بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه آزاد واحد تهران مرکزی

عنوان :

بررسی شبکه‌های میان‌ارتباطی چندسطحی‌کوانتمی

پروژه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی برق – الکترونیک

استاد راهنما : آقای دکتر صباغی

استاد مشاور : آقای دکتر کاشانی‌نیا

دانشجو: سمیرا زارعی

Islamic Azad University Central Tehran Branch

M.Sc.Thesis

The research of Quantum Interconnection Networks

By:

Samira Zarei

Supervisor:

Dr. Reza Sabbaghy

Advisor:

Dr. Alireza Kashaniniya

September 2012

سپاسگذاری

بر خود لازم می دانم سپاس و قدردانی صمیمانه خود را از زحمات تمام کسانی که در انجام این پروژه مرا یاری کردند ابراز نمایم.

تقدیم به:

تمام آنان که دوستشان دارم

فهرست مطالب

چکیده فارسی ۱
۱فصل‌اول: مقدمه ۲
۲فصل‌دوم ٤
۲-۱مقدمه : ٤
۲-۲مروری بر شبکه‌های میان‌ارتباطی چندسطحی ٥
۲-۲-۱همبندی ارتباطی : ٥
۲-۲-۲مسیریابی : ۷
۲-۳شبکه‌های چندسطحی یک‌سویه ۱۰
۲-٤شبکه های چند سطحی دو سویه : ۱۳
۲-٥مسیردهی در شبکه‌های چندسطحی ۱٤
۲-٥-۱خود مسیریابی در شبکه‌های زیر مجموعه بانیان ۱٤
۲-٥-۲مسیریابی چرخشی در شبکه پروانه‌ای : ۱٥
۲-٦برخی از ویژگی‌های مسیریابی چرخشی : ۱۸
۲-٦-۱محاسبه طول مسیر در شبکه پروانه‌ای دوسویه : ۱۹
۲-٦-۲بررسی شباهت شبکه پروانه‌ای دوسویه با شبکه درخت پهن : ۲۰
۳فصل‌سوم ۲٥
۳-۱مقدمه ۲۲
۳-۲مقدمات محاسبات کوانتمی : ۲۳
۳-۳تاریخچه محاسبات کوانتومی ۲٤
۳-٤اصول محاسبات کوانتومی ۲٥
۳-٤-۱کیوبیت‌ها ۲٥
۳-٤-۲ضرب تنسوری داده‌های کوانتمی : ۲۷
۳-٥گیت‌های کوانتومی ۲۸
۳-٦مدارات کوانتمی : ۳۱
۳-۷روش‌های ساخت ادوات کوانتمی : ۳۲
۳-۸ترکیب مدارات کوانتمی : ۳٥
٤فصل چهارم ٤٥
٤-۱مقدمه : ٤٥
٤-۲بررسی مطالعات پیشین : ٤٦
٤-۳تعریف راهگزین‌کوانتمی ٥۱
٤-٤ساختار مداری بیت کنترلی : ٥٤
٤-٥بهینه‌کردن ساختار راهگزین با استفاده از کیوبیت معتبر (V-Qubit): ٥۷

٤-٦شبکه کوانتمی پروانه‌ای : ٦٠
٤-٧مقایسه شبکه یک سویه و دوسویه پروانه‌ای: ٦٨
٥فصل پنجم..... ٨١
٥-١مقدمه : ٧٠
٥-٢تعریف QCA : ٧١
٥-٣المان‌های منطقی : ٧٢
٥-٣-١گیت اکثریت : ٧٢
٥-٣-٢سیم ٩٠ درجه: ٧٣
٥-٣-٣سیم راست ٤٥ درجه: ٧٣
٤-٥زمان بندی..... ٧٤
٥-٥شبیه‌سازی یک راهگزین 2×2 : ٧٤
٥-٦شبیه‌سازی یک راهگزین 2×2 با استفاده از تکنولوژی QCA : ٧٩
٦فصل ششم..... ٨٤
٦-١خلاصه نتایج :..... ٨٤
٦-٢کارهای آتی : ٨٦
٧مراجع..... ٨٧
چکیده انگلیسی ٩٠

