

## بهبود الگوریتم پردازش اشاره گرهای TU در شبکه های SDH

عباس ایروانی

حمیده صبائی

احمد خادم زاده

انتهای کارگر شمالی. مرکز تحقیقات مخابرات ایران. گروه استانداردها، پشتیبانی تخصصی و تحقیقات خاص

[iravany@itrc.ac.ir](mailto:iravany@itrc.ac.ir)

[hsabaei@itrc.ac.ir](mailto:hsabaei@itrc.ac.ir)

[zadeh@itrc.ac.ir](mailto:zadeh@itrc.ac.ir)

### چکیده

در ارسال اطلاعات با روش SDH (Synchronous Digital Hierarchy) امکان وجود اختلاف فرکانسی بین دو بخش فرستنده و گیرنده وجود دارد. برای جبران اختلاف فرکانسی در بخش اتصال صلیبی در پردازشگر Payload واحدهایی به نامهای "مفسر اشاره گر" و "مولد اشاره گر" وجود دارد که ضمن استخراج اشاره گرهای TU (Tributary Unit) از خطوط ورودی، آنها را تفسیر و سپس اشاره گر جدید تولید می شود. در این مقاله دو واحد "مفسر اشاره گر" و "مولد اشاره گر" در واحد جدیدی بصورت ماشین حالتی متشکل از هشت حالت ارائه شده است. این واحد پیشنهادی با نام "پردازشگر اشاره گر" پس از عملیات سنتز از لحاظ ابعاد، تعداد سلولها، توان مصرفی و بار ناشی از خطوط با مجموع "مفسر اشاره گر" و "مولد اشاره گر" مقایسه شده است. نتایج این مقایسه نشان می دهد که خصوصیات روش پیشنهادی نسبت به روش پیشین بهبود یافته است.

### کلمات کلیدی

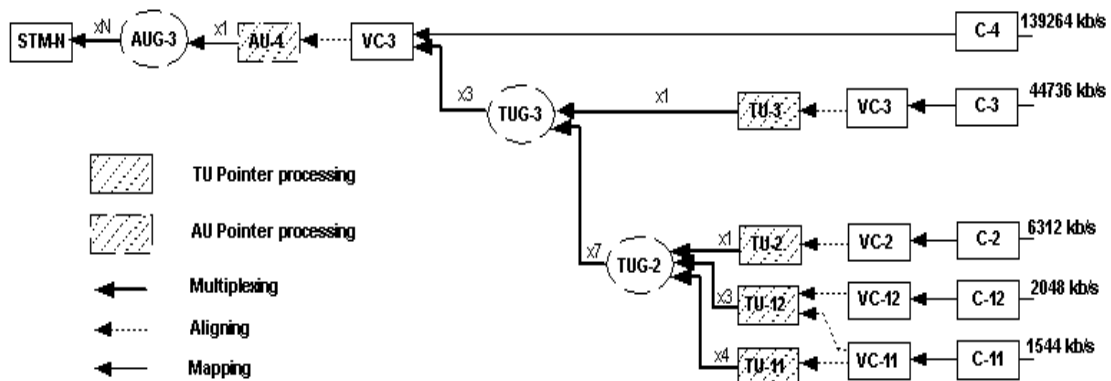
پردازشگر اشاره گر

SDH

Cross Connect

### ۱- مقدمه

بر اساس استاندارد G707 از موسسه ITU-T، که معرف طریقه ارسال اطلاعات به روش SDH است، انتقال اطلاعات بر روی خطوط پایه با نرخ ۱۵۵/۵۲ مگابیت در ثانیه و با قالب بندی ۲۷۰×۹ بایت صورت می پذیرد [۱،۲].  
قالبهای چندتائی STM-1 ممکن است با قالبهای STM-N ارسال گردند که N می تواند ۱، ۴ و ۱۶ بوده و در خطوطی با نرخ ۱۵۵/۵۲×N مگابیت در ثانیه فرستاده شوند. ساختار مالتی پلکسینگ داده ها از روی خطوط دیگر تا رسیدن به STM-N در این استاندارد به صورت شکل ۱ توصیه شده است [۱،۲].



