادل باشد، مترجم نهایی ارقام را پردازش می‌کند. در این مرحله شماره راهنما به شماره تجهیزات ترجمه می‌شوند. مترجم نهایی است که واحد خط اتصال دهنده برخوانی و رسته خط مخاطب را تعیین می‌کند. اطلاعات رسته می‌توانند بر نحوه حسابنویسی و برقراری ارتباط تأثیرگذار باشند. برای مثال، اتصال به خطوط تماس اضطراری و خطوط یدکی تعمیرات بدون هزینه است. اتصال به شماره‌های برخی از خدمات تبلیغاتی هم رایگان و بی‌هزینه است. در فصل ۹ راجع به طرح‌های حسابنویسی، ساختار تعرفه-بندی و روشهای صدور قبض بحث خواهیم کرد. در بعضی از مراکز تبادل ساخته شده، در عمل یک مترجم کار مترجم اولیه و مترجم نهایی هر دو را برعهده دارد.

یکی از مهمترین وظایف زیرسامانه راهبری مشترک، راهبری عملیات در ماتریس سودهی است. اینکار با استفاده از نشانه‌گذاری عناصر سودهی در مراحل مختلف بر روی مجموعه داده‌های دودویی تعریف کننده مسیر و سپس صدور فرامین لازم برای ایجاد مسیر واقعی انجام می‌گیرد.مسیریابی می‌تواند توسط واحد راهبری مشترک یا ماتریس سودهی انجام شود. روش نخست، *نگاشت در حافظه* و روش دوم *نگاشت در شبکه* نام دارند. در روش نگاشت در حافظه، تمام داده‌های لازم برای مسیریابی بطور کامل توسط واحد راهبری فراهم می‌شوند، در حالیکه

[1] office code translator
[2] decoder-marker

در روش نگاشت در شبکه، واحد راهبری فقط خط ورود و خروجی که باید بهم اتصال یابند را نشانه‌گذاری می‌کند و ماتریس سودهی است که در حقیقت مسیر را تعیین و آنرا برقرار می‌کند. روش اول بیشتر در زیرسامانه راهبری برنامه‌پذیر ارائه می‌شود. روش دوم اما در مراکز تبادل متقاطع که برای راهبری از نشانه‌گذارها استفاده می‌کنند، رایجتر است. در واقع، روش نگاشت در شبکه، چیزی مثل خاصیت خودمسیردهی است که در بخش ۵-۱ به آن اشاره کرده بودیم. از آنجاکه در این روش هم مسیریابی جزئی یکپارچه از ماتریس سودهی است، آنرا مشابه سوده استروگر می‌توان پنداشت. در پیشرفتی که اخیراً صورت پذیرفته، با روشی مشابه به نگاشت در شبکه، می‌توان تراسیم‌ها را از یک قسمت تشکیلات به قسمت‌های دیگر سودهی کرد. سخت‌افزار این روش *اتصال متقابل*[1] نام دارد. در حوزه شمارا، این روش اتصال متقابل شمارا نامگذاری شده است و در فصل ۶ آن را توضیح خواهیم داد.

اداره یک مرکز وراگویی فعالیت‌هایی نظیر راه‌اندازی خطوط جدید مشترکین و تراسیم‌های جدید، اصلاح حقوق و امتیازات مشترکین و تغییر طرحهای مسیریابی با تغییر حالت در شبکه را شامل می‌شود. زیرسامانه راهبری باید امکانات لازم برای انجام اینگونه امور اداری را فراهم نماید. فعالیت‌هایی نظیر نظارت بر کارکرد صحیح تجهیزات مرکز تبادل، خطوط مشترکین و تراسیم‌ها در حوزه نگهداری قرار دارند.کارکنان بخش نگهداری برای انجام بررسی‌های لازم و اندازه‌گیری برسنجه‌های مختلف خط، باید به تمام خطوط و تراسیم‌ها دسترسی کامل داشته باشند. همچنین زیرسامانه راهبری باید بتواند به کارکنان نگهداری کمک کند تا بدون آنکه نیاز باشد بررسی‌های دشواری را انجام دهند، محل خرابی‌ها را پیدا کنند.

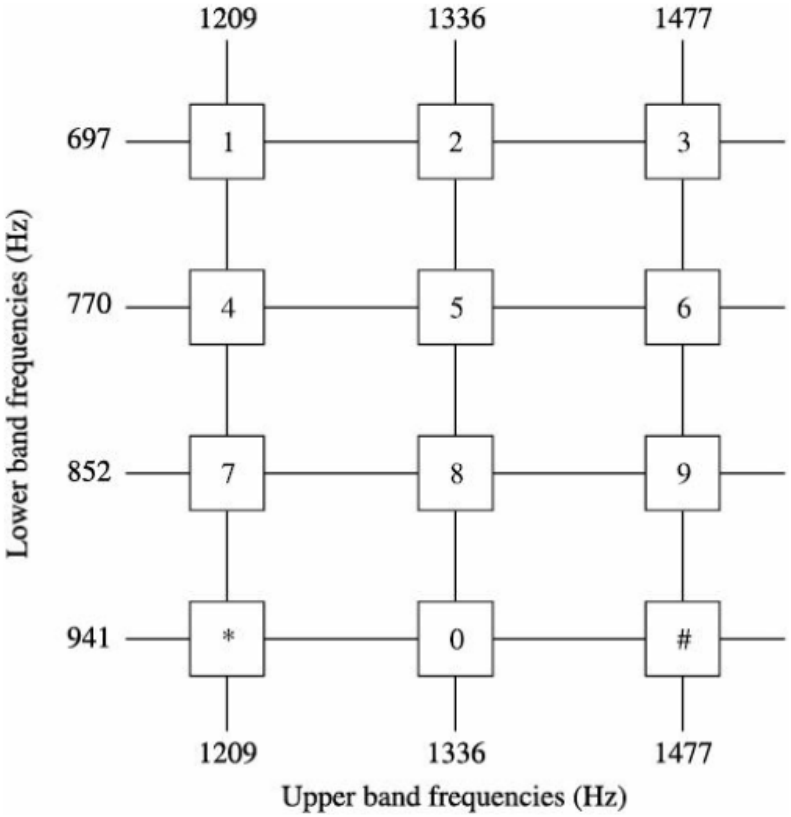
۲-۳ وراگو با شماره‌گیر نوا-لمسی

با یک وراگوی دارای شماره‌گیر چرخان، حدود ۱۲ ثانیه طول می‌کشد که یک شماره ۷ رقمی را بگیریم. مشترکین دوست دارند که سرعت شماره‌گیری بیشتر باشد. عناصر سودهی سامانه استروگر که بطور گام به گام عمل می‌کنند، نمی‌توانند پاسخگوی نرخی بالاتر از ۱۰ تا ۱۲ تکانه در ثانیه باشند. اما با ابداع راهبری مشترک در سامانه سودهی متقاطع، رسیدن به نرخ بیشتری از شماره‌گیری شدنی است. همینطور یکی از مزایای دیگر

[1] cross connect

مشترک‌سازی تجهیزات این است که لازم نیست در تمام مدت ارتباط مشغول باشند ولی تا زمانی که تمام ارقام برخوانی در حال انجام را دریافت و پردازش نکرده باشند، نمی‌توانند به برخوانی دیگری پاسخ دهند. شماره‌گیر تکانه‌ای تنها برای علامت‌دهی بین مرکز تبادل و مشترکین بکار می‌رود، و علامت‌دهی انتها به انتها بین متقاضی و مخاطب با این نوع شماره‌گیری مقدور نیست. علامت‌دهی انتها به انتها یک امتیاز مطلوب است، و فقط اگر علامت‌دهی در باند بسامد صوتی انجام شود، ممکن خواهد شد. بدین ترتیب به هر نقطه از شبکه وراگویی که بتوان صوت را ارسال کرد، اطلاعات علامت‌دهی را هم می‌توان فرستاد.

در علامت‌دهی با شماره‌گیر چرخان تنها ۱۰ اخباره متمایز بکار می‌روند، حال آنکه اگر این تعداد بیشتر شود، قابلیت علامت‌دهی بطور چشمگیری افزایش خواهد یافت. آخرین نکته اینکه به لحاظ عوامل انسانی هم بهتر است شیوه‌های شماره‌گیری مناسبتری از شماره‌گیری چرخان را بکار گرفت. تمام این ملاحظات باعث شد تا در دهه ۵۰ میلادی وراگو دارای شماره‌گیر نوا–لمسی ابداع شود. این وراگوها پس از چندین آزمایش میدانی در سال ۱۹۶۴ معرفی شدند. در شکل ۳-۳ طرح یک شماره‌گیر نوا–لمسی را مشاهده می‌کنید.



شکل ۳-۳ آرایش شماره‌گیر لمسی

شماره‌گیر چرخان جای خود را به یک صفحه کلید از دکمه‌های فشاری داده است. با "لمس" هر دکمه، "نوایی" دوبسامدی، یکی از باند پائین و دیگری از باند بسامدهای بالا، تولید می‌شود. برای مثال با فشار دادن دکمه فشاری ۹ نوایی با دو بسامد ۸۵۲ هرتز و ۱۴۷۷ هرتز ارسال می‌شود. در طرح توسعه یافته بسامد ۱۶۳۳ هرتز به مجموعه بسامدها در باند بالا افزوده شده است تا قابلیت تولید ۱۶ اخباره متمایز ایجاد شود. البته این طرح فقط در امور نظامی و کاربردهای خاص بکار گرفته می‌شود. در یک طرح دیگر بنام *دکمه‌های فشاری دهدهی*[1] هم بجای شماره‌گیر چرخان از شماره‌گیر دکمه فشاری استفاده شده ولی مانند شماره‌گیر چرخان با فشردن ارقام، تکانه‌های دهدهی ایجاد می‌شوند.

۱-۲-۳ ملاحظات طراحی

ضرورت قرار داشتن بسامدهای علامت‌دهی نوا–لمسی در باند صوتی با خود مسأله آسیب‌پذیری در برابر قطع سخن را به دنبال آورده است. به این معنی که اخباره صحبت می‌تواند با اخباره‌های نوا–لمسی اشتباه شده و در نتیجه موجب کنش‌های راهبری ناخواسته‌ای مانند قطع شدن مکالمه بشود. جنبه دیگر مشکل قطع سخن این است که هنگامی که مشترک در حال صحبت کردن است، اگر تلاشی برای علامت‌دهی نوا–لمسی صورت بگیرد، اخباره صحبت می‌تواند با نواهای علامت –دهی نوا–لمسی تداخل پیدا کند. ملاحظه اصلی در طراحی علامت‌دهی نوا–لمسی اجتناب از مسأله قطع سخن است که موارد زیر را در بر می‌گیرد:

۱) انتخاب کد
۲) جداسازی باندها
۳) انتخاب بسامدها
۴) انتخاب سطح توان
۵) طول علامت دهی

علاوه بر موارد فوق، عوامل انسانی و جنبه‌های سازواره‌ای [مکانیکی] هم لازم است که در نظر گرفته شوند. انتخاب کد برای علامت‌دهی نوا–لمسی باید به نحوی باشد که تقلید کد با صدای انسان و یا آلات موسیقی دشوار باشد. ساختارهای تک بسامدی ساده را به راحتی می‌توان تقلید کرد چرا که در گویش و موسیقی فراوان تکرار

[1] decadic push button

می‌شوند. برای مثال وقتی حروف صدادار در زبان انگلیسی را تلفظ می‌کنیم، اصواتی تک بسامدی تولید می‌شوند. از اینرو به یک کد چندبسامدی نیاز خواهیم داشت. با انتخاب N بسامد مشخص و ترکیب آنها به طرز دودویی که بیانگر حضور یا غیاب بسامدهای مختلف در کد است به آسانی می‌توانیم به چنین کدی دست پیدا کنیم. از 2^N ترکیب ممکن، N ترکیب بکار نمی‌آیند زیرا تک بسامد هستند. از آنجا که ارسال همزمان N بسامد مستلزم اشتراک N گانه در یک گستره دامنه محدود است، سعی داریم که تا حد امکان تعداد بسامدهای ارسالی بطور همزمان را کاهش دهیم. همینطور بهتر است که تعداد بسامدهای ارسالی همزمان، برای تمام کدکلمه‌های معتبر یکسان باشد.باتوجه به این نکات،کد انتخاب P از N را در نظر می‌گیریم. بنابراین با انتخاب P بسامد از بین N بسامد ممکن، یک کدکلمه بدست می‌آید. با این روش $N!/(P!(N-P)!)$ کدکلمه مختلف خواهیم داشت.

