چکیده

Spacewire استانداردی برای لینکهایی با سرعت بالا و شبکه های مورد استفاده در فضا پیماهای دور برد است .

این پروتکل به صورت گسترده در بیشتر ماموریت های فضایی که توسط ESA، NASA و JAXA انجام شده مورد استفاده قرار گرفته است .

اطلاعات برنامه های کاربردی روی لینکهای Spacewire در بسته های مجزا ارسال میشوند . اطلاعات زمان وجریان هم میتوان روی این لینکها ارسال کرد.

Spacewire در کمیته اروپایی استانداردگذاری فضا با استاندارد ECSS-E50-12A تعریف شده است

اهداف استاندارد Spacewire در زیر آمده است:

- آسان کردن ساختار سیستمهای بررسی داده دوربرد با کارایی بالا[۱]
- کمک به کاهش هزینه های سیستم یکپارچه
- بهبود سازش میان تجهیزات بررسی داده[۲] و زیر سیستمها[۳]
- تشویق به استفاده دوباره از تجهیزات بررسی داده در ماموریتهای مختلف

استفاده از استاندارد Spacewire تضمین میکند که تجهیزات هم در سطح اجزا[۴]و هم در سطح زیرسیستمها سازگار هستند.بخشهای پردازش ، بخشهای حافظه انبوه[۵]وسیستمهای اندازه گیری از راه دوردر مسیر روبه پائین[۶] از واسطه های گسترش یافته Spacewire به آسانی برای انجام یک ماموریت استفاده میکنند.

- کاهش هزینه توسعه(ارزانتر)
- کاهش مقیاسهای زمانی [۷]توسعه(سریعتر)
- بهبود قابلیت اطمینان(بهتر)
- افزایش تعداد کارهای علمی که میتوانند با بودجه محدود انجام شوند(بیشتر)

لینکهای Spacewire اضافی در شبکه میتوانند اضافه شود تا پهنای باند بیشتریا تحمل شکست[۸]بالاتر فراهم شود .

---

۱ High-performance onboard data system

۲ Handling data

3Subsystems

4Component

۵ Mass memory

۶Down-link

۷Timescale

8Fault

استاندارد SPACEWIRE

Spacewire برای پاسخ به نیاز لینکهای دیتا با سرعت بالا در کاربردهای فضایی گسترش یافت.بسیاری از لینکهای تجاری برای کاربردهای فضایی که غالبا مشخصه های ارزشمندی دارند و باعث بالارفتن هزینه اجرایی میشوند، پیچیده هستند .ویژگی های اصلی این استاندارد در زیر آمده است:

- سرعت بالا-توانایی فعالیت با سرعت 200 Mbits/s برای فاصله های بالای ۱۰ متر
- کاملا دو سوی همزمان[۱]،دو طرفه[۲] ،لینکهای متقارن[۳] کنترل جریان و ترکیب شبکه را ساده تر میکنند.
- سادگی- در تکنولوژیهای FPGA یا ASIC به آسانی قابل اجراست
- تعداد کم گیت [۴]- قابلیت پیاده سازی سخت افزاری فقط برای سیستمهای ساده وجود دارد.هر لینک واسطه بین 5k تا 10kگیتنیاز دارد.
- میزان ظرفیت [۵]-در قسمتهایی که نیاز است لینکهای بیشتری میتوانند اضافه شوند تا پهنای باند بیشتری بدست آید. آید.
- اشتراک پهنای باند – اگر بیش از یک لینک آماده به کار بین دو نقطه پایانی وجود داشته باشد ، پهنای باند مجموع دو لینک میتواند بین همه بسته های جاری بین دو نقطه پایانی به اشتراک گذاشته شود.
- قدرت تحمل نقص [۶] –جاییکه پهنای باند اشتراکی مورد استفاده قرار میگیرد اگر یکی از لینکها بر اثر عواملی مانند ترافیک قطع شود سپس سایر لینکها فورا وصل شده و شروع به حمل همه بسته های جاری بین دو نقطه پایانی خواهند کرد.این موضوع یک مفهوم ساده از قدرت تحمل نقص و افت مجاز [۷]در سیستمهای spacewire بیان میکند. میکند.
- آزادی در انتخاب توپولوژی[۸]– هر فرمی از ساختار شبکه میتواند با این استاندارد پیاده سازی شود: bus،ring،tree،.... محدودیتی برای توپولوژی شبکه وجود ندارد.لینکها باید در قسمتی اضافه شوند که نیاز به پهنای باند اضافی وجود دارد یا قدرت تحمل شکست سیستم را بالا میبرد.
- حامل پروتکل [۹]- پروتکلهای سطح بالا مثل TCP/IP قابل حمل هستند.
- کارایی خوب EMC– در زمان استفاده از (LVDS) و کابلهای حفاظت شده تابش امواج کم خواهد بود و تشعشع خوبی بدست خواهد آمد.

---

[1] Fullduplex

[2] Bi-directional

[3] Symmetric

[۴] Low gate count

[۵] Scalable

[۶] Fault tolerance

[۷] Graceful degradation

[۸] Free topological

[۹] Protocol carrier

- کدهای زمانی[1]:توزیع اطلاعات زمان در سراسر شبکه spacewire پشتیبانی میشود.

حوزه فعالیت این استاندارد کانکتورها وکابلهای فیزیکی ، قطعات الکتریکی و پروتکلهای منطقی است که شامل این داده spacewire میباشد.این پروتکل سطوح زیر را تحت پوشش قرار میدهد:

- سطح فیزیکی:کانکتورها ، کابلها، مونتاژ کردن کابلها[2] و تراکهای [3]برد مدار چاپی را تعریف میکند.
- سطح سیگنال : کدکردن کانال ، سطوح ولتاژ ، حاشیه نویز[4] و سرعت سیگنالینگ داده را تعریف میکند.
- سطح مشخصه [5]: مشخصه های کنترل و داده که برای مدیریت داده های جاری یک لینک استفاده میشود را تعریف میکند.
- سطح مبادله[6]: پروتکلی برای مقداردهی اولیه بسته ، کنترل جریان ، تشخیص خطای لینک و بازیابی[7] خطای لینک تعریف میکند.
- سطح بسته : چگونگی انتقال داده روی لینک spacewire مشخص میشود.
- سطح شبکه : ساختار شبکه spacewire و مسیرهای انتقال بسته از گره مبدا تا گره مقصد در شبکه را تعیین میکند.همچنین این سطح چگونگی خطای لینک را تعیین کرده و خطاهای سطح شبکه را بررسی میکند.

---

[1] Time-codes

[2] Blies cableassem

[3] Tracks

[4] Noise margins

[5] Character

[6] Exchange

[7] Recovery

فهرست مطالب

عنوان **شماره صفحه**

۱. پیش گفتار ۱
۲. مقدمه ۲
۳. هدف ۳
۴. محدوده ۴
۵. مراجع استاندارد ۵
۶. اصطلاحات و تعاریف ۶
۷. قراردادها ۱۴
۱-۷. نامیدن سیگنالها ۱۴
۲-۷. فرمتهای بسته ۱۴
۳-۷.نمادسازی نمودار حالت ۱۵
۸. توصیف کلی ۱۶
۹. لایه فیزیکی ۱۷
۱-۹.کابلها ۱۷
۲-۹.سازگاری الکترومغناطیسی ۱۷
۱۰. سطح سیگنال ۱۹
۱-۱۰.سطح سیگنال و حاشیه نویز ۱۹
۲-۱۰.عملیات تخریب امن LVDS ۲۱
۳-۱۰.رمزگذاری داده ۲۱
۴-۱۰.گذار همزمان روی سیگنالهای داده و strobe ۲۲
۵-۱۰.**DS** تفاضلی ۲۳
۶-۱۰.نرخ سیگنالینگ داده ۲۳
۷-۱۰.عملیات ابتدائی نرخ سیگنالینگ داده ۲۳
۸-۱۰.تغییر نرخ سیگنالینگ داده ۲۴
۱۱.سطح مشخصه ۲۵
۱-۱۱.الگوی انتقال بیت بعد از شروع دوباره یا خطای لینک ۲۷
۲-۱۱.واسط میزبان در فرستنده و گیرنده ۲۷
۱۲. سطح مبادله ۲۹
۱-۱۲.کاراکترهای لینک و کاراکترهای معمولی ۲۹
۱-۱-۱۲. قوانین ۲۹
۲-۱۲.سرویسهای سطح مبادله ۳۰

۱-۲-۱۲. ارزش دهی آغازی..... ۳۰
۲-۲-۱۲.کنترل جریان..... ۳۰
۳-۲-۱۲. تشخیص خطاهای قطع..... ۳۳
۴-۲-۱۲.تشخیص خطاهای توازن..... ۳۴
۵-۲-۱۲بازیابی خطای لینک..... ۳۴
۳-۱۲.بلوک دیاگرام رمزگذار-رمزگشا..... ۳۵
۴-۱۲.نمودار حالت..... ۴۱
۵-۱۲. تعریف حالات..... ۴۲
۶-۱۲. انواع گذار..... ۴۵
۷-۱۲.مقدار دهی اولیه لینک..... ۵۱
۸-۱۲.عملیات معمولی..... ۵۵
۹-۱۲.تشخیص خطا..... ۵۶
۱۰-۱۲.بررسی خطاهای گیرنده..... ۵۶
۱۱-۱۲. بررسی بسته های خالی..... ۵۹
۱۲-۱۲.مبادله روش بازیابی خطای سکوت..... ۵۹
۱۳-۱۲.موقعیتهای استثناء..... ۶۱
۱۴-۱۲.زمان بندی لینک..... ۶۶
۱۵-۱۲.توزیع زمان سیستم..... ۶۶
۱۳.سطح بسته..... ۷۰
۱-۱۳.مقصد..... ۷۰
۲-۱۳.محموله..... ۷۲
۳-۱۳.نشانگر انتهای بسته..... ۷۲
۴-۱۳.جاگذاریN-Char..... ۷۲
۱۴.سطح شبکه..... ۷۳
۱-۱۴.مفاهیم شبکه و مسیریابی..... ۷۳
۲-۱۴.بسته ها..... ۷۵
۳-۱۴.مسیریابی wormhole..... ۷۵
۴-۱۴.داوری..... ۷۸
۵-۱۴.Cascading..... ۷۹
۶-۱۴.حذف سرآیند..... ۷۹
۷-۱۴.کانالهای مجازی..... ۸۱
۸-۱۴.آدرس دهی بسته ها..... ۸۱

۱۴-۹.مسیریابیGroupadaptive.....۸۴
۱۴-۱۰.سوئیچهای مسیریاب spacewire.....۸۶
۱۴-۱۱.روش مسیریابی.....۸۶
۱۴-۱۲.توزیع بسته ، همه پخشی و چند پخشی.....۸۹
۱۴-۱۳.گره های spacewire.....۹۰
۱۴-۱۴.شبکه spacewire.....۹۰
۱۴-۱۵.بازیابی خطای سطح شبکه.....۹۱
۱۴-۱۶. سوئیچ مسیریاب.....۹۴
۱۴-۱۷.مثالی از یک شبکه.....۹۵
۱۵.روش بازیابی خطا.....۹۹
۱۵-۱.خطاهای سطح مبادله.....۹۹
۱۵-۲.خطاهای سطح شبکه.....۹۹
۱۵-۳.بازیابی خطای لینک.....۱۰۰
۱۵-۴.بررسی خطای سطح کاربرد.....۱۰۳
۱۵-۵.خطای وقفه در مقداردهی اولیه لینک.....۱۰۴
۱۵-۶.خطای وقفه ارسال بسته.....۱۰۴
۱۵-۷.خطای وقفه برای دریافت بسته ۱۰۵
۱۶.مشکل.....۱۰۶
۱۶-۱.فرمت جدید بسته.....۱۰۶
۱۶-۲.آدرسهای منطقی.....۱۰۷
۱۶-۳.شناسه پروتکل.....۱۰۸
۱۶-۴.تعمیم شناسه پروتکل.....۱۰۸
۱۶-۵.تخصیص ID پروتکل.....۱۰۹
۱۷.پروتکلهای spacewire.....۱۱۰
۱۷-۱.پروتکل دسترسی به حافظه دور ۱۱۰
۱۷-۲.پروتکل انتقال قابل اطمینان GOES-R.....۱۱۰
۱۷-۳.پروتکلهای LRO.....۱۱۱
۱۸.نتیجه گیری.....۱۱۲
۱۹. مراجع.....۱۱۴

فهرست اشکال

شکل ۱: نمایش نمادی بسته ۱۳
شکل ۲: روش ترسیم نمودار حالت ۱۴
شکل ۳: سطوح سیگنالینگ LVDS ۱۹
شکل ۴: رمزگذاری DS ۲۲
شکل ۵: مشخصه های داده spacewire ۲۵
شکل ۶:مشخصه های کنترل و کدهای کنترل spacewire ۲۶
شکل ۷: سیگنالهای داده و strobe در لینک آغازی ۲۷
شکل ۸: کدگذاری واسط داده فرستنده و گیرنده میزبان ۲۷
شکل ۹: راه اندازی مجدد لینک ۳۴
شکل ۱۰: مثال بلوک دیاگرام لینک واسط space wire ۳۵
شکل ۱۱: نمودار حالت برای لینک واسط spacewire ۴۲
شکل ۱۲: دنباله NULL ۴۷
شکل ۱۳: نمودار حالت پایه ای برای لینک واسط space wire ۵۱
شکل ۱۴: مثالی از مقداردهی اولیه ۵۴
شکل ۱۵: مبادله سکوت ۶۰
شکل ۱۶: فرمت بسته ها ۷۱
شکل ۱۷: مثالی از یک شبکه ۷۴
شکل ۱۸: مسیریابی wormhole ۷۷
شکل ۱۹: حذف سرآیند ۷۹
شکل ۲۰: حذف سرآیند در چند سوئیچ ۸۰
شکل ۲۱: مثالی از یک جدول مسیریابی ۸۲
شکل ۲۲: Group adaptive routing ۸۴
شکل ۲۳: مثالی از شبکه spacewire ۹۵
شکل ۲۴ : مثالی از جدول مسیریابی در شبکه spacewire ۹۶
شکل ۲۵: مثالی از شبکه spacewire با نواحی آدرس منطقی ناحیه ای ۹۷
شکل ۲۶: تشخیص خطای لینک واسط و عملیات بازیابی ۱۰۱
شکل ۲۷: آدرس منطقی در ID پروتکل ۱۰۶
شکل ۲۸: آدرس دهی مسیر در IDپروتکل ۱۰۶

فهرست جداول

جدول ۱ : مثالی از مقدار دهی اولیه.....۵۳
جدول ۲ : لینک در یک جهت متصل (A به B) اما در خلاف جهت قطع.....۶۲
جدول ۳ : یک انتها شروع شده در حالیکه انتهای دیگر قطع است.....۶۳
جدول ۴ : آدرسهای سوئیچ مسیریاب.....۶۷

فهرست اختصارات

اختصار	مفهوم
ACK	acknowledge
API	Application programming interface
AWG	American wire gauge
BER	Bit error rate
CAM	Content addressable memory
DC	Direct current
DMA	Direct memory access
DS	Data- storbe
DS-DE	Data - storbe , differentially ended [۱]
DSP	Digital signal processing
ECL	Emitter-coupled logic
EEP	Error end of packet[۲]
EGSE	Electronic ground support equipment
EMC	Electromagnetic compatibility
EMI	Electromagnetic interface
EOP	End of packet marker
ESA	European space agency
ESC	Escape character [۳]
ESD	Electrostatic discharge
FCT	Flow control token
FIFO	First in first out memory
L-Char	Link-character
LSB	Least significant bit
LVDS	Low voltage differential signalling
Mb/s	Megabits per second
MSB	Most significant bit
N-Char	Normal-character
PCB	Printed circuit board
PECL	Pseudo-ECL

[۱] نکته : در استاندارد IEEE 1355-1995 برای مشخص کردن یک لینک با داده رمزشده متفاوت و سیگنالهای storbe بکارمیرود.

[۲] نکته : برای نشان داده خطای رخ داده در بسته جاری بکاربرده میشود.

[۳] نکته : این مشخصه در سطح مشخصه تعریف شده است.

PFA	Perfluoral oxide Copolymer[1]
PTFE	Polytetrafluroethylene[2]
SCI	scaleable coherent interface

[1] *تکته* : نوعی از پلاستیک که برای پوشاندن سیمها و کابلها بکار میرود.

[2] *تکته* : نوعی از پلاستیک که برای پوشاندن سیمها و کابلها بکار میرود.

۱. پیش گفتار

این استاندارد یکی از استانداردهای سری ECSS است که برای مدیریت ، مهندسی و نتایج قابل اطمینان در پروژه ها و کاربردهای فضایی ایجاد شده است. ECSS یک پیشنهاد مشترک از آژانس فضایی اروپا ، آژانسهای فضایی ملی و انجمنهای صنایع اروپایی برای تحقق هدف گسترش و برقراری استانداردهای مشترک می باشد.

نیازمندیها در این استاندارد به جای اینکه برحسب " از چه طریقی وظایف ضروری انجام شوند و مدیریت شوند" بر حسب " آنچه باید انجام شود" تعریف میشوند.. این موضوع اجازه میدهد ساختارها و روشهای سازمانی موجود در موقعیتی که مؤثر هستند به کار برده شوند و روشها و ساختارها در صورت نیاز بدون بازنویسی دوباره استانداردها بکار برده شوند.

تنظیم این استاندارد مدارک سری ISO 9000 موجود را مطرح میکند.

این استاندارد توسط گروه کاری ECSS-50-12 تهیه ، توسط هیئت اجرایی ECSS ارائه و توسط کمیته راهبری ECSS[1] تصویب شده است.

[1] Steering board

۲. مقدمه

تکنولوژی SpaceWire اساساً مطابق نیازهای کاربردی پردازش دور برد گسترش یافت. این استاندارد یک قرارداد مبنا برای استفاده از SpaceWire در دامنه وسیعی از سیستمهای پردازش دور برد آینده را فراهم کرده است.

یکی از اهداف اصلی SpaceWire پشتیبانی همسازی تجهیزاتی[۱] و استفاده دوباره از مؤلفه ها و سطوح زیر سیستم است . در این اصل یک سیستم بررسی داده برای ادوات نوری در نظر گرفته شده است. بخشهای پردازش ، بخشهای حافظه اصلی و سیستمهای اندازی گیری از راه دور مسیر رو به پائین که برای یک مأموریت درنظرگرفته شده است، به آسانی برای مأموریت دیگری میتواند بکاربرده شود.کاهش هزینه های توسعه ، بهبود قابلیت اطمینان و از همه مهمتر افزایش تعداد کارهای علمی که میتواند با یک بودجه محدود انجام شود را در پی خواهد داشت.

یکپارچگی و آزمایش سیستمهای دوربرد پیچیده هم توسط SpaceWire با تجهیزات پشتیبانی زمین که مستقیماً در داخل سیستم بررسی داده دوربرد قرار داده شده است ، پشتیبانی میشود . نظارت و آزمایش با یک واسط یکپارچه در داخل سیستم دوربرد قابل حمل است.

SpaceWire نتیجه تلاشهای بسیاری از افراد در آژانس اروپایی فضا ، صنعت فضایی اروپایی ومراکز علمی است.

[۱] Equipment compatibility

۳. هدف

این استاندارد جابجایی حداکثر داده و آدرس دهی اطلاعات کنترلی فضاپیما را برعهده دارد. این استاندارد برای لینک داده سرعت بالا است که برای نیازهای آینده ، ظرفیت بالا ، ابزار حساس کنترل از راه دور و سایر مأموریتهای فضایی مناسب است. SpaceWire یک زیرساخت جابجایی داده سرعت بالا یکپارچه برای اتصال سنسورها، المانهای پردازش، بخشهای حافظه اصلی زیرسیستمهای اندازه گیری راه دور مسیر روبه پائین و تجهیزات EGSE به یکدیگر فراهم میکند.

اهداف این استاندارد:

- ❖ آسان کردن ترکیب سیستمهای جابجایی داده دوربرد با کارایی بالا
- ❖ کمک به کاهش هزینه های سیستمهای یکپارچه
- ❖ بهبود سازگاری بین اجزای جابجایی داده و زیرسیستمها
- ❖ ترویج استفاده دوباره از تجهیزات جابجایی داده در مأموریت های مختلف

SpaceWire با دو استاندارد IEEE 1355-1995 و ANSI/TIA/EIA-644 بررسی میشود.این استاندارد به صورت خاص برای استفاده در فضاپیماهای دوربرد ارائه شده است.

۴. محدوده

این استاندارد مخصوص رسانه اتصال داخلی فیزیکی و پروتکلهای ارتباط داده است که ارسال قابل اطمینان داده در سرعت بالا(بین 2Mb/s و 400Mb/s)از یک بخش به بخشهای دیگر را ممکن میسازد. لینکهای SpaceWire دوطرفه، نقطه به نقطه و لینکهای ارتباط داده سریال هستند.

محدوده این استاندارد کابلها و کانکتورهای فیزیکی ،خصوصیات[۱] الکتریکی و پروتکلهای منطقی است که شامل لینک داده SpaceWire میباشد. SpaceWire مفهومی از بسته های اطلاعات ارسالی از گره مبدأ به گره مقصد معین را فراهم میکند. SpaceWire محتویات بسته های اطلاعاتی را مشخص نمیکند.

این پروتکل سطوح زیر را تحت پوشش قرار میدهد:

- **سطح فیزیکی**:کانکتورها ، کابلها، مونتاژکردن کابلها و تراکهای[۲] برد مدار چاپی را تعریف میکند.
- **سطح سیگنال** : کدکردن کانال ، سطوح ولتاژ ، حاشیه نویز و سرعت سیگنالینگ داده را تعریف میکند.
- **سطح مشخصه**: مشخصه های کنترل و داده که برای مدیریت داده های جاری یک لینک استفاده میشود را تعریف میکند.
- **سطح مبادله**: پروتکلی برای مقداردهی اولیه بسته ، کنترل جریان ، تشخیص خطای لینک و بازیابی خطای لینک تعریف میکند.
- **سطح بسته** : چگونگی انتقال داده روی لینک SpaceWire مشخص میشود.
- **سطح شبکه** : ساختار شبکه SpaceWire و مسیرهای انتقال بسته از گره مبدا تا گره مقصد در شبکه را تعیین میکند. همچنین این سطح چگونگی خطای لینک را تعیین کرده و خطاهای سطح شبکه را بررسی میکند.

[۱] Properties

۵. مراجع استاندارد

اسنادی که در زیر مطرح میشوند، مقررات استاندارد ECSS را تشکیل میدهند.

استاندارد	مشخصه
ECSS-P-00	خط مشی استاندارد [۱]
ECSS-P-001	واژه نامه اصطلاحات [۲]
ECSS-E-00	بررسی فنی فضا [۳]- خط مشی و اصول [۴]
ECSS-E-50	بررسی فنی فضا – ارتباطات
ECSS-Q-70-08	تضمین تولید فضا[۵] - به وجودآوردن اتصالات الکتریکی با قابلیت اطمینان بالا
ANSI/TIA/EIA-644	انجمن صنعتی ارتباطات از راه دور[۶] ۱۹۹۵ ، مشخصات الکتریکی مدارهای واسط سیگنالینگ تفاضلی ولتاژ پائین [۷]
ESCC 3401/071	کانکتورها، سیستم الکتریکی ، Rectangular، ریز مقیاس [۸] ، ،
ESCC 3902/003	کابل "SpaceWire"، round ، سیم چهارلای بهم پیچیده [۹] مورد استفاده در کابلهای متقارن [۱۰] ، انعطاف پذیر، 200- تا 180+درجه سانتیگراد

[۱] Standardization policy

[۲] Glossary of terms

[۳] Space engineering

[۴] Communications

[۵] Space product assurance

[۶] Telecommunication industry association

[۷] Signaling Differential Voltage Low (LVDS)

[۸] Microminiature

[۹] Quad

[۱۰] Symmetric

۶. اصطلاحات و تعاریف

- **اعلان وصول کردن** [۱]: نشانه ای که یک پیام توسط مقصد موردنظرش با موفقیت دریافت خواهد کرد.
- **چسب**[۲]: لایه ای از نوار که دور یک یا چند کابل برای نگه داشتن آنها کنار یکدیگر و در موقعیتی ثابت پیچیده شده است.
- **نرخ خطای بیت** [۳] : نسبت تعدادبیتهای دریافت شده دارای خطا به تعداد کل بیتهای ارسالی در یک لینک
- **بایت** [۴] : هشت بیت
- **محموله**[۵] : داده ای که در بسته ها در محفظه ای قرار داده شده است و از مبدأ به سمت مقصد ارسال میشود.
- **مشخصه**[۶] : مشخصه کنترلی یا مشخصه داده
- **سطح مشخصه**[۷] : سطح پروتکل که با مشخصه های کنترل و داده در یک رشته بیت سرو کار دارد.
- **کدگذاری**[۸] : تبدیل یک سری از بیتها به سری جدیدی از بیتها

- **محتوی حافظه قابل آدرس دهی**[۹]: آرایش حافظه که با جستجو برای تطبیق بین مقدار یک داده ورودی در محتوی آرایش حافظه در دسترس است که خروجی مقدار حافظه شاخصی از مکان نگهداری مقادیر جستجو شده میباشد.
- **مشخصه کنترل**[۱۰]: مشخصه ای که برای عبور اطلاعات کنترل از یک لینک بکاربرده میشود.

نکته: مشخصه های کنترل شامل (ESC & FCT)L-charsو علائم پایان بسته(EOP & EEP)میباشد.

- **کد کنترل**[۱۱]**:**ترتیب دو مشخصه کنترل : (ESC+FCT)NULLکه برای نگه داری یک لینک فعال بکاربرده میشود وکد زمان (ESC + data character)که برای تقسیم اطلاعات زمان سیستم در یک شبکه SpaceWire بکاربرده میشود.

---

[۱] acknowledgment

[2] Binder

[۳] Bit error rate

[۴] byte

[۵] Cargo

[۶] Character

[۷] Character level

[8] Coding

[9] Content addressable memory

[10] Control character

[۱۱] Control code

- **مشخصه داده**[1]: بایت داده رمزشده و آماده برای ارسال در یک لینک
- **سرعت داده**[۲] : سرعت برحسب داده کاربردی که در یک لینک انتقال داده میشود.
- **سرعت سیگنالینگ داده**[۳]: سرعت برحسب کنترل ترکیب بیتها و مشخصه های داده که در یک لینک انتقال داده شده است.
- **داده – strobe**: روش رمزگذاری که یک دنباله از بیتهای داده و پالس ساعت را به عنوان دنباله بیت اصلی رمزگذاری میکند به علاوه دنباله بیت دیگری که حالت را در هر زمان که دنباله بیت داده کافی نباشد ، تغییر میدهد.
- **رمزگشایی** [۴]: عمل برگرداندن یکسری از بیتهای رمز شده به به بیتهای اصلی قبل از کدشدن
- **بر هم زنی** [۵]:تغییر شکل رشته بیتهای سریال به ترتیبی از مشخصه های داده و کنترل
- **مقصد**[۶]**:** گره یا بخشی که بسته باید به آن ارسال شود.
- **آدرس مقصد**[۷]: مسیری که توسط یک بسته در جابجایی از مبدأ به مقصد (آدرس مسیر) یا یک شناسه مشخص کننده مقصد(آدرس منطقی) میباشد
- **فهرست مقصد** [۸]: فهرستی از شناسه های مقصد که آدرسهای مقصد یک بسته را تشکیل میدهند.
- **شناسه مقصد**[۹]: آدرس یا قسمتی از آدرس مقصد بسته
- **محرک** [۱۰] : مدار الکتریکی که برای سیگنالهای فرستنده در یک واسطه ارسال خاص ، طراحی شده است.
- **شناسه پایان بسته** [۱۱]: مشخصه کنترلی که پایان بسته را مشخص میکند .
- **روش بازیابی خطا** [۱۲]: روشی برای بررسی خطاهایی که در لینک spacewire تشخیص داده شده است.
- **سطح مبادله** [۱۳] : سطحی از پروتکل که روشهایی برای مقداردهی اولیه لینک ، کنترل جریان لینک ، تشخیص خطای لینک و بازیابی خطای لینک ، تعریف میکند.

---

[1]Data character

[۲]Data rate

[۴]Decoding

[۵] De-serialization

[۶]Destination

[7]Destination address

[۸]Destination list

[9]Destination identifier

[۱۰]Driver

[۱۱]End of packet marker

[۱۲] Error recovery scheme

[۱۳]Exchange level

- **نشانه کنترل جریان** [۱] : مشخصه کنترلی که برای مدیریت جریان داده در یک لینک استفاده میشود و مشخص میکند که قضا برای بیش از ۸ مشخصه معمولی در بافر گیرنده وجود دارد.
- **سیستم میزبان** [۲] : سیستمی که یک لینک واسط به آن متصل شده است .

نکته : برای مثال میتواند یک کامپیوتر ، حسگر یا بخش حافظه باشد و نیازی به یک کامپیوتر یا پردازشگر ندارد.

- **بافر ارسال میزبان** [۳]: بافری در سیستم میزبان برای بررسی داده قبل از ارسال در یک لینک واسط میباشد .
- **پورت ورودی** [۴] : سمتی از لینک واسط در سوئیچ مسیریاب که داده دریافت میکند.
- **تغییرات تأخیر**[۵] : خطاهای تصادفی در زمان سنجی سیگنال
- **لینک** : اتصال دو طرفه یک بخش به بخشهای دیگر برای عبور داده و کنترل اطلاعات
- **مشخصه – لینک :** مشخصه کنترل که برای مدیریت جریان داده در یک لینک استفاده میشود .

نکته : در این استاندارد ، فقط ESC و FCT به عنوان مشخصه های لینک استفاده میشوند.
NULLاز یک جفت مشخصه لینک (ESC بعد از FCT) تشکیل شده است.