شکل ۱: ساختار مالتی پلکس و جایگاه اشاره گرهای TU

برای قرار دادن اطلاعات و داده‌ها از روی خطوطی با نرخ اطلاعات پائین تر (همچون ۱/۵۴۴ مگابیت در ثانیه یا ۲/۰۴۸ مگابیت در ثانیه یا ...) بر روی قالب بندی SDH تجهیزاتی همچون سوئیچ‌های دیجیتال، اتصال صلیبی دیجیتال و مالتی پلکسر با روش Add-Drop مورد نیاز می‌باشد [۳].

بخش اتصال صلیبی<sup>۱</sup> در SDH نرخهای متفاوت را می‌پذیرد، و آنها را بر روی خطوط SDH ارسال می‌نماید و همچنین اطلاعات را از روی خطوط SDH جدا کرده و بر روی خطوطی با نرخ پائین تر قرار می‌دهد. از وظایف اصلی این برد، سوئیچینگ داده‌های ارسالی بر روی خطوط STM-N، تنظیم فرکانسی داده‌های ورودی، تشخیص نوع خطاها در اشاره گرها، تشخیص شروع ارسال داده‌ها و در نهایت قرار دادن VC4<sup>۲</sup> با در نظر گرفتن قالب مورد نظر است. بجز عملیات سوئیچینگ و قرار دادن VC4 در جایگاه مورد نظر، سایر عملیات در پردازشگرهای Payload انجام می‌شود. در داخل پردازشگر Payload واحدهای متفاوتی همچون "مولد زمانی ورودی"، "مولد زمانی خروجی"، "بافر Payload"، "مفسر اشاره گر"<sup>۳</sup> (PI)، "مولد اشاره گر"<sup>۴</sup> (PG) و "آشکارساز چند قالبی<sup>۵</sup> ورودی" قرار دارد [۴،۵].

مولدهای زمانی ورودی و خروجی، پالسهای زمانی لازم متناسب با مکان اشاره گرها و داده‌ها در هر انشعاب<sup>۶</sup> را تولید می‌کنند. همچنین نوع TUG-2 نیز معین می‌شود. خروجیهای مولد زمانی ورودی به مفسر اشاره گر و خروجیهای مولد زمانی خروجی به مولد اشاره گر وارد می‌شود [۴].

مفسر اشاره گر و مولد اشاره گر به ترتیب وظیفه استخراج اشاره گر ورودی و تولید اشاره گر خروجی را برای هر انشعاب بر عهده دارند. این دو واحد با سیگنالهای که نشان دهنده وضعیت اشاره گر ورودی است (PI\_NORM، PI\_AIS و PI\_LOP) و ۱۰ بیت اشاره گر با یکدیگر در ارتباط هستند. با توجه به این که در هر VC4 امکان وجود حداکثر ۲۸ انشعاب وجود دارد، در هر پردازشگر Payload، ۲۸ واحد مفسر و مولد اشاره گر وجود خواهد داشت. بنابراین اگر بتوانیم ترافیک سیگنالها بین این دو واحد را کاهش دهیم. به صورت قابل توجهی تأخیر، توان مصرفی، بار ناشی از خطوط و سطح پردازشگر Payload بهبود خواهد یافت. جهت رفع این مشکل در این مقاله یک روش جدید برای حذف سیگنالهای میانی معرفی می‌گردد که بر مبنای آن هر دو عملیات تفسیر و تولید اشاره گر توسط یک واحد پردازشگر اشاره گر انجام خواهد شد.