فهرست شکل‌ها

شکل ۲-۱ همبندی های متنوع در شبکه های روی تراشه : (الف) شبکه های مستقیم توری(ب) شبکه مستقیم مدور تاخورده (ج) شبکه غیرمستقیم منظم پروانه (د) شبکه غیرمستقیم و غیرمنظم مبتنی بر راهگزین ٦
شکل ۲-۲ چهار نوع مختلف از راهگزین های ٤×٤ (الف)راهگزین ٤×٤ یک سویه (ب) راهگزین٤×٤باتأخیر۲ (ج)راهگزین ٤×٤ دوسویه (د)راهگزین ٤×٤ با دو کانال مجازی ۸
شکل ۲-۳ الگوهای ارتباطی ممکن در یک راهگزین دوسویه ٤×٤ (الف) حرکت به جلو (ب) برچسب‌های داخلی (ج) چرخش ۱۸۰ ..... ۹
شکل ۲-٤ طبقه‌بندی از شبکه‌های میان‌ارتباطی..... ۱۰
شکل ۲-٥ شبکه پروانه ای یک سویه با ۸ گره ۱۱
شکل ۲-٦ شبکه پروانه‌ای دو سویه ۱۳
شکل ۲-۷ الگوریتم مسیریابی چرخشی که در هر راهگزین در سطح j انجام می‌شود..... ۱٦
شکل ۲-۸ مثالی از مسیریابی چرخشی ۱۷
شکل ۲-۹ شبکه‌های با در نظر گرفتن کوتاهترین مسیرهای چندگانه (الف) مقدار t=۱ وتعداد کوتاهترین مسیر ۲ (ب) مقدار t=۲ و تعداد کوتاهترین مسیر ٤ ..... ۱۹
شکل ۲-۱۰ مقایسه ساختار (الف) شبکه پروانه‌ای با ۸ گره و(ب) همبندی معادل آن با حذف آخرین سطح از سمت راست ۱۹
شکل ۲-۱۱مقایسه شبکه پروانه‌ای با شبکه درخت پهن (الف) شبکه پروانه ای دو سویه با ۱٦ گره (ب) شبکه درخت پهن با۱٦ گره..... ۲۰
شکل ۳-۱ فضای بلاچ برای بیان کردن موقعیت کوانتم بیت ۲٦
شکل ۳-۲شماتیک مداری گیت‌های کوانتمی (الف) گیت فینمن (ب) گیت تافلی(ج) گیت جابجاکننده (د) گیت فردکین..... ۳۱
شکل ۳-۳محاسبات کوانتمی که با مدارهای کوانتمی مدل شده است ۳۱
شکل ۳-٤سه مدار متفاوت از یک تمام جمع‌کننده..... ۳۲
شکل ۳-٥ اندازه‌گیر کوانتمی ۳۲
شکل ۳-٦ دستگاه به دام اندازی یون..... ۳۳
شکل ۳-۷ شکستن پرتوبا تابش اشعه و تولید فوتون ۳٤
شکل ۳-۸ ساخت ادوات کوانتمی با لیزر ۳٤
شکل ۳-۹ منحنی هزینه گیت کوانتمی در مقابل تعداد ورودی های ثابت..... ٤۳
شکل ۳-۱۰ سنتز مدار (الف) با چهار خروجی مطلوب (ب) همان مدار با دو خروجی‌مازاد..... ٤۳
شکل ۳-۱۱ (الف)معادل سازی تافلی گیت با میزان تأخیر٥ (ب)مثال مداری باعمق مداری۸ وتأخیر۱۲ ..... ٤٤
شکل ٤-۱ درهم‌تنیدگی بسته‌های کوانتمی..... ٥۱
شکل ٤-۲ گیت هادامارد..... ٥۱
شکل ٤-۳ راهگزین کوانتمی(الف)ساختار مدار کوانتمی و سمبل مداری(ب) حالت تقاطع (ج)حالت گذر..... ٥۲
شکل ٤-٤ شبکه پروانه‌ای 8×8 با راهگزین‌های 2×2 ..... ٥۳
شکل ٤-٥ نمای یک راهگزین کوانتمی (الف) مدار بیت کنترلی آن (ب) مدار معادل کوانتمی آن..... ٥٥
شکل ٤-٦ (الف) مدار کوانتمی راهگزین با استفاده از کیوبیت های معتبر(ب) سمبل مداری این راهگزین ٥۹
شکل ٤-۷ زیرشبکه 4×4 از شبکه پروانه‌ای..... ٦۱
شکل ٤-۸ مدل شبکه پروانه‌ای یک سویه کوانتمی با ارسال اطلاعات..... ٦۳
شکل ٥-۱پلاریزاسیون سلول QCA (الف) حالت باینری صفر $P=-1$ (ب) حالت باینری یک $P=+1$ ۷۱