- **مقصد لینک** [۶] : انتهای لینک که مجموعه ای خاص از داده و اطلاعات کنترل دریافت کرده است.
- **لینک واسط** [۷] : واسط SpaceWire شامل یک فرستنده که داده را از یک سیستم میزبان میگیرد و آن را از طریق یک لینک SpaceWire انتقال میدهد و یک گیرنده که داده را از یک لینک SpaceWire میپذیرد و آن را از سیستم میزبان عبور میدهد ، میباشد.
- **لینک گیرنده** [۸] : گیرنده در یک انتهای لینک
- **لینک منبع** [۹] : انتهای لینک که یک مجموعه خاص از داده یا اطلاغات کنترل ارسال کرده است.
- **لینک فرستنده** [۱۰] : فرستنده در یک انتهای لینک
- **آدرس منطقی** [۱۱] : مشخصه داده در آغاز یک بسته که مقصد بسته را مشخص میکند.

---

[۱] Flow control token (FCT)

[۲] Host system

[۳] Host transmit buffer

[۴] Input port

[۵] Jitter

[۶] link destination

[۷] link interface

[۸] link receiver

[۹] link source

[۱۰] link transmitter

[۱۱] logical address

- **سیگنالینگ تفاضلی ولتاژ پائین :** نوع مشخصی از سیگنالینگ تفاضلی که سیگنالهای نوسان کننده ولتاژ پائین را استفاده میکند.
- **Mb/s :** ۱۰۰۰۰۰۰ بیت در هر ثانیه
- **شبکه :** مجموعه ای از بخشهای متصل به هم از طریق لینکها و سوئیچهای مسیریاب میباشد.
- **سطح شبکه** [۱] : سطح پروتکل که مسیریابهای شبکه SpaceWire و چگونگی ارسال بسته ها و داده در شبکه از گره مبدأ به گره مقصد را تعریف میکند.
- **گره** [۲] : مبدأ یا مقصد یک بسته که میتواند یک پردازشگر ، بخش حافظه ، حسگر ، EGSEیا بخشای دیگر متصل به شبکه SpaceWire باشد .
- **مشخصه معمولی** [۳] : مشخصه داده یا مشخصه کنترل (EOP یا EEP) که از سطح مبادله به سطح بسته عبور داده میشود.
- **NULL**: نشانه ای که برای نگهداری لینک فعال زمانی که مشخصه داده یا کنترل برای ارسال وجود نداشته باشد ، ارسال میشود.
- **پورت خروجی** [۴] : سمتی از لینک واسط در سوئیچ مسیریاب که ارسال میکند.
- **بسته** [۵] : دنباله ای از مشخصه های معمولی که شامل یک آدرس مقصد ، محموله بسته و شناسه پایان بسته میباشد.
- **سطح بسته** [۶] : سطحی از پروتکل که چگونگی ساماندهی بسته های آماده برای انتقال روی یک لینک یا شبکه را تعریف میکند.
- **محموله بسته** [۷] : داده ای که از یک مبدأ به یک مقصد انتقال داده میشود.
- **آدرس مسیر** [۸] : دنباله ای از یک یا چند مشخصه داده در آغاز یک بسته که مسیریابی را در یک شبکه SpaceWire تعریف میکند.
- **سطح فیزیکی** [۹] : سطحی از پروتکل که ابزار فیزیکی اتصالات داخلی مثل کابلها و کانکتورها ، را تعیین میکند.
- **گیرنده** [۱۰] : مدار الکتریکی که برای دریافت سیگنالهای ارسالی در یک ابزارارسال مشخص ، طراحی شده است .

---

[۱] Network level

[۲] Node

[۳] Normal-character

[۴] output port

[۵] packet

[۶] packet level

[۷] packet cargo

[۸] Path address

[۹] Physical level

[۱۰] Receiver

- **مسیریاب** [۱] : سوئیچ مسیریاب
- **سوئیچ مسیریاب** [۲]: سوئیچی که به تعداد زیادی لینک متصل است و بسته ها را از یک لینک به لینک دیگر جاییکه آدرس مقصد هر بسته بوسیله سوئیچ استفاده شده برای تعیین لینک که یک بسته ازطریق آن به خارج ارسال میشود ، مسیریابی میکند.
- **ترتیب** [۳] : ارسال یک دنباله از مشخصه های داده یا کنترل به یک سری رشته بیت
- **سیگنال** : کمیت قابل اندازه گیری که با زمان انتقال اطلاعات به وسیله انتشار در یک ابزار انتقال، تغییر میکند .
- **سطح سیگنال** [۴] : سطحی از پروتکل که سیگنالهای الکتریکی استفاده شده برای SpaceWire به علاوه رمزگذاری داده –strobeو زمان سنجی سیگنال را تعریف میکند.
- **کجی** [۵] : تفاوت زمانی بین لبه های دوسیگنال که باید به صورت ایده آل همزمان باشند.
- **مبدأ** [۶] : گره یا بخشی که یک بسته را ارسال میکند.
- **کد زمان** [۷] : کدی که برای توزیع زمان سیستم روی شبکه SpaceWire استفاده میشود که شامل ESCاست که بعد از یک مشخصه داده تک می آید و این مشخصه شامل ۶ بیت زمان سیستم و دوبیت ذخیره است.
- **ابزار انتقال** [۸]: ابزاری که داده روی آن انتقال داده میشود مثل کابلهای جفت تابیده شده پوشانده شده [۹]
- **فرستنده** [۱۰]: مدار الکتریکی که برای انتقال سیگنال روی ابزار انتقال خاصی طراحی شده است.

- **بخش** [۱۱] : جعبه [۱۲] ، برد [۱۳] یا زیر سیستم [۱۴] میتواند یک یا چند واسط SpaceWire داشته باشد.

---

[۱] Router

[۲] Routing switch

[۳] Serialization

[۴] Signal level

[۵] Skew

[۶] Source

[۷] Time-Code

[۸] Transmission medium

[۹] Screened twisted pair cables

[۱۰] Transmitter

[۱۱] Unit

[۱۲]Box

[۱۳] Board

[۱۴] Subsystem

۷. قراردادها

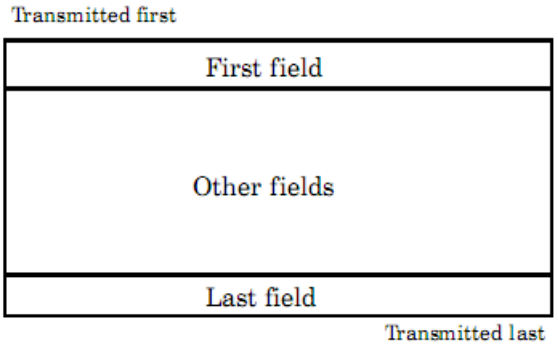
۷-۱ . نامیدن سیگنالها

همه سیگنالهای الکتریکی با حروف بزرگ نشان داده میشوند. دو سیگنال که یک جفت تفاضلی هستند با پسونهای + و – مشخص میشوند که مولفه های مثبت و منفی سیگنالهای تفاضلی را مشخص میکنند.

سیگنالهای تفاضلی SpaceWire به ترتیب با D+,D- و S+,S- برای داده و strobe مشخص میشوند.زمانی که این سیگنالها به انتهای لینک SpaceWire اشاره میکنند ، به صورت Dout+,Dout- و Sout+,Sout- نشان داده میشوند. به همین نحو سیگنالها در ورودی انتهای لینک SpaceWire به صورت Din+,Din- و Sin+,Sin- نمایش داده میشوند.

۷-۲. فرمتهای بسته

فرمتهای بسته در این استاندارد با دو روش نشان داده شده است.روش اول دیاگرامی[۱]است و در شکل زیر نشان داده شده است. فیلد بالایی اولین فیلدی است که انتقال داده میشود.



شکل ۱:نمایش نمادی بسته

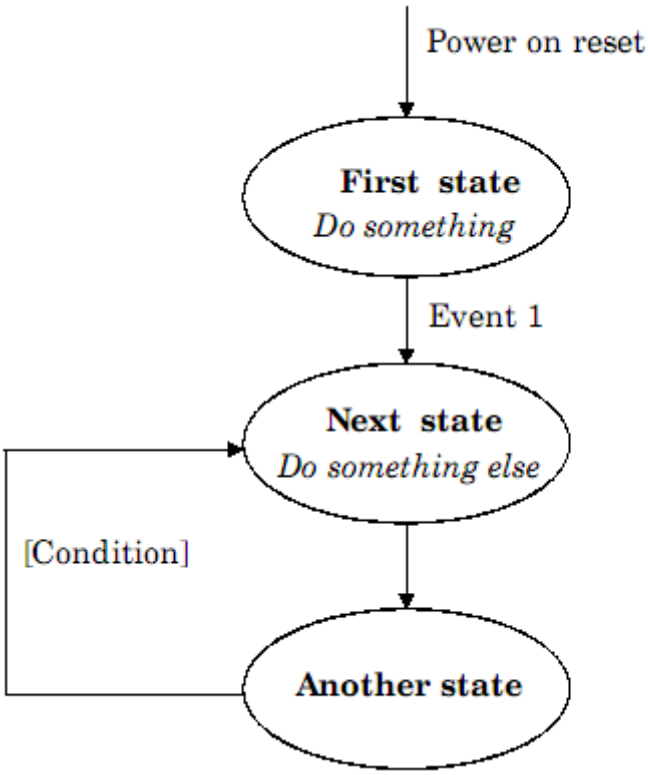
دومین بسته با متن نشان داده شده است.هر فیلد در این علامت<> ضمیمه میشود. فیلدهای یک بسته از چپ به راست نوشته میشوند و سپس ارسال خواهند شد. مثال زیر معادل شکل بالا میباشد.

EXAMPLE :<First field><Other fields><Last field>

۷-۳.نمادسازی نمودار حالت

همه نمودارهای حالت در این استاندارد از روش نشان داده شده در تصویر زیر استفاده میکنند.

[۱]Graphical



شکل ۲ : روش ترسیم نمودار حالت

اسم هر حالت با حروف درشت در داخل بیضی ها نوشته شده است. عملیاتهای هر حالت با حروف مورب [۱]زیر نام حالت در داخل بیضی نوشته شده است. گذار از یک حالت به حالت دیگر با فلش مشخص شده است . رویدادی که در هر گذار رخ میدهد در کنار هر فلش نوشته شده است. گذارهای غیرشرطی با فلشهایی بدون نوشتن نام رویداد مشخص شده اند. شرایط راه اندازی مجدد [۲]با فلشهای گذاری که در فضای خالی شروع میشوند، مشخص شده اند. گذارها میتوانند با یک حالت مطمئنه [۳]فعال شوند به طوریکه گذار فقط زمانی اجرا شود که حالت مطمئنه درست باشد. حالات مطمئنه در مربع در داخل براکت نوشته شده اند.

[۱]Italic

[۲]Reset

[۳]Guard condition

۸. توصیف کلی

SpaceWire به عنوان ''DS-DE'' بخشی از استاندارد IEEE 1355-1995 خواهد بود ، همچنین با ANSI/TIA/EIA-644 و استاندارد IEEE 1596.3-1996 سیگنالینگ تفاضلی ولتاژ پائین (LVDS)مطرح میشود.

SpaceWire یک لینک داده دوسوی همزمان، دوطرفه، سریال و انتها به انتها[1] است. این استاندارد داده را برای استفاده دو جفت سیگنال تفاضلی در هر مسیر کد میکند که در مجموع ۸ سیم سیگنال و ۴ سیم برای هر مسیر است.

[1]Point to point

۹. لایه فیزیکی

لایه فیزیکی این استاندارد کابلها ، کانکتورها ، مونتاژ کابلهاو تراکهای برد مدار چاپی (PCB) را پوشش میدهد. SpaceWire برای معرفی مشخصات EMC فضاپیمای نوعی[۱] گسترش یافته است.

۹-۱.کابلها

کابل SpaceWire شامل چهار جفت پیچیده در هر سیم با پوشش مجزا دور هر جفت تابیده و یک پوشش کلی است.
برای بدست آوردن نرخ بالای سیگنالینگ داده با SpaceWire در مسیرهای بالای ۱۰ متر یک کابل با با مشخصه های زیر بکاربرده میشود:

- مشخصه امپدانس مطابق با امپدانس پایانی خط باشد
- کجی[۲] سیگنال- سیگنال پایین بین هر سیگنال در جفت تفاضلی و بین جفتهای Strobeو داده
- تضعیف پایین سیگنال
- هم شنوایی[۳] پایین
- کارائی خوب EMC

۹-۲.سازگاری الکترومغناطیسی[۴]

SpaceWire برای پرداختن به مشخصات سازگاری الکترومغناطیسی یک فضاپیمای نوعی توسعه یافته است. آزمایش EMC توسط Patria Finavitec Oy با حمایت دانشگاه Dundee انجام شده است مشخصات EMC از مشخصات EMC در Rosetta و دیگر مأموریتهای ESA نتیجه شده است. آزمایش موارد زیر را پوشش میدهد :

- انتشار امواج ، میدانهای مغناطیسی و الکتریکی ؛
- مغناطیس پذیری[۵] ، میدانهای مغناطیسی و الکتریکی ؛
- مغناطیس پذیری هدایت شده[۶] ؛
- انتشار امواج هدایت شده[۷] ؛
- تخلیه الکتروستاتیکی[۸] ؛
- نرخ سیگنالینگ ؛
- نرخ خطای بیت ؛

---

[۱] Typical

[۲] Skew

[۳] Crosstalk

[۴] Electromagnetic compatibility (EMC)

[۵] Susceptibility

[۶] Conducted susceptibility

[۷] Conducted emission

[۸] Electrostatic discharge

- جداسازی شکست [۱]،
- مصرف تغذیه [۲].

نتایج این آزمایش در منبع زیر آمده است:

Parkes SM, Allinniemi T and Rastetter P, ”Digital Interface CircuitEvaluation Study Final .University of Dundee, March 2001,Report”, ESA Contract No. 12693/97/NL/FM

[۱] Fault isolation

[۲] Power consumption

۱۰. سطح سیگنال

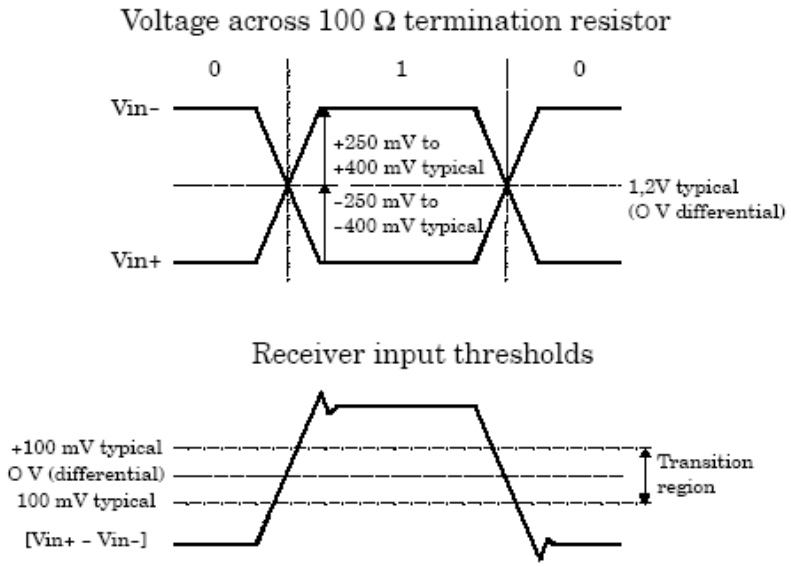
سطح سیگنال بخشی از این استاندارد است که سطوح ولتاژ، حاشیه نویزو رمزگذاری سیگنال را برعهده دارد.

۱-۱۰.سطح سیگنال و حاشیه نویز

سیگنالینگ تفاضلی ولتاژپایین یا LVDS به عنوان تکنیک سیگنالینگ مورد استفاده در SpaceWire تعیین شده است. SpaceWireباید از سیگنالینگ تفاضلی ولتاژ پائین با مشخصات الکتریکی که در ANSI/TIA/EIA-644 تعریف شده است ، استفاده کند.

LVDS سیگنالهای متعادل را برای تأمین اتصال داخلی با سرعت خیلی بالا که نوسان ولتاژ پایین (350mv)استفاده میکنند، بکارمیبرد. سیگنالینگ تفاضلی و متعادل حاشیه نویز کافی را برای استفاده ولتاژهای پایین در سیستمهای کاربردی فراهم میکند. نوسان ولتاژ پایین به مفهوم مصرف توان کمتر در سرعتهای بالا است .LVDS به اتصالات بین بردهای در یک بخش واتصالات داخلی بخش به بخش در فواصل بالای ۱۰متر یا بیشتر اختصاص داده شده است.

سطوح سیگنالینگ بکار رفته توسط LVDS در شکل زیر نشان داده شده است .



شکل ۳: سطوح سیگنالینگ به کار رفته در LVDS

LVDS مشخصه های زیادی برای فعالیت در سیگنالینگ داده دارد:

- مجموع جریان محرک تقریباً ثابت (3,5mA + برای منطق ۱ و 3,5mA - برای منطق ۰) که سوئیچینگ نویز را روی تجهیزات تغذیه کاهش میدهد.
- ایمنی بالا در برابر تفاوت پتانسیل زمین بین گیرنده LVDS و محرک که حداقل1v± تفاوت زمین را تحمل میکند.
- ایمنی بالا در برابر نیز القاء شده ، به علت سیگنالینگ تفاضلی معمولاً از کابل جفت تابیده استفاده میکنند.
- EMI پایین ، به این علت که جریانهای معکوس و هم ارز کوچک ، میدانهای الکترومغناطیسی کوچک ایجاد میکنند که مایل به حذف خروجی دیگر است .
- به تجهیزات خاصی برای پشتیبانی ولتاژها وابسته نیست.
- با یک 100Ω ساده در گیرنده پایان می یابد.

- عملیات تخریب امن [1] به این معنا که خروجی گیرنده به حالت بالا [2] (غیر فعال) میرود، هر زمان که :
  - ❖ گیرنده تأمین شده است و محرک تأمین نشده است؛
  - ❖ ورودی ها اتصال کوتاه شده اند؛
  - ❖ سیمهای ورودی قطع شده اند.
  - ❖ مصرف تغذیه به طور نمونه برای هر جفت گیرنده - محرک برای 50mW برای LVDS در مقایسه با 120mW برای ECL یاPECL است.

۲-۱۰.عملیات تخریب امن LVDS

هنگامیکه هریک از شرایط شکست زیر رخ دهد، خروجی های گیرنده نباید نوسان کنند و باید به سطح بالای منطقی فراهم شده کهاز یک آستانه نویز 10mv درخروجی گیرنده تجاوز نمیکند ، قفل شود.

۱. تحریک پذیری بدون توان
۲. عدم تحریک پذیری
۳. محرک متصل نشده به گیرنده
۴. مدار باز در ورودی گیرنده (یعنی کابل یا سیم در کابل اتصال ندارد)
۵. اتصال کوتاه در ورودی گیرنده

وقتیکه تحریک پذیری تأمین نشده است ، خروجی هایش باید امپدانس بالا [3] (بالاتر از $100k\Omega$) داشته باشند و وقتی که گیرنده تأمین نشده است ، ورودی هایش باید امپدانس بالا(بالاتر از $100k\Omega$) داشته باشند.

۳-۱۰.رمزگذاری داده [4]

SpaceWire از رمزگذاری Data-Strobe(DS) استفاده میکند.یک روش رمزگذاری است که ارسال پالس ساعت با داده در داده و strobe رمز میشود به طوریکه پالس ساعت میتواند توسط XOR ساده خطهای داده و strobe باهم ، بازیابی شود. در این روش رشته بیت داده برای انتقال با استفاده از دو سیگنال داده و strobe به روش زیر رمز میشود. سیگنال داده از رشته بیت داده تبعیت میکند به این معنا که وقتی بیت داده ۱ باشد ، high میشود و زمانی که بیت داده ۰ است، low خواهد شد. مقادیر داده مستقیماً ارسال میشوند و سیگنال strobe،هر زمان که داده از یک بیت به بیت بعدی تغییر نکند ، وضعیت را تغییر میدهد .روش این رمزگذاری در شکل زیر نشان داده شده است.

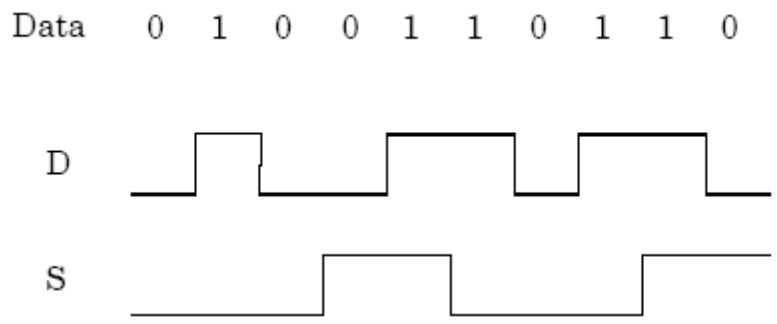
---

[1] Failsafe operation

[2] High

[3] High impedance

[4] Data encoding



شکل ۴:رمزگذاریDS

دلیل استفاده از رمزگذاری DS بهبود قدرت تحمل کجی تقریباً به ۱ بیت زمان در مقایسه با ۰.۵ بیت زمان برای رمزگذاری ساده پالس ساعت و داده است.

۱۰-۴. گذار همزمان[۱] روی سیگنالهای داده و strobe

- به این علت که اختلال داده در گذار همزمان روی خطوط داده و strobe پیش بینی شده است ، گیرنده SpaceWire باید تحمل گذار همزمان روی خطوط داده و strobe را داشته باشند یعنی گیرنده ها نباید متوقف شوند.
- هنگامیکه فرستنده SpaceWire راه اندازی مجدد[۲] شد این عملیات باید کنترل شده باشد تا از گذارهای هم زمان داده و strobe جلوگیری کند.

مثال : بعد از توقف ارسال ، سیگنال strobe میتواند با تبعیت از سیگنال داده ، ابتدا راه اندازی مجدد شود .

نکته : گذارهای همزمان روی خطوط داده و strobe بخشی از عملیات معمول SpaceWire نیستند. آنها زمانی میتوانند رخ دهند که کابل SpaceWire در حالیکه فرستنده برای ایجاد یک ارتباط تلاش میکند ، فعال باشد یا هنگامیکه محرک LVDS یا مدارهای گیرنده در حالیکه فرستنده برای ایجاد یک ارتباط تلاش میکند ، فعال است.

۱۰-۵.DS تفاضلی

SpaceWire باید از سیگنالینک تفاضلی ولتاژ پائین برای سیگنالهای داده و strobe استفاده کند.

۱۰-۵-۱. لینک SpaceWire

لینک SpaceWire شامل دوجفت سیگنال تفاضلی است که یک جفت سیگنالهای S و D در یک جهت وجفت دیگر S وD را در خلاف جهت ارسال میکند. در مجموع هشت سیم برای هر لینک دو جهته وجود دارد.

---

[۱] Simultaneous transition

[۲] Reset

۱۰-۶. نرخ سیگنالینگ داده

کمترین نرخ سیگنالینگ داده در لینک SpaceWire ، 2Mb/s است که کمترین نرخ سیگنالینگ داده پایین ترین نرخ سیگنالینگ داده است که یک لینک SpaceWire میتواند راه اندازی کند.

بیشترین نرخ سیگنالینگ داده بالاترین نرخ سیگنالینگ داده است که یک لینک SpaceWire میتواند راه اندازی کند و با توجه به نوسان سیگنال وتغییرات تأخیرتعریف میشود.

لینک SpaceWire میتواند در هر نرخ سیگنالینگ داده بین کمترین نرخ سیگنالینگ داده و بیشترین نرخ ممکن سیگنالیگ داده راه اندازی شود.

بیشترین نرخ سیگنالینگ داده باید مشخص شود به این علت که زمان بندی حاشیه[۱] باید بیشتر از صفر باشد.

۱۰-۷. عملیات ابتدائی نرخ سیگنالینگ داده [۲]

بعد از یک راه اندازی مجدد یا قطع ارتباط ، لینک SpaceWire گیرنده باید در ابتدا عملیات را با نرخ سیگنالینگ داده (10±1)b/s آغاز کند.

لینک SpaceWire گیرنده باید با این نرخ کار کند تا دستور عملیات با نرخی متفاوت ارسال شود.

این نرخ سیگنالینگ کند ابتدایی در همه سیستمهای SpaceWire اعمال شده است اما آنها نیازی به نرخهای سیگنالینگ داده بالاتر ندارند.

۱۰-۸. تغییر نرخ سیگنالینگ داده

نرخ عملیات گیرنده نباید قبل از اتصال کامل لینک تغییر کند (یعنی نمودار حالت سطح مبادله در حالت اجرا[۳]باشد)یکبار در حالت اجرا نرخ عملیات گیرنده میتواند هر نرخی بین کمترین نرخ و بیشترین نرخ سیگنالینگ داده تنظیم شود.

---

[۱] Margin

[۲] Initial operating data signaling rate

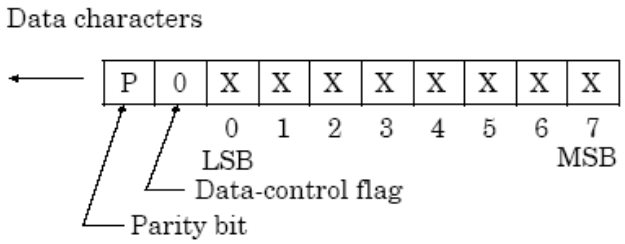
[۳] Run

۱۱. سطح مشخصه

SpaceWire سطح مشخصه پروتکلی که توسط استاندارد IEEE-1355-1995 تعریف شده را مدنظر قرار میدهد اما شامل کدهای زمان هم برای پشتیبانی از توزیع زمان سیستم میباشد .

دو نوع مشخصه وجود دارد:

- **مشخصه داده** : باید شامل یک بیت توازن ، یک پرچم کنترل داده و هشت بیت داده باشد. اگرپرچم کنترل داده صفر باشد مشخص میکند که کاراکتر جاری یک کاراکتر داده است . ارزش هشت بیت ارسال شده اینگونه است که کمترین بیت معنادار ابتدایی ترین بیت است.



شکل ۵ : مشخصه های داده SpaceWire

- **مشخصه های کنترل** :که از یک بیت توازن ، یک پرچم کنترل داده و دو بیت کنترل تشکیل شده است.پرچم کنترل داده یک میشود تا نشان دهد کاراکتر جاری یک مشخصه کنترل است .پوشش توازن مانند مشخصه داده عمل میکند. یکی از چهار کاراکتر کنترل ممکن ، کد رهایی[۱](ESC) است . که میتواند برای کدهای کنترل بکاربرده شود. دو کد کنترل مشخص شده و معتبر، کد NULL و کد زمان میباشند.

NULL شکلی از ESC است که از نشانه کنترل جریان(FCT) [۲] پیروی میکند. NULL زمانی ارسال میشود که یک لینک، داده یا نشانه های کنترل ارسال نمیکند و لینک را فعال نگه میدارد تا تشخیص لینکهای قطع شده پشتیبانی شود.

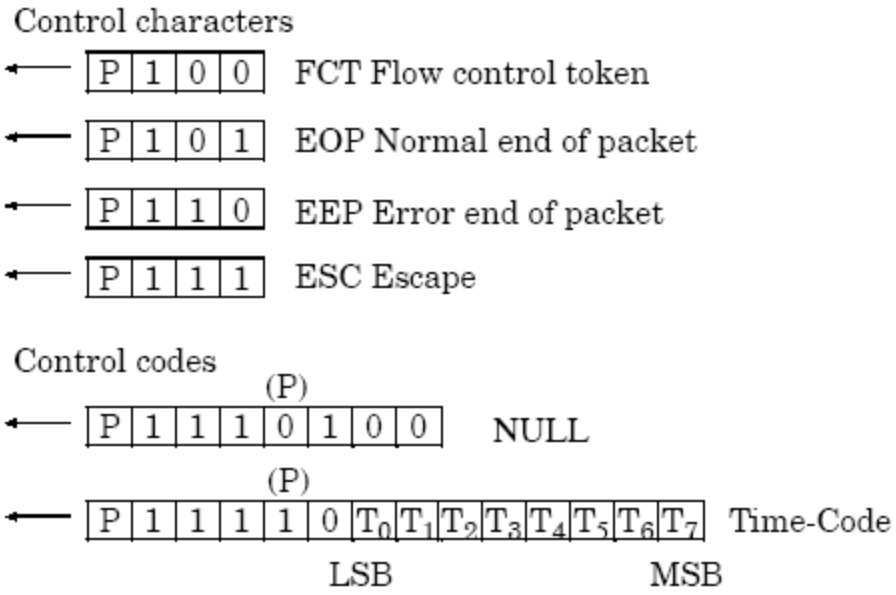
کد زمان برای پشتیبانی توزیع زمان سیستم در یک شبکه استفاده میشود. یک کد زمان شکلی از ESC است که با یک کاراکتر داده تک شناخته میشود.کد زمان برای توزیع اطلاعات زمانی و همزمانی پرچمهای کنترل با کد زمانی توزیع شده ، بکار میرود.۶ بیت از اطلاعات زمان در ۶ بیت کم ارزش کد زمان (T0-T7) قرار داده میشوند و دو بیت با ارزشتر (T6,T7) شامل پرچمهای کنترل است که به طور همزمان با کد زمان توزیع شده است.

کاراکترهای کنترل وداده در تصویر زیر نشان داده شده اند. یک مشخصه رهایی بعد از ESC ، EOP یا EEP ، یک دنباله معتبر خواهد بود و باید به خطای رهایی توجه شود.