<sup>1</sup> Cross Connect

<sup>2</sup> Virtual Container

<sup>3</sup> Pointer Interpreter

<sup>4</sup> Pointer Generator

<sup>5</sup> Multiframe

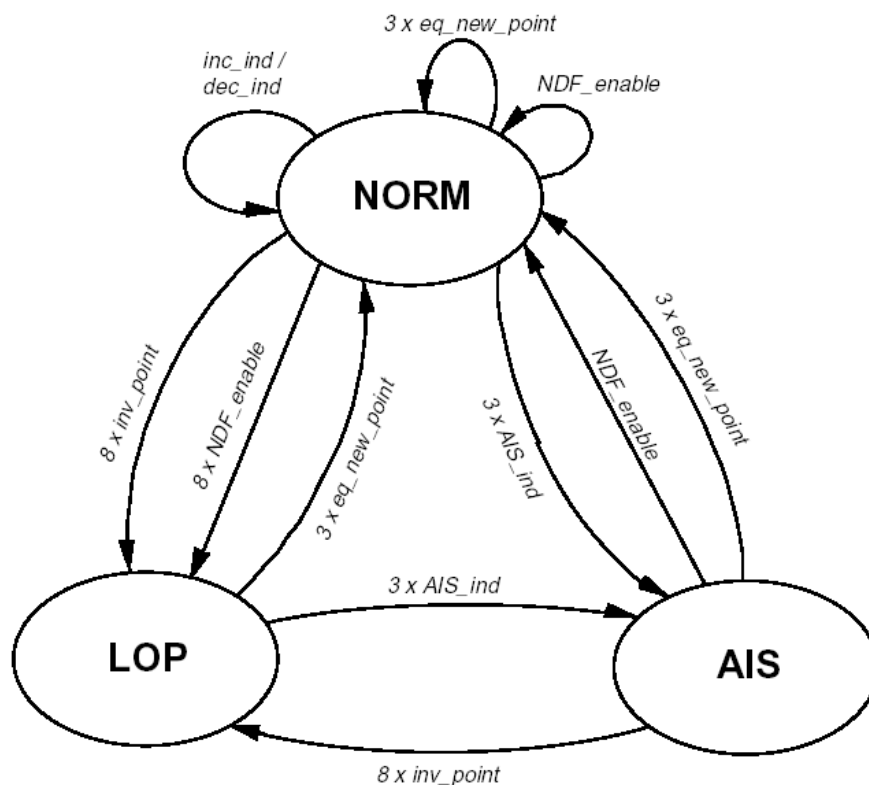
<sup>6</sup> Tributary

در این مقاله ابتدا در بخش ۲ و ۳ به ترتیب عملکرد مفسر اشاره گر و مولد اشاره گر مورد بررسی قرار خواهد گرفت. سپس در بخش ۴ روش پیشنهادی پردازشگر اشاره گر ارائه خواهد شد. در بخش ۵ نتایج شبیه سازی و سنتز دو روش پیشنهادی و پیشین مقایسه می شود و در انتها در بخش ۶، به نتیجه گیری و پیشنهادات خواهیم پرداخت.

## ۲- مفسر اشاره گر

این بلوک ماشین حالت متناهی است که وظیفه پردازش اشاره گرهای ورودی را برعهده دارد. این بلوک با توجه به پالس های زمانی دریافتی از مولد زمانی ورودی بایت های V1 و V2 را استخراج کرده و ضمن ارسال آن به مولد اشاره گر، از مقدار آن برای محاسبه مکان V5 استفاده می کند. این ماشین حالت در استاندارد G783 مطابق شکل ۲ دارای سه حالت NORM، AIS و LOP<sup>۱</sup> است [۳،۴،۵].

گذر بین این حالات توسط پیشآمدهای متوالی خواهد بود. در هر حالت یک خروجی خاص از مفسر اشاره گر به مولد اشاره گر ارسال می شود که تعیین کننده وضعیت اشاره گر ورودی است (PI\_NORM, PI\_AIS, PI\_LOP). دیگر خروجی های این ماشین حالت عبارتند از NDF-enable و Write-request که هر دو به بافر Payload وارد می شوند. NDF-enable جهت ساختن Write-request و FO-discont جهت درخواست نوشتن به بافر Payload وارد می شود [۳،۴].