شکل ۵-۲اثر کلمبی یک سلول بر سلول مجاور ۷۲
شکل ۵-۳گیت اکثریت a,b,c ورودی، fخروجی ۷۳
شکل ۵-٤ سیم راست ٤۵ درجه ۷۳
شکل ۵-۵ چهار ناحیه زمان بندی در QCA..... ۷٤
شکل ۵-٦ دیاگرام منطقی یک راهگزین 2×2 با استفاده از دو مالتی پلکسر ۷٦
شکل ۵-۷ (الف) جانمایی مدار یک راهگزین 2×2 (ب) شکل سیگنال خروجی راهگزین با نرخ نمونه برداری۵۰۰۰۰.. ۷۸
شکل ۵-۸ (الف) جانمایی مدار گیت فردکین (ب) شکل سیگنال خروجی راهگزین با نرخ نمونه برداری۵۰۰۰۰ ..... ۸۱

فهرست جدول‌ها :

جدول ۲-۱ جایگشت‌های مختلف در الگوهای ارتباطی شبکه‌های چند سطحی ۱۲
جدول ۲-۲ توصیف همبندی‌های مختلف در شبکه های چندسطحی با استفاده ازجایگشت‌های جدول ۱-۱ ..... ۱۳
جدول ۳-۱ پنج روش متفاوت جهت پیاده‌سازی یک تمام جمع‌کننده کوانتمی ۳۷
جدول ۳-۲ تعداد ترانزیستورها و وزن گیت های معکوس پذیر در تکنولوژیdual-line CMOS ۳۹
جدول ۳-۳ شش نمونه از گیت‌های کوانتمی معروف، اندازه، هزینه و سمبل مداری ۴۰
جدول ۳-٤ هزینه گیت‌های کوانتمی که ترکیبی $C^m NOT$ ٤۲
جدول ٤-۱ مشخص کردن مقدار کیوبیت کنترلی با استفاده از آدرس بسته‌ها و معتبر بودن آنها ۵۸
جدول ٤-۲ هزینه و تعداد گیت های مدار کوانتمی راهگزین..... ٦٦
جدول ٤-۳ مقایسه پارامترهای شبکه‌های پروانه‌ای یک سویه و دوسویه ٦۹
جدول ۵-۱ جدول درستی گیت اکثریت ۷۳
جدول ۵-۲ جدول درستی راهگزین پیاده سازی شده با استفاده از مالتی پلکسر ۷۵
جدول ۵-۳جدول درستی راهگزین پیاده سازی شده با استفاده از فردکین گیت ۷۹
جدول ۵-٤جدول مقایسه ویژگی‌های راهگزین‌های مطرح شده با QCA ۸۲
جدول ۵-۵جدول مقایسه ویژگی های شبکه های ساخته شده با استفاده از فردکین تکنولوژی QCA ۸۳

چکیده

پیشرفت‌های تحقیقاتی که در چند دهه اخیر در مباحث نانو و کوانتم صورت گرفته است اهمیت وکاربردی بودن آن‌ها را در طراحی مدارات معکوس‌پذیر و منطقی بیشتر کرده است. از طرفی با کاهش ابعاد مدارات و کاهش توان مصرفی، طراحی مدارات با محدودیت‌های بسیاری در استفاده از ساختارهای ارتباطی معمول روبرو است. جهت رفع این محدودیت‌ها در طراحی‌های اخیر گرایش به تلفیق ساختارهای جدیدی مانند ساختارهای کوانتمی و مدارات کلاسیک پیدا شده است. استفاده از ویژگی‌های کوانتمی نظیر موازی‌سازی، جمع‌آثار، درهم‌تنیدگی کوانتمی که همتای کلاسیک ندارند این حوزه را به منبع فیزیکی مهمی در بسیاری از محاسبات تبدیل‌کرده است.

در این پایان‌نامه مدل‌سازی کوانتمی شبکه‌های میان‌ارتباطی چندسطحی مورد بررسی قرار گرفته است. ابزارهای محاسباتی کلاسیک می‌توانند الگوریتم‌ها و مدارات توصیف کننده آنها را مدل سازی کنند ولی شبیه‌سازی‌های کامپیوتری قادر به پیاده سازی موازی‌سازی های ذاتی الگوریتم‌های کوانتمی نیستند. با درنظر داشتن این نکات، هدف ما تعریف شبکه میان‌ارتباطی پروانه‌ای دوسویه و مقایسه آن با مدل پروانه‌ای یک‌سویه در حیطه کوانتم است. سپس به توصیف برخی از معیارهای سنتز گیت‌های کوانتمی نظیر هزینه، عمق مدار، تأخیر، تعداد ورودی‌های ثابت وتعداد خروجی‌های مازاد می‌پردازیم که درحیطه شبکه‌های میان‌ارتباطی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند و تاکنون برای شبکه‌های کوانتمی مورد بحث و بررسی قرار نگرفته‌اند. در پایان، از شبیه‌سازی برای مدل‌سازی این راهگزین استفاده می‌کنیم و به بررسی ویژگی‌های حاصل از شبیه‌سازی آن می‌پردازیم.