---

[۱] Escape code

[۲] Flow control token

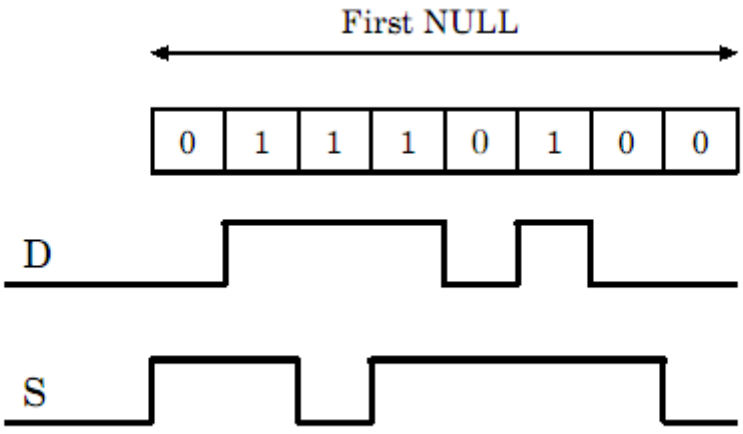


شکل ۶ : مشخصه های کنترل و کدهای کنترل SpaceWire

9-1. الگوی انتقال بیت بعد از شروع دوباره یا خطای لینک

- بعد از راه اندازی مجدد یا خطای لینک سیگنالهای داده و strobe باید صفر شوند.
- هنگامیکه فرستنده بعد از راه اندازی مجدد فعال شده است ، بیت ابتدایی که فرستاده میشود باید یک بیت توازن باشد ، این بیت باید صفر ارسال شود به این علت که انتقال اول باید روی خط strobe باشد .

نتایج الگوها هنگامیکه یک لینک آغاز میشود در شکل زیر نشان داده شده است .



شکل ۷ : سیگنالهای داده و strobe در لینک آغازی

2-9. واسط میزبان در فرستنده و گیرنده

- وقتی داده فرستنده و گیرنده به میزبان وصل شدند شامل هشت بیت داده و یک پرچم کنترل میباشند که طبق کدگذاری جدول زیر باید مورد استفاده قرار گیرند

Control flag	Data bits (MSB ... LSB)	Meaning
0	xxxxxxxx	8-bit data
1	xxxxxxx0 (use 00000000)	EOP
1	xxxxxxx1 (use 00000001)	EEP

شکل ۸ : کدگذاری واسط داده فرستنده و گیرنده میزبان

برای مثال هر کد با پرچم کنترل صفر و کمترین بیت معنادار داده صفر یک EOP است . این جدول ازدرخواست ارسال کد کنترل بی اعتبار توسط فرستنده جلوگیری میکند.

- EEP ممکن است در داخل واسط فرستنده نوشته شده باشد

نکته : یک گره SpaceWire مبدأ بسته است و معمولاّ بسته هایی که دارای خطا هستند ارسال نمیشوند (با یک EEP پایانی نشان داده میشود.) بنابراین معمولا درواسط فرستنده نیازی به نوشتن EEP نیست مگر اینکه ، برای مثال استثنایی در گره در حین ارسال بسته رخ دهد . یک مسیریاب SpaceWire جاییکه یک خطا رخ داده باشد بسته ها را ارسال میکند (به این معنا که بسته توسط EEP ارسال شده اند.) بنابراین در مورد مسیریاب هر EEP در داخل واسط فرستنده نوشته شده است.

- برای دو کد کنترل (EOP & EEP) فقط کمترین بیت معنادار رمز گشایی شده است. وقتی که واسط برای ارسال نوشته میشود ، بیتهای باقیمانده باید صفر شوند. گیرنده باید وقتی بیت کنترل تنظیم شد ، هفت بیت با ارزش داده را صفر کند.

۱۲. سطح مبادله

پروتکل سطح مبادله با توجه به DS-SEو DS-DE پروتکلهای سطح مبادله استاندارد IEEE-1355-1995 ارائه شده است اما با یکسری مشخصات اضافی در نمودار حالت که باعث حذف مشکلات فرمان لینک در شروع دوبارهشدند و ابهامات بسیاری که در استاندارد IEEE-1355-1995 وجود داشت را حل کردند.

سطح مبادله مسئول برقراری ارتباط در یک لینک و مدیریت جریان داده در یک لینک میباشد.

۱-۱۲.کاراکترهای لینک[۱] و کاراکترهای معمولی[۲]

در سطح مبادله ، مشخصه های کنترل و داده به دو نوع تقسیم میشوند :

مشخصه های لینک[۳](L-Char) و مشخصه های معمولی [۴](N-Char)

L-Char ها در سطح مبادله استفاده میشوند و روی سطح بسته عبور داده نمیشوند. مشخصه نشانه کنترل جریان (FCT) و مشخصه رهایی (ESC) از نوع L-Char هستند. کد کنترل NULL (ESC + FCT) و کد زمان (ESC + data character) دنباله های رهایی هستند و به عنوان L-Char مد نظر قرار میگیرند. آنها روی سطح بسته عبور داده نمیشوند.

N-Char ها ، مشخصه هایی هستند که روی سطح بسته عبور داده میشوند : مشخصه های داده و شناسه های پایان بسته (EOP and EEP) .

۱-۱-۱۲. قوانین

- فقط N-chars باید از واسط میزبان به لینک فرستنده عبور داده شود.
  لینک L-Chars و N-Chars را درطی ارسال بکار میبرد اما فقط
  N-Char روی واسط میزبان در سمت گیرنده عبور داده میشود.
- یک کاراکتر دریافت شده نباید تا زمانیکه بیت توازنش بررسی نشده است ، فعالیت کند.

۲-۱۲. سرویسهای سطح مبادله

۱-۲-۱۲. ارزش دهی آغازی

طبق راه اندازی مجدد ، لینک خروجی در حالت راه اندازی مجدد باقی میماند تا به حالت آغازین راهنمایی شود و تلاشی برای ایجاد یک ارتصال با لینک واسط در انتهای دیگر لینک صورت گیرد. یک اتصال از یک دست تکانی [۵] پیروی میکند تا هر دو انتهای مطمئن شوند میتوانند با موفقیت مشخصه ها را ارسال و دریافت کنند.هر لینک پایانی NULL هایی ارسال میکند ، و منتظر دریافت NULL میماند ، سپس FCTهایی ارسال کرده و منتظر دریافت FCTمیماند .به این علت که یک لینک واسطه نمیتواند تا زمانی که یک NULL دریافت نکرده است ، بخش FCT ها را ارسال کند ،اعلام وصول یک یا چند NULL از اعلام وصول یک FCT پیروی میکند به این معنا که انتهای دیگر لینک باید با موفقیت NULL ها را دریافت کرده

---

[۱] Link-characters

[۲] Normal characters

[۳] link-characters

[۴] Normal-characters

[۵] Handshaking

باشد تا اتصال کامل حاصل شود.

۲-۲-۱۲.کنترل جریان

یک فرستنده تنها میتواند N-Char(کاراکترهای معمولی که کاراکترهای داده EOP یا EEPهستند) را ارسال کند اگر برای آنها در سیستم میزبان فضایی در بافر گیرنده سیستم میزبان ، وجود داشته باشد.سیستم میزبان تشخیص میدهد که فضایی برای هشت N-Chars یا بیشتر با درخواست لینک فرستنده برای ارسال یک نشان کنترل جریان FCT، وجود دارد.وقتی که FCT در انتهای دیگرلینک(B) دریافت شد ، فرستنده میتواند در انتهای B هشت N-Charsارسال کند.اگر فضای بیشتری در بافر گیرنده میزبان وجود داشت، یکی ازهر هشت فضا در بافر گیرنده، چندین FCTمیتواند ارسال کند . متقابلاً اگر چندین FCT دریافت شده باشد به این معناست که تعدادی فضای دردسترس در بافر گیرنده وجود دارد.برای مثال چهار FCT بمعنای وجود فضا برای 32 N-Char خواهد بود.

a. برای جلوگیری از سرریز بافر در میزبان و از بین رفتن داده بعدی ، جریان داده در یک لینک باید با استفاده از نشانه های کنترل جریان که از یک انتهای لینک (A) به انتهای دیگر آن (B) ارسال شده است برای اعلام این موضوع که A آماده دریافت داده بیشتر است ، کنترل شده باشد .

b. یک FCT که توسط یک لینک واسط ارسال شده است برای تشخیص وجود فضا برای بیش از هشت N-Char در بافر گیرنده میزبان بکار برده میشود.

- ❖ برای هر FCT ارسال شده به سیستم میزبان باید فضایی در بافر گیرنده اش برای اصلاح هشت N-Char ذخیره شود.

نکته : بافر گیرنده به طور نمونه یک حافظه FIFO است.

- ❖ فرستنده نباید هیچ N-Char تا دریافت یک یا بیشتر FCTبرای تشخیص آمادگی گیرنده ، ارسال کند. فرستنده باید یک اعتبار شمارش[۱] از تعداد

N-Charهایی که مجاز به ارسال هستند ، نگه دارد . هر زمان یک لینک واسط یک FCT دریافت کرد ، فرستنده خودش باید اعتبار شمارش را هشت تاافزایش دهد. هر زمان که فرستنده یک N-Char ارسال کرد اعتبار شمارش را یکی کاهش دهد. اگر اعتبار شمارش به صفر رسید فرستنده باید ارسال N-Char را متوقف کند تا FCT دیگری دریافت کرده اعتبار شمارش آن دوباره به هشت افزایش یابد.وقتی که اعتبار شمارش صفر است ، فرستنده میتواند به ارسال L-Char ادامه دهد.

- ❖ در حالت خطای شروع دوباره [۲] اعتبار شمارش باید صفر تنظیم شود.
- ❖ اگر یک FCT هنگامی دریافت شد که اعتبار شمارش ماکزیمم مقدار خودش بود ، اعتبار شمارش افزایش نمی یابد و یک خطای اعتبار دارای پرچم میشود.
- ❖ شمارشگر اعتبار ماکزیمم تا ۵۶ اعتبار را نگه میدارد(هفتFCT)

---

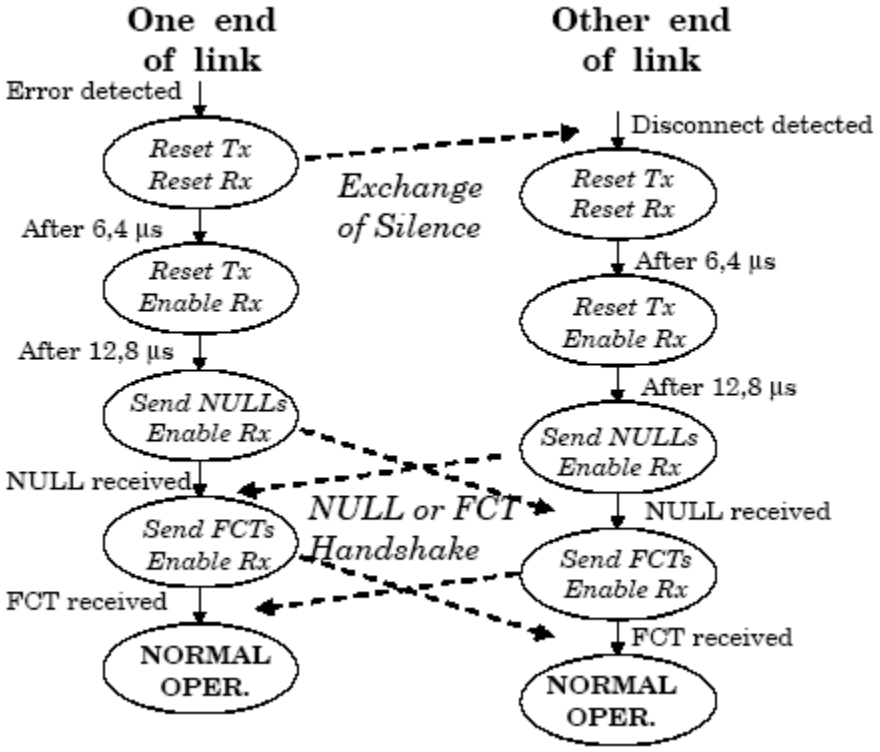
[۱] Credit count

[۲] Error reset

- در حالت شروع دوباره یا بعد از یک قطع لینک مقدار اولیه FCT برای ارسال طبق اندازه بافر گیرنده (یک FCT برای هر هشت N-Char که میتواند در بافر گیرنده نگه داری شود.) به اندازه ماکزیمم هفت باید تنظیم شود. توجه شود که اگر بافر گیرنده ظرفیتی بیش از ۵۶ داشت (معادل ارزش هفتFCT) سپس تعداد FCTها برای ارسال در ابتدا باید روی هفت تنظیم شود. حداکثر هفت FCT در هر زمان میتواند نگه داری شود .
- یک لینک واسط ، شمار تعداد N-Charهای وصول نشده را نگه میدارد که انتظار دریافت آنها را دارد به این معنا که این تعداد، توسط ارسال FCTها درخواست شده است . هر زمان که یک FCT ارسال شد،این تعداد وصول نشده باید هشت تا افزایش یابد و هر زمان که یک N-Charدریافت شد، باید یکی کم شود.
- بعد از راه اندازی مجدد یک لینک یا قطع ارتباط یک لینک ، باید مقدار اولیه تعداد وصول نشده ، صفر شود.
- شمارشگر وصول نشده ، ماکزیمم تا ۵۶ ، مطابق با هفت FCTرا میشمارد .
- FCT نباید ارسال شود مگر اینکه فضا در شمارشگر وصول نشده برای ثبت بیش از هشت N-Charوجود داشته باشد و فضا در بافر گیرنده برای ذخیره این تعداد N-Charوجود داشته باشد.
- زمانی که ارسال یک کد زمان یا یک FCT درخواست میشود، باید فوراً ارسال شود ، به محض اینکه ارسال پایان یافت ، مشخصه جاری (یا NULL یا کد زمان) ارسال میشود. وقتی که کد زمان یا FCT درخواست نمیشود و N-Char در واسط میزبان موجود است و اعتبار شمارش کنترل جریان ، بالای صفر است ، باید N-Char ارسال شود . اگر کد زمان ، FCT یا N-Charارسال نشده باشد ، فرستنده باید NULLارسال کند. برای تشخیص این موضوع که لینک هنوز فعال است (و مکانیزم تشخیص قطع ارتباط از آغاز به کار در انتهای دیگر لینک ، جلوگیری کند).
- لیست الویت مشخصه های ارسالی در زیر آورده شده :
  ۱. کد زمان ، بالاترین الویت ؛
  ۲. FCT؛
  ۳. N-Char؛
  ۴. NULL، پایین ترین الویت .

۳-۲-۱۲.تشخیص خطاهای قطع

قطع ارتباط لینک هنگامیکه تشخیص داده میشود که وصول یک بیت داده، نه بیت داده جدید در یک پنجره وقفه لینک قطع شده (850ns)دریافت شده باشد. یکبار یک خطای قطع تشخیص داده میشود ، لینک برای بازیابی این خطا تلاش میکند(تصویر زیر)



شکل ۹ :راه اندازی مجدد لینک

۱۲-۲-۴.تشخیص خطاهای توازن

خطاهای توازن در یک مشخصه داده یا کنترل رخ میدهند وقتی تشخیص داده میشوند که مشخصه بعدی ارسال شده باشد، چونکه بیت توازن برای یک مشخصه داده یا کنترل در مشخصه بعدی قرار دارد. یکبار خطای توازن تشخیص داده میشود ، لینک برای بازیابی این خطا تلاش میکند (مانند شکل بالا)

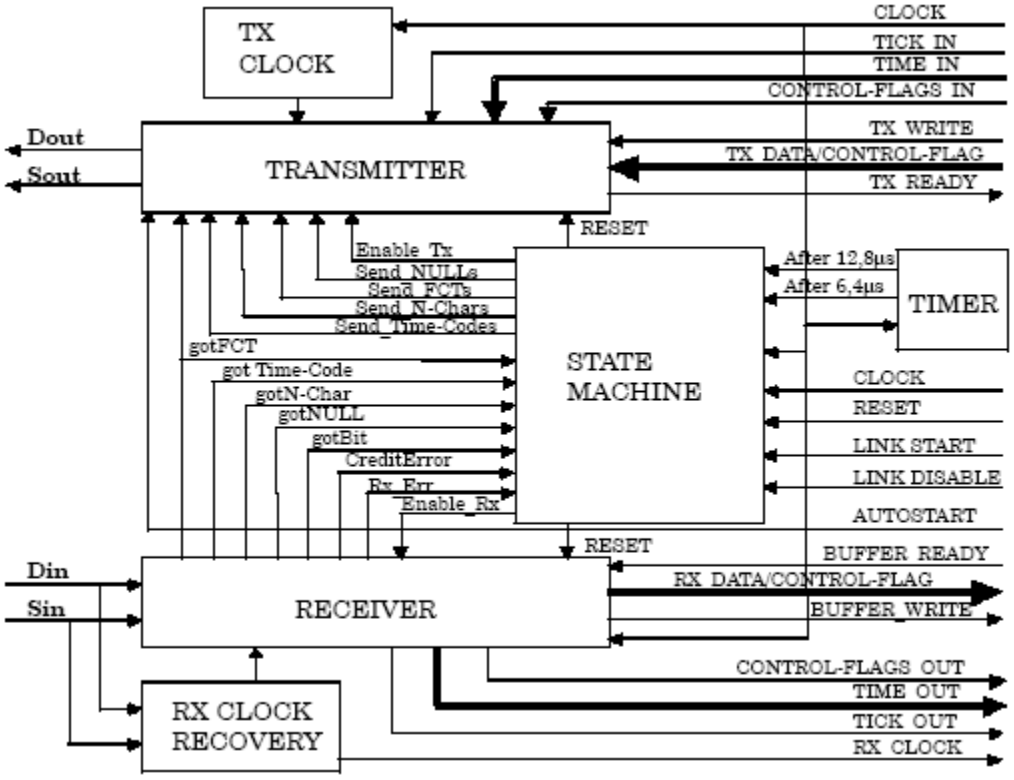
۱۲-۲-۵.بازیابی خطای لینک

دریک خطا یا راه اندازی مجدد ،لینک برای همزمان سازی دوباره یا راه اندازی مجدد از پروتکل "مبادله سکوت[۱]" استفاده میکند-که درتصویر نشان داده شد.انتهای دیگر لینک که یا راه اندازی مجدد شده است یا خطایی در آن تشخیص داده شده است ، ارسال را متوقف میکند. در انتهای دیگر لینک به عنوان یک خطای قطع ارتباط تشخیص داده میشود و آنجا نیز ارسال متوقف میشود. در ابتدا لینک در ورودیها و خروجیهایش را بعد از 6,4µsراه اندازی مجدد انجام میدهد تا مطمئن شود انتهای دیگر فطع ارتباط را تشخیص داده است. انتهای دیگر هم به مدت 6,4µs بعد از متوقف شدن ارسال منتظر میماند. سپس هر لینک 12,8µs بیشتر قبل از شروع ارسال منتظر میماند. این دوره های زمانی برای اطمینان گیرنده ها در هر دو انتهای لینک کافیست تا برای دریافت مشخصه ها قبل از شروع ارسال اماده شوند. هر دو انتهای لینک ، دست تکانی NULL یا FCT را برای برقراری دوباره یک ارتباط و اطمینان از مشخصه مناسب همزمان سازی ، انجام میدهند.

[۱] Exchange of silence

۳-۱۲. بلوک دیاگرام رمزگذار-رمزگشا

یک مثال از بلوک دیگرام رمزگذار – رمزگشا در spacewire در شکل زیر مشخص شده است.



شکل ۱۰ : مثال بلوک دیاگرام لینک واسط spacewire

❖ **فرستنده**

فرستنده مسئول رمزگذاری داده و ارسال آن با استفاده از روشهای DS[۱] است. فرستنده از سیستم میزبان برای ارسال N-Char دریافت میکند. اگر کد زمان FCT یا N-Char (داده ، EOP یا EEP) برای ارسال موجود نباشد ، فرستنده NULL ارسال میکند. فرستنده فقط زمانی N-char ارسال میکند که سیستم میزبان در انتهای دیگر لینک (B) در بافر میزبان فضا داشته یاشد.این موضوع با لینک واسط در انتهای B مشخص میشود که یک FCT ارسال میکند.که نشان میدهد آمادگی دریافت هشت N-Char دیگر را دارد. فرستنده مسئول نگهداری ترکهای[۲]FCT های دریافت شده و تعداد N-Char های ارسالی است برای تا از سرریز شدن بافر ورودی در انتهای دیگر لینک جلوگیری کند. برای تحقق این موضوع فرستنده یک اعتبار شمارش از تعداد کاراکترهایی که مجوز ارسال دارند را نگه میدارد.

[۱] دنباله مستقیم

[۲] Track

فرستنده میتواند یکی از چهار حالت زیر را داشته باشد:

a) **شروع دوباره :** فرستنده چیزی انجام نمیدهد.

b) **ارسال NULL :** در این حالت فقط میتواند NULL روی لینک ارسال کند و نمیتواند N-Char را از واسط میزبان فرستنده بخواند. فرستنده درخواست ارسال FCT را ازسیستم میزبان قبول نمیکند و کدهای زمان را هم ارسال نمیکند.

c) **ارسال NULL یا FCT :** در این حالت FCT یا NULL ارسال میکند اما هنوز N-Char ها را از واسط میزبان نمیخواند و کدهای زمان را ارسال نمیکند.

d) **ارسال کد زمان ، FCT ، N-Charو NULL :** رفتار عادی ، ارسال کد زمان ,NULL,FCT و N-Char

تغییر حالت توسط ماشین وضعیت[1] صورت میگیرد.

فرستنده همچنین مسئول ارسال FCT ها زمانیکه سیستم میزبان فضا برای دریافت بیش از هشت N-Char را دارد نیز میباشد.سیستم میزبان زمانی درخواست ارسالFCT ها را به فرستنده ارسال میکند که فضایی برای حداقل هشت N-Char داشته باشد و این فضا از قبل برای داده با درخواست FCT قبلی رزرو نشده باشد. فرستنده زمانیکه در حالت "ارسال FCT یا NULL" یا "ارسال کدزمان, FCT ,

N-Char یا NULL " است فقط میتواند یک FCT ارسال کند.

فرستنده در حالت d فقط میتواند کد زمان ارسال کند. وقتی سیگنال TICK_IN اعلام شد به محض اینکه فرستنده ارسال مشخصه فعلی یا کد کنترل را خاتمه داد، یک کد زمان ارسال میکند. وقتی که TICK_IN اعلام شد، مقدار کدزمان ، همان مقدار سیگنالهای TIME_IN و CONTROL_FLAGS_IN در نقطه زمان است. واسط نمونه بین سیستم میزبان و فرستنده شامل TX_DATA , TX_WRITE , TX_READY میباشد. وقتی که فرستنده آماده ارسال N-Char دیگری از سیستم میزبان است ، سیگنال TX_READY را اعلام میکند. وقتی که میزبان یک N-Char داشت و سیگنال TX_READY اعلام شده بود ، ممکن است

N-Char را روی خطوط TX_DATA قرار دهد و سیگنال TX_WRITE را اعلام کند. وقتیکه فرستنده داده N-Char را ثبت کرد ، دوباره سیگنال TX_READY را اعلام میکند.

❖ **ارسال پالس ساعت**

فرستنده میتواند در هر نرخ سیگنالینگ داده از حداقل تا حداکثر ممکن فعالیت کند. ارسال پالس ساعت مسئول تولید سیگنالهای پالس ساعت متغیر سیگنالینگ داده است که توسط فرستنده استفاده میشود. سیگنالهای ارسال پالس ساعت به طور نمونه با تقسیم بندی پالس پایین ساعت سیستم داخلی یا یک حالت از حلقه قفل شده چندگانه پالس ساعت سیستم داخلی صورت میگیرد.

[1] State machine

❖ گیرنده

گیرنده مسئول رمزگشایی سیگنالهای DS(Din & Sin) برای تولید یک رشته از N-Char (داده، EOP ،EEP) میباشد که روی سیستم میزبان عبور داده میشود.گیرنده همچنین NULL,FCT و کد زمان دریافت میکند.NULL ها یک لینک فعال را نمایش میدهند. آنها برای ماشین وضعیت سطح مبادله با پرچم علامت زده میشوند اما در غیر اینصورت از آنها صرف نظر میشود. وقتی گیرنده یک FCT دریافت کرد ، فرستنده آگاه میشود به طوریکه فرستنده میتواند اعتبار شمارشش را بروزرسانی کند . همه مشخصه های کنترل دریافت شده دیگر در ماشین وضعیت با پرچم علامت زده میشوند. فرستنده تا دریافت اولین NULL از دریافت هر

L-Char، N-Char ، خطاهای توازن یا خطا های رهایی[1] چشم پوشی میکند. مکانیزم آشکارسازی قطع اتصال در گیرنده به محض دریافت اولین بیت فعال میشود.(به این معنا که اولین گذار روی خروجیهای S و D گیرنده آشکار میشود.)

کدهای زمان اطلاعات زمان سیستم را نگه میدارد. یک کد زمان معتبر باعث اعلام سیگنالTICK_OUTاز فرستنده میشود . ارزش یک کد زمان وقتی که سیگنال TICK_OUT دریافت میکند، روی خروجیهای TIME_OUTو CONTROL_FLAGS_OUT قرار داده میشود. این سیگنالها به وسیله سیستم میزبان برای بروزرسانی یا تنظیم پالس ساعت سیستم بکار برده میشود.

گیرنده همچنین مسئول آشکارسازی قطع اتصال ، خطاهای توازن ، رهایی و اعتبار را دارد .

گیرنده میتواند یکی از چهار حالت زیر را داشته باشد:

a) **شروع دوباره :** گیرنده فعالیتی انجام نمیدهد.
b) **فعال[2] :** گیرنده فعال شده وبرای اولین بیت رسیده منتظر میماند.
c) **دریافت بیت [3]** : گیرنده اولین بیت را دریافت کرده است و آشکارسازی خطای قطع اتصال فعال شده است. گیرنده فقط برای شنیدن NULL ها فعال است.
d) **دریافت NULL**: گیرنده یک NULL دریافت کرده است برای دریافت FCTs , NULLs ، کدهای زمان و N-Char فعال شده است.آشکارسازی خطای رهایی ، توازن و قطع اتصال فعال شده است.

تغییر حالت ار شروع دوباره به فعال شده بوسیله ماشین وضعیت کنترل میشود.

گیرنده مسئول دریافت FCT ها از انتهای دیگر لینک و عبور این FCT ها از روی اعتبار شمارشگر در فرستنده است.

واسط نمونه بین گیرنده و سیستم میزبان شامل BUFFER_READY, BUFFER_WRITE و RX_DATA میباشد. وقتی سیستم میزبان آماده دریافت N-Char از گیرنده است، سیگنال BUFFER_READY اعلام میکند. وقتی که گیرنده یک N-Char دریافت کرد و سیگنال BUFFER_READY را اعلام کرد، N-Char را روی خطوط RX_DATA قرار میدهد و سیگنال BUFFER_WRITE را اعلام میکند. وقتی که سیستم میزبان داده N-Char را ثبت کرد، سیگنال

---

[1] Escape

[2] Enable

[3] Get bit

BUFFER_READY را دوباره اعلام میکند . اگر یک N-Char دریافت شد و سیگنال BUFFER_READY اعلام نشد ، یک خطای اعتبار رخ میدهد.

❖ **بازیابی پالس ساعت دریافتی** [۱]

دریافت پالس ساعت (RX_CLOCK) به وسیله یک XOR ساده بین داده دریافتی و سیگنالهای strobe، بازیابی میشود . مدار بازیابی پالس ساعت دریافتی ، همه سیگنالهای پالس ساعت استفاده شده توسط گیرنده به جز سیگنال پالس ساعت داخلی بکار رفته برای وقفه قطع اتصال را تأمین میکند.

❖ **ماشین وضعیت**

ماشین وضعیت کل عملیات لینک واسط را کنترل میکند. این قسمت ارزش دهی آغازی ، عملیات معمولی و سرویسهای بازیابی خطا را تأمین میکند.

❖ **زمان سنج** [۲]

زمان سنج وقفه های 6,4µs و 12,8µs بکار رفته در قالب بندی لینک را تأمین میکند. زمان سنج وقتی که ماشین وضعیت به طرف حالات خاصی حرکت کرد، شروع به کار میکند. وقتی که ماشین وضعیت به حالت *خطای شروع دوباره* بعد از 6,4µs حرکت کرد ، زمان سنج شروع به فعالیت میکند.همچنین وقتی که به حالت خطای انتظار [۳] ، حالت آغاز [۴] و حالت در حال اتصال [۵] بعد از 12,8µs رفت نیز زمان سنج شروع بکار میکند.

❖ **مدیریت بافر داده دریافتی** [۶]

سیستم میزبان مسئول مدیریت بافر داده است . این موضوع باعث میشود واسط SpaceWire چندبعدی[۷] شود و قسمت بندی بازیابی خطا ماشین وضعیت در سطوح مختلف این استاندارد آسان شود . انواع مختلف متفاوتی از بافرینگ گیرنده میزبان ممکن است اجرا شود:

- بافرینگ FIFO: موقعیتی که اندازه بافر FIFO به برنامه کاربردی خاصی بستگی دارد.

---

[۱] Receive clock recovery

[۲] Timer

[۳] Error wait

[۴] Started

[۵] Connecting

[۶] Receive buffer data management

[۷] versatile

- حافظه بافرینگ [۱]: موقعیتی که دستیابی مستقیم به حاقظه (DMA)[۲] برای انتقال داده به حافظه سیستم میزبان استفاده شده است. به محض اینکه کانال DMA تنظیم شد ، میتواندFCTهای بسیاری فوراً درخواست شود تا انتقال داده هرچه سریعتر صورت گیرد.
- بدون بافرینگ [۳]: موقعیتی که سیستم میزبان قادر به قبول داده با بالاترین نرخ است که لینک واسط میتواند ان را فراهم کند .

❖ دریافت بافرینگ FIFO

بیشتر پیاده سازی های واسط spacewire احتمالاً شامل انتقال و دریافت FIFO هااست. این بخش یکی از راههایی که از FIFO ها میتوان استفاده کرد را شرح میدهد.

بعد از راه اندازی مجدد سیستم ،FIFO های انتقال و دریافت ، خالی هستند. وقتی که اتصال لینک ایجاد شد، هر داده نوشته شده برای انتقال FIFO میتواند ارسال شود اگر FCTها برای فعال سازی ارسال ، دریافت شده باشند. FIFO دریافتی قادر به پذیرش داده است درحالیکه هنوز فضای دردسترس داشته باشد.داده از FIFOدریافتی به وسیله سیستم میزبان خوانده میشود.