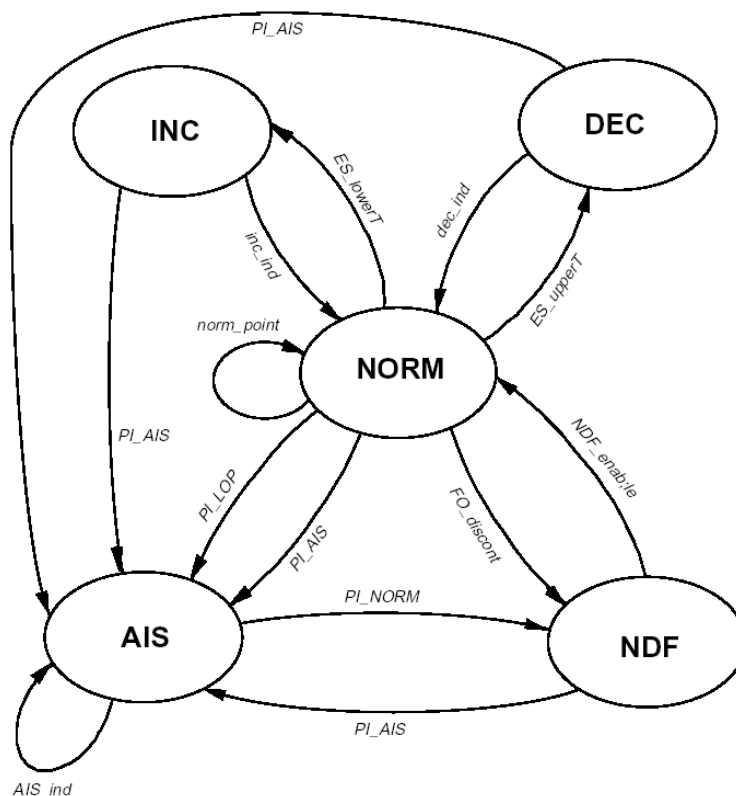
شکل ۲: دیاگرام حالت مفسر اشاره گر

<sup>1</sup> Alarm Indication Signal

<sup>2</sup> Loss of Pointer

### ۳- مولد اشاره گر

وظیفه اصلی مولد اشاره گر تولید اشاره گرهای TU متناسب با تغییرات فرکانسی است. ورودی های این بخش از سه قسمت مولد زمانی خروجی و مفسر اشاره گر و بافر Payload گرفته می شود. تمامی زمانبندی ها مولد زمانی خروجی بر پایه VC4 فرستاده شده در خروجی، ساخته می شود. خروجی اصلی این قسمت، بایتهای V1 و V2 برای هر انشعاب است [۳،۴،۵]. برای تولید اشاره گر هر انشعاب نیاز به یک ماشین حالت است. هر ماشین حالت دارای ورودی های اشاره گر ورودی و PI\_AIS و PI\_LOP و PI\_NORM است، که از مفسر اشاره گر می آیند، و ورودی های ES\_lowerT و ES\_upperT و ES\_upperT و FO\_discont است، که از بافر Payload می آیند. شکل ۳ الگوریتم این ماشین حالت را نشان می دهد.