قبل از ابداع علامت‌دهی نوا–لمسی، متصدیان مراکز تبادل از روش علامت‌دهی چندبسامدی انتخاب P از N بسامد، که با نام *تکانه کلیدهای چندبسامدی «امفکیپ»*[1] معروف بود، استفاده می‌کردند. در این روش از علامت دهی ۲ از ۶ استفاده می‌شد. معلوم شده بود که کارایی این کد به لحاظ قطع سخن کمتر ۱ در ۵۰۰۰ است. اما چنین میزانی از کارایی قطع سخن برای علامت‌دهی در سطح مشترکین کافی نیست. برای بهبود کارایی قطع سخن دو تدبیر را بکار می‌بریم. اول اینکه مقدار P را همان ۲ نگه می‌داریم ولی مقدار N را بسته به تعداد کدکلمه‌های مورد نیاز ۷ یا ۸ انتخاب می‌کنیم. دوم بسامدهای منتخب را از دو باند مجزا قرار می‌دهیم و این محدودیت را در تشکیل کدکلمه قائل می‌شویم که از هر باند یک بسامد باید انتخاب شود. بسامدهای چندگانه اخباره صحبت نزدیک هم قرار دارند. جداسازی نواهای لمسی در دو باند بسامدی مجزا، احتمال آنکه اخباره صحبت بتواند ترکیب نواهای لمسی را ایجاد نماید، کاهش می‌دهد. اگر تعداد بسامدهای هر یک از دو باند به ترتیب $N1,\ N2$

باشند، تعداد کدکلمه‌های معتبر $N1\times N2$ خواهد بود. با داشتن ۷ بسامد مختلف – ۴ تا در یک باند و سه تا در باند دیگر– ۱۲ اخباره متمایز برای توصیف دکمه‌های فشاری شکل ۳-۳ کافی خواهد بود. با داشتن ۸ بسامد مختلف، چهار تا در هر یک از دو باند، ۱۶ ترکیب متمایز را خواهیم داشت. از آنجا که در طرح شماره‌گیری نوا–لمسی هر نوای شماره‌گیری از مخلوط شدن دو بسامد از بین ۷ یا ۸ بسامد ممکن ایجاد می‌شود، «آیتی‌یو–تی» آن را علامت‌دهی *دونوای چندبسامدی «دیتی امف»*[2] نامگذاری کرده است.

جداسازی باندهای دو بسامد، مزایای زیر را بدنبال دارد:

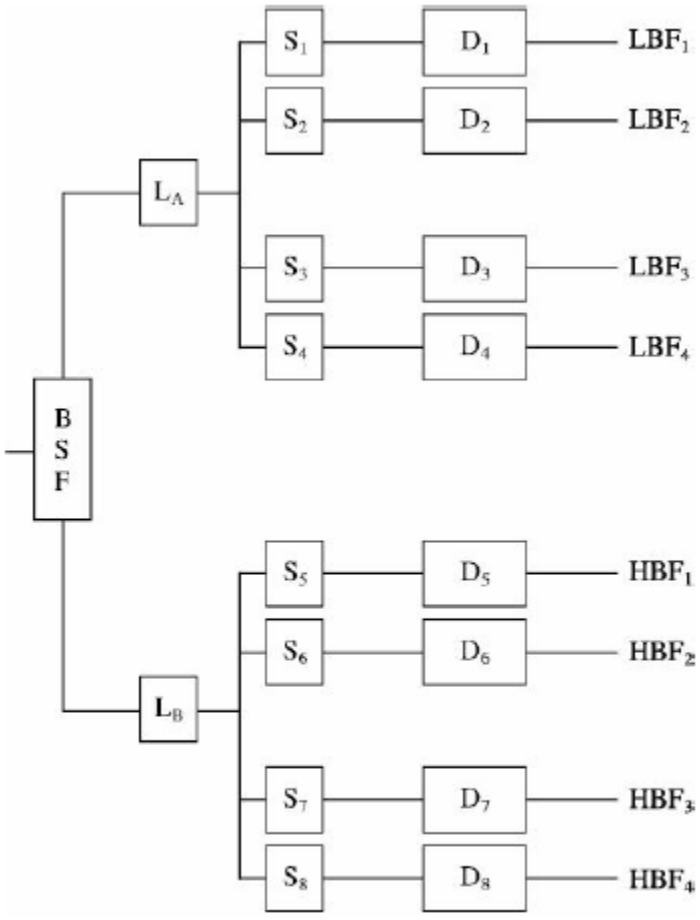
[1] MultiFrequency Key Pulsing (MFKP)
[2] Dual Tone MultiFrequency (DTMF)

۱) در سمت گیرنده پیش از تعیین دو بسامد مختص به نوا، می‌توان بمنظور جداسازی گروه‌های بسامدی بر روی باندها پالایه[فیلتر] اعمال کرد.

۲) دامنه هر مؤلفه بسامدی را می‌توان جداگانه تنظیم کرد.

۳) برای هر بسامد، می‌توان بطور مجزا از محدودکننده‌های لحظه‌ای شدید که قابلیت‌های محافظتی ارزشمندی دارند، استفاده کرد تا احتمال پاسخگویی اشتباهی به صحبت یا اخباره‌های ناخواسته دیگر را کاهش داد.

نمودار بلوکی ساده شده‌ای از یک گیرنده نوا–لمسی را در شکل ۳-۴ ملاحظه می کنید.



BSF = band separation filter HBF_1–HBF_4 = high band frequencies L_A,L_B = limiters
D_1–D_8 = detectors LBF_1–LBF_4 = low band frequencies S_1–S_8 = selector circuits

شکل ۳-۴ طرحواره گیرنده نوا–لمسی

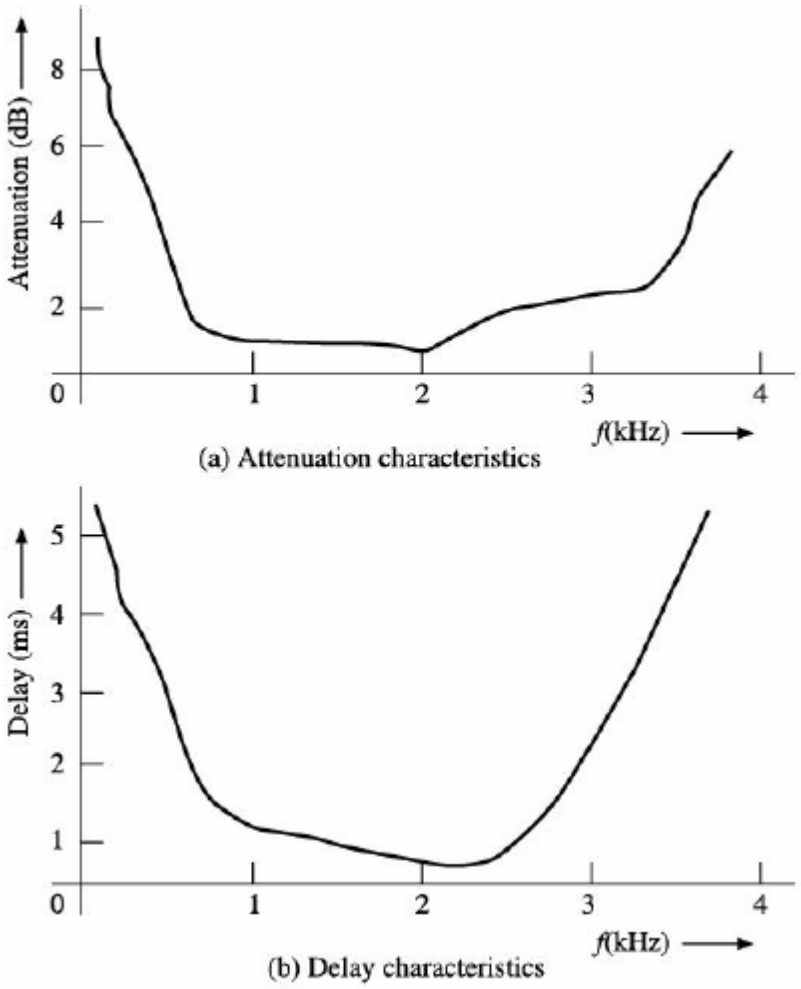
تفاوت سطح توان مؤلفه‌های بسامدی اخباره چندبسامدی وارده توسط محدودکننده‌ها برجسته خواهد شد. برای مثال اگر دو بسامد که یکی نسبت به دیگری قویتر باشد بدست محدود کننده برسد، خروجی محدودکننده در

بسامد قوی به اوج می‌رسد ولی اثر بسامد ضعیفتر در خروجی تضعیف خواهد شد. اگر توان هر دو بسامد یکسان باشند، خروجی محدود کننده هر دو بسامد را بطور یکسان عبور خواهد داد ولی سطح توان آنها خیلی کمتر از سطح اوج خواهد بود. مدارات گزینش طوری طراحی شده‌اند که اخباره‌های داخل باندی که سطح توانی بیشتر از ۲٫۵ دسی‌بل زیر سطح اوج داشته باشند، واجد شرایط شناسایی شوند. محدود کننده‌ها و مدارات گزینش با هم احتمال اشتباه اخباره صحبت را با اخباره نوا–لمسی کاهش می‌دهند. در اخباره‌های صحبت معمولاً مؤلفه‌های چندبسامدی دامنه یکسانی دارند و لذا در عبور از محدود کننده‌ها، خروجی در سطح اوج قرار نمی‌گیرد. در نتیجه مدارات گزینش آنها را به عنوان اخباره نامعتبر رد می‌کنند. بمنظور بهبود بیشتر کارایی قطع سخن، می‌توان در ورودی گیرنده نوا–لمسی بجای پالایه جداساز باند از پالایه حذف باند استفاده نمود. پالایه حذف باند اجازه می‌دهد که اخباره صحبت با پهنای باند بیشتری به محدودکننده‌ها برسند و در نتیجه احتمال تولید سطح اوج خروجی در بسامدهای نوا–لمسی را کاهش خواهد داد.

انتخاب بسامدهای علامت‌دهی نوا–لمسی با توجه به مشخصات اعوجاج تضعیف و تأخیر مدارات شبکه وراگو در باند بسامدی صوتی (۳۰۰–۳۴۰۰ هرتز) باید انجام گیرد. در شکل ۳–۵ مشخصه‌های پاسخ دامنه و تأخیر نوعی نشان داده شده است.

مطلوب این است که پاسخ دامنه مسطح با تضعیف خیلی کم و تأخیر یکنواخت و به نسبت کم باشند. با نگاهی دقیق به نمودارهای نشان داده شده در شکل ۳–۵ ملاحظه می‌شود که گستره بسامدی ۷۰۰–۲۲۰۰ هرتز چنین ویژگی‌هایی را دارد. اما در واقع گستره بسامدی انتخاب شده برای علامت‌دهی نوا–لمسی ۷۰۰–۱۷۰۰ هرتز است. هم باند پائین و هم باند بالا در این گستره تعریف شده‌اند. فاصله بسامدی تاحدودی به دقت عملی تولید بسامدها وابسته است. در دستگاه تلفن این دقت ۱٫۵٪± است. رواداری [تولرانس] مدارات گزینش هم حدود ۰٫۵٪± است که در مجموع دقت قابل قبول ۲٪± بسامد نامی بدست می‌آید. از اینرو کمینه فاصله بین دو بسامد ۴٪ درنظر گرفته می‌شود. همانطور که در شکل ۳–۳ مشاهده می‌کنید این فاصله بخاطر تسهیل رعایت فاصله‌گذاری بسامدی در گستره پهنای باند، حتی بیشتر هم در نظر گرفته شده است.

پس از تصمیم‌گیری در مورد باند بسامدی و فاصله بسامدها، مقادیر خاصی برای بسامدها انتخاب می‌کنیم تا از ایجاد تناسب‌های همسازه‌ای [هارمونیکی] ساده‌ای مثل ۱:۲ یا ۲:۳ بین دو بسامد مجاور در یک باند و یا یک زوج بسامد در دو باند متفاوت اجتناب شود. چنین انتخابی کارایی قطع سخن را بهبود خواهد داد.