استفاده از یک FIFO، واسط طرف سیستم میزبان را ساده کرده است. پرچمهای نیمی پر [۴] یا نیمی خالی [۵]FIFOمیتواند برای برای راه اندازی DMA یا مداخله پردازشگر برای خواندن از یا نوشتن روی FIFO قبل از اینکه پر یا خالی شود ، مورد استفاده قرار گیرد . این موضوع به روان شدن جریان داده روی یک لینک یا پشتیبانی بالا داده خروجی کمک کند.

---

[۱] Memory buffering

[۲] Direct memory access

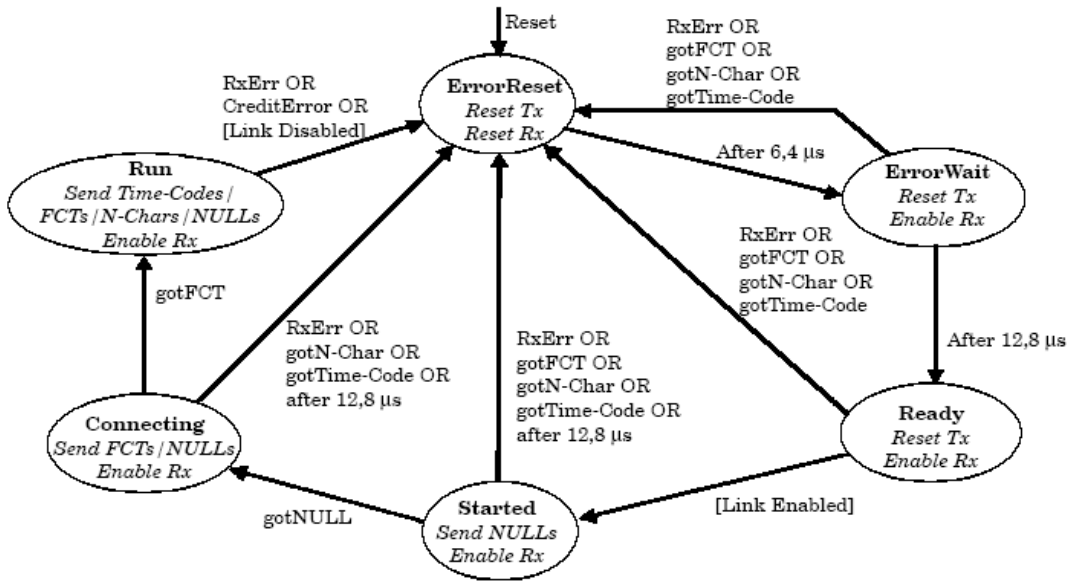
[۳] No buffering

[۴] Half-full

[۵] Half-empty

۴-۱۲.نمودار حالت

نمودار تبدیل حالت کامل برای لینک واسط SpaceWire در شکل تشریح شده است.



RxErr= خطای قطع ارتباط یا خطای توازن یا خطای رهایی

نکته: خطای قطع ارتباط فقط بعد از دریافت اولین بیت فعال میشود . خطای توازن ، خطای رهایی،دریافت FCT ، دریافتN-Char ، دریافت کد زمان بعداز دریافت اولین NULL فعال میشوند . بنابراین RxErr یا دریافت FCT یا دریافت N-Char یا دریافت کد زمان در واقع RxErr یا(دریافت NULL و (دریافت FCTیا دریافت N-charیا دریافت کد زمان)) است.

شکل شماره ۱۱ :نمودار حالت برای لینک واسط SpaceWire

۵-۱۲. تعریف حالات

❖ **خطای شروع دوباره** [۱]

a) این حالت باید بعداز راه اندازی مجدد سیستم ثبت شود ، بعداز عملیات لینک به هر علت یا وجود یک خطا در حین مقداردهی اولیه لینک ، پایان پذیرد.
b) در این حالت فرستنده وگیرنده باید راه اندازی مجدد شوند.
c) وقتی سیگنال راه اندازی مجدد دوباره حالت شروع دوباره را اعلام کرد ، خطای شروع دوباره باید بعد از یک تأخیر 6,4µs بدون هیچ شرطی رها شود و ماشین وضعیت به حالت خطای انتظار میرود.
d) هرزمان که سیگنال راه اندازی مجدد اعلام شد، ماشین وضعیت فوراً به حالت خطای شروع دوباره میرود و آنجا میماند تا سیگنال راه اندازی مجدد دوباره اعلام شود.

❖ **خطای انتظار**

a) حالت خطای انتظار فقط در نتیجه حالت خطای شروع دوباره ثبت میشود.
b) در این حالت گیرنده باید فعال باشد و فرستنده راه اندازی مجدد شده باشد.
نکته : این موضوع اجازه میدهد گیرنده مکانیزم آشکارسازی قطع ارتباط را شروع کند (بعد از ثبت یک انتقال روی خط Sیا D) و جستجو برای ورود NULL را شروع کند.
c) اگر یک NULLدریافت شود ، سپس باید شرط دریافت NULL تنظیم شود
نکته : این شرط طبق حالت شروع فعال میشود.
d) حالت خطای انتظار بعداز یک تأخیر 12,8µs بدون هیچ شرطی رها میشود و ماشین وضعیت به حالت آماده به کار [۲] میرود.
e) اگر در حالت خطای انتظار، یک خطای قطع ارتباط رخ دهد یا اگر بعد از دریافت NULL شرط تنظیم شد ، یک خطای توازن یا خطای رهایی رخ دهد یا هر مشخصه دیگری ،بعداز یک NULL دریافت شد ماشین وضعیتباید به حالت خطای شروع دوباره بازگردد.
نکته : حالات خطای شروع دوباره و خطای انتظار با تأخیرهای 6,4µsو 12,8µs مطمئن میشوند که گیرنده ها در هر دو انتهای لینک قبل از شروع ارسال فعال هستند.

❖ **آماده به کار**

a) حالت آماده به کار فقط از حالت خطای انتظار نتیجه گرفته میشود.
b) در حالت آماده به کار ، لینک واسط به محض اینکه اجازه مقدار دهی اولیه را بدست آورد، این کار را انجام میدهد. گیرنده باید فعال شود و فرستنده باید راه اندازی مجدد گردد.
c) اگر یک NULL دریافت شد ، شرط دریافت NULL باید تنظیم شود.

---

[۱] Error reset

[۲] Ready

نکته : این شرط طبق حالت شروع فعال میشود.

d) ماشین وضعیتباید در حالت آماده بکار باقی بماند تا محافظ (لینک فعال) درست شود و سپس باید به حالت شروع برود.

e) اگر در حالت آماده به کار ، یک خطای قطع اتصال رخ دهد یا اگر بعد از دریافت NULL شرط تنظیم شد ، یک خطای توازن یا خطای رهایی رخ دهد یا مشخصه های دیگری بعد از یک NULL دریافت شد، ماشین وضعیتباید به حالت خطای شروع دوباره برود.

نکته : در حالت آماده به کار دو گیرنده فعال هستند و ماشین وضعیتبرای سیستم میزبان داخلی منتظر میماند تا فرمان شروع به لینک برسد.

❖ **شروع**

a) حالت شروع از حالت آماده به کار وقتی که لینک واسط فعال است ، نتیجه میشود.

نکته : در حالت شروع ، ماشین وضعیتشروع به ایجاد یک ارتباط با لینک واسط در انتهای دیگر لینک با استفاده از یک یا چند NULLمیکند.

b) وقتی که حالت شروع ثبت میشود یک زمان سنج وقفه 12,8µs شروع به کار میکند.

c) در حالت شروع ، گیرنده فعال است و فرستنده NULL ارسال میکند.

d) اگر NULLدریافت شود ، بعد از دریافت آن باید شرط دریافت NULLاعمال شود.

e) وقتی شرط دریافت NULLتنظیم شد ماشین وضعیتباید به حالت در حال اتصال برود.

نکته : NULLکه شرط دریافت NULL را اعمال میکند، در حالات خطای انتظار ، آماده به کار و شروع میتواند دریافت شده باشد

f) در حالت شروع ارسال از فرستنده، حداقل یک NULL قبل از رفتن به حالت در حال اتصال باید درخواست شده باشد.

g) اگر در حالت شروع ، یک خطای قطع ارتباط رخ دهد یا بعد از تنظیم شرط دریافت NULL، یک خطای توازن یا خطای رهایی رخ دهد یا هر مشخصه دیگری بعد از یکNULLدریافت شد، ماشین وضعیتباید به حالت شروع دوباره برود.

❖ **در حال اتصال**

a) حالت در حال اتصال از حالت شروع ، بعد از دریافت NULL نتیجه میشود (شرط دریافت NULLتنظیم شود.)

b) بعد از ورود به حالت در حال اتصال ، یک زمان سنج وقفه 12,8µsشروع به کار میکند.

c) در این حالت گیرنده باید فعال باشد و فرستنده نیز قادر به ارسال FCTها و NULLها باشد.

d) اگر یک FCT دریافت شد (شرط دریافت FCT برقرار شد) ماشین وضعیتباید به حالت اجرا برود.

e) اگر در حالت در حال اتصال ، یک خطای قطع ارتباط ، خطای توازن یا خطای زهایی رخ دهد یا اگر هر مشخصه دیگربعد از NULL یا FCTدریافت شود ، ماشین وضعیتباید به حالت شروع دوباره برود.

❖ **اجرا**

a) حالت اجرا از حالت در حال اتصال نتیجه میشود.

نکته : در حالت اجرا گیرنده فعال است و فرستنده توانایی ارسال کدهای زمان ، N-Char،FCTو NULLرا دارد.

b) اگر لینک واسط غیر فعال بود یا اگر یک خطای قطع اتصال ، خطای توازن ، خطای رهایی یا خطای اعتبار تشخیص داده شود ، در حالیکه سیستم در حالت اجرا است سپس ماشین وضعیتباید به حالت شروع دوباره برود.

نکته : حالت اجرا ، حالتی برای عملیات معمولی است ، موقعیتی که اتصال لینک ایجاد شده است و N-Char و L-Char میتوانند آزادانه در هر دو سمت لینک جریان داشته باشند. لینک در حالت اجرا باقی میماند تا زمانی که یک خطا رخ دهد یا تازمانیکه لینک غیر فعال شود.

۶-۱۲. انواع گذار

❖ **شروع دوباره**

راه اندازی مجدد،توان در راه اندازی مجدد ، راه اندازی مجدد نرم افزارهای دیگر یا سخت افزار پیشنهادی راه اندازی مجدد را ارائه میدهد.

❖ **بعد از t µs**

بعد از 6,4µs یا بعد از 12,8µs ، یک تأخیر با زمان مشخص را نشان میدهد که زمانی اندازه گیری میشود که حالت فعلی ثبت شده است . فاصله های زمان واقعی ، تأخیرهای اسمی هستند.

❖ **[لینک فعال]**

لینک فعال موقعیتی است که گذار رخ داده است (به معنای محافظ) . لینک فعال میتواند توسط سخت افزار یا نرم افزار به درستی تنظیم شود.

❖ **دریافت NULL**

a) این وضعیت زمانی اعلام میشود که یک NULLدریافت شده باشد.

نکته : دریافت NULL یعنی یک دنباله NULL دریافت شده است.

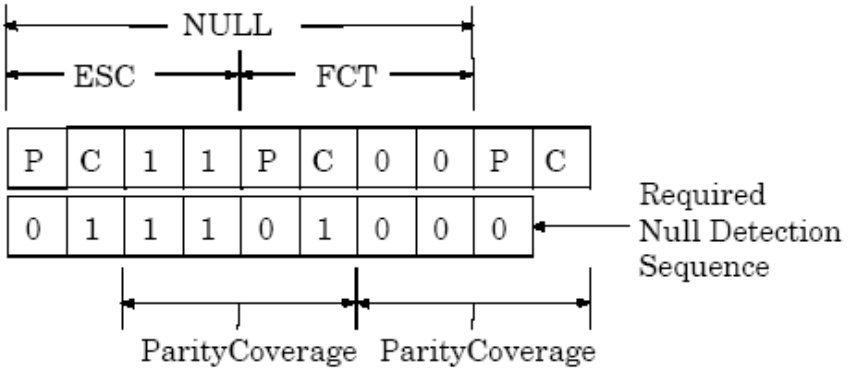
b) آشکارسازی NULL در هر زمان که گیرنده فعال است باید فعال شود.

c) هر دنباله ای از بیتها بعد از شروع دوباره (حالت خطای شروع دوباره) قبل از دریافت اولین NULL باید نادیده گرفته شود.

d) آشکارسازی NULL شامل همه ۳ بیت توازن مربوط به NULL ، یعنی بیت توازن که پرچم کنترل داده مشخصه ESC را پوشش میدهد ، بیت توازن که مشخصه ESC را پوشش میدهد و بیت توازن که مشخصه FCT را پوشش میدهد، میباشد . بنابراین زمانیکه دنباله ۰۱۱۱۰۱۰۰۰ از بیتها رسید،NULLباید آشکارسازی شود و دریافت NULL اعلام گردد که در شکل زیر نشان داده شده است .

نکته : در حال مقداردهی اولیه مشخصه باید توجه شود که یک NULLیک مشخصه کنترل است ، بنابراین بیت توازن آخرین NULL باید صفر تنظیم شود.

e) اگر یک خطای توازن با آشکارسازی دنباله NULL رخ دهد سپس وضعیت دریافت NULL نباید اعلام شود.



P = Parity Bit (Odd Parity)
C = Data-Control Flag (=1)

شکل ۱۲ : دنباله NULL

❖ **دریافت FCT**

FCT ها فقط زمانیکه در حالت اجرا و در حال اتصال دریافت شوند ، معتبر هستند.

نکته ۱ : اگر در هر حالت دیگری دریافت شوند ، خطا را نماش میدهند.

نکته ۲ : دریافت FCT به این معناست که یک FCT دریافت شده است.

❖ **دریافت N-Char**

یک N-Char زمانی دریافت میشود که ماشین وضعیت سطح مبادله در حالت اجرا نباشد در غیر این صورت به عنوان یک خطا تفسیر خواهد شد.

❖ **دریافت کد زمان**

یک کد زمان زمانی دریافت میشود که ماشین وضعیت سطح مبادله در حالت اجرا نباشد ، در غیر این صورت به عنوان یک خطا تفسیر خواهد شد.

❖ **لینک غیر فعال**

لینک غیر فعال وضعیتی است که به وسیله نرم افزار یا سخت افزار خارجی به منظور از کار انداختن یا توقف لینک واسط تنظیم میشود.

❖ RxErr

RxErr یا خطای گیرنده آستانه ای برای خطای قطع ارتباط ، خطای توازن یا خطای رهایی است.

a) خطای قطع ارتباط باید توسط گیرنده در لینک واسط تشخیص داده شود.

نکته : خطای قطع ارتباط زمانی یک وضعیت خطا اعلام میشود که مدت زمانی که آخرین گذار روی خطوط S وD طول میکشد بیش از 850ns باشد.

b) مکانیزم تشخیص قطع ارتباط باید بعد از ترک حالت خطای شروع دوباره فعال شود ، به محض اینکه اولین لبه در خط S یا D آشکار شد.

❖ خطای توازن

a) خطای توازن توسط گیرنده در لینک واسط تشخیص داده میشود.

نکته :رویداد خطای توازن اگر یک خطای توازن تشخیص داده شود ، رخ میدهد.

b) آشکارسازی توازن باید زمانی که گیرنده بعد از دریافت اولین NULL فعال شده است ، فعال شود.

❖ خطای رهایی

a) خطای رهایی توسط گیرنده در لینک واسط تشخیص داده میشود.

نکته : خطای رهایی زمانی رخ میدهد که یک مشخصه ESC بعد از هر مشخصه کنترل به غیر از FCT (ESC که بعد از آن FCT بیاید ، یک NULL خواهد بود.) بیاید. ESC که بعد از یک مشخصه داده بیاید، یک کد زمان است.

b) تشخیص خطای رهایی زمانی فعال میشود که گیرنده بعد از دریافت اولین NULL فعال شده است.

❖ خطای اعتبار

خطای اعتبار توسط گیرنده در لینک واسطتشخیص داده میشود.

خطای اعتبار زمانی رخ میدهد که داده ای دریافت شده باشد و سیستم میزبان انتظار داده بیشتر را نداشته باشد .به این معنا که وقتی همه N-Char ها در حال انتظار بودند، مطابق درخواست بیش از 8N-Char و بعد از ارسال FCT، دریافت شده باشد.یک خطای اعتبار همچنین زمانی که اعتبار دارای حداکثر ارزش خود است یا بسته است و FCT دریافت میشود ، نیز رخ میدهد.یک خطای اعتبار زمانی که بعضی خطاهای ناشناخته روی لینک رخ میدهد نیز نمایش داده میشوند که باعث ایجاد انحراف در اعتبار شمارش میشود.

❖ خطای دنباله مشخصه [1]

a) این خطا توسط وضعیت ماشین در لینک واسط تشخیص داده میشود.

b) هر مشخصه ای قبل از NULL دریافت شود باید نادیده گرفته شود.

c) یکبار یک NULL دریافت شده است ، FCT دریافت شده قبل از ارسال NULL ، مشخص کننده یک خطا است.(FCT در حالات خطای انتظار ، آماده به کار و شروع دریافت میشود.)

[1] Character sequence error

d) انتظار یک N-Char را باید فقط بعد از دریافت یک NULL و یک FCT داشت ، در غیر اینصورت خطا رخ میدهد (N-Char فقط در حالت اجرا دریافت خواهد شد.)

❖ شروع خودکار [1]

a) یک لینک واسط باید قادر به فرمان شروع خودکار روی اعلام وصول NULL باشد. در این مورد وضعیت لینک فعال در وضعیت ماشین باید به شرح ذیل تنظیم شود:

[Link Enabled] = (NOT [LinkDisabled]) AND([LinkStart] OR([AutoStart] AND gotNULL))

که :

لینک غیر فعال: پرچمی که توسط سخت افزار یا نرم افزار برای تشخیص، تنظیم میشود که لینک غیرفعال است. این موضوع مطابق شرط لینک غیر فعال در نمودار حالت است.

لینک شروع [2]: پرچمی است که توسط سخت افزار یا نرم افزار برای شروع یک لینک تنظیم میشود به این معنا که باعث گذار از حالت آماده بکار به حالت شروع میشود.

شروع خودکار: پرچمی است که توسط سخت افزار یا نرم افزار برای درخواست لینک برای شروع خودکار روی اعلام وصول NULL تنظیم میشود.

دریافت NULL :پرچمی است که مشخص میکند لینک واسط یک دنباله NULL دریافت کرده است.

b) لینک شروع و شروع خودکار باید فقط زمانی فعال شوند که لینک واسط غیر فعال نیست ، یعنی [LinkDisabled] = False

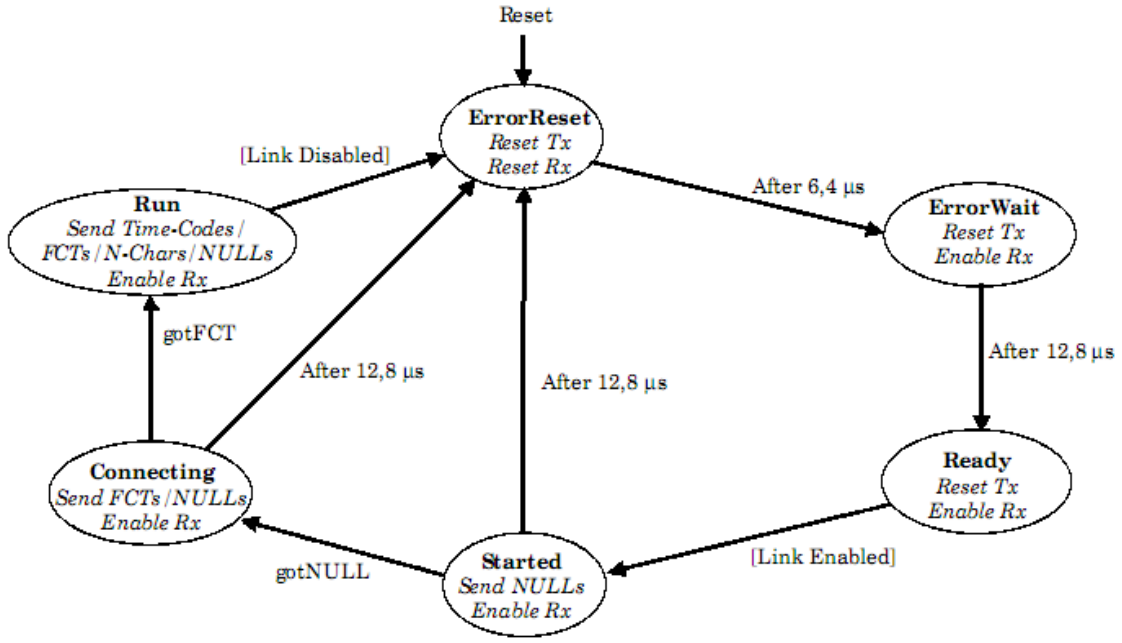
نکته : سهولت شروع خودکار، راه اندازی یک سیستم را فراهم میکند در موقعیتی که یک انتهای لینک (انتهای A) برای انتهای دیگر (انتهای B) منتظر میماند تا برای اتصال تلاش کند.به محض اینکه انتهای B برای ایجاد ارتباط با انتهای A تلاش کرد ، فوراً پاسخ میگیرد. این موضوع اجازه کنترل ارتباط یک لینک را فقط از یک انتهای لینک را میدهد.

[1] Autostart

[2] Linkstart

۷-۱۲.مقدار دهی اولیه لینک

این بخش توضیح میدهد چگونه نمودار حالت مطرح شده ، مقداردهی اولیه لینک، گذار از حالت شروع دوباره به عملیات معمولی لینک و ارسال داده در دوجهت را اداره میکند. نمودار حالت پایه ای با جابجایی شرایط خطای گیرنده در تصویر زیر توصیف شده است.



شکل ۱۳ :نمودار حالت پایه ای برای لینک واسط SpaceWire

بعد از اینکه یک لینک واسط (یک انتهای یک لینک) راه اندازی مجدد[۱] شد، جاییکه فرستنده وگیرنده راه اندازی مجدد شدند، وارد حالت شروع دوباره میشود. راه اندازی مجدد فرستنده یک راه اندازی مجدد کنترل شده است ، اولین نتیجه در فرستنده بعد از راه اندازی مجدد سیگنال strobe و سپس سیگنال داده ، توقف ارسال است. این ترتیب از همزمانی انتقال سیگنالهای داده و strobe جلوگیری میکند.

لینک واسط در حالت خطای شروع دوباره به مدت 6,4µs باقی میماند و سپس به حالت خطای انتظار میرود. در حالت خطای انتظار فرستنده غیرفعال باقی میماند ، اما گیرنده فعال است به این علت که بتواند جستجوی NULL ها را آغاز کند.

لینک واسط به مدت 12,6µs در حالت خطای انتظار باقی میماند و سپس به حالت اماده به کار میرود. تأخیر 6,4µs از حالت شروع دوباره به حالت خطای انتظار و تأخیر 12,8µs از حالت خطای انتظار به حالت آماده به کار اطمینان میدهد که گیرنده ها در هر دو انتهای لینک آماده دریافت مشخصه ها قبل از شروع ارسال هستند.

لینک واسط با راههای ممکن بسیاری میتواند فعال شود ، به طور مثال توسط فرمان نرم افزار به صوت خودکار ، هنگامیکه گیرنده یک NULL را تشخیص دهد یا لینک میتواند به طور ثابت فعال باشد(طبق بحث مطرح شده در قسمت شروع خودکار) وقتی که یک لینک واسط فعال شده است ، شرط[لینک فعال] صحیح[۲] میشود. به محض اینکه لینک فعال شد، لینک واسط از حالت آماده به کار به حالت شروع میرود .

---

[۱] Reset

[۲] True

در حالت شروع ، لینک واسط ، فرستنده را به ارسال NULL ها فرمان میدهد. لینک در این حالت میماند تا گیرنده تشخیص دهد که یک NULL روی لینک دریافت شده است یا تا زمانی که وقفهاتصال به پایان برسد. وقفهاتصال به طور اسمی 12,8µs تنظیم میشود چونکه این بازه زمانی برای وقفه حالت خطای انتظار تولید شده است. اگر یک NULL دریافت شود ، سپس لینک واسط به حالت درحال اتصال میرود.اگر NULL در 12,8µs دریافت نشود ، لینک به حالت خطای شروع دوباره میرود. در موضوع اخیر، لینک واسط مراحل راه اندازی مجدد (خطای شروع دوباره ، خطای انتظار ، آماده بکار) را انجام میدهد و برای ایجاد یک ارتباط دوباره در یک زمان کوتاه تلاش میکند.

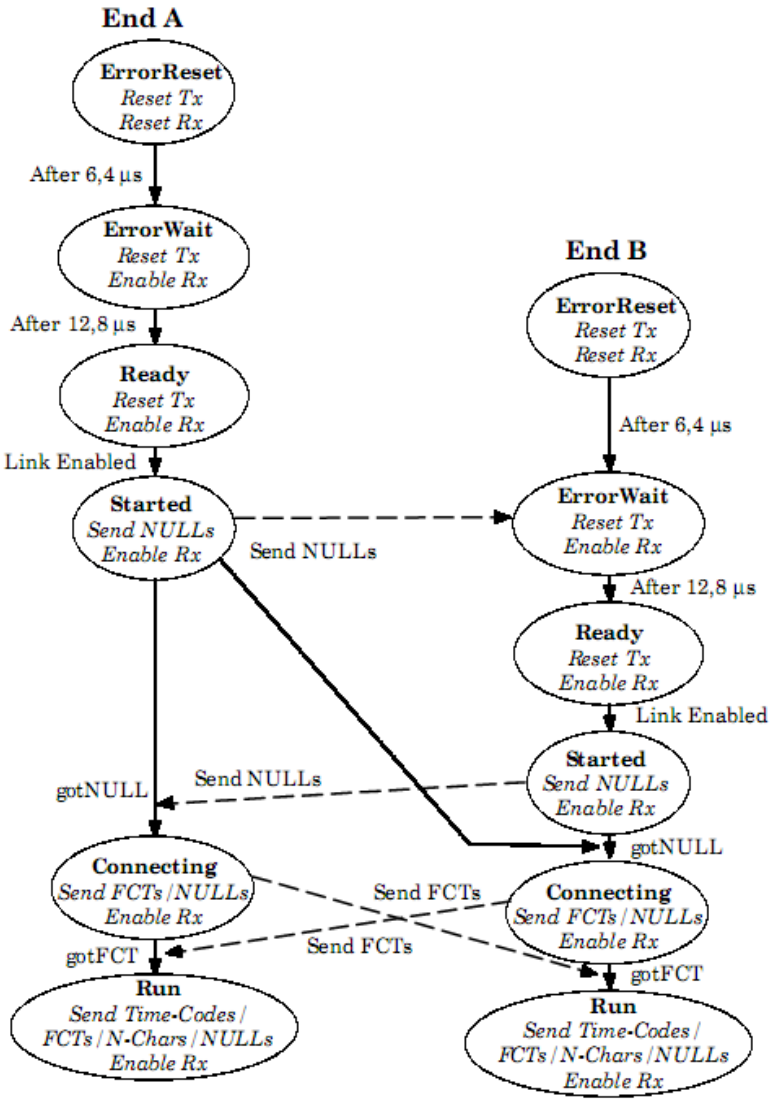
وقتی که لینک وارد حالت اجرا میشود ، عملیات معمولی ، ارسال و دریافت داده و کنترل مشخصه ها، را شروع میکند .لینک در حالت اجرا میماند تا غیر فعال شود. سپس لینک واسط مراحل راه اندازی مجدد (خطای شروع دوباره ، خطای انتظار ، آماده به کار) را طی میکند و در حالت آماده به کار باقی میماند تا یکبار دیگر لینک فعال شود.

تصویر و جدولی که در زیر آورده شده است ، مثالی از مراحل مقداردهی اولیه میباشد. لینک واسط A یک انتهای لینک و لینک واسط B انتهای دیگر آن است.

جدول ۱ : مثالی از مقدار دهی اولیه

لینک واسط انتهای A	لینک واسط انتهای B	شرایط یا رویدادی که در انتقال به وجود می آید
خطای شروع دوباره	خطای شروع دوباره	انتهای A بعد از وقفه 6,4µs به حالت خطای انتظار میرود
خطای انتظار	خطای شروع دوباره	انتهای B بعد از وقفه 6,4µs به حالت خطای انتظار میرود.
خطای انتظار	خطای انتظار	انتهای A بعد از وقفه 12,8µs به حالت آماده بکار میرود
آماده بکار	خطای انتظار	انتهای A یک لینک فعال است بنابراین به حالت شروع میرود.
شروع در حال ارسال NULL	خطای انتظار	انتهای B ارسال NULL از طرف انتهای A را تشخیص میدهد. این موضوع به عنوان دریافت NULL توسط انتهای Bثبت میشود. تغییری در حالات به وجود نمی آید.
شروع در حال ارسال NULL	خطای انتظار	انتهای B بعد از وقفه 12,8µs به حالت آماده بکار میرود
شروع در حال ارسال NULL	آماده بکار	انتهای B یک لینک فعال است بنابراین به حالت شروع میرود.
شروع در حال ارسال NULL	شروع در حال ارسال NULL	انتهای B یک NULL ارسال میکند و در یافت یک NULL را تشخیص میدهد بنابراین میتواند به حالت به حالا در حال اتصال برود.
شروع در حال ارسال NULL	در حال اتصال	انتهای A ارسال NULL از طرف انتهای B را تشخیص میدهد و میتواند به حالت در حال اتصال برود. انتهای B ،FCT (و NULL) هایی ارسال میکند.