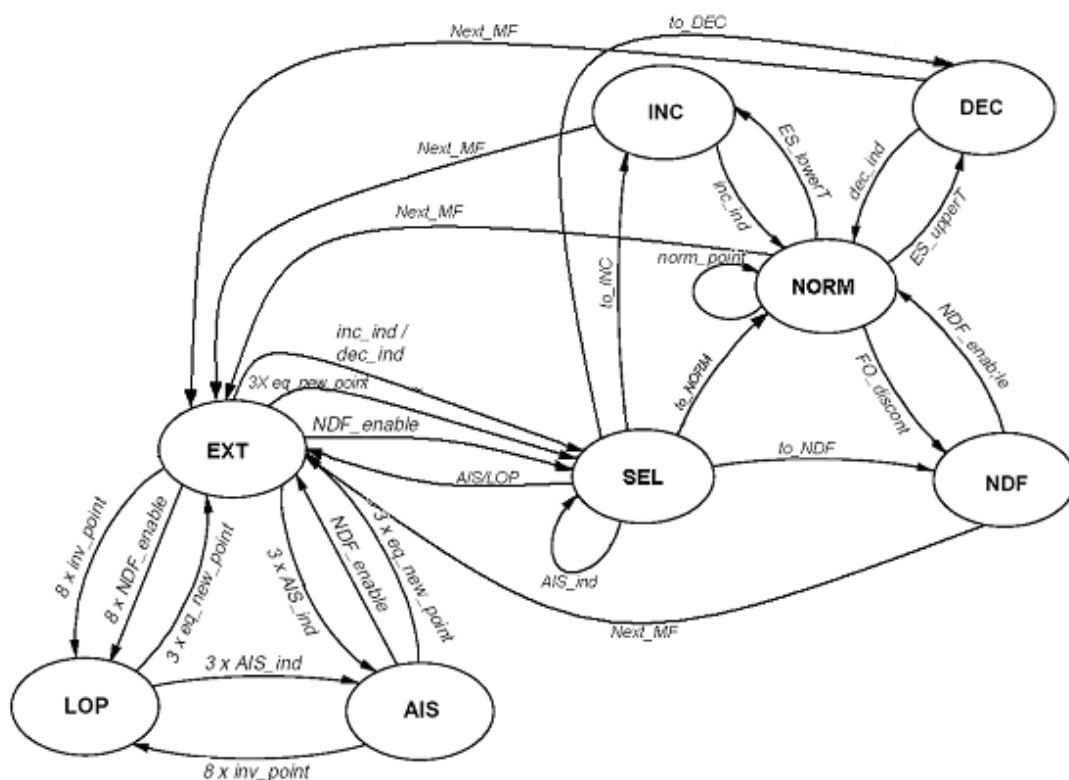
شکل ۳: ماشین حالت مولد اشاره گر

در وضعیت TUG-2 در هر چهار قالب یک گذر رخ می دهد. هنگامی که FO\_discont زده می شود تنها حالتی است که NDF فعال می گردد. در این موقعیت مقدار جدید اشاره گر از مفسر اشاره گر پذیرفته می شود و بعنوان اشاره گر فعال در نظر گرفته می شود [۳،۴].

### ۴- ماشین حالت پیشنهادی پردازشگر اشاره گر

روش پیشنهادی پردازشگر اشاره گر (PP)، مطابق شکل ۴ از ۸ حالت تشکیل شده است که کل فرآیند استخراج اشاره گر، تحلیل اشاره گر و تولید اشاره گر را بعهده دارد. از حالت های جدید این ماشین حالت، حالت EXT (Extractor) وظیفه استخراج اشاره گر از مالتی فریم ورودی را بعهده دارد. در این حالت چنانچه اشاره گر ورودی IDLE یا AIS باشد، حالت AIS و اگر خطا در اشاره گر

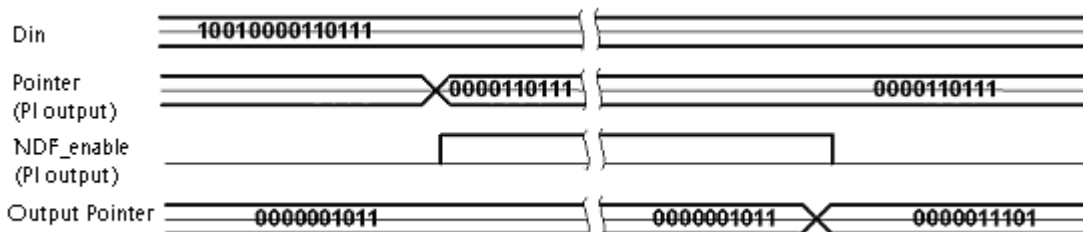
ورودی رؤیت گردد حالت LOP انتخاب می شود. هر ۱۰ بیت اشاره گر خروجی در وضعیتهای AIS و LOP یک می باشند. همچنین SEL (Selector) به جز در وضعیتهای AIS و LOP در هر مالتی فریم باید یک بار طی شود و برای مالتی فریم بعدی مجدداً از وضعیت EXT پردازش تجدید گردد. در SEL بر اساس وضعیت مالتی فریم قبلی یکی از وضعیتهای NORM یا DEC یا INC یا NDF انتخاب شده و متناظر با آن اشاره گر خروجی تولید می شود. حالت NORM حالتی است که خطایی در ورودی رخ نداده و بافر به آستانه بالا و پایین نرسیده باشد. در این حالت اشاره گر بدون تغییر می ماند. اما اگر بافر به آستانه بالا یا پایین وارد شود حالات DEC و INC انتخاب خواهد شد و اشاره گر خروجی یک رقم کاهش یا افزایش خواهد یافت. ولی اگر بافر پر یا خالی شود و یا NDF اشاره گر ورودی فعال شده باشد، حالت NDF رخ می دهد. در این حالت اشاره گر ورودی اشاره گر معتبر برای خروجی خواهد بود.