شکل ۳-۵ مشخصه تضعیف و تأخیر نوعی شبکه‌های وراگویی

همانطور که قبلاً هم بیان شد، نحوه طراحی محدودکننده و مدار گزینش طوری است که احتمال قطع سخن در صداهای دارای چندبسامد با سطح توان مشابه خیلی کم است. اینگونه صداها در اثر تلفظ حروف بیصدا ایجاد می‌شوند. اما صدای حروف صدادار تک بسامدی است و تعدادی همسازه همراه آن است. با انتخاب درست بسامد نواهای علامت‌دهی، آسیب قطع سخن ناشی از حروف صدادار را می‌توان کاهش داد. نسبت بسامدهای مجاور در یک باند را ۲۱:۱۹ انتخاب می‌کنیم، یعنی تنها همسازه ۱۹ و همسازه ۲۱ این دو بسامد، هم بسامد خواهند بود. در مورد بسامدهای بین دو باند، بسامدهای واقع بر روی یک قطر در شکل ۳-۳ نسبت ۳۴:۵۹ دارند. به این ترتیب مقادیر بسامدها چنان انتخاب شده‌اند که تقریباً امکان قطع شدن سخن به علت تداخل همسازه‌ای بطور کلی برطرف شده است.

از آنجا که در اطلاعات علامت‌دهی، افزونگی کلمات و جملات صحبت دیده نمی‌شود، بهتر است سطح توان تا حد امکان زیاد باشد. در دستگاه‌های وراگو برای ارسال اخباره مرکب از هر دو بسامد، سطح توان به مقدار نامی ۱ دسی‌بل بالای ۱ هزارم وات را باید تأمین کرد. همانطور که در شکل ۳–۵ (آ) ملاحظه می‌کنید، میزان تضعیف با زیاد شدن بسامد، افزایش می‌یابد. در حادترین وضعیت، اختلاف تضعیف بین بسامدهای ۶۹۷ هرتز و ۱۶۳۳ هرتز روی حلقه مشترک به ۴ دسی‌بل می‌رسد. برای جبران این پدیده، بسامدهای باند بالا با توانی که ۳ دسی‌بل قویتر از توان بسامدهای باند پایین هستند، ارسال می‌شوند. سطح توان خروجی نامی برای باندهای بالا و پائین به ترتیب ۳٫۵ dBm– و ۰٫۵ dBm– است.

با افزایش زمان بررسی یک اخباره قبل از پذیرش آن به عنوان اخباره‌ای معتبر توسط گیرنده احتمال قطع سخن را می‌توان کاهش داد. اما بدیهی است که بدین منظور، نباید انتظار داشت که مشترک نحوه شماره‌گیری خود را تغییر بدهد و آن را طولانی‌تر کند. خوشبختانه از آنجا که سریعترین افراد هم لااقل ۲۰۰ هزارم ثابیه مکث بین فشردن دو دکمه لازم دارند، چنین فرضی ضرورت ندارد، و با طراحی مدارات تشخیص بسامد کارآمد، حتی در زمانی کمتر از آن هم، بسامدهای علامت‌دهی را با دقتی زیاد می‌توان تعیین کرد. کمینه زمان انتخاب شده برای آشکارسازی اخباره و مکث بین دو اخباره هر کدام ۴۰ هزارم ثانیه است که این زمانبندی نرخ شماره‌گیری بیش از ۱۰ رقم در ثانیه را فراهم می‌کند. در عمل مقدار میانه برای زمان شماره‌گیری یک رقم ۱۶۰ هزارم ثانیه و مقدار میانه مکث بین ارقام ۳۵۰ هزارم ثانیه بدست آمده‌اند.

شاخصه‌های انسانی و جنبه‌های سازواره‌ای طراحی مواردی مانند اندازه دکمه‌ها، فاصله بین آنها، میزان فرورفتگی دکمه با فشار، نیروی فشار دکمه، شکل شماره‌ها و آرایش دکمه‌ها را شامل می‌شوند. مشخصات زیر، حاصل برآیند مطالعات انجام شده در مورد نظرات و عملکرد کاربران همراه با ملاحظات طراحی بوده‌اند:

دکمه‌های مربعی ۳/۸ اینچی، با فواصل ۱/۴ اینچ، فرو رفتگی دکمه با فشار ۱/۸ اینچ، نیروی فشار دکمه ۱۰۰ گرم در انتهای فرورفتن دکمه، آرایه ۴×۳ از دکمه‌ها در ردیف بالا ارقام ۱ ۲ ۳ و در ردیف آخر دکمه وسط رقم۰ قرار دارند. بطور معمول، برای شماره‌گیری مجدد آخرین شماره گرفته شده از دکمه با علامت # واقع در ردیف چهارم (شکل ۳–۳ را ببینید) استفاده می‌کنیم. دکمه فشاری * برای کارکردهای ویژه در نظر گرفته شده است. در توصیه‌نامه «کیو.۲۳» «آیتی‌یو–تی» این مشخصات ذکر شده‌اند.

یکی از مزایای عمده شماره‌گیری نوا–لمسی توانایی آن در ارسال داده و راهبری دوربرد است. سامانه *ارسال داده در پاسخ به صوت «دیوا»*[1] کاربردی نیرومند از شماره‌گیری نوا–لمسی است. یک مشتری با شماره‌گیری یک شرکت هواپیمایی می‌تواند اعلانات صوتی به این صورت را دریافت کند: «برای خرید بلیط عدد ۱ را وارد کنید» و «برای اطلاعات پرواز عدد ۲ را وارد کنید». بر اساس اعلانات صوتی مشتری ارقام بعدی را شماره‌گیری می‌کند که ممکن است دستورالعمل‌های جدیدی برای شماره‌های دیگر را درپی داشته باشد. بنابراین شماره‌گیری و اعلانات صوتی در چندین سطح می‌توانند پراکنده شده باشند. سامانه «دیوا» مثال خوبی از کاربرد علامت‌دهی انتها به انتها است که تعامل بین کاربر وراگو و تأمین کننده خدمات را ایجاد می‌کند. در طراحی سامانه بر اساس «دیوا» باید به جذب مشتری و پاسخ‌های او توجهی درخور نشان داد. راهنمایی‌های زیر می‌تواند در اینباره مفید باشند:

۱) در هر مرحله اطمینان یابید که دستورالعمل کوتاه و ساده‌ای برای خروج مشتری از سامانه در اختیارش قرار داده شده است. اینکار باید خیلی زود در اعلان صوتی انجام شود. هیچ عمل دیگر را نباید با عمل خروج ادغام کرد. مثلاً از دستورالعمل‌هایی مانند ذخیره و خروج، حذف و خروج پرهیز کنید.

۲) در یک اعلان صوتی تعداد زیادی گزینه قرار ندهید. بیشتر کاربران به بیشتر از سه گزینه توجه نخواهند کرد. تعداد بیشتر گزینه‌ها موجب سردرگمی خیلی از افراد خواهد شد.

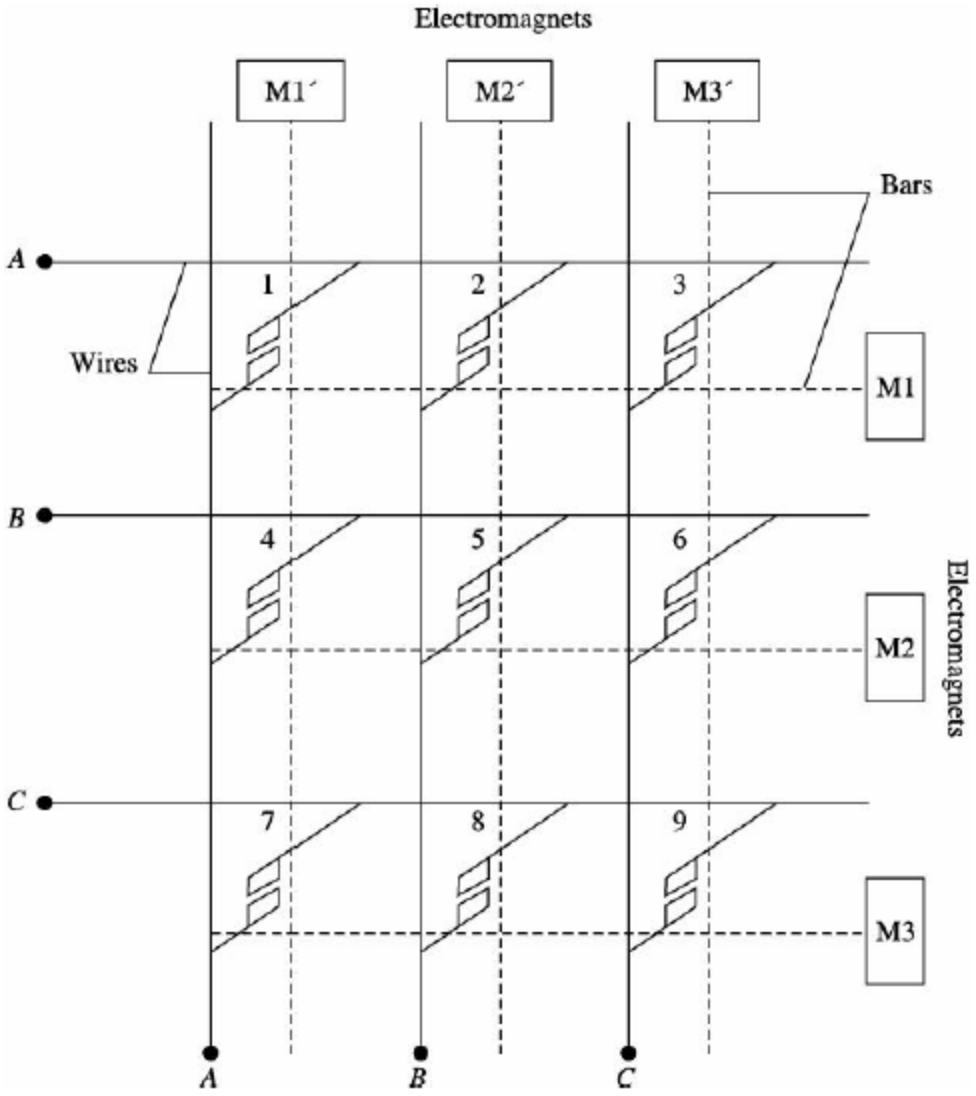
۳) به کاربر برای پاسخ دهی به اعلان صوتی فرصت کافی بدهید. بخاطر داشته باشید که کاربرانی که از وراگوی سیار استفاده می‌کنند، برای فشردن یک دکمه ناچار هستند دستگاه خود را از نزدیک گوش خود دور کنند. برای کاربرانی که وراگوی ثابت دارند، اینکار لازم نیست و می‌توانند سریعتر پاسخ خود را وارد کنند.

۴) در اعلانات صوتی از رهیافت کل به جزء استفاده کنید. کاربران باید هر چه زودتر از کلیات ویژگی‌های سامانه مطلع شوند. وقتی کاربری کار خود را با استفاده از ویژگیهای معمول به پایان رسانده و می‌خواهد از سامانه خارج شود، اگر ویژگی‌های جدیدی به او اعلان شود، دچار سردرگمی خواهد شد.

[1] Data In Voice Answer (DIVA)

۳-۳ مبانی سودهی متقاطع

ایده اصلی سودهی متقاطع فراهم ساختن یک ماتریس $n \times m$ از اتصالات است که برای انتخاب هر یک از این اتصالات فقط به $n+m$ فعال کننده یا کمتر نیاز خواهیم داشت. از آنجا که اتصالات سودهی متقاطع در یک صفحه xy آرایش یافته‌اند، این شکل از سودهی بنام سودهی مختصاتی هم شهرت دارد. در شکل ۳-۶ توصیف نموداری از ماتریس سودهی متقاطع ارائه شده است.