در حال اتصال	در حال اتصال	انتهای A، FCT (و NULL) هایی ارسال میکند. انتهای B، FCT (و NULL) هایی ارسال میکند. انتهای A یک FCT دریافت میکند و به حالت اجرا میرود.
اجرا	در حال اتصال	انتهای A ، FCT ، N-Char و NULL هایی ارسال میکند. انتهای Bیک FCT دریافت میکند و به حالت اجرا میرود.
اجرا	اجرا	هر دو انتها در حالت اجرا هستند و عملیات معمولی ارسال را آغاز کرده اند و FCT ، N-Char و NULL هایی ارسال میکنند.



شکل ۱۴ :مثالی از مقداردهی اولیه

یک لینک فقط زمانی شروع به ارسال FCTها میکند که یک NULL دریافت کرده باشد. بنابراین، وقتی که لینکی یک FCT دریافت میکند، میداند که لینک در هر دو جهت اتصال دارد. رابطه همبستگی [1]یک NULL (یا هر روش همزمانی در آشکارسازی NULL) صحت همزمانی مشخصه را در حالات خطای انتظار ، آماده به کار و شروع ، تضمین میکند.مراحل دست تکانی[2]NULL یا FCT تضمین میکند که لینک قبل از شروع عملیات معمولی، در هر دو جهت اتصال دارد .

زمانی که از فعال شدن یک لینک در حالت شروع تا انجام عملیات معمولی در حالت اجرا طول میکشد ، میتواند به کوتاهی زمان ارسال دو NULL ویک FCT باشد. انتهای A فعال است و یک NULL ارسال میکند. انتهای B به صورت شروع خودکار فعال است وقتی که از انتهای A یک NULL دریافت میکند و بعد از یک FCT ، یک NULL ارسال میکند. انتهای A یک NULL از انتهای B دریافت میکند و یک FCT ارسال میکند. هر دو انتها FCT دریافت میکنند و به حالت اجرا میروند. در یک لینک با نرخ سیگنالینگ داده 10Mb/s ، این انتقال داده فقط 2µs طول میکشد.

۸-۱۲.عملیات معمولی

در عملیات معمولی هر دوانتهای لینک درحالت اجرا هستند و NULL ، N-Char ، FCT و کدهای زمان ارسال و دریافت میکند.

یک مثال سیستم میزبانی با فضای بافر کافی برای دریافت 16 N-Chars است.این سیستم میزبان در یک انتهای لینک (انتهای A) تشخیص میدهد که آماده دریافت N-Chars به واسطه دو پرچمی است که فضا برای بیش از ۸ مشخصه در لینک واسط فراهم کرده است. لینک واسط دو FCT انتهای دیگر لینک (انتهای B) ارسال میکند، بنابراین اعتبار شمارش آن (از صفر به ۱۶) افزایش می یابد.لینک واسط در انتهای B سیستم تشخیص میدهد که سیستم میزبانش آماده ارسال داده (N-Chars) میباشد.وقتی که سیستم میزبان در انتهای B داده برای ارسال دارد، آن را از لینک واسط عبور میدهد که آن را از میان لینک به انتهای A ارسال میکند. با ارسال هر مشخصه توسط لینک واسط (انتهای B) اعتبار شمارش آن کاهش می یابد تا به صفر برسد؛ در هر نقطه که لینک واسط (انتهای B) تشخیص بدهد سیستم میزبانش آمادگی ارسال داده بیشتر را ندارد. داده دریافت شده در انتهای A روی سیستم میزبانش عبور داده میشود که این داده ها روی ۱۶ مشخصه بافر آن قرار دارند. چونکه سیستم میزبان ، داده را خارج از این بافر استفاده میکند ، فضا برای قبول داده بیشتر فراهم میشود. به محض اینکه فضا برای بیش از ۸ مشخصه دیگر به وجود آمد ، پرچم لینک واسط علامت دار میشود، سپس انتهای B ارسال FCT دیگر را اطلاع میدهد که ممکن است بیش از ۸ مشخصه معمولی دیگر ارسال شود.

۹-۱۲.تشخیص خطا

پنج شکل از خطای گیرنده وجود دارد که میتواند در سطح مبادله تشخیص داده شود و فعال شود- خطاهای قطع ارتباط ، خطاهای توازن ، خطاهای رهایی ، خطاهای اعتبار و خطاهای مراحل مشخصه . زمانی که یکی از این خطاها رخ دهد ، هم همزمانسازی مشخصه و هم شرایط کنترل جریان معتبر خواهند شد.

انتهایی که تشخیص خطا داده شده است ، باید راه اندازی مجدد گردد و برای بازیابی همزمانی مشخصه ها و وضعیت کنترل جریان ، دوباره مقداردهی اولیه شود.

---

[1]correlation

باید توجه شود که این موضوع انتهای خارج از منطقه را وادار به انجام این مورد میکند. بسته های خالی که با این خطاها دریافت میشوند ، ازبین خواهند رفت.

۱۰-۱۲.بررسی خطاهای گیرنده

❖ **خطای قطع ارتباط**

یک لینک واسط فعال به طور مداوم کدهای زمان ، N-Chars، FCTs یا NULLs ارسال میکند و بنابراین سیگنالهای داده یا strobe یا هر دو همیشه در حال تغییرند.

گیرنده وقتی که فاصله زمانی از گذار آخر روی سیگنال داده یا strobe از زمان تشخیص قطع ارتباط[۱] تجاوز کرد ، باید یک قطع ارتباط را تشخیص دهد.

زمان تشخیص قطع ارتباط به صورت اسمی 850 ns باید باشد . توجه شود که یک قطع ارتباط در صورتی تشخیص داده میشود که گیرنده قبلا حداقل یک بیت دریافت کرده باشد.

تشخیص یک قطع ارتباط منجر به یک خطای قطع ارتباط میشود . یک خطای قطع ارتباط میتواند هم در زمان غیر فعال بودن یک لینک و هم در زمان قطع ارتباط فیزیکی (دانسته یا ندانسته) رخ دهد.

اگر یک قطع ارتباط فیزیکی عامل ایجاد خطای قطع ارتباط باشد، هر دو ارنتهای لینک باید به طور مداوم برای ایجاد یک ارتباط تلاش کنند تا لینک دوباره متصل شود یا اینکه لینک واسط غیر فعال شود.

اگر یک خطای قطع ارنباط تشخیص داده شود ، لینک واسط باید از مبادله روش بازیابی خطای خاموشی[۲]

که توضیح داده میشود ، تبعیت کند.

اگر خطای قطع ارتباط در حالت اجرا رخ دهد خطای قطع ارتباط باید در سطح شبکه به عنوان خطای لینک باید علامت زده شود.

❖ **خطای توازن**

وقتی که یک بیت توازن دریافت میشود باید مورد بررسی قرار گیرد . اگر خطای توازن بعد از دریافت اولین NULL ایجاد شده باشد ، لینک واسط باید از روش بازیابی خطا که توضیح داده خواهد شد ، استفاده کند.

اگر خطای توازن در حالت اجرا رخ دهد ، خطای توازن در سطح بالا به عنوان خطای لینک علامت زده میشود.

❖ **خطای رهایی**

یک مشخصه ESC فقط باید از NULL (ESC بعد از FCT) یا کد زمان (ESC بعد از یک سیگنال مشخصه داده) استفاده کند. اگر مشخصه ESC بعد از هر کاراکتر کنترل غیر از FCT دریافت شود ، لینک واسط باید از روش بازیابی خطا که توضیح داده خواهد شد ، استفاده کند.

اگر خطای رهایی در حالت اجرا رخ دهد ، در سطح بالا به عنوان خطای لینک علامت زده میشود.

---

[۱] Disconnect-detection time

[۲] Silence

❖ **خطای اعتبار**[1]

یک خطای اعتبار در حالت اجرا شناسایی میشود، وقتی که سیستم میزبان انتظار دریافت هیچ N-Char را ندارد و یک مشخصه معمولی دریافت شده است.

تذکر: اگر یک خطای ناشناخته توسط بیت توازن رخ دهد یک خطای اعتبار رخ خواهد داد که نتیجه آن یک یا چند FCT جعلی خواهد بود.

در خطای اعتبار، لینک واسط باید از روش بازیابی خطا که توضیح داده خواهد شد ، استفاده کند.

اگر خطای اعتبار در حالت اجرا رخ دهد ، در سطح بالا به عنوان خطای لینک علامت زده میشود.

❖ **خطای ترتیب مشخصه**

در زمان مقداردهی اولیه ممکن است برای لینک واسطی رخ دهد که در زمانی FCT یا N-Char دریافت کرده است که انتظار آن را نداشته است. هر مشخصه غیرمنتظره توسط سطح مبادله ماشین وضعیت گرفته میشود که باعث راه اندازی مجدد یا مقدار دهی دوباره مشود.

یک خطای ترتیب مشخصه فقط در زمان مقداردهی اولیه لینک رخ میدهد و نباید در سطح شبکه به عنوان خطای لینک علامت زده شود .

۱۱-۱۲. بررسی بسته های خالی

بسته های خالی (یک EOP یا EEP که فوراً بعد از EOP یا EEP دیگر دریافت میشوند) غیر منتظره هستند ، اما اگر یک بسته با یک EEP شامل سرآیند [2]و EEP به پایان برسد و مشخصه های سرآیند stripped off به عنوان پیشرفت بسته در شبکه یک EOP باقی گذارند، رخ خواهد داد..

در حالت اجرا اگر N-Char بعدی ، بعد از یک EOP یا EEP دریافت شده باشد ، EEP یا EOP دیگری است ، پس لینک واسط ممکن است EOP یا EEP دومی را از بین ببرد.

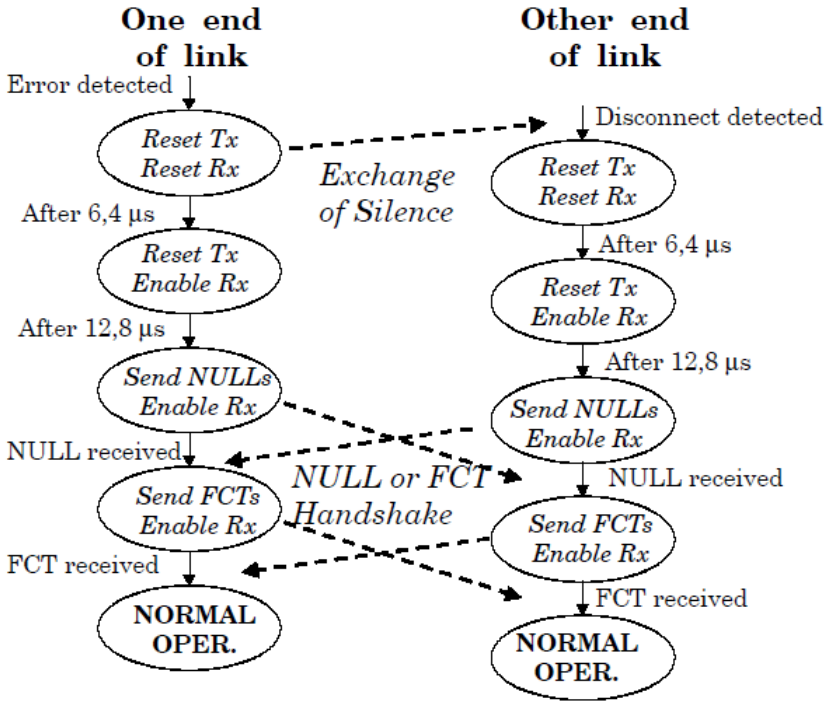
این خطا نباید به عنوان خطای لینک در سطح شبکه علامت زده شود. در این روش ، بسته های خالی آهسته از بین میروند.

[1] Character sequence error

[2] Header

۱۲-۱۲..مبادله روش بازیابی خطای سکوت

وقتی یک انتهای لینک (انتهایA)غیر فعال میشود یا به عنوان خطا تشخیص داده میشود ، ارسال آن متوقف میشود. این موضوع باعث یک خطای قطع ارتباط در انتهای دیگر لینک (انتهای B) میشود. سپس انتهای B ارسال را متوقف میکند و نتیجه آن یک خطایی قطع ارتباط در انتهای A است.این روش به عنوان "مبادله سکوت"[۱] شناخته میشود.



شکل ۱۵ : مبادله سکوت

بعد از مبادله سکوت ، هر دو انتهای لینک باید مراحل راه اندازی مجدد (خطای شروع دوباره ، خطای انتظار ، آماده به کار) را انجام دهند.در حالت آماده به کار پایان میابد و با یکبار فعال شدن اماده آغاز عملیات است.

اگر هر دو انتها فعال بودند ، باید به حالت شروع بروند و دوباره مقداردهی شوند.

اگر یک انتها (انتهای A) غیرفعال بود و انتهای دیگر (انتهای B) فعال باشد ، انتهای B به حالت آماده به کار میرود و به مدت 12,8µs باید NULL ارسال کند. تا زمانی که انتهای A غیرفعال است ، نمیتواند واکنش نشان دهد. انتهای A اگرچه زمان سنج قطع ارتباطش[۲] شروع شده است ، باید دریافت یک NULL را ثبت کرده باشد. وقتی که وقفه 12,8µs انتهای B کامل شد ، باید به حالت شروع دوباره برود و ارتباطش را قطع کند (خروجی هایش را متوقف کند). انتهای A میتواند قطع ارتباط را تشخیص دهد بنابراین آن نیز باید به حالت شروع دوباره برود. هر دو انتها باید دوباره مراحل شروع را انجام دهند . این سری از رویدادها ادامه

می یابد تا زمانیکه یا انتهای A فعال شود و یا انتهای B غیر فعال شود.

---

[۱]Exchange of silence

[۲]Disconnect timer

❖ **گزارش خطاهای لینک به سطح شبکه**

خطا های گیرنده (خطای فطع ارتباط ، خطای توازن ، خطای ترتیب رهایی ، خطای ترتیب مشخصه و خطای اعتبار) در حین مقداردهی اولیه لینک (حالات خطای شروع دوباره ، خطای انتظار ، آماده به کار ، شروع و در حال اتصال) نباید به سطح شبکه گزارش داده شوند.

یکبار اتصال لینک برقرار میشود (حالت اجرا) ، یک خطای گیرنده ، شکست اتصال لینک را نشان میدهد و باید به سطح شبکه گزارش دهد به طوریکه ابن عمل بازیابی خطا یا مسیریابی اختصاص دارد که در بخشهای بعد توضیح داده میشود.

یک خطای لینک زمانی به سطح شبکه گزارش داده میشود که هر یک از خطاها (خطای قطع ارتباط ، خطای توازن ، خطای ترتیب رهایی و خطای اعتبار) در حالی که یک لینک واسط در حالت اجرا است، رخ دهد. حذف خطای ترتیب مشخصه از این لیست به این علت است که این خطا فقط در حین ارزش دهی اولیه رخ میدهد.

13-12. موقعیتهای استثناء [1]

در این قسمت موقعیتهای استثنایی که رویدادها طبق انتظار رخ نمیدهند را تشریح میکند.

❖ **خطای قطع ارتباط درزمان ارتباط مجدد** [2]

" ارتباط مجدد" به این معناست که لینک واسط در حالات خطا شروع دوباره ، خطای انتظار ، آماده به کار یا شروع است. یک خطای قطع ارتباط نمیتواند در موقعیت ارتباط مجدد ، تشخیص داده شود. مگر اینکه انتهای دیگر لینک (انتهای B) حداقل یک بیت ارسال کرده باشد که باعث فعال شدن مکانبزم تشخیص خطا در انتهای A خواهد شد . سپس انتهای B منتظر میماند تا انتهای A یک NULL ارسال کند و به حالت شروع دوباره میرود و ارسال را متوقف میکند بنابراین یک قطع ارتباط رخ میدهد.یک احتمال دیگر، قطع ارتباط فیزیکی لینک است. جداول زیر، مراحل مختلف اتفاقاتی را توصیف میکند که از زمانی شروع میشود که انتهای B به حالت شروع دوباره خواهد رفت.

اگر یک قطع ارتباط فیزیکی رخ دهد، هر دوانتهای لینک تلاش خود را حول مراحل راه اندازی مجدد برای ایجاد یک ارتباط ادامه میدهد تا آنها غیرفعال شوند یا ارتباط دوباره برقرار شود.

❖ **لینک متصل در یک جهت اما قطع در جهت دیگر**

یک لینک میتواند در یک جهت متصل و در جهت دیگر قطع باشد ، زمانی که در مرحله وصل[3] است یا یک قطعی در کابل لینک رخ داده است.

در این مورد مراحل لیست شده در جدول زیر را انجام میدهد. برای سادگی ، فرض شده است که هر دو لینک در حالت شروع هستند و انتهای A به انتهای B متصل است اما انتهای B به انتهای A متصل نیست.

---

[1] Exception condition

[2] Waiting to start

[3] plug in

جدول ۲ : لینک در یک جهت متصل (A به B) اما در خلاف جهت قطع

لینک واسط انتهای A	لینک واسط انتهای B	شرایط یا رویدادی که در انتقال به وجود می آید
شروع	شروع	انتهای A به انتهای B ، NULL هایی ارسال میکند ، آنها دریافت میشوند و زمان سنج قطع ارتباط انتهای B شروع میشود و به عنوان دریافت NULL در انتهای B ثبت میشود.انتهای B به حالت *در حال اتصال* میرود. همچنین انتهای B ، NULL هایی به انتهای A ارسال میکند اما در انتهای A دریافت نمی شوند ، چون لینک در این جهت متصل نیست.
شروع	در حال اتصال	انتهای A در حالت شروع منظر دریافت NULL میماند ، بعد از وقفه 12,8µs ، انتهای A به حالت خطای شروع دوباره میرود. انتهای B ، NULL وFCT به انتهای A ارسال میکند اما آنها در انتهای A دریافت نمیشوند. انتهای B قادر به دریافت FCT است اما از طرف A هیچ چیزی دریافت نمیکند چون انتهای A یک NULL دریافت نکرده است.
خطای شروع دوباره	در حال اتصال	انتهایB به ارسال NULL ها ادامه میدهد و میتواند FCT ها را قبول کند. انتهای A ارسال را متوقف میکند و این موضوع به عنوان یک قطع ارتباط در انتهای B تشخیص داده میشود. انتهای B به حالت خطای شروع دوباره میرود.
خطای شروع دوباره	خطای شروع دوباره	هر دو انتها در حالت خطای شروع دوباره هستند و اکنون مراحل راه اندازی مجدد(خطای شروع دوباره، خطای انتظار و آماده به کار) را انجام میدهند تا لینک به طور صحیح متصل شود یا یکی از دو لینک واسط ، غیرفعال شود.

❖ **خطای توازن در حال ارتباط مجدد**

خطا های توازن فقط بعد از دریافت یک NULL تشخیص داده میشوند. اگر یک خطای توازن در حین مقداردهی اولیه لینک رخ دهد ، تأثیر آن کاملا برابر یک خطای قطع ارتباط است.

❖ **یک انتها شروع شده در حالیکه انتهای دیگر قطع است**

یک انتها (انتهای A) 12,8µs زودتر از انتهای دیگر (انتهای B) به مرحله شروع رسیده است . مراحل این رویداد در جدول زیر آورده شده است.

جدول ۳ : یک انتها شروع شده در حالیکه انتهای دیگر قطع است

لینک واسط انتهای A	لینک واسط انتهای B	شرایط یا رویدادی که در انتقال به وجود می آید
شروع	آماده به کار	زمان سنج وقفه (12,8µs) در انتهای A پایان می یابد و انتهای A به حالت خطای شروع دوباره میرود. انتهای B ، در حالت آماده به کار ، فعال شده است و اکنون به حالت شروع میرود.
خطای شروع دوباره	در حال اتصال	انتهای A ارسال را متوقف میکند و این موضوع باعث تشخیص یک قطع ارتباط در انتهای B میشود. انتهای B مستقیماً به حالت خطای شروع دوباره میرود.
خطای شروع دوباره	شروع	انتهای B آماده دریافت یک NULL از انتهای A (در پیافت NULL ، صحیح است) بنابراین مستقیماً به حالت در حال اتصال میرود.
خطای شروع دوباره	خطای شروع دوباره	هر دو انتها مراحل راه اندازی مجدد را انجام میدهند و دوره زمانی بعدی را آغاز میکنند.

❖ **D وصل ، S قطع**

اگر D متصل و S قطع باشد ، پالس ساعت در گیرنده تولید میشود و از سیگنال داده تبعیت میکند . به این معنا که یک لبه پالس ساعت در هر زمان وجود دارد و سیگنال داده تغییر میکند که نتیجه آن یک ترتیب متوالی 0101010101 خواهد بود. در حین مقداردهی اولیه این ترتیب نادیده گرفته میشود چون یک NULL تولید نشده است بنابراین مقداردهی اولیه موفقیت آمیز نخواهد بود تا سیگنالstrobe بطور صحیح متصل شود.در این مورد لینک واسط حالات خطای شروع دوباره ، خطای انتظار ، آماده به کار و شروع را به طور متناوب انجام میدهد تا لینک کاملا متصل بدست آید یا لینک غیر فعال شود.

اگر بعد از دریافت یک NULL ، S قطع شود، این ترتیب برای هر دو مشخصه های کنترل (۴ بیت) نتیجه شده از ترتیب ۰۱۰۱۰۱۰۱۰۱۰ ، دچار یک خطای توازن میشود اما برای مشخصه های داده (۱۰ بیت) خطای توازنی تولید نمیکند.
اگر قطع ارتباط رخ دهد به طوریکه ترتیب ۰۱۰۱۰۱۰۱۰ به عنوان مشخصه های داده مورد توجه قرار گیرد ، خطای توازن تشخیص داده میشود و لینک واسط یک سری متوالی از مشخصه های داده با ارزش AA هگز (توجه کنید که در spacewire کمترین بیت باارزش در ابتدا قرار میگیرد.) دریافت میکند.

❖ S متصل و D قطع

اگر S متصل و D قطع باشد ، پالس ساعت با توجه به سیگنال strobe در گیرنده تولید میشود ، به این معنا که یک لبه پالس ساعت در هر زمان وجود دارد ، سیگنال strobe تغییر میکند. نتیجه آن یک ترتیب متوالی ۱۱۱۱۱۱۱۱۱۱ است از زمانی که سیگنال داده به ۱ میرود وقتی که لینک داده قطع است. اگر لینک داده اتصال کوتاه شود ، ترتیب متوالی ۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ دریافت خواهد شد.
در زمان مقدار دهی اولیه ، هر یک از دو ترتیب که مورد توجه قرار گیرند ، NULL تولید نخواهد شد بنابراین مقداردهی اولیه متوقف میشود تا سیگنال داده کاملا متصل شود. این مورد لینک واسط حالات خطای شروع دوباره ، خطای انتظار ، آماده به کار و شروع را به طور متناوب انجام میدهد تا لینک کاملا متصل بدست آید یا لینک غیر فعال شود.
اگر بعد از دریافت یک NULL سیگنال D قطع شود ، ترتیب داده دریافت شده به سرعت یک خطای توازن تولید میکند به این علت که برای هر دو مشخصه کنترل (۴ بیت) و مشخصه داده (۱۰ بیت) نتیجه شده از ترتیب دریافتی، توازن زوج است ، در صورتیکه انتظار توازن فرد را داشتیم روش آن در قسمت توازن برای تشخیص خطا توضیح داده شده است. خطای توازن باعث میشود ، لینک واسط به طور متناوب خطای شروع دوباره ، خطای انتظار ، آماده به کار و شروع را انجام میدهد تا D متصل شود یا لینک غیرفعال شود.

❖ یک سمت زوج تفاضلی قطع شود

تأثیر قطع یک سمت جفت تفاضلی به مقدار مقاومتهای داخلی لینک واسط روی طول کابل و مدیریت زمینی وابسته است . سه حالت ممکن است:

a. سیگنالهای داده و strobe مستقیما اما با حاشیه نویز زیاد دریافت شوند . سپس لینک عملیات را با یک افزایش قابل توجه در تشخیص تعداد خطاهای توازن ، ادامه میدهد.
b. سیگنال strobe روی منطق ۰ یا ۱ قرار میگیرد که تأثیر آن مانند زمانی است که D متصل و S قطع باشد.
c. سیگنال داده روی منطق ۰ یا ۱ قرار میگیرد که تأثیر آن مانند زمانی است که S متصل و D قطع باشد.

۱۴-۱۲.زمان بندی لینک[1]

❖ **زمان بندی راه اندازی مجدد S و D**

تأخیر بین راه اندازی مجدد سیگنال strobe وسیگنال داده باید بین 555ns (آهسته ترین دوره ارسال پالس ساعت ، 2MHz- 10%) و کوتاهترین زمان دور پالس ساعت در فرستنده (دوره بیشترین پالس ساعت که به پیاده سازی وابسته است) باشد.

❖ **زمان بندی قطع**

وقفه قطع اسمی 850ns باید از727ns(8 دور از 10MHZ + 10% پالس ساعت) تا 1000ns (9دور از 10MHz +10% پالس ساعت) باشد.

❖ **دوره های وقفه مبادله**[2]

a. دوره وقفه 6,4µs (اسمی) باید از 5,82µs (۶۴ دور از 10MHz + 10% پالس ساعت) تا 7,22µs (۶۵ دور از 10MHz + 10% پالس ساعت) باشد.
b. دوره وقفه 12,8µs (اسمی) باید از 11,64µs (128 دور از 10MHz + 10% پالس ساعت) تا 14,33µs (129 دور از 10MHz + 10% پالس ساعت) باشد.

۱۵-۱۲.توزیع زمان سیستم[3]

قبلا توضیح داده شد که یک کد زمان شامل مشخصه ESC است که بعد از یک مشخصه داده تک شامل ۸ بیت می آید. یک مشخصه داده شامل دو پرچم کنترل و یک شمارش زمان[4] ۶ بیتی میباشد که ممکن است ۶ بیت معنادار آخر زمان سیستم باشد.

a. هر گره یا مسیریاب باید شامل یکی از شش بیت شمارشگر زمان باشد.
b. یک لینک واسط تک بایئ توزیع زمان را مدیریت کند.
c. واسط مدیر زمان[5] باید یک ورودی TICK_IN داشته باشد که در فواصل معین (هر یک هزارم ثانیه) به توسط سیستم میزبانش اعلام گردد.
d. وقتی که مدیر زمان لینک واسط یک علامت[1] (اعلان TICK_IN) دریافت کرد ، باید شمارشگر زمانش را افزایش دهد و یک کد زمان ارسال کند که ۶ بیت فیلد زمان مشخصه داده که با مقدار جدید شمارشگر زمان تنظیم شده است و دو بیت دیگر با مقدار پرچمهای کنترل تنظیم شده اند.

---

[1] Link timing

[2] Exchange timeout periods

[3] System time distribution

[4] Time-count

[5] Time-master

نکته : فرکانسی که سیگنال TICK_IN را هدایت میکند نرخ علامت نامیده میشود.

e. به محض اینکه مشخصه جاری یا کد کنترل فرستاده شد ، کد زمان باید ارسال شود.

f. کد زمان تا زمانی که لینک واسط در حالت اجرا است ، نباید ارسال شود .

g. وقتی که لینک واسط در انتهای دیگر لینک ، کد زمان دریافت کرد ، باید اعلان شمارشگر زمان خود را با زمان جدید بروزرسانی کند و سیگنال خروجی TICK_OUT خود را اعلان کند و مقدار دو پرچم کنترل در کد زمان خروجی های پرچم کنترل کپی کند .

h. زمان جدید باید یکی بیشتر از مقدار زمان قبلی شمارشگر زمان باشد

نکته : این حقیقت میتواند برای بررسی صحت اعتبار کد زمان استفاده شود.

i. اگر لینک واسط یک کد زمان دریافت کند که برابر مقدار زمان ۶ بیت جاری آن است ، نباید یک سیگنال خروجی TICK_OUTمنتشر کند.

j. وقتی که یک لینک واسط در یک مسیریاب یا گره ، یک کد زمان دریافت کند ، باید بررسی کند که بیش از یک است سپس زمان جاریش را تنظیم کند

k. مسیریاب یا گره باید شمارش زمان مسیریاب را افزایش دهد و یک سیگنال علامت منتشر کند.

نکته : این سیگنال علامت روی تمام پورتهای خروجی مسیریاب منتشر میشود به طوریکه تمام آنها ، کد زمان منتشر میکنند.این کد زمان همان مقداری است که مسیریاب دریافت کرده است ، چونکه شمارش زمان مسیریاب افزایش یافته است. اگر یک اتصال مدور موجود باشد ، مسیریاب یک کد زمان با همان مقدار زمان به عنوان شمارش زمان دریافت میکند .پرچمهای کنترل کدهای زمان که منتشر شده اند با مقدار پرچم کنترلی کد زمان دریافت شده ، تنظیم شده اند که منجر به خروجی بعدی کدهای زمان توسط مسیریاب خواهد شد.

l. اگر مسیریاب یا گره یک کد زمان با همان مقدار زمان شمارشگر زمان مسیریاب دریافت کند ، کد زمان باید از آن چشم پوشی کند.

نکته ۱ : در این روش ، زمان در شبکه دسترسی همه گره ها به طرف جلو جریان می یابد اما اگر این جریان به علت یک اتصال مدور به سمت عقب جریان یابد ، متوقف خواهد شد.

نکته ۲ : با فراهم شدن این طرزکار پایه ای توزیع زمان ، پروتکلهای سطح کاربرد میتواند مورد استفاده قرار گیرد ، به طور مثال برای توزیع مقادیر زمان مشخص با دقت کامل و برای انتشار فرمانهای وابسته زمان مورد استفاده قرار میگیرد.

m. بعد از راه اندازی مجدد یا قطع ارتباط – اتصال دوباره (ماشین وضعیت در حالت خطای شروع دوباره) ، شمارشگر زمان باید روی صفر تنظیم شود و هر پرچم کنترل خروجی ها باید روی صفر تنظیم شود .

n. اگر کد زمان دریافت شده بیش از یک یا برابر شمارش زمان جاری در لینک واسط دریافت کننده نباشد ، کد زمان یا شمارش زمان باید نامعتبر شوند.