کلمات کلیدی : شبکه‌های میان‌ارتباطی چندسطحی، محاسبات کوانتمی، گیت کوانتمی، شبکه‌های یک‌سویه و دوسویه، هزینه گیت، میزان عمق، تأخیر در مدار، سلول کوانتمی، QCA.

۱ فصل اول : مقدمه و چشم انداز کلی

مقدمه

محاسبات کوانتمی[۱] روش جدیدی از پردازش اطلاعات است که بر مبنای مفاهیم مکانیک کوانتمی[۲] بنا شده, روابط و ویژگی‌های خاص خود را داراست و منجر به رخدادهای عجیب و قدرتمندی در حوزه کوانتم می‌شود[۳-۱]. هرچند رایانه‌های کاملاً عملی کوانتمی هنوز ساخته نشده‌اند اما آینده محاسبات کوانتمی بسیار روشن می‌نماید. رایانه‌های کوانتمی قادر خواهند بود مسائل مختلفی را طی چند ثانیه تا چند روز حل کنند که ابررایانه‌های امروزی برای حل آنها به سال‌ها زمان نیاز دارد. افزایش سرعت قابل توجه محاسبات کوانتمی در عملیاتی نظیر رمزنگاری داده‌ها[۳] و الگوریتم‌های جستجو درخور توجه است.

دانشمندان امیدوارند با کمک رایانه‌های کوانتمی بتوانند به شبیه‌سازی پدیده‌هایی بپردازند که پیش از این به دلیل ضعف قدرت پردازش و محاسبه رایانه‌ها امکان شبیه‌سازی آنها وجود نداشت. اگرچه برخی از ابزارهای محاسباتی کلاسیک می‌توانند الگوریتم‌ها و مدارهای کوانتمی توصیف‌کننده‌ی آنها را مدل‌سازی کنند ولی شبیه‌سازی‌های کامپیوتری کلاسیک قادر به پیاده‌سازی موازی‌سازی[۴] ذاتی الگوریتم‌های کوانتمی نیستند. در سال‌های اخیر تلاش‌های انجام شده همگی در این راستا بوده‌اند که بتوانند ویژگی‌های کوانتمی نظیر موازی‌سازی، جمع‌آثار[۵] ، درهم‌تنیدگی[۶] را با نظریه‌های کلاسیک ترکیب کنند و این زمینه تشکیل دهنده اصول پایه‌ای برای آینده محاسبات کوانتمی خواهد بود.

ایده اصلی این پایان‌نامه ترکیب مفاهیم کوانتمی موجود با ساختار شبکه‌های میان ارتباطی کلاسیک است که منجر به تعریف یک شبکه میان‌ارتباطی کوانتمی می‌شود. سپس این شبکه را در دو ساختار یک سویه و دوسویه طراحی می‌کنیم که هرکدام از این مدل‌ها ویژگی‌های مسیریابی و همبندی خاصی دارند. نکته‌ای که باید مورد توجه قرار گیرد این است که ساختار شبکه‌های تعریف شده حتماً باید معکوس‌پذیر باشند یعنی دارای تعداد ورودی - خروجی‌های مساوی باشند تا بتوان از راهگزین‌های

---

[۱] Quantum computation
[۲] Quantum mechanic
[۳] Cryptography
[۴] Parallelism
[۵] Superposition
[۶] Entanglement

معکوس‌پذیر در طراحی آنها استفاده کرد. از دیگر نوآوری‌های این کار بیان مقایسه ویژگی‌هایی است که برای سنتز مدارات و گیت‌های کوانتمی استفاده می‌شود. معیار ارزیابی در مدارات کوانتمی و تعیین کارایی آنها بر اساس هزینه[۱] گیت‌های پایه، عمق مدار [۲]، تأخیر [۳] ،تعداد ورودی‌های ثابت [٤] وتعداد خروجی‌های مازاد [٥] است[٤]. ساختار راهگزین‌های میان‌ارتباطی با استفاده از مدارات کوانتمی پایه‌ای طراحی می‌شود لذا تمامی موارد سنتز قابل تعمیم به مدارات شبکه‌های میان‌ارتباطی بوده, با فرمول‌های ریاضی حاکم بر آنها ارائه می‌شود. برخی از پارامترها جهت بررسی کارایی مدارات ساده‌تر بیان شده‌اند که اینجا بسط داده می‌شوند. تاکنون در این حیطه کاری مشابه انجام نشده است.