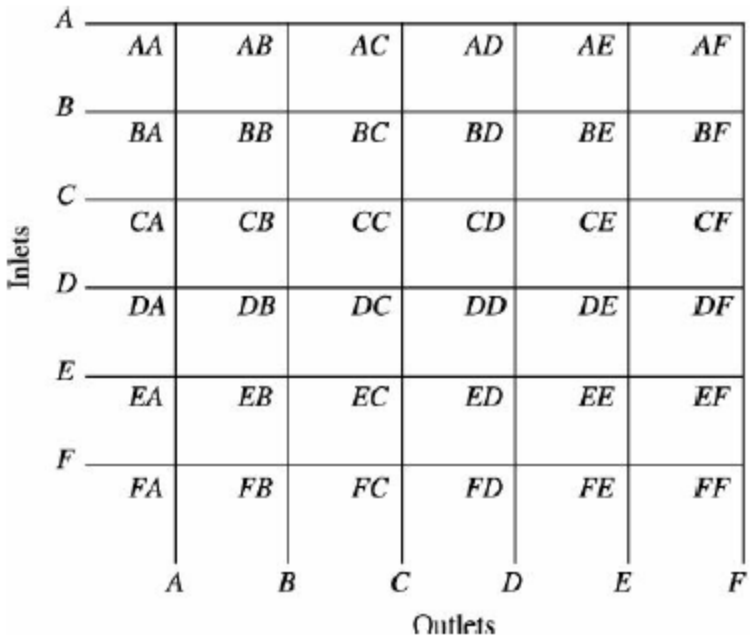


شکل ۳-۶ سودهی متقاطع

آرایه‌ای از سیم‌های افقی و عمودی با خطوط توپر نشان داده شده‌اند. مجموعه‌ای از زبانه‌های اتصال افقی و عمودی به این سیم‌ها وصل شده‌اند. نقاط اتصال به شکل یک زوج زبانه اتصال هستند. هر زوج متشکل از مخزنی

از سه یا چهار زبانه اتصال افقی و مخزنی متناظر از زبانه‌های اتصال عمودی است. یک زوج نقطه اتصال، بصورت یک کلید سودهی متقاطع عمل می‌کند و وقتی استفاده نشده باشد، زبانه‌ها از هم جدا هستند و مانند کلید باز است. به لحاظ سازواره‌ای [مکانیکی] ، نقاط اتصال بر روی مجموعه‌ای از میله‌های افقی و عمودی که بصورت خط چین نشان داده شده‌اند، نصب شده‌اند (و به لحاظ برقی عایق شده‌اند). میله‌ها هم به نوبه خود به تعدادی آهنربای برقی متصل هستند.

وقتی یک آهنربای برقی، مثلاً در جهت افقی، فعال شود، میله متصل به آن کمی می‌چرخد و زبانه‌های نقاط اتصال روی آن به زبانه روبرویی خود نزدیکتر می‌شوند ولی در واقع هنوز هیچ اتصالی رخ نداده است. حال اگر یک آهنربای برقی در جهت عمودی هم فعال شود، میله آن می‌چرخد و باعث متصل شدن زبانه‌های اتصال واقع در نقطه تقاطع دو میله چرخیده خواهد شد. این امر بخاطر نزدیک شدن زبانه‌های اتصال از هر دو طرف اتفاق می‌افتد. برای مثال اگر آهنرباهای برقی M_2, M_3' فعال شوند، اتصال در نقطه تقاطع ۶ برقرار خواهد شد و مشترک B را به مشترک C وصل می‌کند. برای درک کامل نحوه کار سوده متقاطع یک ماتریس تقاطع ۶×۶ مطابق شکل ۳-۷ را در نظر بگیرید.



شکل ۳-۷ ماتریس ۶×۶ تقاطع برای اتصال ۶ مشترک

در نمودار طرحواره‌ای، ۶ مشترک داریم که میله افقی بیانگر خطوط ورودی و میله‌های عمودی بیانگر خطوط خروجی به سوده هستند.حال فرض کنید به ترتیب می‌خواهیم ارتباطات A-C و B-E را ایجاد کنیم. ابتدا میله افقی

A فعال می‌شود. بعد میله عمودی C را فعال می‌کنیم. نقطه تقاطع AC قفل می‌شود و مکالمه بین مشترک A و C اکنون می‌تواند انجام شود. حال فرض کنید میله افقی B را برای برقرا ساختن ارتباط B-E فعال کنیم. با انجام اینکار نقطه تقاطع BC قفل شده و مشترک B روی مسیر ارتباطی A-C قرار داده می‌شود. با بکارگیری دنباله فعال‌سازی برای قفل نقاط تقاطع می‌توان این مشکل را برطرف کرد. در دنباله فعال‌سازی، شرط قفل شدن نقطه تقاطع این است که ابتدا میله افقی و سپس میله عمودی فعال شده باشند.(با تعویض ترتیب فعال شدن بصورت اول عمودی و بعد افقی هم دنباله فعال‌سازی به همان خوبی کار خواهد کرد). بدین ترتیب چون ابتدا میله عمودی C فعال شده و ترتیب دنباله فعال‌سازی رعایت نشده است، نقطه تقاطع BC قفل نخواهد شد. بمنظور برقرار کردن ارتباط B-E، پس از فعال نمودن میله افقی B، میله عمودی E را هم باید فعال کرد. ولی چون میله افقی A هم برای ایجاد ارتباط A-C فعال شده بود،نقطه تقاطع AE هم می‌تواند قفل شود. برای اجتناب از این امر، باید پس از قفل شدن نقطه اتصال اولی، میله افقی A را غیرفعال کرد و ترتیبی اتخاذ کرد که علیرغم غیر فعال شدن میله افقی، تا زمانیکه میله عمودی نقطه تقاطع فعال بماند، نقطه تقاطع هم قفل باقی بماند. بدین ترتیب چون میله افقی A بلافاصله پس از قفل شدن نقطه تقاطع AC غیرفعال می‌شود، هنگامیکه میله عمودی E برای برقراری ارتباط دوم فعال می‌شود، نقطه تقاطع AE نمی‌تواند قفل شود. بنابراین روال گام به گام برقراری یک ارتباط در سوده متقاطع را می‌توان بصورت زیر خلاصه کرد:

گام اول: میله افقی را فعال کن. گام دوم: میله عمودی را فعال کن. گام سوم: میله افقی را غیرفعال کن.

یا در صورت تعویض ترتیب افقی و عمودی در دنباله فعال‌سازی

گام اول: میله عمودی را فعال کن. گام دوم: میله افقی را فعال کن. گام سوم: میله عمودی را غیرفعال کن.

۳-٤ پیکربندی‌های سوده متقاطع

در یک پیکربندی بی‌انسداد، سوده متقاطع شامل N^2 عنصر سودهی برای N مشترک است. وقتی تمام مشترکین مشغول هستند، تنها نیمی از عناصر سودهی برای برقراری ارتباطات بکار گرفته شده‌اند. در جدول ۳-۱ مقادیر برسنجه‌های طراحی (بخش ۴-۱ را ببینید) مختلف برای ۴ سوده بی‌انسداد نشان داده شده‌اند. هزینه هر عنصر سودهی یک واحد درنظر گرفته شده است.

جدول ۳-۱ سامانه‌های سودهی متقاطع بی انسداد: برسنجه‌های طراحی

N	S	SC	EUF	C	CCI
4	16	2	0.125	16	0.5
16	256	8	0.0313	256	0.5
64	4096	32	0.0078	4096	0.5
128	16384	64	0.0039	16384	0.5

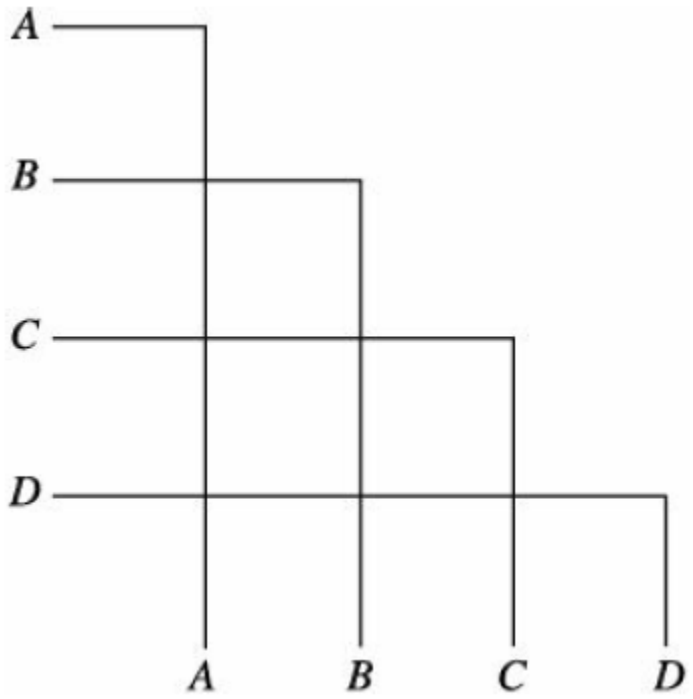
N تعداد مشترکین– S تعداد عناصر سودهی – SC ظرفیت سودهی – EUF ضریب بهره‌وری تجهیزات –

C هزینه – CCI شاخص هزینه ظرفیت

حتی اگر تعداد مشترکین N عدد متوسطی باشد، مدارات لازم برای فراهم ساختن N^2 نقطه تقاطع بقدری پیچیده است، که تحقق آن غیرعملی است. یک مرکز تبادل با ۱۰۰۰ مشترک به یک میلیون کلید سودهی متقاطع نیاز دارد. در نتیجه باید به دنبال راهکار و وسایلی باشیم تا تعداد اتصالات سودهی لازم برای تعداد مشخصی از مشترکین را کاهش دهیم. سه راهکار موفق در این زمینه عبارتند از:

۱) استفاده از تنها یک کلید سودهی متقاطع به ازاء هر زوج از مشترکین
۲) کاهش تعداد میله‌های تقاطع
۳) طراحی بر مبنای پیکربندی با انسداد

از ماتریس سودهی شکل ۳-۷، متوجه می‌شویم که برای برقراری ارتباط بین دو مشترک مشخص، بسته به اینکه کدامیک متقاضی ارتباط باشد، دو نقطه سودهی مختلف بکار گرفته می‌شوند. برای مثال وقتی مشترک C می‌خواهد با مشترک B ارتباط برقرار کند، نقطه تقاطع CB فعال خواهد شد. ولی اگر مشترک B بخواهد با مشترک C تماس بگیرد، کلید سودهی BC بکار گرفته خواهد شد. اگر دنباله فعال‌سازی را به نحو مناسبی طراحی کنیم، صرفنظر از اینکه کدامیک متقاضی بوده‌اند، هر دو این ارتباط‌ها را می‌توان با یک کلید سودهی برقرار کرد. بدین ترتیب، ماتریس تقاطع به یک ماتریس قطری با $0.5N^2$ کلید سودهی، کاهش خواهد یافت. در شکل ۳-۸ یک ماتریس تقاطع قطری را برای ۴ مشترک ملاحظه می‌کنید.