---

[1] Tick

نکته : ابن موقعیت زمانی رخ میدهد یک کد زمان از دست رفته باشد یا یک لینک راه اندازی مجدد شده باشد و یا لینک بعد از یک قطع ارتباط راه اندازی مجدد شده باشد.

o. اگر کد زمان نامعتبر باشد ، شمارش زمان باید به مقدار جدید بروزرسانی شود اما علامت خروجی نباید اعلان شود.

نکته ۱ : این موضوع انتشار کدهای زمان نامعتبر را در شبکه فراهم میکند.زمانی که کد زمان بعدی دریافت شد ، انتظار میرود که شمارشگر زمان ، کد زمان را مطابقت دهد و عملیات معمولی از سر گرفته میشود.

نکته ۲ : گره ها سیستم توزیع زمانی که استفاده میکنند ، میتواند سیگنال TICK_OUT باشد که یک سیگنال پریودیک زمان بندی است یا از مقدار شمارش زمان استفاده کنند که ۶ بیت معنادار پایانی سیستم زمان را نشان میدهد.

p. نتایج علامت نهان [۱] در یک زمان بندی اشتباه :

۱. سیگنال TICK_OUTنباید یرای افزایش شمارشگر با پیش بینی استفاده شود که این شمارشگر مشابه زمان سیستم است.

۲. ترجیحاً روش قفل زمان [۲] یا قفل فاز [۳] در موقعیتی که یک شمارشگر زمان داخلی به صورت مداوم بروزرسانی میشود باید مورد استفاده قرار گیرد که یک نرخ کامل علامت چندگانه سیستم در هر زمان وجود دارد که سیگنال TICK_OUT اعلان میکند.

نکته ۱ : دلیلش این است که وقتی سیگنال TICK_OUT مورد استفاده قرار میگیرد به عنوان مثال یک سیگنال زمان بندی پریودیک ، کد زمان میتواند از بین برود بنابراین یک سیگنال TICK_OUT از بین خواهد رفت.

نکته ۲: دقتی که با آن زمان سیستم میتواند توزیع شده باشد به تعداد لینکهایی که برروی آن توزیع شده است ونرخ عملیات هر یک از آن لینکها، وابسته است . با تأخیر حداقل 14 بیت دوره (ESC + مشخصه داده = (۴+ ۱۰) بیت) برای هر لینک مواجه میشود که کد زمان طی میکند ، به این علت که این زمان برای هر لینک واسط در راه دریافت کد زمان طول میکشد. این موضوع باعث یک زمان – انحراف [۴]

$ST_{skew} = 14\,{}^{N}/_{R}$ در شبکه میشودکه N تعداد لینکهای عبور کرده است و R میانگین نرخ عملیات لینک است.تغییرات تأخیردر هر لینک واسط به علت زمانی که فرستنده منتظر میماند تا

---

[۱] Missing tick

[۲] Time lock

[۳] Phase lock

[۴] Time-skew

ارسال مشخصه جاری یا کد کنترل پایان پذیرد ، تعریف میشود . در هر لینک واسط یک تأخیرمیتواند از ۰ بیت دوره تناوبها تا ۱۰ بیت دوره تناوبها وجود داشته باشد.

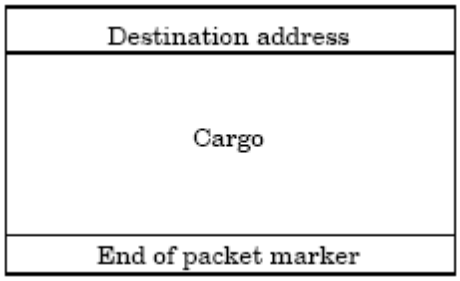
در یک شبکه ، این موضوع باعث به وجود آمدن یک تغییرات تأخیرکلی به صورت $ST_{\text{jitter}} = 10\,{}^{\text{N}}/_{\text{R}}$ میشود.در نرخ متوسط 100Mb/sو ۱۰ لینک عبور داده شده زمان انحراف 1,4µs و تغییرات تأخیر 1,0µsخواهد بود . انحراف وتغییرات تأخیرممکن است بالاتر از نرخ تشخیص داده شده در بالا باشد به این علت که به پیاده سازی لینک واسط وابسته است.بدست آمدن دقت زمان بهتر از 10µs در شبکه ممکن است مشکل باشد

۱۳. سطح بسته

سطح بسته پروتکل از قواعد اصلی DS-SE و DS-DE تبعیت میکند.این سطح از سطح بسته ای که در استاندارد IEEE 1355-1995 تعریف شده است پیروی میکند که شرح میدهد یک داده چگونه برای ارسال از مبدأ به مقصد در بسته قرار داده میشود.یک بسته شامل یک آدرس مقصد ، یک محموله و یک نشانگر انتهای بسته (EOP یاEEP)میباشد.

<destination address><cargo>< end_of_packet>

فرمت بسته ها در تصویر زیر نشان داده شده است.



شکل ۱۶ : فرمت بسته ها

۱-۱۳.مقصد

آدرس مقصد شامل یک لیست از صفر یا بیشتر شناسه مقصد (dest_id)[1]است:

<destination address> = <dest_id1><dest_id2> 0 <dest_idN>

- ❖ یک شناسه مقصد شامل یک مشخصه داده است.
- ❖ حدود لیست شناسه مقصد معین نشده است.
- ❖ مقدار صفر شناسه های مقصد در لیست مقصد (یعنی لیست مقصد صفر است) برای پشتیبانی شبکه ای که یک لینک تک انتها به انتها ساده از مبدأ به مقصد است ، تعریف شده است و مقدار یک یا بیشتر شناسه های مقصد در این لیست برای پشتیبانی مسیریابی بسته در یک شبکه تعریف شده است.

۲-۱۳. محموله

"محموله " داده ای است که از مبدأ به مقصد ارسال میشود و شامل یک یا بیشتر مشخصه است . در بخش **بررسی بسته های خالی** ، توضیح داده شده است که برای بسته های خالی چه اتفاقی رخ میدهد.

محموله های خالی اجازه جا به جایی در شبکه را دارند . اگر خطایی روی لینک وجود داشته باشد ، یک محموله خالی خواهد شد.

۳-۱۳.نشانگر انتهای بسته

"نشانگر انتهای بسته" برای مشخص کردن انتهای بسته مورد استفاده قرار میگیرد. دو نشانگر برای انتهای بسته وجود دارد:

۱. **EOP** :انتهای بسته را نشان میدهد. و به عنوان نشانگر انتهای بسته معمولی مورد استفاده قرار میگیرد.
۲. **EEP**: نشان میدهد که بسته به علت خطای لینک ، ناقص ارسال شده است. داده در این بسته میتواند معتبر باشد اما بسته به صورت نابهنگام در نقطه ای که خطا رخ داده است ، پایان می یابد.

---

[1] Destination identifier

به این علت که نشانگر شروع بسته وجود ندارد، اولین مشخصه داده بعد از یک نشانگر انتهای بسته (EOP یاEEP) به عنوان شروع بسته بعدی ، در نظر گرفته میشود.

سطح بسته پروتکل ، مسیریابی بسته ها را از طریق مسیریابی wormhole سوئیچها فراهم میکند.

۴-۱۳.جاگذاری N-Char

N-Char ها از یک بسته نباید با N-Char های بسته دیگر جا گذاری شوند .

N-Char ها میتوانند با FCT ها ، NULL ها و کدهای زمان جا گذاری شوند که در بخش **کنترل جریان** توضیح داده شده است.

۱۴. سطح شبکه

سطح شبکه معین میکند شبکه spacewire چیست ،همچنین اجزای ساخت شبکه ، چگونگی ارسال بسته ها در شبکه و جزئیات حالتی که از خطاها بازیابی میشود را شرح میدهد.

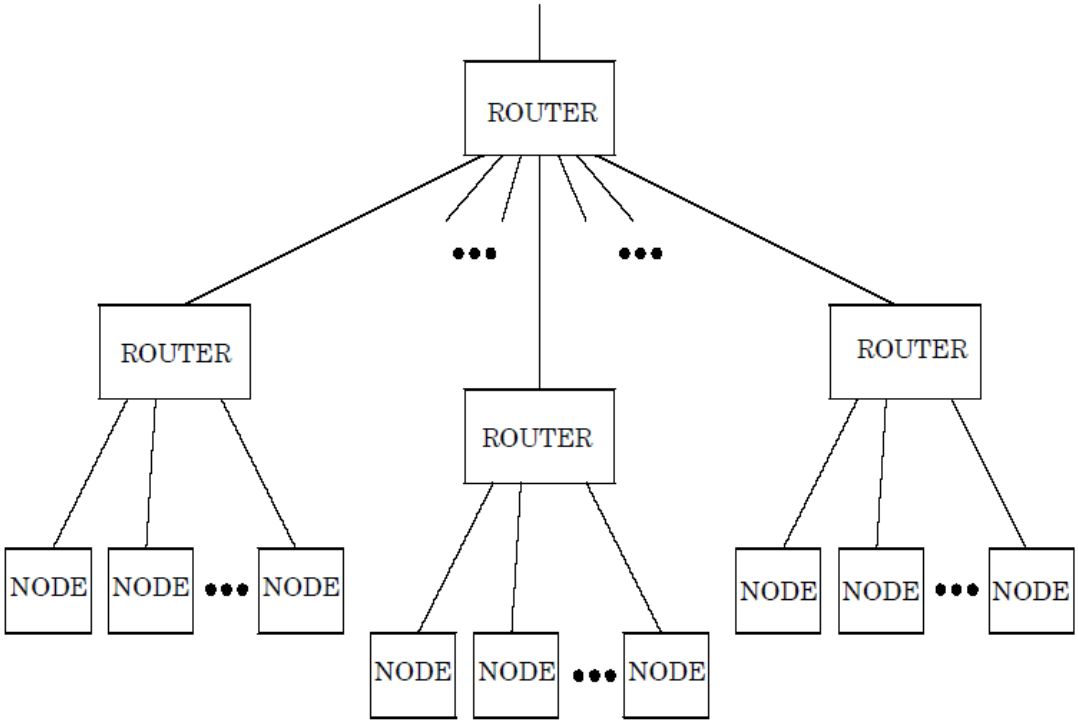
۱-۱۴.مفاهیم شبکه و مسیریابی

یک شبکه از تعدادی لینک ، گره و سوئیچهای مسیریاب تشکیل شده است . گره ها ، مبدأ و مقصد بسته ها میباشند . برای مثال ، یک پردازنده نوعی از گره های شبکه میباشد.

لینکها وسیله ای برای عبور بسته ها از یک گره به گره دیگر میباشند. گره ها میتوانند مستقیما به وسیله لینکها باهم ارتباط داشته باشند یا از طریق سوئیچهای مسیریابی متصل شوند. معمولا یک گره تعداد کمی از لینکها (برای مثال ۶ لینک) را پشتیبانی میکند و بنابراین به صورت مستقیم به تعداد محدودی از گره های دیگر(به طورمثال ۶ گره دیگر) میتواند متصل شود.

سوئیچهای مسیریاب، تعداد زیادی گره را به یکدیگر متصل میکنند و وسیله ای برای مسیریابی بسته ها از یک گره به یکی از چندین گره ممکن دیگر فراهم میکند.

یک مثال شبکه شامل چندین گره و سوئیچهای شبکه در تصویر زیر نشان داده شده است.



شکل ۱۷ : مثالی از یک شبکه

این تصویر برای توضیح شبکه آمده است و یک شبکه واقعی را نشان نمیدهد. بسته ها می توانند از یک گره به گره های دیگر یا از طریق یک یا چند سوئیچ مسیریاب یا مستقیماً از طریق یک گره به گره دیگر ، زمانی که اتصال مستقیم وجود دارد ، انتقال داده شوند.

دو نوع سوئیچ مسیریاب وجود دارد : ایستا [۱] و پویا [۲]. یک سوئیچ مسیریاب ایستا ارتباطات را بین گره ها برقرار میکند و غالبا آنها را تغییر نمیدهد . سوئیچهای پویا ، مرتباً مسیریابی را ، معمولاً روی یک بسته توسط بسته پایه ، تغییر میدهند و در نتیجه به عنوان سوئیچهای مسیریاب بسته شناخته میشوند. سوئیچهای مسیریاب spacewireپویا و سوئیچهای مسیریاب بسته هستند . بسته ها میتوانند روی لینکهای داده جا داده شوند و سوئیچها مسیریاب چندین کانال ارتباطی مجازی روی تعداد کمی لینک داده فیزیکی فراهم میکنند.

۲-۱۴.بسته ها

داده بین بسته ها تقسیم میشود به طوریکه در قطعه [۳]های قابل کنترل [۴] روی شبکه انتقال داده شوند. بسته های داده کوچکترین عنصر[۵] از داده هستند که در سطح شبکه جا به جا میشوند. بسته ها در شبکه غیر قابل تقسیم در نظر گرفته میشوند و در سراسر شبکه انتقال داده میشوند.

بسته های spacewireیک ساختار بسته ای ساده دارد که در بخش قبل توضیح داده شد.

- ❖ مقصد : آدرس گره مقصد
- ❖ محموله : داده ای برای انتقال
- ❖ نشانه انتهای بسته : یک مشخصه خاص که انتهای بسته را مشخص میکند.
- ❖ کنترل جریان

کنترل جریان برای مدیریت جا به جایی بسته ها روی یک لینک متصل به یک گره یا یک مسیریاب متصل به گره دیگر یا مسیریاب استفاده میشود . یک گره یا مسیریاب زمانی داده را قبول میکند که فضای بافر برای داده در مسیریاب یا گره دریافت کننده ، دردسترس باشد. زمانی که بافر گیرنده پر شد ، گیرنده از ارسال داده بیشتر توسط گره جلوگیری میکند.

Spacewire نشانه [۶]های کنترل جریان را برای مدیریت جریان داده در لینکی که یک گره یا مسیریاب را به گره یا مسیریاب بعدی متصل میکند ، بکار میبرد (در قسمت کنترل جریان توضیح داده شده است.)

---

[۱] Static

[۲] Dynamic

[۳] Chunk

[۴] Manageable

[۵] Element

[۶] Token

۳-۱۴.مسیریابی wormhole

مسیریابی **wormhole** یک روش خاص از مسیریابی بسته است. هر بسته شامل یک سرآیند [۱] است که آدرس گره مقصد را یا به عنوان مسیر در شبکه یا به عنوان شناسه گره مقصد ، نگه میدارد . به محض اینکه سرآیند بسته دریافت شد ، سوئیچ ، پورت خروجی را برای مسیریابی بسته با بررسی آدرس مقصد ،تعیین میکند . اگر پورت خروجی درخواست شده ، آزاد[۲] بود ، بسته فوراً از همان پورت خروجی راهنمایی میشود.این پورت خروجی مشغول[۳] در نظر گرفته میشود تا آخرین مشخصه بسته از سوئیچ مشخص شده توسط نشانه انتهای بسته ، عبور کند که این موضوع توسط سوئیچ مشخص میشود. مسیریابی wormhole میزان بافرینگ مورد استفاده در هر سوئیچ را کاهش میدهد ، این روش با یک روش ذخیره و ارسال[۴] که در آن در ابتدا یک بسته به صورت کامل دریافت میشود و قبل از ارسال به خارج از سوئیچ ، ذخیره میگردد، مقایسه شده است.

مسیریابی wormhole در شکل زیر آورده شده است که نشان میدهد یک بسته از یک گره به گره دیگر از طریق یک سوئیچ مسیریاب (مسیریاب [۵]) ارسال میشود.

سرآیند بسته به صورت تیره و باقی آن با رنگ سبز نشان داده شده است . به محض اینکه مسیریاب سرآیند را دریافت کرد ، پورت خروجی درخواست شده را بررسی میکند. اگر پورت خروجی آزاد باشد ، مسیریاب یک اتصال بین پورت خروجی و پورت ورودی ایجاد میکند. بسته از طریق مسیریاب ارسال میشود. وقتی که نشانگر انتهای بسته (EOP **یا** EEP) توسط سوئیچ دریافت شد، مسیریاب به این ارتباط خاتمه میدهد و پورت خروجی را برای بسته های بعدی که میتوانند ازهرپورت ورودی بیایند، آزاد میکند. اگر پورت خروجی درخواست شده مشغول بود ، پورت ورودی، بسته های وارد شونده را متوقف میکند تا پورت خروجی آزاد شود. این موضوع با توقف ارسال نشانه های کنترل جریان به گره مبدأ توسط پورت ورودی حاصل میشود.لینک اتصال دهنده گره مبدأ به سوئیچ مسیریابی تا زمانی که خروجی سوئیچ مسیریابی به انتقال بسته جاری پایان دهد و برای ارسال بسته جدید آزاد شود، مسدود می ماند .

---

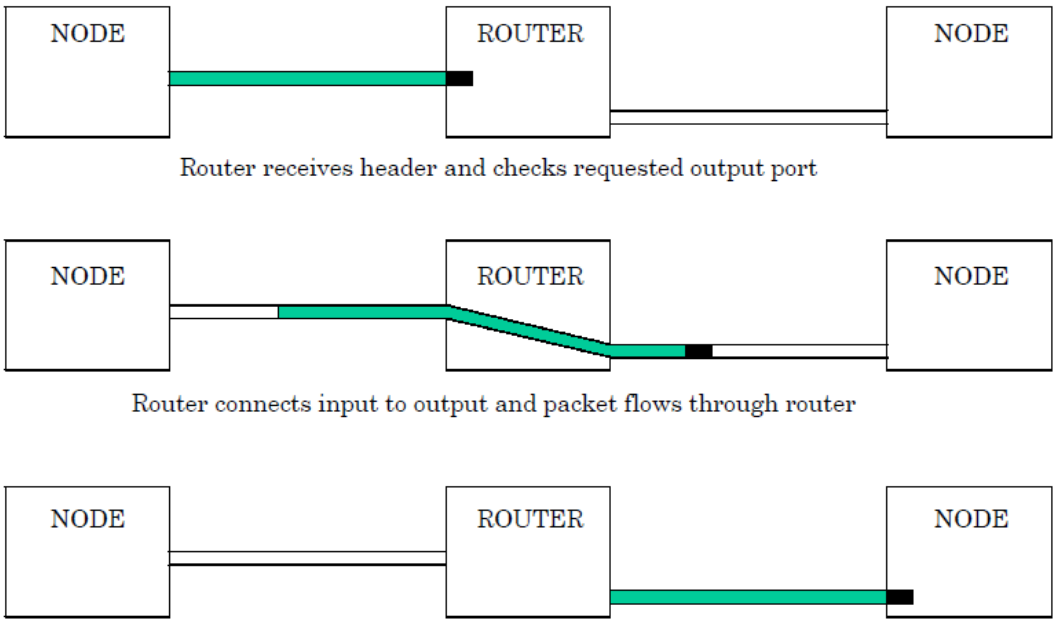
[۱] Header

[۲] Free

[۳] Busy

[۴] Store and forward

[۵] Router



شکل ۱۸ : مسیریابیwormhole

پیاده سازی مسیریابی wormhole در سوئیچهای مسیریاب SpaceWire به شرح زیر است :

- ❖ زمانی که یک بسته به سوئیچ مسیریاب رسید ،باید پورت خروجی اختصاص یافته تعیین شود.
- ❖ اگر پوت خروجی آزاد بود به این معنا که ارسال بسته از طریق آن صورت نمیگرفت ، پورت خروجی به ارسال بسته جدید رسیده اختصاص داده میشود.
- ❖ هر مشخصه بسته که به پورت ورودی رسید ، باید فوراً به پورت خروجی برای ارسال ، انتقال داده شود.
- ❖ پورت خروجی تا زمانی که بسته ای که درحال ارسال است ، خطایی ارسال یا دریافت نکرده است ،هیچ بسته دیگری ارسال نمیکند.
- ❖ اگر پورت ورودی منتظر رسیدن مشخصه های بسته بود ، پورت خروجی هم منتظر میماند.
- ❖ اگر پورت خروجی منتظر ارسال مشخصه های بسته بود ، پورت ورودی هم باید منتظر بماند.
- ❖ اگر پورت خروجی اختصاص داده شده ، مشغول بود ، بسته جدید رسیده باید در پورت ورودی منتظر بماند تا پورت حروجی اختصاص داده شده برای ارسال یک بسته جدید آزاد شود.
- ❖ زمانی که ارسال بسته جاری پورت خروجی پایان یافت ، برای دریافت یک بسته از پورت ورودی دیگر ، دردسترس خواهد بود.

۴-۱۴.داوری

a. دو یا چند پورت ورودی میتوانند برای ارسال داده به خارج از همان پورت خروجی منتظر بمانند.سوئیچهای مسیریاب spacewire مفهومی ازداوری بین پورتهای ورودی درخواست کننده پورتهای خروجی یکسان تعریف میکند.

b. نکته : براساس داوری [۱]، نوبتی – چرخشی [۲] و اتفاقی [۳] روشهای داوری هستند که میتوانند پیاده سازی شوند.

c. وقتی که پورت خروجی اختصاص داده شده ، آزاد شد ، پورت ورودی که بر اساس داوری انتخاب شده ، یک بسته به پورت خروجی ارسال میکند.

d. یک پورت خروجی که چندین پورت ورودی منتظر دارد ، باید بعد از ارسال بسته جاری ، داوری را انجام دهد.

Cascading.۱۴-۵

اتصال مستقیم بین گره ها برای اتصال تعداد محدودی گره (برای مثال ۶ گره) مورد استفاده قرار میگیرد. یک سوئیچ مسیریاب میتواند تعداد زیادی گره را به یکدیگر متصل کند (برای مثال ۳۲ گره) که به اندازه سوئیچ وابسته است . زمانی که شبکه های بزرگتر مورد استفاده قرار میگیرند ، چندین سوئیچ برای نظم دادن به این شبکه ها به کاربرده میشوند. بنابراین ، یک بسته برای رسیدن به مقصد مورد نظرش باید از چندین سوئیچ عبور کند.

---

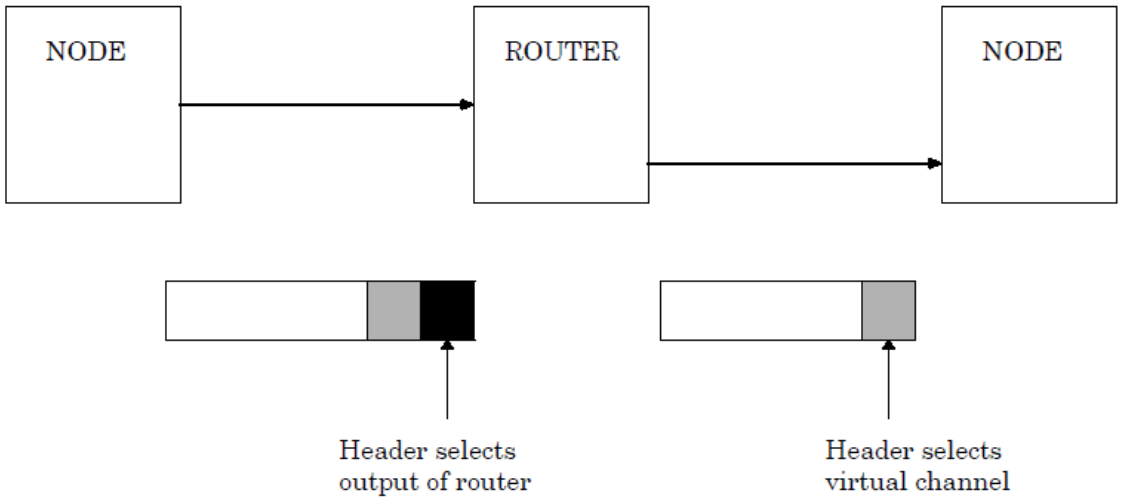
[۱] Priority

[۲] Round-robin

[۳] Random

۶-۱۴.حذف سرآیند [1]

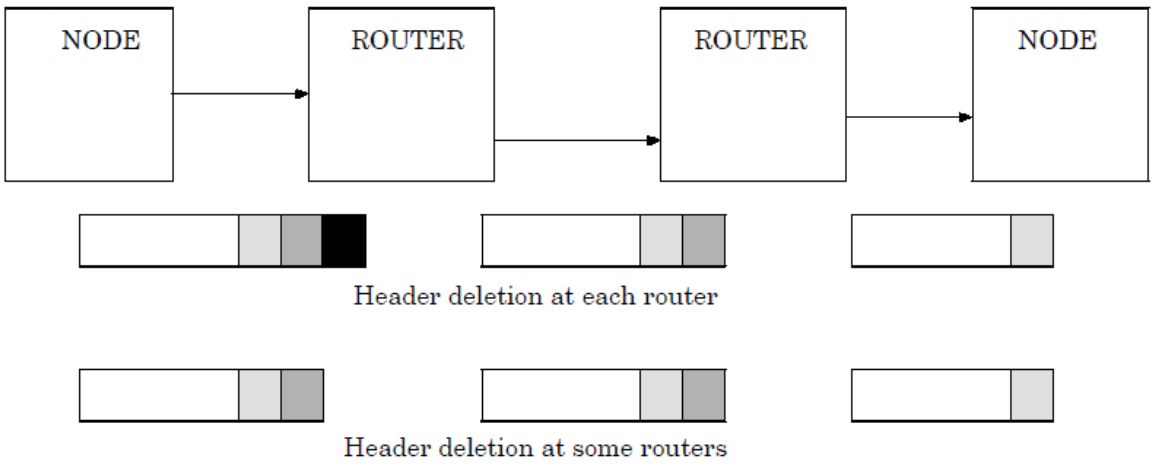
حذف سرآیند یک روش ساده و تأثیرگذار است که برای مدیریت انتقال بسته ها در شبکه ای با اندازه دلخواه طراحی شده است .این روش در شکل زیر شرح داده شده است.



شکل ۱۹ : حذف سرآیند

اولین مشخصه داده سرآیند در یک بسته برای تعیین آدرس پورت خروجی مسیریاب استفاده میشود. زمانیکه بسته ای در یک سوئیچ مسیریاب دریافت میشود ، اولین شناسه مقصد آن برای تعیین پورت خروجی که بسته از طریق آن مسیریابی خواهد شد ، بررسی میگردد. اولین شناسه مقصد سرآیند حذف میشود و بسته بدون این اولین شناسه مقصد از سوئیچ عبور میکند . دومین شناسه مقصد سرآیند اصلی (که حالا اولین شناسه مقصد است) برای مسیریاب بعدی استفاده خواهد شد.

تصویر زیر یک بسته را در حال عبور از دو سوئیچ مسیریاب نشان میدهد.



شکل ۲۰ : حذف سرآیند در چند سوئیچ

[1] Header deletion

آدرس مقصد بسته شامل سه شناسه مقصد است . در اولین مسیریاب ، اولین شناسه مقصد برای تعیین پورت خروجی درخواست شده بکار میرود.این شناسه مقصد غیرقابل استفاده میشود. در مسیریاب دوم ، دومین شناسه مقصد مورد استفاده قرار میگیرد و سپس از رده خارج میشود. سرانجام بسته با سومین شناسه مقصد در جلوی بسته به مقصد میرسد. این مطلب میتواند برای تعیین مکانی که بسته در حدود گره مقصد عبور داده میشود ، بکار رود. (در قسمت کانالهای مجازی توضیح داده خواهد شد.)
در هر مرحله که بسته در شبکه عبور میکند ، به عنوان یک بسته با یک شناسه مقصد سرآیند تک، یک محموله و یک نشانگر انتهای بسته در نظر گرفته شود .وقتی که در اولین مسیریاب ، این شناسه مقصد سرآیند تک ، از رده خارج شد ، اولین مشخصه داده محموله ، شناسه مقصد سرآیند جدید خواهد شد . همه مراحل به همین روش با بسته برخورد میکنند ، اولین شناسه مقصد را برای تعیین مقصد (پورت خروجی) بکار میبرند و سپس آن را حذف میکنند.
حذف سرآیند میتواند در تمام مسیریابهای شبکه یا فقط درچند مسریاب انتخاب شده ، اجرا شود. مورد اخیر نمیتواند بطور مناسب توسط مسیریاب انجام شود مگر اینکه پیشاپیش اطلاعات در دسترس آن ، آدرس گرهی که حذف سرآیند آن درخواست شده است را تعیین کند. (در قسمت شیوه مسیریابی بیشتر توضیح داده میشود)

۷-۱۴.کانالهای مجازی [۱]

چندین بسته که از مبدأهای متفاوت ارسال شده و به مقصدهای متفاوتی انتقال داده میشوند ، روی یک لینک داده مسیریابی میشوند.هر جفت مبدأ – مقصد ، یک کانال مجازی تشکیل میدهند که روی شبکه فیزیکی شامل لینکها و سوئیچهای مسیریاب مسیردهی میشوند.
این مفهوم میتواند در گره های مبدأ و مقصد تعمیم داده شود. یک مثال آن ابزار پردازش [۲]پیوستشده به شبکه است. وظایف بیشماری برای اجرای پردازنده وجود دارد.این وظایف میتواند ارسال یا دریافت اطلاعات به یا از وظایف دیگر اجرا شده روی پردازنده های دیگر در داخل شبکه باشد.
وقتی که یک بسته به گره مقصد میرسد ، سرآیند آن (اولین مشخصه داده) مورد بررسی قرار میگیرد تا مشخص شود چه وظایفی برای آن در نظر گرفته شده است. سرآیند غیرقابل استفاده شده و بسته در یک بافر که توسط وظیفه مقصد دردسترس قرار گرفته است ، قرار میگیرد.

۸-۱۴.آدرس دهی بسته ها [۳]

در این قسمت چندین روش آدرس دهی متفاوت برای بسته مورد بررسی قرار میگیرد و با هم مقایسه میشود.

- **آدرس دهی مسیر [۴]**

با آدرس دهی مسیر ، آدرس مقصد به عنوان یک دنباله ازشماره های پورتهای خروجی مسیریاب مشخص میشود و برای راهنمای بسته هادر شبکه مورد استفاده قرار میگیرد.