پیکربندی نوشتاری این پایان‌نامه به این ترتیب است که در فصل‌دوم به معرفی شبکه‌های میان‌ارتباطی چند سطحی و بیان مشخصات نظیر همبندی، مسیریابی آنها می‌پردازیم. فصل‌سوم شامل تعاریف کاملی از مفاهیم پایه‌ای و محاسبات کوانتمی خواهد بود و سپس معیارهای سنجش مدارهای کوانتمی بیان می‌شوند که به عنوان فاکتورهای مهمی در طراحی گیت‌ها و مدارات کوانتمی مورد استفاده قرار می‌گیرند. ابتدای فصل‌چهارم توضیحات مطالعات پیشین در حیطه شبکه‌های کوانتمی است البته با توجه به اینکه زمینه کاری شبکه‌های کوانتمی به عنوان موضوعی است که طی چندسال گذشته در حیطه مطالعات دقیق قرارگرفته است, لذا مراجع زیادی در این زمینه یافت نمی‌شود. موارد موجود در پیشینه کاری شبکه های کوانتمی در طرح ایده اصلی موثر واقع شده‌اند. بررسی نقاط قوت و ضعف کارهای موجود و روند تعیین کار اصلی در این قسمت بیان می‌شود در ادامه طراحی ساختار یک راهگزین کوانتمی برای شبکه‌های پروانه‌ای یک سویه و دوسویه و ارائه جدول محاسبات در ادامه این فصل ارائه می‌شود. در فصل پنجم از شبیه‌سازQCADesigner جهت شبیه‌سازی دو مدل راهگزین کوانتمی استفاده شده است، با توجه به نتایج حاصل از شبیه‌سازی مقایسه بین ویژگی‌های این دو راهگزین در شبکه‌های میان‌ارتباطی انجام شده است. درفصل پایانی جمع‌بندی کلی از مطالب عنوان شده و پیشنهادات و کارهای آتی ارائه شده است.

[۱] Cost
[۲] Depth
[۳] Delay
[٤] Constant input
[٥] Garbage output

۲ فصل دوم

۲-۱ مقدمه :

در این فصل ابتدا مقدماتی از شبکه های میان ارتباطی چند سطحی بیان می‌شود. توضیحاتی در مورد انواع همبندی‌ها در شبکه ارائه می‌شود، در ادامه ساختار انواع راهگزین‌هایی که در شبکه‌های میان ارتباطی چند سطحی استفاده می‌شوند توضیحاتی ارائه می‌شود. ساختار شبکه‌های میان ارتباطی یک سویه و دوسویه و الگوریتم مسیریابی و ویژگی‌های آن‌ها بیان می‌شود که جهت مقایسه این دو ساختار در فصل‌های بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲-۲ مروری بر شبکه‌های میان‌ارتباطی چندسطحی

شبکه‌های میان‌ارتباطی چند سطحی[۱] (MINs) امکان اتصال بین ورودی‌ها و خروجی‌های شبکه را از طریق سطوحی از راهگزین[۲]ها فراهم می‌کند. تعداد سطوح هر شبکه و همچنین الگوی ارتباطی بین دو سطح مجاور از راهگزین‌ها نوع همبندی شبکه و ویژگی‌های آن را مشخص می‌کند. این نوع شبکه‌ها در ابتدا در مراکز تلفن و سپس در ساخت کامپیوترهای موازی مقیاس‌پذیر[۳] (SPCs) و همچنین پردازنده‌های آرایه‌ای کاربرد دارند[۵]. کامپیوترهای موازی بر اساس حافظه‌هایی ساخته می‌شوند که از تعداد زیادی گره تشکیل شده اند و هر گره واحد پردازشگر مختص خود را دارد. عوامل مختلفی می‌توانند معیار مقایسه شبکه‌ها باشند نظیر میزان تأخیر، نوع بسته‌ها، مقیاس‌پذیری و... که میزان تأخیر انتشار مهمترین آنها می‌باشد. در ادامه برخی از ویژگی‌ها و تعاریف خاص مطرح شده در این زمینه را به اختصار توضیح می‌دهیم:

۲-۲-۱ همبندی ارتباطی :