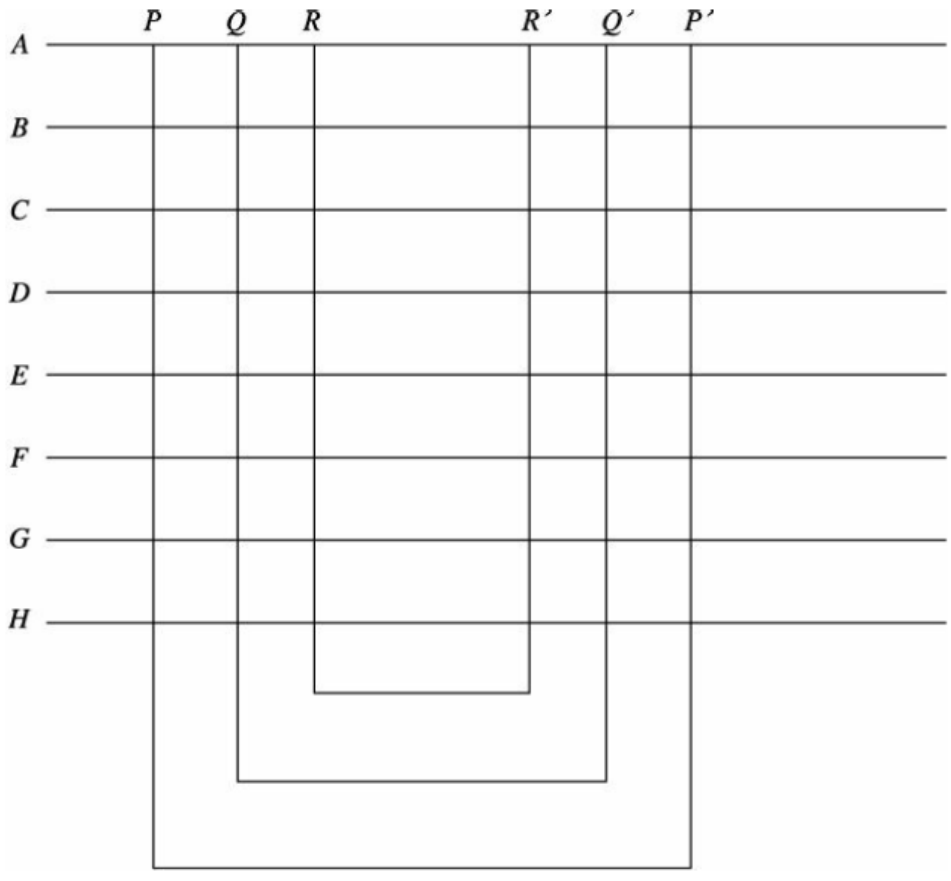


شکل ۳-۸ ماتریس تقاطع قطری برای ۴ مشترک

در ماتریس تقاطع قطری امکان اتصال خط ورودی و خط خروجی یک مشترک وجود دارد. چنین چیزی نامربوط است. بنابراین آن را حذف می‌کنیم. حال تعداد نقاط تقاطع به $N(N-1)/2$ کاهش یافته است. بد نیست یادآوری کنیم که $N(N-1)/2$ تعداد مسیرهای ارتباطی در یک شبکه کاملاً متصل است. پس سودهی با ماتریس تقاطع قطری هم کاملاً متصل خواهد بود. بدین ترتیب، میله متقاطعی که برای رعایت قاعده دنباله فعال‌سازی باید ابتدا فعال شود، بر اساس وضعیت هندسی انتخاب خواهد شد. صرفنظر از اینکه کدام طرف ارتباط متقاضی و کدام طرف مخاطب هستند، میله افقی مشترکی که موقعیت آن در راستای محور عمودی پائینتر باشد را برای گام اول فعال‌سازی انتخاب می‌کنیم. برای مثال اگر مشترک D متقاضی ارتباط باشد، ابتدا میله افقی مشترک D را در گام اول فعال می‌کنیم و در گام بعد میله عمودی مخاطب را فعال می‌کنیم. اما اگر مشترک A متقاضی ارتباط باشد، در گام اول میله افقی مخاطب را باید فعال کرد و در گام دوم میله عمودی مشترک A فعال می‌شود. البته در مثال فوق فرض بر این است که طبق قاعده دنباله فعال‌سازی در گام اول میله افقی و در گام دوم میله عمودی را باید فعال کرد. به خواننده توصیه می‌شود که دستور فعال‌سازی هندسی را وقتی که ترتیب فعال‌سازی در دنباله فعال-سازی برعکس باشد، پیدا کند.

اگر زبانه‌های اتصال دو مشترک مختلف را روی یک میله قرار دهیم و میله بتواند هم بطور ساعتگرد و هم پادساعتگرد چرخانده شود تا دو اتصال مختلف را برقرار نماید، سخت افزار میله‌های متقاطع کوچکتر خواهند شد. با چنین آرایشی تعداد میله‌های متقاطع کاهش می‌یابند ولی تعداد نقاط تقاطع تغییری نمی‌کند.

ماتریس تقاطع قطری یک پیکربندی بی‌انسداد است. حتی $N(N-1)/2$ کلید سودهی متقاطع بیشتر از تعدادی است که به لحاظ عملی قابل پیاده سازی باشند. با بکارگیری پیکربندی‌های با انسداد، تعداد کلیدهای سودهی متقاطع را می‌توان به نحو چشمگیری کاهش داد. این پیکربندی‌ها را می‌توان بطور تک مرحله‌ای و یا چند مرحله‌ای اجرا کرد. در سوده‌های متقاطع با انسداد تعداد میله‌های عمودی از تعداد مشترکین کمتر است وتعداد مکالمات همزمانی که از سوده می‌گذرند را تعیین می‌کنند. یک سوده ۸×۳ که در شکل ۳-۹ نشان داده شده است را در نظر بگیرید.



شکل ۳-۹ سوده متقاطع با انسداد

فرض کنید لازم است که بین مشترک A و B ارتباطی برقرار شود. ابتدا میله افقی مشترک A را فعال می‌کنیم. بعد یکی از میله‌های آزاد عمودی مثلاً P فعال می شود. نقطه تقاطع AP قفل می‌شود. اکنون اگر میله افقی B را

فعال سازیم، بخاطر اینکه میله عمودی P قبل از میله افقی B فعال شده است، نقطه اتصال BP قفل نخواهد شد. جهت برقراری اتصال B به A ، به یک میله عمودی دیگر که به لحاظ برقی به میله P وصل باشد، نیاز داریم. در این مثال میله 'P چنین شرایطی دارد. اگر پس از فعال کردن B، میله 'P را فعال کنیم، نقطه تقاطع 'BP قفل شده و اتصال A و B برقرار می‌شود. روال فعال‌سازی برای برقراری ارتباط A-B را می‌توان بصورت زیر خلاصه کرد:

میله افقی A را فعال کن

میله عمودی آزاد P را فعال کن

میله افقی A را غیر فعال کن

میله افقی B را فعال کن

میله عمودی 'P رافعال کن

میله افقی B را غیرفعال کن

بنابراین در سوده متقاطع با انسداد برای برقراری هر ارتباط، باید روی چهار میله عمل کرد و دو نقطه اتصال لازم داریم. تعداد نقاط تقاطع لازم در سوده برابر $2N \times SC$ خواهد بود، که N تعداد مشترکین و SC ظرفیت سوده است، یا به عبارتی تعداد مدارهای برقرار شده همزمانی که سوده می‌تواند پشتیبانی نماید. در روشی دیگر، با ایجاد تغییر در دنباله فعال‌سازی، بصورت زیر، کاری می‌کنیم که برای ایجاد ارتباط بجای دو میله عمودی، تنها به یک میله عمودی نیاز داشته باشیم:

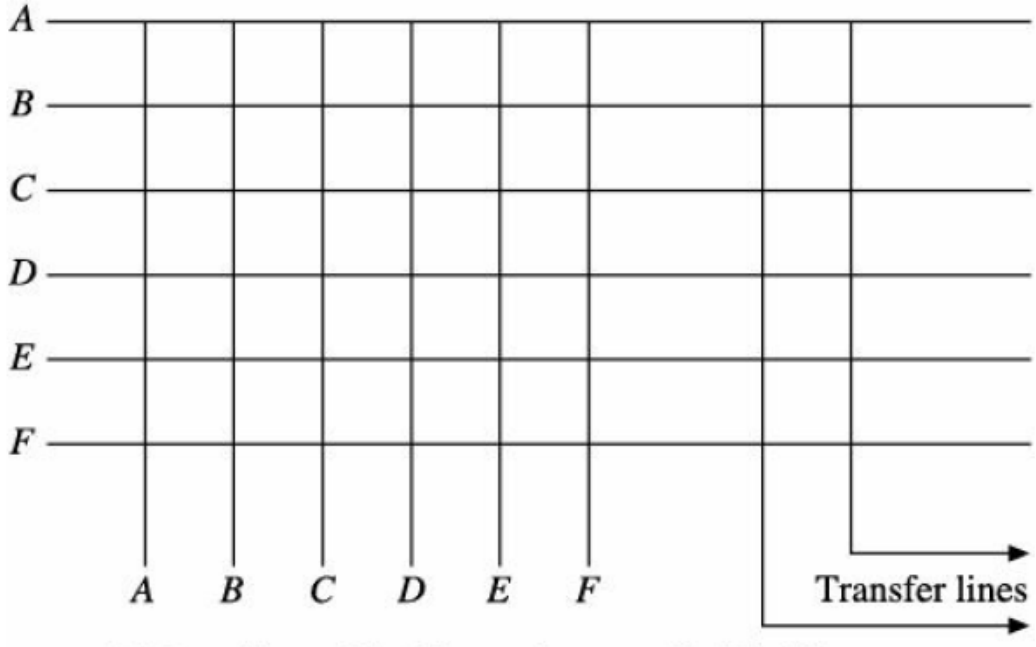
میله‌های افقی A و B را فعال کن

میله عمودی آزاد P را فعال کن

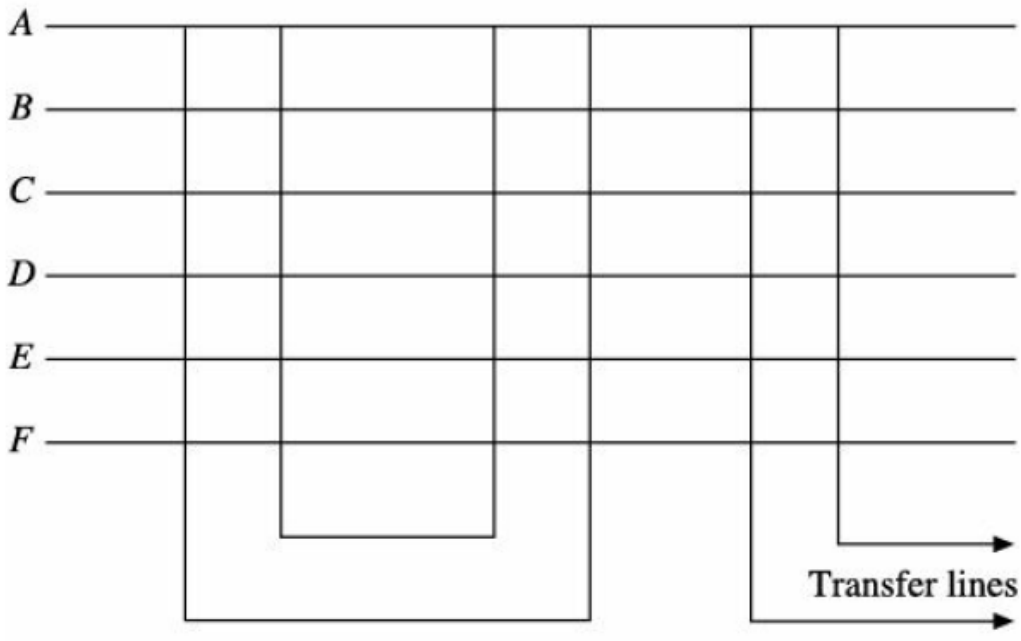
میله‌های افقی A و B را غیرفعال کن

دقت داریم که هنوز هم در این طرح به دو نقطه تقاطع، یکی در AP و دیگری در BP، برای ایجاد یک اتصال نیاز داریم.

هم در سوده بی‌انسداد و هم در سوده باانسداد متقاطع می‌توان از خطوط انتقال بهره برد. برای اینکار همانطور که در شکی ۳-۱۰ ملاحظه می‌کنید، باید چند میله عمودی و تعدادی کلید سودهی متقاطع اضافی را بکار گرفت.



(الف) بصورت محلی بی‌انسداد ولی بطور خارجی دارای انسداد



(ب) هم بصورت محلی باانسداد و هم بطور خارجی دارای انسداد

شکل ۳-۱۰ سوده‌های متقاطع با خط انتقال

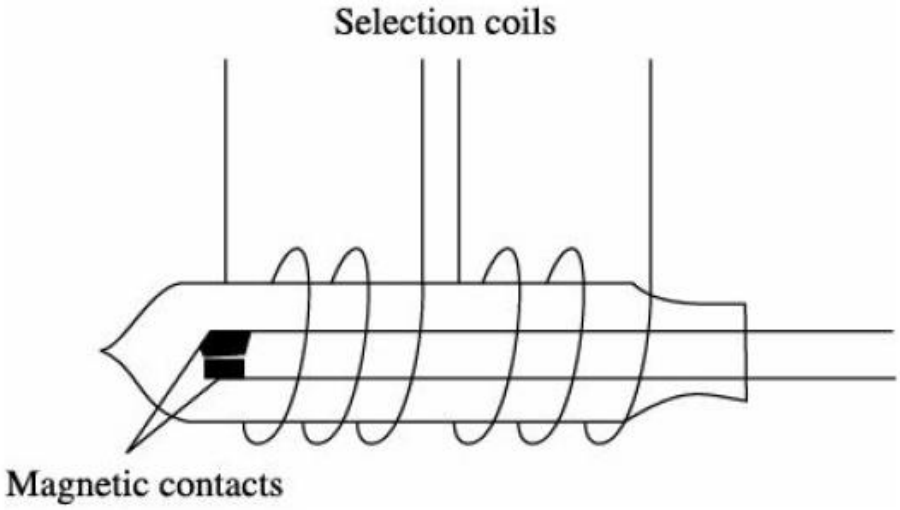
سوده نشان داده شده در شکل ۳-۱۰ (آ) بطور محلی بی‌انسداد است و دو خط انتقال دارد، ولی سوده نشان داده شده در شکل ۳-۱۰ (ب) هم بطور محلی و هم بصورت خارجی با انسداد است و از دو مکالمه همزمان داخلی و دو مکالمه همزمان خارجی می‌تواند پشتیبانی کند. تعداد کلیدهای سودهی متقاطع اولی برابر $N(N+L)$ و برای دومی برابر $N(2K+L)$است، که N تعداد مشترکین، L تعداد خطوط انتقال، و K تعداد مکالمات همزمان داخلی هستند که می‌توانند پشتیبانی شوند.