---

[۱] Virtual channels

[۲] Processing device

[3] Packet addressing

[4] Path addressing

آدرس دهی مسیر ساده است و نسبتاً تعداد کمی گیت[1] برای پیاده سازی بکار میبرد. اشکال آن ، بزرگ شدن نسبی آدرس مقصد است زمانی که چندین سوئیچ مسیریاب در مسیر وجود دارد. همچنین طول آدرس مقصد وابستگی زیادی به مکان مقصد روی شبکه مرتبط با مبدأ دارد. پیچیدگی آدرس دهی مقصد بوسیله گره مبدأ و سوئیچها مسیریاب که نسبتاً ساده هستند ، مدیریت میشود.

- **آدرس دهی منطقی[2]**

در آدرس دهی منطقی ، هر مقصد یک شماره منحصر به فرد دارد و آدرس منطقی با آن به اشتراک گذاشته میشود.این شماره ها میتوانند به صورت دلخواه به گره ها اختصاص داده شوند اما نباید دو گره ، آدرس منطقی یکسان داشته باشند. زمانیکه مبدأ ، پیامی را به مقصد انتقال میدهد ، میتواند به سادگی بسته را با آدرس منطقی آدرس دهی کند . برای پشتیبانی آدرس دهی منطقی ، هر سوئیچ مسیریابی باید یک جدول مسیریابی فراهم کند.این موضوع پورت خروجی هر بسته در هر جدول مسیریابی ، برای انتقال را مشخص میکند.تصویر زیر مثالی از یک جدول مسیریابی میباشد.

Routing table	
Logical destination	Physical output port
1	8
2	1
3	3
4	1
...	...

شکل ۲۱ : مثالی از یک جدول مسیریابی

برای مثال ، زمانی که یک بسته با آدرس منطقی ۱ دریافت میشود ، به پورت خروجی شماره ۸ از مسیریاب راهنمایی میشود.یک بسته با آدرس منطقی ۲ یا ۴ به پورت خروجی شماره ۱ و یک بسته با آدرس منطقی ۳ به پورت خروجی شماره ۳ راهنمایی میشود.

برای یک شبکه با اندازه ای منطقی ، جد.ل مسیریابی ، نسبتاً بزرگ خواهد شد . مقدار دهی اولیه جدول مسیریابی به چندین روش صورت میگیرد ، برای مثال ، میتوان از کنترل مجزا[3]یا پیکربندی[4] لینکها استفاده کرد.با آدرس دهی منطقی ، پیچیدگی آدرس دهی بسته توسط سوئیچهای مسیریاب مدیریت میشود در صورتیکه این موضوع در آدرس دهی مسیر برعهده گره مبدأ است.

[1]Gate

[2]Logical addressing

[3]separate control

[4]Configuration

- **آدرس دهی منطقی ناحیه ای[۱]**

آدرس دهی منطقی در ارتباط با حذف سرآیند مورد استفاده قرار میگیرد. در این رابطه ، جدول مسیریابی اطلاعاتی درباره سرآیندهایی که حذف شده اند یا آنهایی که نگهداری میشوند را برای هر آدرس منطقی نگهداری میکند که روشهای ادرس دهی منطقی چند سطحه را آسان میکند. برای آدرسهای داخلی [۲]، یک آدرس منطقی تک [۳]استفاده میشود در حالیکه برای ارسال یک بسته به چندین مکان خارج از منطقه از یک آدرس منطقی مضاعف[۴] استفاده میشود (یا چندین آدرس منطقی برای شبکه اختصاص داده میشود.). در مورد اخیر ، اولین آدرس منطقی مسیر را از یک منطقه به منطقه مقصد نشان میدهد و ادرس منطقی دوم ، آدرس داخلی منطقه مقصد را مشخص میکند . بسته که به منطقه مقصد میرسد ، سوئیچ مسیریاب که بسته را به ناحیه مقصد انتقال داده است ، اولین آدرس منطقی را پاک میکند و آدرس داخلی را برای مسیریابی داخلی بعدی ، آشکار میسازد.

آدرس دهی منطقی ناحیه ای زمانیکه بسته ها برای ارسال با آدرسهای منطقی در مکانهایی خارج از منطقه هستند،اندازه سوئیچهای مسیریاب بکار رفته برای آدرس دهی منطقی را برای یک آدرس طولانی (دو یا چند مشخصه داده) کاهش میدهد.

- **برچسب گذاری فاصله[۵]**

برچسب گذاری فاصله بر پایه آدرس دهی منطقی است. مقصدها در جداول پیوسته گروه بندی میشوند ، برای مثال **1-3,4-9,10-32**.هر فاصله ، یک پورت خروجی سوئیچ مسیریابی طراحی شده است ، بنابراین طبق مثال ، مقصدهای **1-3** ، همه از طریق یک پورت خروجی خاص رسیده است . برچسب گذاری فاصله برای کاهش اندازه جداول مسیریابی طراحی شده است و زمان رمزگشایی آدرس مقصد در سوئیچ مسیریابی را کاهش مدرس دهی منطقی است اما جداول مسییریابی کوچکتری را استفاده میکند.

---

[۱] Regional logical addressing

[2] Local addresses

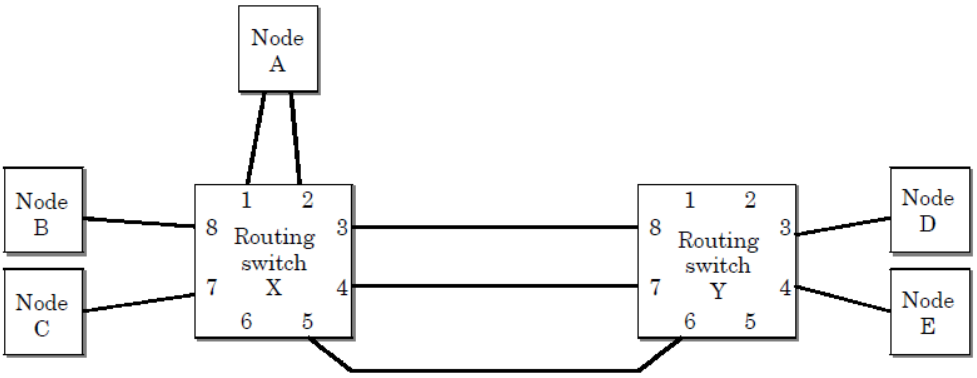
[۳] Single logical address

[4]Double logic address

[۵]Interval labeling

۹-۱۴.مسیریابی Group adaptive

مسیریابیGroup adaptiveمفهومی از مسیریابی بسته ها بر حسب یک مقصد درخواست شده با مسیرهای متفاوت در یک شبکه است که در تصویر زیر نشان داده شده است.



شکل ۲۲ : مسیریابی Group adaptive

فرض کنید که گره **B** خواهان ارسال یک بسته به گره **D** باشد و آدرس دهی منطقی مورد استفاده قرار گیرد. بسته ارسال میشود و متعاقباً به سوئیچ مسیریابی **X** میرسد. جدول مسیریابی داخل سوئیچ مسیریابی **X** پورت خروجی ۳ را به عنوان پورت مسیریاب بسته تشخیص میدهد .پورت خروجی ۳ برای ارسال بسته دیگر مشغول است ، بنابراین ارسال بسته به تأخیرمی افتد و تا آزاد شدن پورت ۳ منتظر میماند.

۳ لینک برای اتصال سوئیچ مسیریاب **X** به سوئیچ مسیریاب **Y** وجود دارد . هر یک از این ۳ لینک که آزاد شوند، میتوانند برای ارسال بسته مورد استفاده قرار گیرد.مسیریابی دوباره بسته به واسطه یکی از چندین پورت خروجی هم ارز ممکن، مسیریابیGroup adaptiveگفته میشود. لینکهایی که به یک مقصد (گره یا سوئیچ مسیریاب)متصل هستند یک گروه را تشکیل میدهند. هر لینک در یک گروه میتواند برای انتقال داده به مقصد مورد نظرش بکار رود.

مسیریابیGroup adaptiveیک مفهوم قابل اجرا از کنترل اختصاص پهنای باند است که استفاده کارآمد از منابع شبکه موجود را تضمین میکند.

مسیریابی Group adaptive میتواند با توجه به پیکربندی ثباتها [۱] که از اطلاعاتی درمورد پورتهای خروجی هم ارز نگهداری میکنند، پیاده سازی شود. زمانیکه یک بسته دریافت میشود، میتواند توسط هرپورت خروجی که در آن زمان آزاد باشد یا هرکدام که زودتر قابل استفاده باشند ، مسیریابی شوند.اختصاص یک بسته به یک پورت خروجی باید با توجه به هر روش داوری که در سوئیچ مسیریابی پیاده سازی شده است نیز صورت گیرد،که مفهوم داوری توضیح داده شده است.

a. سوئیچهای مسیریاب SpaceWire این نوع مسیریابی را برای آدرسهای منطقی و ناحیه ای اجرا میکند.

نکته : سوئیچهای مسیریاب SpaceWire میتوانند این نوع مسیریابی را برای آدرسهای مسیر نیز اجرا کند.

b. مسیریابیGroup adaptiveاز هر روش داوری استفاده شده در سوئیچ مسیریاب پیروی میکند.

c. روش داوری برای همع پورتهای خروجی در یک گروه بکار برده میشود.

[۱] Configuration registers

۱۰-۱۴.سوئیچهای مسیریاب SpaceWire

سوئیچ مسیریاب

a. یک سوئیچ مسیریاب SpaceWire شامل تعدادی از لینکهای واسط SpaceWire (رمزگذار – رمزگشا) و یک ماتریکس مسیریابی میباشد.

نکته: ماتریکس مسیریابی قادر به انتقالبسته های رسیده به یک لینک واسطه از لینک واسطه دیگر در سوئیچ مسیریابی و ارسال به خارج از این لینک است.هر لینک واسط میتواند شامل یک پورت ورودی (لینک واسط گیرنده) و یک پورت خروجی (لینک واسط فرستنده) باشد

b. یک سوئیچ مسیریاب SpaceWire بسته ها را از پورت ورودی سوئیچ جاییکه بسته میرسد به پورت خروجی خاص که با آدرس مقصد بسته مشخص شده است ارسال میکند.

نکته : آدرس مقصد شامل تعدادی کاراکتر است.

۱۱-۱۴.روش مسیریابی

a. یک سوئیچ مسیریاب ، ازمشخصه داده پیشتاز[1]یک بسته برای تعیین پورت خروجی مسیریابی که بسته را هدایت میکند ، استفاده میکند

نکته : مشخصه داده پیشتاز اولین مشخصه داده ارسال شده روی لینک است یا اولین مشخصه داده بعد از EOP یا EEP که پایانی برای بسته قبلی بوده است

b. یک سوئیچ مسیریاب SpaceWire یا فقط آدرس دهی مسیر را اجرا میکند ویا ترکیبی از آدرس دهی مسیر ، آدرس دهی منطقی و آدرس دهی ناحیه ای را پیاده سازی میکند.

c. یک جدول مسیریابی در سوئیچ مسیریاب ، مسیر دهی فیزیکی – منطقی [2] را نگه میدارد و تعیین میکند حذف کدام سرآیند درخواست شده است .

d. آدرسهای سوئیچ مسیریاب طبق جدول زیر طراحی میشود.

نکته ۱ : یک مشخصه داده پیشتاز با مقدار ۰ باعث میشود بسته در منطق پیکربندی سوئیچ مسیریابی ، راهنمایی شود.

نکته ۲ : یک مشخصه داده پیشتاز با مقدار ۶ ، موجب مسیریابی بسته در پورت خروجی ۶ میشود.

نکته ۳ : یک مشخصه داده با مقدار ۴۹ موجب مسیریابی بسته در پورت خروجی ای میشود که به مکان ۴۹ جدول مسیریابی در سوئیچ مسیریابی بازمیگردد.

[1] Leading

[2] Logical-physical mapping

جدول ۴ : آدرسهای سوئیچ مسیریاب

محدوده آدرس	دستورالعمل	حذف سرآیند
۰	پیکربندی داخلی پورت	بله
1-13(01-1F hex)	پورتهای خروجی فیزیکی	بله
32-254 (20-FE hex)	آدرسهای منطقی که روی پورتهای خروجی فیزیکی مسیردهی شده اند.	روی هر پورت خروجی اختیاری .اگر پورت خروجی فیزیکی دروازه ای بین مناطق مجزا است ، سرآیند حذف میشود. همچنین حذف سرآیند روی لینک پایانی لینک نیز انجام میشود.
255 (FF hex)	آدرس منطقی رزروشده که روی پورت خروجی مسردهی شده است. برای آدرسهای منطقی دیگر نیز به همین صورت عمل میشود (به قسمت **o** مراجعه شود.) اما برای استفاده های آتی رزرو شده است (به قسمت **n** مراجعه شود.**)**	روی هر پورت خروجی اختیاری. اگر پورت خروجی فیزیکی دروازه ای بین مناطق مجزا است ، سرآیند حذف میشود. همچنین حذف سرآیند روی لینک پایانی لینک نیز انجام میشود.

e. ورود یک NULL به جدول مسیریابی به این معناست که ورودی جدول مسیریابی تعریف نشده است و یک خطای آدرس نامعتبر نشان داده میشود (توضیح داده میشود.)

f. آدرس دهی مسیر ، حداکثر به ۳۲ پورت محدود میشود .

نکته : سوئیچهای مسیریاب تعداد کمتری از این مقدار را استفاده میکنند.

g. دسترسی به آدرسی که وجود ندارد , موجب خطای آدرس نامعتبر خواهد شد.

h. آدرس دهی منطقی به ۲۲۴ آدرس محدود میشود.

i. آدرس دهی منطقی برای شبکه های بزرگ با شاخه های محدود به ۲۲۴ آدرس منطقی ، استفاده میشود.

نکته : نواحی که از آدرس دهی منطقی استفاده میکنند ، میتوانند به نواحی با استفاده از آدرس دهی راه متصل شوند.

j. پورتهای پیکربندی شده فقط میتوانند از ادرس دهی مسیر استفاده کنند.

نکته : یک جدول مسیریابی نمیتواند پورت پیکربندی داخلی را آدرس دهی کند (آدرس ۰)

k. حذف سرآیند همواره برای آدرسهای مسیر بکار برده میشوند.

l. اگر حذف سرآیند بکار برده شود ، باید مشخصه داده پیشتاز(شناسه مقصد) هر بسته حذف شود.

m. یک و فقط یک مشخصه داده (شناسه مقصد) با قابلیت حذف سر آیند توسط هر سوئیچ مسیریاب حذف میشود که توسط بسته نمایش داده میشود.

نکته : برای سوئیهای خیلی بزرگ ، دو شناسه مقصد پیشتاز توسط یک سوئیچ مسیریاب برای تعیین آدرس مقصد، استفاده میشود .

n. آدرس منطقی ۲۵۵ برای استفاده های آتی رزرو شده است و نباید مورد استفا ده قرار گیرد.

o. با آدرس منطقی ۲۵۵ به همان روش آدرسهایی منطقی دیگر برخورد میشود.

۱۲-۱۴.توزیع بسته [۱] ، همه پخشی [۲] و چند پخشی [۳]

سوئیچهای مسیریاب SpaceWire میتوانند توزیع بسته در مکانی انجام میدهد که داده همزمان توسط چندین پورت خروجی به یک پورت ورودی رسیده است.

توزیع بسته به دو صورت همه پخشی و چند پخشی به صورت محدود انجام میشود و محدودیت آن بدین معناست که یک سوئیچ مسیریاب فقط بسته ها را بین پورتهای خروجی متصل به گره ها توزیع میکند. این محدودیت در استفاده مناسب از ساختارهای شبکه و پیکربندیهای مشابه از سوئیچهای مسیریاب در شبکه کاربرد دارد.

همه پخشی وچند پخشی در سطحی بالاتر با ارسال بسته به همه (همه پخشی) یا چندین (چند پخشی) گره در شبکه ، یکی بعد از دیگری ، پیاده سازی شود.

a. پیکربندی ثباتها در داخل سوئیچهای مسیریاب برای اجرای توزیع بسته ، باید پورتهای خروجی تعیین شده برای ارسال بسته ها را بداند.

b. حالت راه اندازی مجدد سوئیچهای مسیریاب در اجرای توزیع بسته باعث توقف همه توزیعهای بسته خواهد شد

۱۳-۱۴.گره های SpaceWire

a. یک گره SpaceWire شامل یک یا چند لینک واسط SpaceWire (رمزگذار-رمزگشا) و واسط سیستم میزبان خواهد بود .

نکته : گره SpaceWire یک واسط بین شبکه SpaceWire و یک سیستم کاربردی استفاده کننده از سرویسهای شبکه است.

b. گره SpaceWire یک رشته از بسته ها را از سیستم میزبان برای ارسال میپذیرد یا یک رشته از بسته ها از سیستم میزبان بعد از پذیرش از لینک SpaceWire تأمین میکند و یا هردو را انجام میدهد.

۱۴-۱۴.شبکه SpaceWire

شبکه SpaceWire از تعدادی گره های شبکه تشکیل شده است که با مسیریابی سوئیچهای SpaceWire به هم متصل شده اند.گره های SpaceWire مبدأها و مقصدهای بسته ها هستند و واسط سیستمهای کاربردی را تأمین میکنند.گره های SpaceWire میتوانند مستقیماً با استفاده از لینکهای SpaceWire به هم متصل شوند یا میتوانند از طریق سوئیچهای

---

[۱] Packet distribution

[۲] broadcast

[۳] multicast

مسیریاب که از لینکهای SpaceWire برای ایجاد ارتباط بین گره ها و سوئیچهای مسیریاب استفاده میکنند، متصل شوند. سوئیچهای مسیریاب SpaceWire تعداد زیادی لینک واسط هستند که به وسیله یک ماتریکس سوئیچ بهم متصل شده اند که این ماتریکسها به هر لینک ورودی اجازه عبور بسته هایی را میدهد که روی هر لینک خروجی برای ارسال دوباره دریافت کرده است.

بسته ها میتوانند از یک گره SpaceWire به دیگری از طریق لینکهای SpaceWire و از میان سوئیچهای مسیریاب SpaceWire انتقال داده شوند .

۱۵-۱۴.بازیابی خطای سطح شبکه

- **انواع خطا در سطح بسته**

انواع خطایی که ممکن است در سطح بسته رخ دهد به شرح زیر است :

- ❖ خطای لینک به این معنا که خطا در سطح مبادله تشخیص داده شده است.
- ❖ EEPدریافت شده
- ❖ آدرس مقصد نامعتبر
- ❖ بازیابی خطای لینک

زمانیکه یک خطای لینک در داخل لینک واسط رخ میدهد ، اقدامات زیر در سطح شبکه برای بازیابی خطا انجام میگیرد:

- ❖ اگر خطایی در گره مبدأ یا مقصد رخ دهد ، این خطا باید به سطح کاربرد[۱] ارجاع داده شود.

نکته[۱] : اگر خطا در یک سوئیچ مسیریاب تشخیص داده شود ، خطا ممکن است به یک پین[۲] از تجهیزات سوئیچ مسیریاب یا یک ثبات وضعیت داخلی در سوئیچ مسیریاب اطلاع داده شود.

نکته[۲] : اعلان به پین خارجی یا ثبات وضعیت داخلی میتواند برای اشکال زدایی [۳] و نظارت [۴] سیستم مفید باشد.

- ❖ بسته جاری که در حال ارسال است باید متوقف شود یعنی بخشی از بسته که هنوز ارسال نشده است ، نباید ارسال شود و از اینروN-Charها و EOP یا EEP، باید توسط لینک واسط بدون انتقال ، از بین برده شود.

نکته : این مطلب به عنوان سرریز شدن بسته [۵] شناخته میشود.

- ❖ بسته جاری که در حال دریافت شدن است نباید دریافت شود و بخشی از بسته که قبلاً دریافت شده است ، باید توسط EEP انتقال داده شود.

---

[1]Application level

[2]pin

[3]Debugging

[4]Monitoring

[5]Spilling the packet

نکته ۱ : اگر زمانیکه خطا رخ داده است ، یک بسته کامل دریافت شده باشد به این معنا که آخرین مشخصه دریافتی قبل از خطا ، EEP یا EOPباشد ، لینک واسط احتیاجی به اضافه کردن یک EEP به بافر دریافتی ندارد اما یکی ممکن است اضافه شود.

نکته ۲ : اگر بافر گیرنده پر بود ، EEP نمیتواند در بافر دریافت شده نوشته شود. اگر فضای خالی حداقل برای 9 N-Char (EEP و 8 N-Char) وجود نداشته باشد ، لینک واسط نمیتواند FCT ارسال کند . در هر دو مورد ، لینک نمیتواند بعد از یک خطا راه اندازی مجدد شود تا تعدادی از N-Char ها از بافر گیرنده خوانده شوند (فضا برای حداقل 9N-Charفراهم شود) . این راه حل بهتری نسبت به شروع خودکار بعد از یک خطا می باشد هنگامیکه بافر گیرنده پر است ، زیرا لینک تعداد کمتری N-Charارسال میکند و دوباره قفل میشود. اگر این موضوع رخ دهد ، لینک مکرراً قسمتی از شبکه را قفل میکند.

- بسته ها با یک EEP که از سوئیچهای مسیریاب داخل شبکه عبور میکند ، خاتمه می یابند . زمانیکه یک EEP در گره مقصد دریافت شد ، سطح کاربرد باید وقوع یک تشخیص خطا توسط EEP را اطلاع دهد.

نکته ۱ : سطح کاربرد در گره مبدأ می تواند بسته ای که در زمان گزارش خطای لینک ارسال شده است را دوباره ارسال کند.سطح کاربرد در گره مقصد ممکن است بسته پایان یافته توسط EEP را نابود کند یا ممکن است تصمیم به استفاده از آن را داشته باشد .

نکته ۲ : به علا باقیمانده بسته های نابود شده بعد از یک خطا ، بسته های خیلی بزرگ متوانند باعث توقف برای یک دوره زمانی طولانی شوند در حالیکه بسته تقسیم شده است .برای تحمل آن ، هنگامیکه اندازه بسته ها برای کاربرد های خاص اندازه گیری میشود باید مدنظر قرار گیرد.

- **EEP دریافت شده**

یک EEP در انتهای یک بسته به معنای رخداد یک خطا در بسته ارسال شده است ودر نتیجه بسته نابهنگام خاتمه می یابد . داده داخل بسته میتواند معتبر باشد اما بسته کامل و با موفقیت ارسال نشده است.

اقدامات انجام شده روی EEP دریافت شده وابسته است به اینکه لینک واسط در داخل گره مبدأ – مقصد باشد یا اینکه در سوئیچ مسیریاب شبکه باشد ، که در ذیل توضیح داده میشود :

- **سوئیچ مسیریاب**

EEP دریافت شده توسط سوئیچ مسیریاب ، باید از طریق سوئیچ مسیریاب با همان روش EOP انتقال داده شود به این معنا که EEP باید مانند یک EOP در سوئیچهای مسیریاب عمل کند.

- **گره**

EEP دریافت شده توسط یک لینک واسط در گره مقصد باید به سطح کاربرد ارجاع داده شود.

❖ **آدرس مقصد نامعتبر**

یک آدرس منطقی که ورودی جدول مسیریابی میباشد اما به یک پورت خروجی اشاره میکند که وجود ندارد ، این آدرس باید به عنوان یک آدرس نامعتبر مد نظر قرار گیرد.

نکته : آدرس مقصد میتواند به وسیله سوئیچ مسیریاب یا گره غیرقابل شناسایی باشد، برای مثال وقتی که یک آدرس مسیر در سوئیچ مسیریاب با فقط ۸ پورت خروجی ، ۹ تعیین میشود. یک آدرس منطقی NULL در سوئیچ مسیریاب به معنای مکانی در جدول مسیریابی است که پیکربندی نشده است بنابراین نامعتبر میباشد.

۱۶-۱۴. سوئیچ مسیریاب

اگر بسته رسیده به سوئیچ مسیریاب آدرس مقصد نامعتبر داشته باشد ، آن بسته نابود میشود و

N-Charهای رسیده به پورت ورودی جاییکه آدرس مقصد نامعتبر تشخیص داده شده است ، که شامل EEP یا EOP بعدی نیز میباشند نیز نابود میشوند.

نکته : خطای آدرس مقصد نامعتبر باید به پین های وضعیت خارجی در تجهیزات سوئیچ مسیریاب یا به ثبات حالت در سوئیچ مسیریاب اعلان شود.

- **گره**

اگر بسته دریافت شده در گره دارای آدرس مقصد غیر قابل پیش بینی باشد ، آن بسته از بین خواهد رفت.

نکته ۱ : چه یک آدرس خاص مورد انتظار باشد یا در یک گره به سیستم میزبان وابسته نباشد و از کانالهای مجازی خود استفاده کند.

نکته ۲ : آدرس غیر قابل پیش بینی باید به سیستم میزبان اعلان شود.

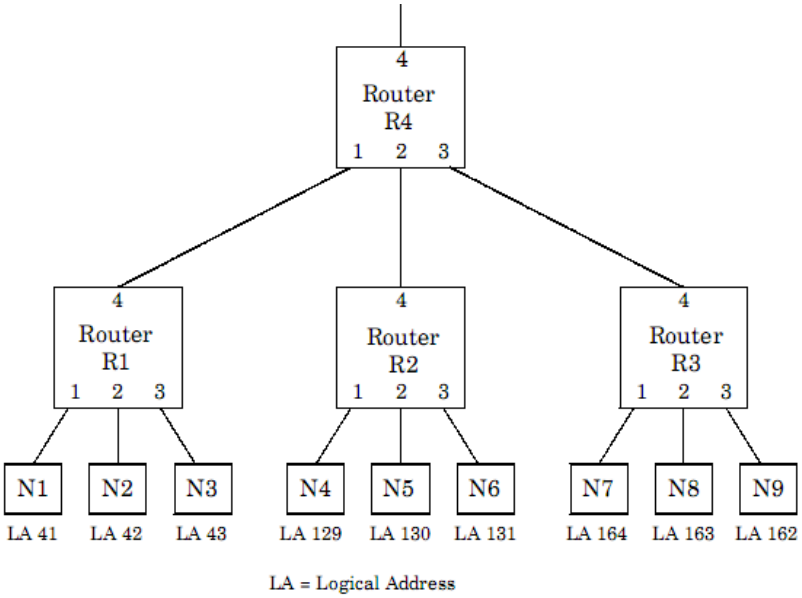
- **EEP یا EOP مضاعف**

دریافت فوری EEP یا EOP بعد از دریافت EOP یا EEP نشان دهنده یک بسته خالی خواهد بود که آدرس مقصد ندارد. یک سوئیچ مسیریاب با دریافت یک بسته خالی ، EEP یا دومی EOP را حذف میکند.

۱۷-۱۴.مثالی از یک شبکه

چندین مثال در این قصمت مطرح میشود تا عملیات مسیریابی بسته و حذف سرآیند روشن تر گردد.

یک شبکه SpaceWire در زیر نشان داده شده است .



شکل ۲۳ : مثالی از شبکه SpaceWire

گره های SpaceWire از N1 تا N9 شماره گذاری شده اند و هر کدام فقط یک لینک SpaceWire دارند. سوئیچهای مسیریاب SpaceWire از R1 تاR4 شماره گذاری شده اند و هر کدام ۴ لینک واسط دارند.

❖ **آدرس دهی مسیر**

انتقال یک محموله از گره N1 به گره N3 از آدرس دهی مسیر زیر برای ارسال بسته استفاده میکند :

<3><cargo><EOP>

انتقال یک محموله از گره N1 به گره N8 از آدرس دهی مسیر زیر برای ارسال بسته استفاده میکند :

<4><3><2><cargo><EOP>

❖ **آدرس دهی منطقی**

انتقال یک محموله از گره N1 به گره N3 از آدرس دهی منطقی زیر برای ارسال بسته استفاده میکند :

<43><cargo><EOP>

انتقال یک محموله از گره N1 به گره N8 از آدرس دهی منطقی زیر برای ارسال بسته استفاده میکند :

<163><cargo><EOP>

جدول مسیریابی برای هر سوئیچ مسیریاب در تصویر زیر آمده است.