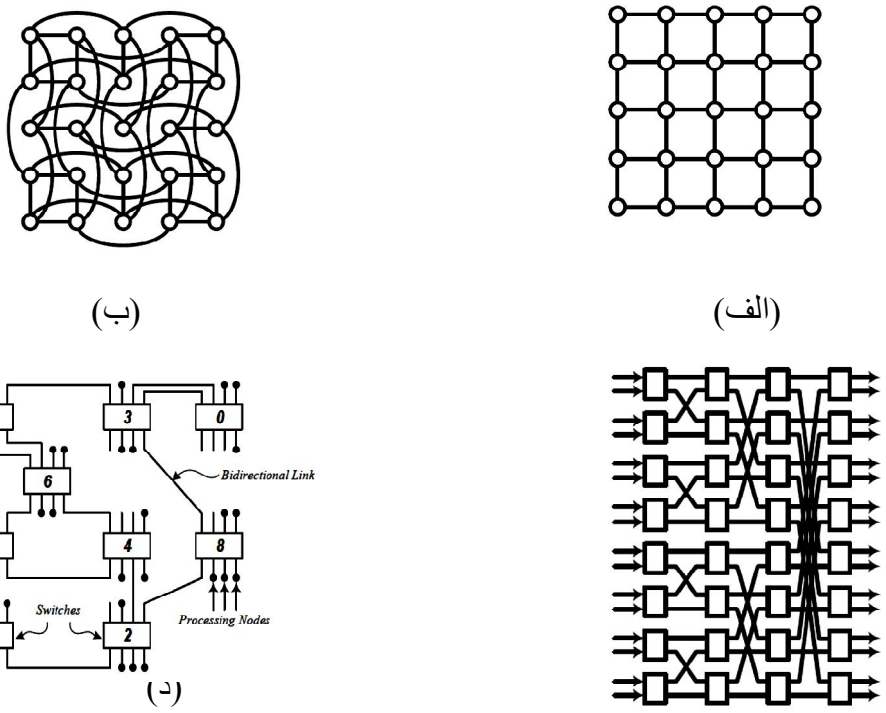
این بخش جزء کلیدی در طراحی سیستم‌های چند پردازنده‌ای است. مقبولیت همبندی‌ها بر اساس سادگی، کم‌هزینه بون و مقیاس پذیری بالای آنهاست. همبندی شبکه توصیف کننده نحوه چینش یال‌ها و گره‌ها در گراف متناظر آن می باشد. انتخاب همبندی، اولین گام در طراحی شبکه است. زیرا مسیریابی[٤] و سیاست کنترل جریان[٥] به شدت وابسته به الگوی ارتباطی بین مسیریاب‌ها است. انتخاب مناسب بستر ارتباطی می تواند با هدف تأمین نیاز ارتباطی برای یک کاربرد خاص باشد[٦]. یک همبندی را نمی‌توان از همه جهات بهینه معرفی کرد. بلکه برای هرکاربرد باتوجه به محدودیت‌ها و نیازمندی‌های ارتباطی، بایستی همبندی مناسبی انتخاب شود.

همبندی شبکه‌های میان‌ارتباطی به دو دسته مستقیم[٦] وغیرمستقیم[٧] تقسیم می‌شود. در شبکه‌های مستقیم هر راهگزین از طریق یک واسط به مسیریابی در شبکه متصل می‌شود و الگوی ارتباطی میان مسیریاب‌ها همبندی شبکه را تعیین می‌کند [٥].

---

[۱] Multistage interconnection networks(MINs)
[۲] Switch
[۳] Scalable parallel computers
[٤] Routing
[٥] Flow control strategy
[٦] Direct networks
[٧] Indirect networks

شبکه‌های غیرمستقیم یا شبکه‌های مبتنی بر راهگزین[۱] دسته دیگری از شبکه‌های میان‌ارتباطی هستند که درآنها ارتباط بین راهگزین‌های مبدأ و مقصد از طریق تعدادی راهگزین میانی فراهم می‌شود. بنابراین در این ساختار مسیرهای متعددی بین دو گره وجود دارند. این شبکه‌ها با همبندی منظم در پردازنده‌های آرایه‌ای[۲] کاربرد دارند. گونه دیگری از این شبکه‌ها الگوی منظمی ندارند و کاربرد آن‌ها محدود به طراحی سیستم‌های خاص منظوره است[۷][۵]. نمونه‌هایی از همبندی‌های متنوع در شبکه‌های میان‌ارتباطی در شکل۲-۱ نشان داده شده‌اند. تفاوت اصلی شبکه‌های مستقیم و غیرمستقیم، پیچیدگی عملکرد مسیریاب‌ها (در شبکه‌های مستقیم) و راهگزین‌ها (در شبکه‌های غیرمستقیم) می‌باشد، که هریک عملکرد دیگری را پوشش می‌دهد. الگوریتم مسیریابی تعیین می‌کند که پیام‌ها چه مسیری را از مبدأ تا مقصد بپیمایند. درحالی‌که سیاست راهگزینی مشخص می‌کند که پیام اطلاعاتی چگونه مسیریاب را طی کند[۸].