۳-۵ فناوری کلید تقاطع

کلیدهای سودهی در نقاط تقاطع، بیشترین سهم در سخت‌افزار سوده متقاطع را دارند. هزینه سامانه، متناسب با تعداد نقاط تقاطع در آن افزایش پیدا می‌کند. از اینرو، کاهش حجم و قیمت کلیدهای تقاطع بیشترین انگیزه برای پیشرفت فناوری ساخت کلیدهای نقاط تقاطع را ایجاد کرده‌اند. در طراحی کلیدهای تقاطع دو فناوری رایج‌تر هستند: برقسازه‌ای [الکترومکانیکی] و برقواره‌ای [الکترونیکی]. کلیدهای تقاطع برقسازه‌ای سودهی (قطع و وصل اتصالات) را در مدت زمان ۱-۱۰ هزارم ثانیه برای چند میلیون بار بدون فرسودگی و نیاز به تنظیم، می‌توانند انجام دهند. دو نوع اصلی کلیدهای برقسازه‌ای عبارتند از: خردکلیدها و کلیدهای زبانه‌ای. خردکلیدها از جنس فلزات گرانبها مانند پالادیوم ساخته شده‌اند تا بتوان اتصالات برقی کم صداتر را طراحی کرد. مقاومت بالای این فلزات در برابر خوردگی و طراحی دوشاخه‌ای اتصالات باعث افزایش اطمینان‌پذیری سودهی در سامانه‌های متقاطع شده است. زائده وی شکل روی زبانه‌های اتصال خردکلید، قفل شدن سازواره‌ای [مکانیکی] اتصال را ممکن می‌سازد. این کلیدها بر روی میله‌های افقی و عمودی که برای برقراری و رهاسازی اتصال حرکت داده می‌شوند، نصب شده‌اند. زمان سودهی خردکلید، بین ۸ تا ۱۰ هزارم ثانیه است.

کلیدهای زبانه‌ای برای حذف حرکت سازواره‌ای میله‌ها در سوده متقاطع و در نتیجه افزایش طول عمر سامانه سودهی توسعه پیدا کردند. همانطور که در شکل ۳-۱۱ ملاحظه می‌کنید،کلید زبانه‌ای متشکل از یک جفت اتصال زبانه‌ای از جنس یک ماده آهنربایی است که در یک محفظه شیشه‌ای محبوس شده‌اند. پوشش شیشه‌ای از زبانه‌های اتصال رسانا در برابر آلودگی خارجی محافظت می‌کند. برای برقراری اتصال، کافی است که زبانه‌ها به اندازه ۰,۲ میلیمتر جابجا شوند و این زمان سودهی سریعی به اندازه ۱ هزارم ثانیه را ایجاد می‌کند. کلید زبانه‌ای را

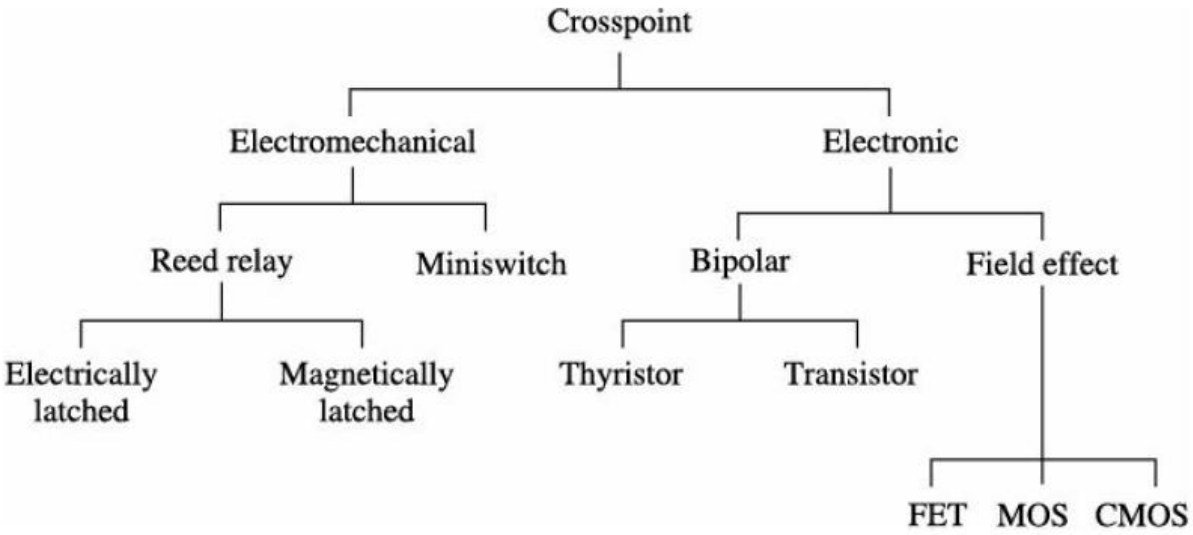
هم بصورت سازواره‌ای و هم بطور آهنربایی می‌توان قفل کرد. دو سیم‌پیچ در اطراف محفظه شیشه‌ای قرار گرفته-اند که وقتی از هر دو بطور همزمان جریان عبور کند، میدانی را ایجاد می‌کند که باعث حرکت زبانه‌های اتصال به سمت همدیگر می‌شود. وقتی بخواهیم کلید را بصورت برقی قفل کنیم، جریانی پیوسته‌ای را از یکی از سیم-پیچ‌ها تا زمانی که اتصال کلید لازم باشد، عبور می‌دهیم. قفل آهنربایی بر اساس پسماند در مواد آهنربایی انجام می‌گیرد. دو قطب آهنربایی لازم بدین منظور را می‌توان در خارج از محفظه شیشه‌ای قرار داد، یا با انتخاب جنس زبانه‌های اتصال از یک ماده آهنرباشونده [فرومغناطیس] طراحی را بصورتی انجام داد که زبانه‌های اتصال خود نقش دو قطب آهنربا را بازی کنند. در حالت اخیر کلید زبانه‌ای را بخاطر خاصیت باقی نگهداشتن میدان آهنربایی در نوار زبانه‌های اتصال، *زبانه ربا* می‌نامند. میدان آهنربایی باقیمانده در زبانه‌ها، اتصال را حتی پس از قطع جریان سیم‌پیچ‌ها بسته نگه می‌دارند.وقتی یک جریان آهنربازدایی به یکی از دو سیم‌پیچ اعمال شود، اتصال باز خواهد شد.



شکل ۳-۱۱ کلید تقاطع زبانه‌ای

ماتریس تقاطع را با گذاشتن یک کلید زبانه‌ای در هر نقطه تقاطع می‌توان ایجاد کرد. برای انتخاب هر نقطه تقاطع یکی از سیم‌پیچ‌های کلید زبانه‌ای را بطور متوالی با کلید مجاور آن در راستای عمودی و سیم‌پیچ دیگر را بطور متوالی با کلید مجاور آن در راستای افقی قرار می‌دهیم. با اعمال تکانه جریان به مدار سیم‌پیچ‌های سطر و ستون مربوطه بطور همزمان می‌توان کلید تقاطع را انتخاب کرد. در عمل، کلید زبانه‌ای هم مانند خردکلید دارای مخزنی از سه یا چهار اتصال است.

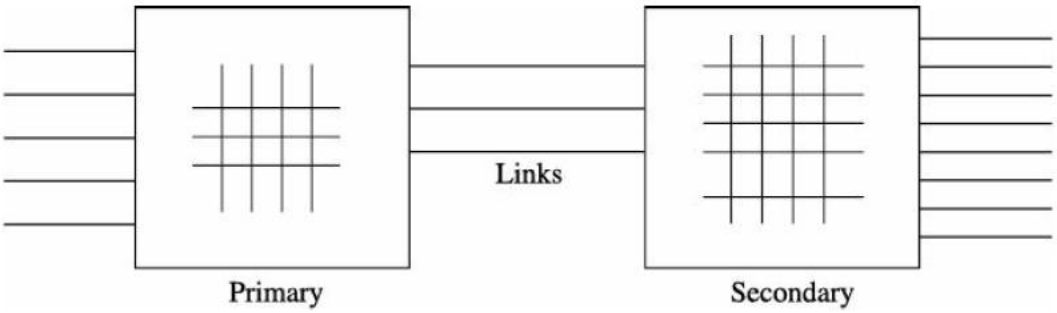
یکسوگذر [دیود] ته‌راهه [کاتد] سرد از نخستین ادوات برقواره‌ای بود که به عنوان کلید تقاطع مورد استفاده قرار گرفت. اما بخاطر مشکلات عملی در پیاده‌سازی و مشخصه انتقال نامناسب خیلی زود کنار گذاشته شد. با پیشرفت فناوری نیمه‌هادی در دهه ۶۰ میلادی کلید تقاطع تراسویی [ترانزیستوری] توسعه پیدا کردند. هر چند که کارایی آنها از کلیدهای زبانه‌ای بهتر بود ولی در آن زمان بخاطر هزینه زیاد، قابلیت رقابت به لحاظ اقتصادی را نداشتند. با اختراع مدارات مجتمع، بسیاری از مراکز تبادل خودکار خصوصی «پابکس» را با استفاده از کلیدهای تقاطع در «آیسی» می‌ساختند. اما با ورود فناوری سودهی جدا در زمان (فصل ۶ را ببینید)، کلیدهای تقاطع برقواره‌ای هیچگاه کاربرد گسترده‌ای، بخصوص در مراکز تبادل عمومی بزرگ نیافتند. در شکل ۳-۱۲ فناوری‌های کلیدتقاطع به تصویر درآمده‌اند.



شکل ۳-۱۲ فناوری‌های کلید تقاطع

۳-۶ سازماندهی مراکز تبادل متقاطع

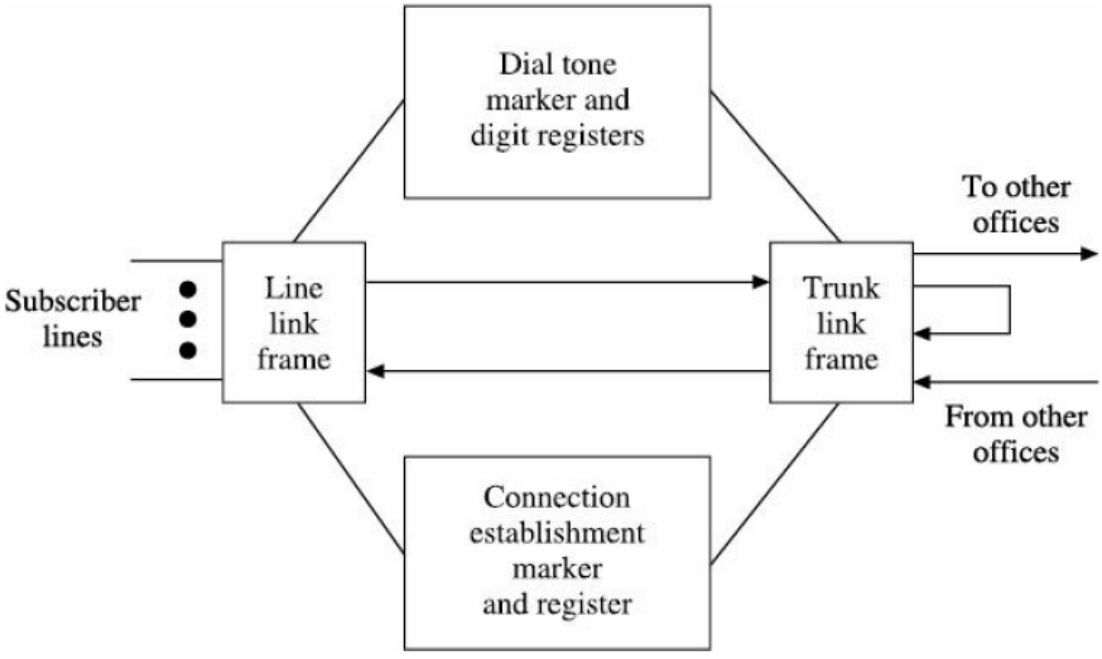
اجزاء اصلی یک مرکز تبادل متقاطع، قاب‌های پیوندی، نشانه‌گذارها و ثبات‌های راهبری هستند. قاب‌های پیوندی، همانطور که در شکل ۳-۱۳ ملاحظه می‌کنید، متشکل از تعدادی سوده‌های متقاطع که در دو مرحله بنام اولیه و ثانویه آرایش یافته‌اند و مسیرهای ارتباطی پیوند دهنده آنها هستند.