Routing table switch 1	
...	
41	1
42	2
43	3
...	
129	4
130	4
131	4
...	
162	4
163	4
164	4

Routing table switch 2	
...	
41	4
42	4
43	4
...	
129	1
130	2
131	3
...	
162	4
163	4
164	4

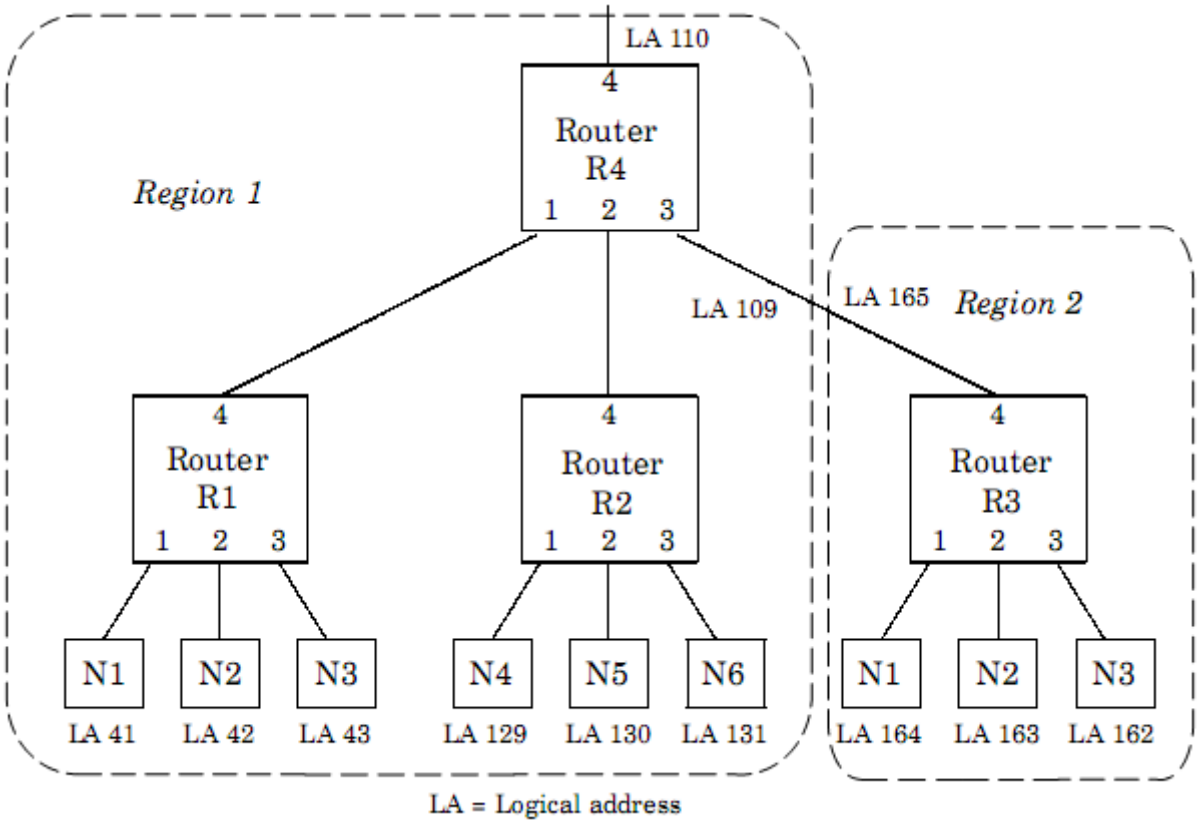
Routing table switch 3	
...	
41	4
42	4
43	4
...	
129	4
130	4
131	4
...	
162	3
163	2
164	1

Routing table switch 4	
...	
41	1
42	1
43	1
...	
129	2
130	2
131	2
...	
162	3
163	3
164	3

شکل ۲۴ : مثالی از جدول مسیریابی در شبکه SpaceWire

❖ آدرس دهی ناحیه ای

در این بخش شبکه SpaceWire نشان داده شده با تعریف آدرس دهی ناحیه ای کمی تغییر میکند به این معنا که آدرس دهی منطقی با حذف سرآیند در پورتهای خروجی ، لینکها را بین دو منطقه راهنمایی میکند. تغییر شبکه SpaceWire در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۲۴ : مثالی از شبکه SpaceWire با نواحی آدرس منطقی ناحیه ای

این شبکه به دو ناحیه تقسیم شده است . گره های ناحیه ۲ دوباره شماره گذاری شده اند تا مثال را پشتیبانی کنند اما آدرس منطقی ناحیه ای برای هر گره مثل قبل است. ساختار شبکه تغییری نکرده است . یک مشخصه داده تک برای شناسایی آدرس منطقی در ناحیه استفاده شده است. بیش از ۲۲۴ گره در داخل یک شبکه میتوانند آدرس دهی شوند. تعدادی از آدرسهای منطقی در یک ناحیه به عنوان پل [۱] یا مسیریاب با نواحی دیگر بکار میروند. تعداد نامحدودی ناحیه میتواند پشتیبانی شود.

انتقال یک محموله از گره N1 به گره N3 (هر دو در ناحیه ۱) به طریق زیر صورت میگیرد:

<43><cargo><EOP>

انتقال یک محموله از گره N1 به گره N5 (هر دو در ناحیه ۱) به طریق زیر صورت میگیرد:

<130><cargo><EOP>

انتقال یک محموله از گره N1(در ناحیه ۱) به گره N3 (در ناحیه ۲) به طریق زیر صورت میگیرد:

<109><162><cargo><EOP>

<109> آدرس منطقی است که لینک بین ناحیه ۱ و ناحیه ۲ (R4 پورت ۳ به R3 پورت ۴)

R4 مشخصه سرایند هر بسته که پورت ۳ یا پورت ۴ را ترک میکند ، حذف میکند. R3 مشخصه سرآیند هر بسته که پورت ۴ را ترک کند ، حذف خواهد کرد.

[۱] Bridge

۱۵. روش بازیابی خطا

روش بازیابی خطا بین سطح مبادله و سطح شبکه تقسیم شده است.

۱-۱۵. خطاهای سطح مبادله

خطاهای زیر در سطح مبادله گزارش میشوند:

- ❖ خطای قطع ارتباط
- ❖ خطای توازن
- ❖ خطای مراحل رهایی [۱]
- ❖ خطای مراحل مشخصه [۲]
- ❖ خطای اعتبار

پاسخگوی خطاهای زیر نیز می باشد :

- ❖ تشخیص خطا
- ❖ قطع ارتباط لینک
- ❖ گزارش خطا به سطح شبکه
- ❖ تلاش برای اتصال مجدد لینک اگر لینک واسط هنوز غیرفعال است .
- ❖ خطاهای سطح شبکه

۲-۱۵.خطاهای سطح شبکه

a. خطای لینک (خطای سطح شبکه)
b. دریافت EEP
c. آدرس مقصد نامعتبر

- ❖ **خطای لینک**

a. اگر یک خطای لینک ، خطایی که در سطح مبادله تشخیص داده شده است ، به سطح شبکه گزارش شود ، سطح شبکه به صورت زیر عمل میکند :
b. خطا به سطح شبکه اطلاع داده میشود .
c. دریافت بسته جاری با EEP پایان میپذیرد.
d. انتقال بسته فعلی که شامل EOP (یا EEP) بعدی هم هست ،متوقف میشود.
e. اگر خطایی در لینک واسط داخل گره مقصد یا مبدأ رخ دهد ، خطا به سطح کاربرد اعلان میشود.

---

[۱] Escape sequence error

[۲] Character sequence error

f. اگر خطا در لینک واسط یک سوئیچ مسیریاب رخ دهد ، خطا ممکن است به پین های حالت خارجی در تجهیزات سوئیچ مسیریاب یا به ثبات حالت در تجهیزات اعلان میگردد.

توضیحات بیشتر در بخشهای بعدی آورده خواهد شد.

❖ **EEP دریافت شده**

اگر یک EEP دریافت شود ، اقدامات انجام شده وابسته به این موضوع است که لینک واسط در داخل گره مقصد است یا در سوئیچ مسیریاب شبکه قرار دارد. در گره مقصد ، پذیرش EEP به سطح کاربرد ارجاع میشود. بسته توسط EEP انتقال داده شده است، در غیر اینصورت EEP به صورت معمولی به سطح کاربرد انتقال داده میشود. در یک سوئیچ مسیریاب ، زمانیکه یک EEP دریافت میشود ، اقدامات خاصی صورت نمیگیرد. با EEP دقیقاً مثل EOP رفتار میشود.

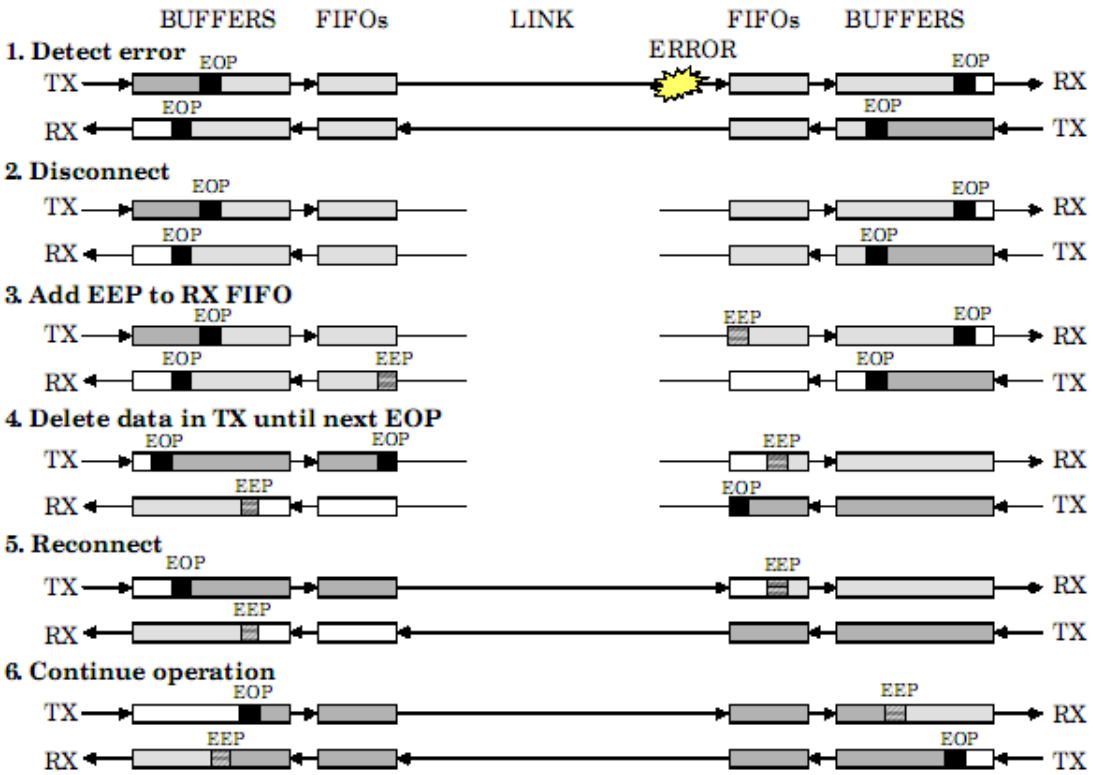
❖ **آدرس مقصد نامعتبر**

وقتی یک بسته با آدرس نامعتبر به سوئیچ مسیریاب میرسد، یعنی آدرس آن توسط سوئیچ مسیریاب تشخیص داده نشده است ، نابود خواهد شد.

۳-۱۳.بازیابی خطای لینک

اگر هر نوعی از خطا در لینک واسط تشخیص داده شود ، مراحل زیر برای بازیابی خطا انجام میگرد :

- ❖ تشخیص خطا (قطع ارتباط ، توازن ، مراحل رهایی ، مراحل مشخصه ، اعتبار)
- ❖ قطع ارتباط لینک
- ❖ اگر مشخصه قبلی EOP نبود ، EEP (خطای پایان بسته) به بافر گیرنده اضافه میشود.
- ❖ داده در بافر فرستنده تا EOP بعدی(پایان بسته) حذف میشود .
- ❖ اتصال مجدد
- ❖ ارسال بسته بعدی.



شکل ۲۶ :تشخیص خطای لینک واسط و عملیات بازیابی

این تصویر انتقال و دریافت بافرها و FIFO ها رانشان میدهد. دلیل آن توصیف یک سیستم میزبان نوعی است مکانی که بافرینگ برای نگهداری داده های ورودی و خروجی هم چنین FIFO ها که به عنوان بخشی از سیستم میزبان در نظر گرفته میشوند، استفاده میشود .در این استاندارد بافرها و FIFO ها به عنوان بخشی از سیستم میزبان در نظر گرفته میشوند .بنابراین اگر FIFO ها در این استاندارد وجود داشته باشند، میتوانند با چندین روش متداول تعیین شوند.

همچنین تعریف روش بازیابی خطا با بازیابی خطای تعریف شده توسط سطح مبادله و مدیریت بافر و FIFO توسط سطح شبکه ، ساده میشود.

تصمیم درباره چگونگی رفتا با بسته ای که با EEP خاتمه یافته است، به سطح بالاتر ، سطح کاربرد سپرده میشود. برای مثال اگر بسته خطی از یک تصویر است و بخشی از آن مستقیماً دریافت شده است ، میتوان از آن استفاده کرد یا متناوباً بسته را نابود کرد و به پردازش ادامه داد. اگر بسته بخشی از اطلاعات کنترلی مهم بود (مثل کد برنامه) ، به علت اهمیت بسته ، دوباره ارسال میشود.

پروتکل ذکر شده در شبکه ای با تعدادی از سوئیچهای مسیریاب کار میکند. فقط لینکی که دچار خطا شده است، راه اندازی مجدد (قطع و اتصال دوباره) میشود. سایر لینکها عملیات خود را ادامه میدهند. معمولاً فقط بسته ای که دچار خطا شده است ، نسبتاً از دست میرود و سایر بسته ها معتبر باقی میمانند. در این مورد به علت زمان گرفته شده برای قطع ارتباط لینک بیش از یک بسته از بین میرود.

اگر بایت سرآیند (اولین بایت بعداز EOP یا EEP) معیوب شود ، بسته ورودی از بین میرود و بسته در شبکه منتشر نمیشود. سوئیچ مسیریاب به سادگی بسته را نابود میکند. این موضوع میتواند مشکلی در مقصد بسته ایجاد کند چون در

حقیقت ، یک بسته نابود شده ، گزارش داده نمیشود. سطح کاربرد تضمین میکند که دنباله بسته ها ، صحیح دریافت شده است. هرگاه یک گیرنده در گره مقصد ، خطایی در یک بایت سرآیند تشخیص دهد ، میتواند آن را به سطح کاربرد گزارش دهد.

اگر خطا در EOP یا EEP رخ دهد ، بسته ها تغییر میکنند – یکی قبل از EOP جاییکه همه داده ها دریافت شده اند اما هیچ EOP دریافت نشده است و دیگری بعلت لینک فرستنده که بسته را تا EOP یا EEP بعدی نابود میکند.

اگر خطا در NULL یا FCT در یک رشته داده [۱] یک بسته رخ دهد ، بسته های ارسال شده از آن نقطه ، نابود خواهد شد و موجب ناشناخته ماندن مشخصه ، قبل از این نقص میشود.

۱۳-۴.بررسی خطای سطح کاربرد

واسط کاربرد در این استاندارد تعریف نشده است . هرچند یک واسط کاربرد نوعی شامل سرویسهای زیر است :

a. لینک باز [۲] - یک لینک واسط راه اندازی می شد و به برقرای ارتباط با لینک واسط در انتهای دیگر لینک ، تلاش میکند.
b. لینک بسته [۳] - یک لینک متوقف میشود و ارتباط قطع میشود.
c. نوشتن بسته [۴] - یک بسته به خارج از لینک واسط ارسال میشود.
d. خواندن بسته [۵] - یک بسته از لینک واسط خوانده میشود.
e. وضعیت و پیکربندی [۶] - وضعیت کنونی لینک واسط خوانده میشود و پیکربندی لینک تنظیم میشود.

چندین بررسی خطا در سطح کاربرد انجام میگیرد که در زیر توضیح داده شده اند.

۱۳-۵.خطای وقفه در مقداردهی اولیه لینک[۷]

زمانیکه یک برنامه کاربردی به بازکردن یک لینک تلاش میکند، میتواند یک دوره وقفه [۸] برای اتصال لینک تنظیم کند. اگر اتصال لینک در دوره وقفه تعیین شده ، برقرار نشد ، لینک غیر قابل استفاده میشود و یک لینک دیگر برای ارتباط درخواست شده استفاده میشود.

---

[۱] Data stream

[۲] Open link

[۳] Close link

[۴] Write packet

[۵] Read packet

[۶] Status and Configuration

[۷] Link initialization timeout error

[۸] Timeout period

۶-۱۳.خطای وقفه ارسال بسته [۱]

زمانیکه یک برنامه کاربردی برای نوشتن یک بسته روی یک لینک واسط تلاش میکند ، میتواند یک دوره وقفه برای ارسال بسته تنظیم کند.زمانیکه دوره وقفه سپری شد، اگر بسته کامل ارسال نشود ، ارسال مسدود [۲] فرض میشود.سپس لینک واسط به علت یک خطای قطع ارتباط ، غیر فعال میشود و لینک راه اندازی مجدد خواهد شد سپس دوباره به لینک برای راه اندازی و اتصال دوباره ، اجازه داده میشود .

۷-۱۳.خطای وقفه برای دریافت بسته [۳]

وقتیکه یک برنامه کاربردی برای خواندن یک بسته از لینک واسط تلاش میکند، یک دوره وقفه برای پذیرش بسته تنظیم میکند. زمانیکه دوره وقفه آغاز میشود، اگر بسته کامل دریافت نشد، گیرنده مسدود درنظر گرفته میشود. لینک واسط بعلت یک خطای قطع ارتباط ، غیرفعال میشود و لینک راه اندازی مجدد خواهد شد ، سپس دوباره به لینک برای راه اندازی و اتصال دوباره ، اجازه داده میشود .

---

[۱] Packet transmit timeout error

[۲] Blocked

[۳] Packet receive timeout error

۱۶. مشکل

با این پیش زمینه ، ممکن است متوجه شده باشید که یک مشکل در استاندارد SpaceWire ، سخت بودن دسترسی به محتویات بسته برای کابران مقصد است. مخصوصاً زمانیکه چندین ساختار برای بسته موجود باشد. در اکثر سیستمها ، بیش از یک فرمت بسته برای هر کاربرلازم است و معمولاًهر نوع بسته نیازمند پردازشی میباشد. ممکن است سیستم آدرس دهی منطقی را استفاده کند اما آدرس در آخرین مسیریاب از بین رفته شده باشد.

ممکن است آدرس دهی مسیر مورد استفاده قرار گیرد درحالیکه اطلاعات آدرس مقصد ارائه نشده باشد. این نیازمندی ها منجر به طراحی یک روش آدرس دهی برای پیش بینی آنچه لازم است، شد. از امتیازات استاندارد، دوباره استفاده شدن توسط سیستمهای متفاوت است. یک فرمت بسته لازم است که تمام کاربران بتوانند با یک روش استاندارد، آن را تفسیر کنند. میدانیم که یکی از مشخصات SpaceWire ،کمترین سربار[1] برای هر بسته است و این موضوع باعث محدود شدن فرمت بسته ها میشود به این معنا که این استاندارد طول بسته را تعریف نمیکند و بسته ها در این استاندارد دارای سرآیند بسیار ساده ای هستند. بنابراین فقط حداقل اطلاعات لازم برای شناسایی بسته در آن قرار داده میشود. با این توانایی میتوان لایه بالایی پروتکلهای SpaceWire در ارتباطات وسیع تر را توسعه داد و دوباره استفاده کرد.

- **راه حل**

۱-۱۶.فرمت جدید بسته

برای حل این مشکلات (آگاه نبودن از وجود آدرس منطقی ، ناتوانی در شناسایی بسته ها و استفاده دوباره)، یک فرمت جدید بسته تعریف شده است. مشخصات بسته جدید، گسترش یافته فرمت بسته فعلی SpaceWire است . این فرمت یک روش جبری [2] برای تشخیص محتویات بسته است بطوریکه پروتکلهای لایه بالاتر در یک روش استاندارد گسترش می یابند. این فرمت جدید بسته تاثیری بر استاندارد فعلی ECSS-50-12A ندارد ، تنها تاثیر آن بر چگونگی تقسیم بسته ها توسط کاربر یعنی لایه های بالایی استاندارد ،خواهد بود.

۲-۱۶.آدرسهای منطقی

در فرمت جدید بسته لازم است که اولین بایت دریافت شده توسط کاربر مقصد ، یک آدرس منطقی باشد.

شکل ۲۷ : آدرس منطقی در ID پروتکل

این موضوع به این معنا نیست که آدرس دهی مسیر نمیتواند مورد استفاده قرار گیرد ، این نوع آدرس دهی در زمان راه اندازی برای مقدار دهی اولیه مسیریابهای مختلف در شبکه ، مورد استفاده قرار میگیرد .

[1] Overhead

[2] Deterministic

تمام روشهای آدرس دهی در استاندارد SpaceWire میتواند بکاربرده شود.

شکل ۲۸ : آدرس دهی مسیر در ID پروتکل

اگر آدرس منطقی مقصد موجود نبود یا اگر مبدأ بسته نتوانست آن را تشخیص دهد ، در این صورت آدرس منطقی به عنوان یک مقدار مجازی [۱] برای این مورد ذخیره میشود. چون آدرس منطقی یک آدرس پیش فرض [۲] شده است ، زمانیکه مقصد ناشناخته است ، این مقدار ممکن است توسط مقصد نادیده گرفته شود. بنابراین ، در مبدأ فقط لازم است که یک آدرس منطقی در فرمت بسته قرار داده شود چه آن بسته مسیریابی شود چه نشود، که باعث میشود اول هر بسته در مقصد ، آدرس منطقی نمایش داده شود. فرمت جدید بسته آدرس منطقی را بکار میبرد به این علت که اکثر سیستم ها از این آدرس استفاده میکنند چون اطلاعات مفیدی را برای رمزگشای بسته در اختیار مقصد میگذارد.

۳-۱۶..شناسه پروتکل

بایت دوم به عنوان شناسه پروتکل [۳] (ID) شناخته میشود که فیلد جدیدی است و در استاندارد فعلی تعریف نشده است . برای رمزگشایی بسته مورد استفاده قرار میگیرد و پردازشهای لازم برای بسته را تعریف میکند. با این پروتکل ، ممکن است پروتکلهای مختلف لایه بالاتر از شبکه یکسان SpaceWire استفاده کنند و تفسیر یکسانی توسط کاربر وجود خواهد داشت. این یک متمم قدرتمند برای SpaceWire است که پروتکل را توسعه داده و استفاده دوباره را ممکن میسازد. شناسه پروتکل توسط گروه کاری SpaceWire [۴] تعیین شده است و با خصوصیات فرمت بسته و پردازش آن انتشار یافته است.

۴-۱۶.تعمیم [۵] شناسه پروتکل

مقدار"۰۰" هگز [۶] در ID پروتکل ذخیره شده است وممکن است برای توسعه فیلد این پروتکل مورد استفاده قرار گیرد. زمانیکه اولین بایت پروتکل "۰۰" هگز باشد ، دو بایت اضافه میشود و طول فیلدهای این پروتکل به سه بایت اقزایش می یابد. این موضوع ۱۶ بیت را به فیلدهای پروتکل اضافه میکند و امکان افزایش ۶۵۵۳۵ پروتکل برای ارسال روی SpaceWire را فراهم میکند.

پیاده سازی فیلد توسعه یافته ID پروتکل لازم نیست و اگر پیاده سازی انجام نشود از مقدار "۰۰" هگز چشم پوشی میشود. پروتکلهایی که مقدار یکسانی دارند چه توسعه یافته باشد چه توسعه نیافته، باید به عنوان یک پروتکل در نظر گرفته شوند.

---

[1] Dummy

[2] Default

[3] Protocol Identifier (ID)

[4] Working group

[5] Extended

[6] Hex

- **پروتکلهای ناشناخته** [1]

بسته هایی که با ID پروتکل ناشناخته یا پروتکلی که پشتیبانی نمیشود به مقصد برسند، باید نادیده گرفته شده و در مقصد نابود شوند. همچنین مقصد باید تعداد پروتکلهای ناشناخته که دریافت میکند را نگهدارد.

۵-۱۶.تخصیص ID[2] پروتکل

محدوده ۱ تا ۲۳۹ دسیمال[3] از مقادیر ID پروتکل توسط گروه کاری SpaceWire تعیین شده اند. محدوده ۲۴۰ تا ۲۵۴ دسیمال ID پروتکل برای موارد آزمایشی استفاده میشود و توسط این گروه تعریف نشده است. تأییدیه پروتکلها برای پذیرش گروه کاری SpaceWire باید پیشنهاد شود و یک مقدار اولیه طراحی شود و در استاندارد جدید ECSS-E-50-11 ثبت شود.

[1]Unknown Protocols

[2]Allocation

[3]Decimal

۱۷. پروتکلهای SpaceWire

در این بخش فقط تعدادی از پروتکلهای مطرح شده ، توضیح داده میشود . پروتکلهای غیر رسمی دیگری در اروپا و ایالات متحده وجود دارد که به آنها اشاره ای نمیشود.

۱-۱۷.پروتکل دسترسی به حافظه دور [۱]

اولین پروتکلی که یک ID پروتکل طراحی کرده است ، پروتکل دسترسی به حافظه دور (RMAP) نامیده میشود. RMAPیک روش برای نوشتن و خواندن جایگاهای در نظرگرفته شده حافظه در شبکه SpaceWire ارائه میدهد. این پروتکل دارای مشصاتی است که برای انتقالات قابل اطمینان در لایه بالاتر مورد استفاده قرار میگیرد و به خوبی کد افزونگی تناوبی[۲] (CRC) سرآیند و داده را جداگانه بررسی میکند. این پروتکل اولین پروتکلی است که توسط گروه کاری SpaceWire توسعه یافته است و مقدار ۱ برای ID پروتکل در نظر گرفته شده است. این پروتکل در سند جدیدی توسط ECSS استاندارد شده است. استاندارد جدید

ECSS-E-50-11 استفاده از ID پروتکل و شرح RMAP ثبت کرده است . پروتکلهای جدید که توسط این گروه کاری مصوب شد ، به این استاندارد اضافه گشت.

۲-۱۷.پروتکل انتقال قابل اطمینان GOES-R[۳]

پروژه GOES-R در مرکز پرواز فضایی Goddard[۴] ناسا ، یک پروتکل را در محدوده ID پروتکل به صورت تجربی توسعه داده است که انتقال قابل اطمینان بسته ها بین مبدأ و مقصد در شبکه SpaceWire را فراهم میکند.پروتکل از یک مکانیزم اعلام وصول ساده استفاده میکند که اگر اعلام وصول بعد از یک مدت زمان معین دریافت میشود ، بسته دوباره ارسال خواهد شد . این پروتکل برای کمک به افزونگی [۵] لایه فیزیکی، ارسال مجدد را از مسیر دیگری انجام میدهد .

۳-۱۷.پروتکلهای LRO

مأموریت LRO ، پروتکلهای زیادی را برای استفاده در شبکه SpaceWire تعریف کرده است. دو پروتکل به فرمت انجمن سیستمهای داده فضا (CCSDS)[۶] میباشند . یکی به فرمت CCSDS بسته و دیگری به فرمت CCSDS انتقال است ، این فریم از سیستمهای مدار پیشرفته (AOS)[۷]بخش داده کانال مجازی (VCDU)[۸]استفاده میکند . این ID های پروتکل در

---

[1]Remote Memory Access Protocol

[2]CyclicRedundancy Code (CRC)

[3]Reliable Transport Protocol

[4] Goddard Space Flight Center (GSFC)

[5]Redundancy

[6]ConsultativeCommittee for Space Data Systems (CCSDS)

[7]Advanced Orbiting Systems (AOS)

[8]VirtualChannel Data Unit (VCDU)

محدوده آزمایشی هستند، به طوریکه به صورت رسمی و از طریق گروه کاری SpaceWire ، شناسه طراحی نکرده اند. شناسه پروتکل CCSDS احتمالاً ارقام دائمی ، تعیین خواهد کرد.

۱۸. نتیجه گیری

SpaceWire برای کاربردهای فضایی استانداردهای IEEE 1355-1995 و ANSI/TIA/EIA-644 طراحی شده است. این استاندارد در چندین مأموریت فضایی اروپا و آمریکا بکار رفته است.

از ویژگیهای این استاندارد میتوان به موارد زیر اشاره کرد:

- سرعت بالا-توانایی فعالیت با سرعت 200 Mbits/s برای فاصله های بالای ۱۰ متر
- کاملا دو سوی همزمان،دو طرفه ،لینکهای متقارن کنترل جریان و ترکیب شبکه را ساده تر میکنند.
- سادگی- در تکنولوژیهای FPGA یا ASIC به آسانی قابل اجراست
- تعداد کم گیت - قابلیت پیاده سازی سخت افزاری فقط برای سیستمهای ساده وجود دارد.هر لینک واسطه بین 5k تا 10kگیتنیاز دارد.
- میزان ظرفیت -در قسمتهایی که نیاز است لینکهای بیشتری میتوانند اضافه شوند تا پهنای باند بیشتری بدست آید.
- اشتراک پهنای باند – اگر بیش از یک لینک آماده به کار بین دو نقطه پایانی وجود داشته باشد ، پهنای باند مجموع دو لینک میتواند بین همه بسته های جاری بین دو نقطه پایانی به اشتراک گذاشته شود.
- قدرت تحمل نقص–جاییکه پهنای باند اشتراکی مورد استفاده قرار میگیرد اگر یکی از لینکها بر اثر عواملی مانند ترافیک قطع شود سپس سایر لینکها فورا وصل شده و شروع به حمل همه بسته های جاری بین دو نقطه پایانی خواهند کرد.این موضوع یک مفهوم ساده از قدرت تحمل نقص و افت مجاز در سیستمهای SpaceWire بیان میکند.
- آزادی در انتخاب توپولوژی– هر فرمی از ساختار شبکه میتواند با این استاندارد پیاده سازی شود: bus،ring،tree،.... محدودیتی برای توپولوژی شبکه وجود ندارد.لینکها باید در قسمتی اضافه شوند که نیاز به پهنای باند اضافی وجود دارد یا قدرت تحمل شکست سیستم را بالا میبرد.
- حامل پروتکل - پروتکلهای سطح بالا مثل TCP/IP قابل حمل هستند.
- کارایی خوب EMC– در زمان استفاده از (LVDS) و کابلهای حفاظت شده تابش امواج کم خواهد بود و تشعشع خوبی بدست خواهد آمد.
- کدهای زمانی–توزیع اطلاعات زمان در سراسر شبکه SpaceWire پشتیبانی میشود.

به منظور کاهش هزینه و احتمال بروز خطا در روند پیشرفت ماهواره، پروتکل SpaceWire نه تنها برای ارتباط بین سیستم bus ماهواره و بخش پردازش داده بکار برده میشود ، بلکه برای ارتباط بین بخش پردازش داده و بخش حسگر آنالوگ نیز مورد استفاده قرار میگیرد. از این گذشته ، ما خواهان دسترسی به افزونگی بدون افزایش مولفه ها و کابلها با اتصال بخشهای پردازش داده با یکدیگر میباشیم . این مفهوم در ماهواره که پرتاب آن برای سال2012 توسط JAXA برنامه ریزی شده، گنجانده شده است.

۱۹. مراجع

[1].http://spacewire.esa.int/content/Home/HomeIntro.php

[2].http://spacewire.esa.int/content/Home/Purpose.php

[3].http://www.ecss.nl/forums/ecss/_templates/default.htm?target=http://www.ecss.nl/forums/ecss/dispatch.cgi/standards/docProfile/100302/d20060808084754/No/t100302.htm

[4]. ECSS-E-50-12A SpaceWire – Links, nodes, routers and

networks, 24 January 2003,24 January 2003

[5]. “SpaceWire Protocol ID: What Does It Means To You?”, Glenn Rakow, Richard Schnurr, Steve Parkes, August 07,2010.