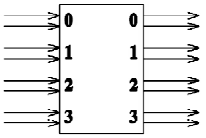
شکل ۲-۱ همبندی های متنوع در شبکه های روی تراشه : (الف)شبکه های مستقیم توری(ب)شبکه مستقیم مدور تاخورده[۳]
(ج)شبکه غیرمستقیم منظم پروانه (د)شبکه غیرمستقیم و غیرمنظم مبتنی بر راهگزین[۵]

[۱] Switch-based network
[۲] Vector processors
[۳] Folded torus

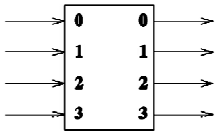
۲-۲-۲ مسیریابی :

الگوریتم مسیریابی، مسیریاب‌هایی را که بسته اطلاعاتی بایستی از مبدأ به مقصد بپیماید را تعیین می‌کند. در مسیریابی شبکه‌های میان‌ارتباطی مسائلی نظیر تطبیق پذیری[۱]، نبود بن بست[۲] و یافتن کوتاهترین مسیر[۳] مطرح هستند.

شبکه‌ای که چندین مسیر حداقل بین دوگره که بیش از یکگام یکدیگر فاصله دارند، فراهم می‌کند نسبت به شبکه‌ای که تنها یک مسیر حداقل بین آن گره‌ها دارد مقاوم‌تر است. این ویژگی مسیرهای چندگانه[۴] نام دارد[۹]. در ادامه ساختار چهار راهگزین اصلی را بررسی می‌کنیم که باعث ایجاد چهار تقسیم بندی از شبکه‌های میان ارتباطی می‌شوند. این راهگزین‌ها تماماً $k \times k$ هستند که در آنها k مضربی از عدد ۲ است که بطور معمول ۲ یا ٤ انتخاب می‌شوند. شکل۲-۲(الف) یک راهگزین یک سویه[۵] را نشان می‌دهد که بطور متداول در انواع شبکه‌ها استفاده می‌شود. شکل۲-۲(ب) یک راهگزین یک‌سویه با تأخیر است که براساس الگوریتم مسیردهی بسته‌ها می‌توانند بطور همزمان از هریک از این d کانال عبور کنند. ایده استفاده از یک کانال برای چند بسته باعث تعریف راهگزین‌ها با کانال‌های مجازی[۶] شده است مطابق شکل ۱(ج) که در آن دو کانال مجازی از یک کانال حقیقی در یک زمان استفاده می‌کنند. هر کانال مجازی مسیر داده و کنترل خاص خودش را دارد این راهگزین‌ها همه یک سویه هستند.

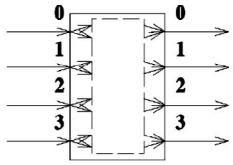


(ب)

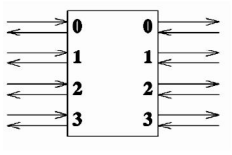


(الف)

[۱] Adaptivity
[۲] Deadlock
[۳] Shortest path
[٤] Multipath
[٥] Unidirectional
[٥] Virtual channel



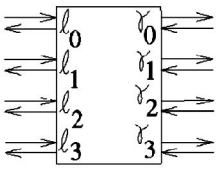
(د)



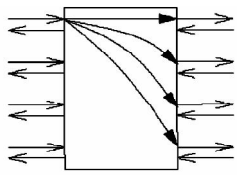
(ج)

شکل ۲-۲ چهار نوع مختلف از راهگزین های ٤×٤ (الف)راهگزین ٤×٤ یک سویه (ب) راهگزین٤×٤باتأخیر ۲ (ج)راهگزین ٤×٤ دوسویه (د)راهگزین ٤×٤ با دو کانال مجازی[۱۰]

شکل۲-۲(د) نشان دهنده یک راهگزین دوسویه[۱] است که در نماد ظاهری آن از دو کانال در دو جهت مخالف استفاده می‌شود. شبکه‌هایی که با استفاده از هریک از این راهگزین‌ها ساخته می‌شود به همان نام نامیده می‌شوند برای مثال VMINs[۲] شبکه‌های با کانال مجازی هستند و یا BMINs[۳] شبکه‌های دوسویه نام دارند. مطابق شکل۲-۳ (الف) در یک راهگزین $k \times k$ ورودی‌های سمت چپ با l_i و ورودی‌های سمت راست با γ_i برچسب خورده‌اند که $0 \le i \le k-1$ است. مطابق شکل ۲-۳ برای یک راهگزین دوسویه سه نوع حرکت نشان داده شده است: حرکت به جلو، حرکت به عقب و چرخش[٤] ۱۸۰ درجه. در حرکت به جلو پورت ورودی l_i به پورت خروجی γ_j متصل می‌شود برای $0 \le i$ و $j \le k-2$ و در حرکت به عقب پورت γ_i به پورت خروجی l_j متصل می‌شود برای $0 \le i$ و $j \le k-1$ و در چرخش ۱۸۰ درجه ورودی l_i به پورت خروجی γ_j از همان پورت متصل می‌شود برای $0 \le i \ne j \le k-1$ در ادامه هرجا بحث از کانال می‌شود منظور ما کانال دو جهته خواهد بود[۱۰].