شکل ۳-۱۳ یک قاب پیوندی و راهبری آن با نشانه‌گذار

آرایش دو مرحله‌ای و مسیرهای ارتباطی بین آنها باعث افزایش تعداد خطوط خروجی به ازاء تعداد معینی از خطوط ورودی، و در نتیجه فراهم شدن قابلیت گزینش بیشتر می‌شود. در چنین وضعیتی در اصطلاح گفته می‌شود که سوده گسترش یافته است. نشانه‌گذار از طریق راهبری سوده مرحله اولیه، مرحله ثانویه و مسیرهای ارتباط بین آنها، اتصال خطوط ورودی به خطوط خروجی را ایجاد می‌کند. قاب پیوندی و دو بخش اولیه و ثانوی آن را می‌توان به عنوان پیشاهنگ سوده‌های چند مرحله‌ای دانست که در فصل چهار در موردشان بحث خواهیم کرد.

سازمان ساده‌شده‌ای از یک مرکز تبادل متقاطع را در شکل ۳-۱۴ مشاهده می‌کنید.



شکل ۳-۱۴ سازمان یک مرکز تبادل متقاطع

به قاب‌های پیوندی خطوط همراه با نشانه‌گذارها و ثبات‌های مربوطه، *واحد خط*، و به قاب‌های پیوندی تراسیم‌ها و سخت افزارشان *واحدگروه* گفته می‌شود. هر قاب پیوندی تراسیم را می‌توان به دو یا سه قاب پیوندی خطوط

تقسیم‌بندی کرد، برای مثال قاب پیوندی مرکز محلی و قاب پیوندی خطوط وارده. واحدهای خط دوسویه هستند، یعنی هم برای ایجاد و هم برای خاتمه برخوانی می‌توان از آنها استفاده کرد. این امر نسبت به طراحی سوده‌های استروگر که در آنها واحد ایجاد و خاتمه برخوانی از هم جدا و مستقل هستند، دستاوردی مهم به شمار می‌آید. گاهی به بخش ثانویه در قاب پیوندی خط، بخاطر دوسویه بودن، بخش پایانه هم گفته می‌شود. خطوط مشترکین به خطوط خروجی بخش پایانه قاب ختم می‌شوند. واحد گروهی یک اسباب یکسویه است. این واحد برخوانی‌ها را از واحدهای خط و یا مرکز تبادل دوردست دریافت می‌کند. سپس برخوانی دریافت شده را به یک واحد خط در همان مرکز تبادل و یا به مرکز دوردستی دیگر مسیردهی می‌کند. این واحد توانایی رفع و رجوع برخوانی‌های محلی، صادره، وارده، خاتمه یافته و یا ترابردی را دارد.

در یک مرکز تبادل متقاطع، پردازش برخوانی‌ها در سه مرحله انجام می‌گیرد: پیشگزینی، گزینش گروهی و گزینش خط. مرحله پیشگرینی، که توسط نشانه‌گذارهای آغازگر انجام می‌گیرد، از لحظه برداشتن گوشی توسط متقاضی شروع و تا لحظه ارسال بوق آزاد برای او توسط یک ثبات ادامه می‌یابد. در مرحله گزینش گروهی برخوانی به سمت مطلوب سودهی می‌شود. این سمت توسط کدی که مترجم مطابق آنچه در بخش ۳-۱ بیان شد، تولید می‌کند، تعیین می‌شود. در مرحله آخر که همان مرحله گزینش خط باشد، نشانه‌گذار پایانی، خط متقاضی را به خط مخاطب وصل می‌کند. راهبری خط مخاطب برعهده نشانه‌گذار پایانی است که زنگ را هم بر روی خط او ارسال می‌کند.

تمرین‌ها

۱- طرح شماره‌گذاری در شبکه وراگو باید مستقل از مسیردهی برخوانی باشد. چرا؟ دلایل پاسخ خود را بیان کنید.

۲- تفاوتهای بین راهبری مشترک و راهبری مستقیم را ذکر کنید.

۳- شش رویدادی که ممکن است در سامانه وراگو اتفاق بیفتند را فهرست کنید و کنش سامانه راهبری مشترک را در پاسخ به این رویدادها بیان کنید.

۴- زمان لازم برای شماره‌گیری یک شماره ۱۲ رقمی با وراگوی «دیتی امف» را وقتی مرکز تبادل الف) قابلیت دریافت اخباره «دیتی‌امف» را داشته باشد. ب) فقط بتواند شماره‌های تکانه‌ای را دریافت کند، محاسبه کنید. نتایج بدست آمده را با زمان لازم برای شماره‌گیر چرخان مقایسه کنید.

۵ - "نوسانات اتصال" در وراگوهای «دیتی‌امف» می‌تواند مشکل آفرین باشد. بدین معنی که در اثر قطع و وصل اتصال در اثر یکبار فشردن دکمه، فشردن آن دکمه به دفعات دریافت شود. چگونه در طراحی شماره‌گیر «دیتی-امف» این مشکل را باید حل کرد؟

۶- نشان دهید که بسامدهای همسازه برای هر دو بسامد پایه مجاور در وراگوی «دیتی‌امف» تا ۱۵همسازه اول بر روی هم منطبق نخواهند شد.

۷- اگر توان ارسالی اخباره بسامد باند پائین در یک وراگوی «دیتی‌امف» یک هزارم وات باشد، توان باند بسامدی بالا برحسب هزارم وات چقدر خواهد بود؟

۸- یک مرکز تلفن ۵۰۰۰ تایی از شماره‌گیری «دیتی‌امف» و زیرسامانه راهبری مشترک که ۱۰۰ دریافت‌کننده شماره دارد، سود می‌برد. هر دریافت کننده شماره به مدت ۵ ثانیه پردازش برخوانی یک مشترک را انجام می‌دهد. چنانچه ۲۰ درصد مشترکین بطور همزمان بخواهند مکالمه داشته باشند، بیشینه زمان معطلی یک مشترک تا لحظه دریافت بوق آزاد چقدر است؟

۹- ماتریس سودهی قطری یک مرکز تبادل از ۵۰۰ مشترک پشتیبانی می‌کند. بطور متوسط در هر روز ۱۰۰۰ برخوانی از طریق این مرکز برقرار می‌شوند. اگر اتصالات نقاط تقاطع طول عمری معادل ۱۰۰۰۰ بار قطع و وصل را داشته باشند، زمان تعویض اتصالات این مرکز را تخمین بزنید.

۱۰- تعداد نقاط تقاطع لازم برای طرح یک مرکز تبادل ۵۰۰ تایی بطور بی‌انسداد و دارای ۵۰ برخوانی گذرای همزمان، اعم از وارده یا صادره را تخمین بزنید.

۱۱- اطمینان پذیری یک کلید تقاطع تراسویی و یک تراشه از تراسوهای دوقطبی دارای ۱۰۰ کلید تقاطع را مقایسه کنید. (از داده‌های اطمینان‌پذیری معتبر درباره این دو فناوری استفاده کنید.)

۱۲- "تعداد میله‌های تقاطع را با نصب اتصالات دو مشترک بر روی یک میله می‌توان کاهش داد." آیا چنین کاری را همزمان هم روی میله‌های افقی و هم میله‌های عمودی می‌توان انجام داد؟ توضیح دهید که این طرح چگونه کار می‌کند.

۱۳- یک مرکز تبادل متقاطع باانسداد ۱۰۰۰ تایی را می‌خواهیم طراحی کنیم. اگر اوج آمدوشد تخمینی ۱۰ ارلانگ و متوسط طول مکالمه ۳ دقیقه باشد، تعداد نقاط تقاطع لازم را تخمین بزنید.

مراجع

1. AT&T, *Switching Systems*, 1961.
2. Chapnis, R.J., 100 *Years of Telephone Switching* (*1878–1978*), *Part 1: Manual and Electromechanical Switching* (*North Holland Studies in Telecommunications, Vol. 1*), North Holland, Amsterdam, 1982.
3. Talley, D., *Basic Telephone Switching Systems*, 2nd ed., Hayden, New Jersey, 1979.

لغت‌نامه انگلیسی به فارسی

A		
activator	فعال کننده	
address	نشانی	
address translation mechanism	سازوکار ترجمه نشانی	
adjustment	تنظیم	
B		
bank of contacts	مخزن اتصالات	
bar	میله	
bifurcated contact	اتصال دو شاخه	
billing	صدور قبض	
blocking switch	سوده با انسداد	
C		
call	برخوانی	فرهنگستان
call barring	منع برخوانی	
call establishment	برقراری ارتباط	
call priority	اولویت مکالمه	
call release	درخواست قطع ارتباط	
call request	درخواست برخوانی	
called subscriber	مخاطب	

calling subscriber	متقاضی	
capacity	ظرفیت	
cathode	ته راهه	پیشنهاد
charge-free	بدون هزینه	
charging	حسابنویسی	
coil widing	سیم پیچ	
command	فرمان	
common control	راهبری مشترک	
configuration	پیکربندی	
contact bounce	نوسان اتصال	
contact point	زبانه اتصال	
contamination	آلودگی	
control	راهبری	
conversation	مکالمه	
coordinated switching	سودهی مختصاتی	
corrosion	خوردگی	
corrosion resistance	مقاومت در برابر خوردگی	
Cost Capacity Index	شاخص هزینه ظرفیت	CCI
crossbar	میله متقاطع	
crosspoint	نقطه تقاطع	

crosspoint switch	کلید سودهی متقاطع	
D		
Data In Voice Answer	ارسال داده در پاسخ صوتی	DIVA
decadic push button	دکمه فشاری دهدهی	
decoder-marker	کدگشا–نشانه‌گذار	
de-energising	غیرفعال‌سازی	
demagnetization current	جریان آهنربازدایی	
diagonal	قطری	
dial tone	بوق آزاد	
diode	یکسوگذر	
direct control	راهبری مستقیم	
Director system	سامانه راهنما	
directory number	شماره راهنما	
Dual Tone MultiFrequency	دونوای چند بسامدی	DTMF
E		
electromagnet	آهنربای برقی	
electromechanical	برقسازه‌ای	پیشنهاد
electronic	برقواره‌ای	پیشنهاد
emergency line	خط تماس اضطراری	
emergency services	خدمات فوریت‌های پزشکی	
end-to-end signalling	علامت‌دهی انتها به انتها	

energising	فعال‌سازی	
energizing sequence	دنباله فعال‌سازی	
equipment number	شماره تجهیزات	
Equipment Utilization Factor	ضریب بهره وری تجهیزات	EUF
event monitoring	پایش رویداد	
exchange	مرکز تبادل	
exchange identifier	شناسه مرکز تبادل	
F		
fault	خرابی، نقص	
fault repair service line	خط یدکی تعمیرات	
fault tracing	عیب یابی	
ferromagnetic material	ماده آهنرباشونده	
filter	پالایه	
filtering	پالایش	
final translator	مترجم نهایی	
frequency	بسامد	
full availability	دسترسی کامل	
G		
group unit	واحد گروه	
H		
horizontal	افقی	

hot line	خط گرم	
human factors	شاخصه‌های انسانی	
hysteresis	پسماند	
I		
identification number	شماره شناسایی	
incoming line	خط وارده	
initial translator	مترجم اولیه	
inlet	درونگاه، خط ورود	
instruction	دستورالعمل	
insulated	عایق شده	
integrated circuit	مدار یکپارچه	
interdigit gap	مکث بین ارقام	
interexchange signalling	علامت‌دهی بین مراکز تبادل	
J		
K		
L		
latch	قفل شدن	
line category	رسته خط	
line unit	واحد خط	

link frame	قاب پیوندی	
logical number	شماره مجازی	
M		
maintenance	نگهداری	
marker	نشانه گذار	
map-in-memory	نگاشت در حافظه	
map-in-network	نگاشت در شبکه	
mechanical	سازواره‌ای	
mechanism	سازوکار	
median	میانه	
miniswitch	خرد کلید	
mobile user	کاربر وراگوی سیار	
monitoring	پایش	
multiexchange network	شبکه چند تبادلی	
multifrequency dialing	شماره‌گیری چند بسامدی	
MultiFrequency Key Pulsing	تکانه کلید چندبسامدی	MFKP
N		
no dialing call	برخوانی بدون شماره‌گیری	
nonblocking	بی‌انسداد	
notch	زائده، بریدگی	
numbering scheme	شکل شماره‌ها	

O		
off-hook	برداشتن گوشی	
office code translator	مترجم کد اداره	
originating marker	نشانه‌گذار آغازگر	
outgoing line	خط صادره	
outlet	برونگاه، خط خروج	
outlet assignment	تخصیص برونگاه	
overload	اضافه باری	
P		
parameter	برسنجه	پیشنهاد
physical number	شماره واقعی	
preselection	پیشگزینی	
priority-call subscriber	مشترک اولویت دار	
Private Automatic Branch eXchange	مرکز تبادل خودکار خصوصی	PABX
pulse dialing	شماره‌گیری تکانه‌ای	
push button	دکمه فشاری	
Q		
R		
redundancy	افزونگی	
reed relay	کلید زبانه‌ای	

register	ثبات	
register finder	ثبات‌یاب	
relay	کلید بازفرست	
remote control	راهبری دوربرد	
reservation	جاگیری	
ring	زنگ	
routing	مسیریابی	
S		
selective circuitry	مدارات گزینش	
selectivity	قابلیت گزینش	
selector	گزینشگر	
self-routing	خودمسیردهی	
semiconductor	نیمه هادی	
signal	اخباره	
signalling	علامت دهی	
stored program control	راهبری برنامه‌پذیر	
stroke length	فرورفتگی	
subscriber	مشترک	
subscriber line	خط مشترک	
subscriber line identifier	شناسه خط مشترک	

subscriber loop	حلقه مشترک	
subscriber uniselector scheme	طرح تک‌گزینشگری مشترک	
supervisory	نظارت	
switch	سوده	فرهنگستان
switching	سودهی	فرهنگستان
switching capacity	ظرفیت سوسازی	
switching elements	عناصر سودهی	
switching matrix	ماتریس سودهی	
T		
talk-off	قطع سخن	
tariff	تعرفه	
technician	فنورز	
telephone	وراگو	پیشنهاد
terminating marker	نشانه‌گذار پایانی	
time division switching	سودهی جدا در زمان	
tolerance	زیاد و کم، رواداری	
toll-free connection	ارتباط رایگان	
top-down approach	رهیافت کل به جزء	
topology	همبندی	
touch tone dial	شماره گیر نوا–لمسی	

transfer line	خط انتقال	
transistor	تراسو	
transit call	برخوانی ترابردی	
trunk	تراسیم	
trunk junctor	اتصال دهنده تراسیم	
two-motion selector	گزینشگر دو حرکتی	
two-way	دو سویه	
U		
unidirectional	یکسویه	
uniform numbering	شماره‌گذاری یکنواخت	
V		
vertical	عمودی	
voice announcement	اعلانات صوتی	
voice frequency band	باند بسامد صوتی	
W		
wear and tear	فرسودگی و سایش	
X		
Y		
Z		

لغت‌نامه فارسی به انگلیسی

الف		
اتصال دو شاخه	bifurcated contact	
اتصال دهنده تراسیم	trunk junctor	
اخباره	signal	
ارتباط رایگان	toll-free connection	
ارسال داده در پاسخ صوتی	Data In Voice Answer	DIVA
اضافه باری	overload	
اعلانات صوتی	voice announcement	
افزونگی	redundancy	
افقی	horizontal	
آلودگی	contamination	
اولویت مکالمه	call priority	
آهنربای برقی	electromagnet	
ب		

باند بسامد صوتی	voice frequency band	
بدون هزینه	charge-free	
برخوانی	call	فرهنگستان
برخوانی بدون شماره‌گیری	no dialing call	
برخوانی ترابردی	transit call	
برداشتن گوشی	off-hook	
برسنجه	parameter	پیشنهاد
برقراری ارتباط	call establishment	
برقسازه‌ای	electromechanical	پیشنهاد
برقواره‌ای	electronic	پیشنهاد
برونگاه، خط خروج	outlet	
بسامد	frequency	
بوق آزاد	dial tone	
بی‌انسداد	nonblocking	
پ		
پالایش	filtering	
پالایه	filter	
پایش	monitoring	
پایش رویداد	event monitoring	
پسماند	hysteresis	

پیشگزینی	preselection	
پیکربندی	configuration	
ت		
تخصیص برونگاه	outlet assignment	
تراسو	transistor	
تراسیم	trunk	
تعرفه	tariff	
تکانه کلید چندبسامدی	MultiFrequency Key Pulsing	MFKP
تنظیم	adjustment	
ته راهه	cathode	پیشنهاد
ث		
ثبات	register	
ثبات‌یاب	register finder	
ج		
جاگیری	reservation	
جریان آهنربازدایی	demagnetization current	
چ		
ح		
حسابنویسی	charging	

حلقه مشترک	subscriber loop	
خ		
خدمات فوریت‌های پزشکی	emergency services	
خرابی، نقص	fault	
خرد کلید	miniswitch	
خط انتقال	transfer line	
خط تماس اضطراری	emergency line	
خط خروج، برونگاه	outlet	
حط صادره	outgoing line	
خط گرم	hot line	
خط مشترک	subscriber line	
خط وارده	incoming line	
خط ورود	inlet	
خط یدکی تعمیرات	fault repair service line	
خودمسیردهی	self-routing	
خوردگی	corrosion	
دال		
درخواست برخوانی	call request	
درخواست قطع ارتباط	call release	
دسترسی کامل	full availability	

دستورالعمل	instruction	
دکمه فشاری	push button	
دکمه فشاری دهدهی	decadic push button	
دنباله فعال‌سازی	energizing sequence	
دو سویه	two-way	
دونوای چند بسامدی	Dual Tone MultiFrequency	DTMF
ذال		
ر		
راهبری	control	
راهبری برنامه‌پذیر	stored program control	
راهبری دوربرد	remote control	
راهبری مستقیم	direct control	
راهبری مشترک	common control	
رسته خط	line category	
رهیافت کل به جزء	top-down approach	
ز		
زائده، بریدگی	notch	
زبانه اتصال	contact point	
زبانه ربا	remreed	

زنگ	ring	
زیاد و کم، رواداری	tolerance	
ژ		
سین		
سازواره‌ای	mechanical	
سازوکار	mechanism	
سازوکار ترجمه نشانی	address translation mechanism	
سامانه راهنما	Director system	
سوده	switch	فرهنگستان
سوده با انسداد	blocking switch	
سوده متقاطع	crossbar switch	
سودهی	switching	فرهنگستان
سودهی جدا در زمان	time division switching	
سودهی مختصاتی	coordinated switching	
سیم پیچ	coil widing	
شین		
شاخص هزینه ظرفیت	Cost Capacity Index	CCI
شاخصه‌های انسانی	human factors	
شبکه چند تبادلی	multiexchange network	

شکل شماره‌ها	numbering scheme	
شماره راهنما	directory number	
شماره تجهیزات	equipment number	
شماره شناسایی	identification number	
شماره مجازی	logical number	
شماره واقعی	physical number	
شماره‌گذاری یکنواخت	uniform numbering	
شماره گیر نوا–لمسی	touch tone dial	
شماره‌گیری تکانه‌ای	pulse dialing	
شماره گیری چندبسامدی	multifrequency dialing	
شناسه خط مشترک	subscriber line identifier	
شناسه مرکز تبادل	exchange identifier	
صاد		
صدور قبض	billing	
ضاد		
ضریب بهره وری تجهیزات	Equipment Utilization Factor	EUF
طا		
طرح تک‌گزینشگری مشترک	subscriber uniselector scheme	
طرح شماره‌گذاری	numbering plan	
ظا		

ظرفیت	capacity	
ظرفیت سودهی	switching capacity	
عین		
عایق شده	insulated	
علامت دهی	signalling	
علامت‌دهی انتها به انتها	end-to-end signalling	
علامت‌دهی بین مراکز تبادل	interexchange signalling	
عمودی	vertical	
عناصر سودهی	switching elements	
عیب یابی	fault tracing	
غین		
غیرفعال‌سازی	de-energising	
ف		
فرسودگی و سایش	wear and tear	
فرمان	command	
فرورفتگی	stroke length	
فعال‌سازی	energising	
فعال کننده	activator	
فنورز	technician	
قاف		

قاب پیوندی	link frame	
قابلیت گزینش	selectivity	
قطری	diaginal	
قطع سخن	talk-off	
قفل شدن	latch	
کاف		
کاربر وراگوی سیار	mobile user	
کدگشا–نشانه‌گذار	decoder-marker	
کلید بازفرست	relay	
کلید زبانه‌ای	reed relay	
کلید سودهی متقاطع	crosspoint switch	
گاف		
گزینشگر	selector	
گزینشگر دو حرکتی	two-motion selector	
لام		
میم		
ماتریس سودهی	switching matrix	
ماده آهنرباشونده	ferromagnetic material	
مترجم اولیه	initial translator	

مترجم کد اداره	office code translator	
مترجم نهایی	final translator	
متقاضی	calling subscriber	
مخاطب	called subscriber	
مخزن اتصالات	bank of contacts	
مدارات گزینش	selective circuitry	
مدار یکپارچه	integrated circuit	
مرکز تبادل	exchange	
مرکز تبادل خودکار خصوصی	Private Automatic Branch eXchange	PABX
مسیریابی	routing	
مشترک	subscriber	
مشترک اولویت دار	priority-call subscriber	
مقاومت در برابر خوردگی	corrosion resistance	
مکالمه	conversation	
مکث بین ارقام	interdigit gap	
منع برخوانی	call barring	
میانه	median	
میله	bar	
میله متقاطع	crossbar	
نون		

نشانه گذار	marker	
نشانه‌گذار آغازگر	originating marker	
نشانه‌گذار پایانی	terminating marker	
نشانی	address	
نظارت	supervisory	
نقطه تقاطع	crosspoint	
نگاشت در حافظه	map-in-memory	
نگاشت در شبکه	map-in-network	
نگهداری	maintenance	
نوسان اتصال	contact bounce	
نیمه هادی	semiconductor	
واو		
واحد خط	line unit	
واحد گروه	group unit	
وراگو	telephone	پیشنهاد
ه		
همبندی	topology	
ی		
یکسوگذر	diode	
یکسویه	unidirectional	

جدول اختصارات

A		
B		
C		
CCI	دوسیا	Cost Capacity Index
D		
DIVA	دیوا	Data In Voice Answer
DTMF	دیتی امف	Dual Tone MultiFrequency
E		
EUF		Equipment Utilization Factor
F		
G		
H		
I		
IC	آیسی	Integrated Circuit

ISD	آیسدی	International Subscriber Dialling
ITU-T	آیتیو-تی	International Telecommunication Union-Teresstrial
J		
L		
M		
MFKP	امفکیپ	MultiFrequency Key Pulsing
N		
O		
P		
PABX	پابکس	Private Automatic Branch eXchange
Q		
R		
S		
SC	اسسی	Switching Capacity
STD	استیدی	Subscriber Trunking Dialig
T		

U		
V		
W		
X		
Y		
Z		