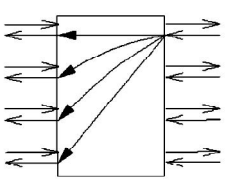


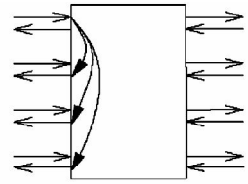
(ب)



(الف)

[۱] Two directional
[۲] Virtual Multistage Interconnection Network
[۳] Bidirectional Multistage Interconnection Network
[٤] Turnaround





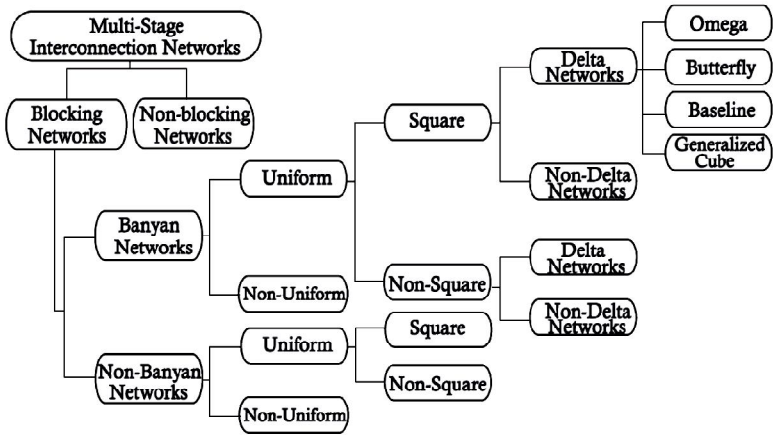
(د) (ج)

شکل ۲-۳ الگوهای ارتباطی ممکن در یک راهگزین دوسویه ٤×٤ (الف) حرکت به جلو (ب) برچسب‌های داخلی (ج)چرخش ۱۸۰ درجه (د)حرکت به عقب [۱۰]

در یک شبکه میان‌ارتباطی چندسطحی N×N با راهگزین‌های $k \times k$ ارسال اطلاعات از هرگره ورودی به هر گره خروجی بشرطی امکان پذیر است که شبکه حداقل از $\log_K N$ سطح راهگزین تشکیل شده باشد.

شبکه های بانیان[۱] دسته‌هایی از شبکه‌های میان‌ارتباطی هستند که بین هر زوج ورودی- خروجی فقط یک مسیر[۲] منحصربفرد دارد این تعریف شامل طیف وسیعی از الگوهای میان‌ارتباطی می‌شود. همانطورکه از شکل۲-٤ پیداست شبکه دلتا[۳] زیر مجموعه وسیعی از بانیان است که در آن k^n گره از طریق n سطح راهگزین $k \times k$ به یکدیگر متصل می‌شوند. در هر سطح $\frac{N}{k}$ راهگزین قرار دارد. شبکه‌های پروانه [٤] ، امگا [٥] و بسیاری دیگر نمونه‌هایی از شبکه دلتا هستند[٥].

[۱] Banyan
[۲] Single Path
[۳] Delta
[٤] Butterfly
[٥] Omega



شکل ۲-٤ طبقه‌بندی از شبکه‌های میان‌ارتباطی[٥]

اثبات شده که هزینه شبکه چند سطحی زمانی بهینه است که تعداد درگاه‌های ورودی و خروجی راهگزین‌ها مساوی باشند[۱۱]، به عبارت دیگر، در شبکه‌ای که تعداد گره‌های ورودی و خروجی برابر دارد، هزینه حداقل است. مطابق آنچه در قبل بیان کردیم شبکه‌های چند سطحی بر اساس ساختار راهگزین‌ها و کانال‌ها به دو دسته یک‌سویه و دوسویه تقسیم می‌شوند.

۲-۳ شبکه‌های چندسطحی یک‌سویه :

در این مدل جریان داده‌ها در تمامی کانال‌ها و راهگزین‌ها تنها از مبدأ به مقصد می‌باشد. این مدل شبکه از راهگزین‌های $k \times k$ تشکیل شده که رابطه زیر در آنها حاکم است:

$$C_0(N)G_0(N/K)C_1(N)...C_{n-1}(N)G_{n-1}(N/K)C_n(N) \qquad (۱-۲)$$

در رابطه فوق G_i اشاره به سطح iام دارد و C_i نحوه ارتباط سطح iام را بیان می‌کند.