شکل ۴: ماشین حالت پردازش اشاره گر

## ۵- مقایسه نتایج شبیه سازی و سنتز

روش پیشنهادی پردازشگر اشاره گر و روش های پیشین مفسر اشاره گر و مولد اشاره گر تحت یک Testbench واحد شبیه سازی شده اند. نتایج این شبیه سازی در شکل های ۵ و ۶ نمایش داده شده است. با توجه به نتایج شبیه سازی روش پیشنهادی در مقایسه با روشهای پیشین مشاهده می شود که روش پیشنهادی دارای عملکردی یکسان با روشهای پیشین است.



شکل ۵: نمایش اشاره گر خروجی در قالب سوم در وضعیت ورودی NDF فعال (در حالتی که دو واحد مفسر اشاره گر و مولد اشاره گر توسط سیگنالهای اشاره گر و NDF\_enable با هم ارتباط دارند).



شکل ۶: مایش اشاره گر خروجی بلوک پردازشگر اشاره گر در قالب سوم در وضعیت ورودی NDF فعال

روش پیشنهادی پردازشگر اشاره گر پیاده سازی شده تا سطح RTL در مقایسه با نتایج بدست آمده از مجموع مفسر اشاره گر و مولد اشاره گر مزایای متعددی دارد که در جدول ۱ بوضوح مشخص می‌باشد. هر دو روش تحت شرایط یکسان و در فرکانس پالس ساعت ۱۹/۴۴ مگاهرتز سنتز شده‌اند و نتایج این سنتز در جدول ۱ نشان داده شده است. نکته ای که موجب بهبود روش پیشنهادی پردازشگر اشاره گر نسبت به روش پیشین شده است، به اشتراک گذاشتن سیگنالها و حالات بین دو ماشین حالت PI و PG و همزمانی تفسیر و تولید اشاره گر در روش پیشنهادی PP است. در جدول ۱ میزان بهبود مربوط به یک TU نشان داده شده است. همان طور که می دانیم هر VC4 می تواند شامل ۲۸ انشعاب باشد، بنابراین میزان بهبود تا ۲۸ برابر افزایش خواهد یافت.

جدول ۱: مقایسه نتایج حاصل از سنتز بین PI+PG و PP

خصوصیات	PI + PG	روش پیشنهادی PP	درصد بهبود
تعداد حالات	۸	۸	٪۰
تعداد پایانه‌ها	۸۰	۵۱	٪۳۶
تعداد سلولها	۲۲۹۳	۱۶۲۰	٪۲۹
سطح *	۲۵۴۶۸	۲۰۷۲۵	٪۲۹
توان مصرفی	۲۸/۹۶mW	۲۲/۷۴mW	٪۲۱
بار ناشی از خطوط	۴۲۰/۶۹	۳۹۹/۴۰	٪۵

\* سطح براساس واحد یک گیت پایه NAND می‌باشد

## ۶- نتیجه گیری و پیشنهادها

روش پیشنهادی PP در مقایسه با روش استفاده شده در استاندارد به صورت دو ماشین حالت مجزا PI و PG، از یک ماشین حالت استفاده می‌شود. بدین ترتیب ضمن اینکه مجموعه فشرده تر می‌گردد، عملکرد مفسر اشاره گر و مولد اشاره گر یکی شده و موجب کاهش ارسال داده‌ها بین بخشهای مختلف قطعه می‌گردد که این فرآیند موجب کاهش ترافیک سیگنالیته‌نگ در قطعه خواهد شد.

همچنین در روش پیشنهادی سیگنالهای میانی حذف شده و ابعاد طرح و تعداد کل سلولهای استفاده شده در مقایسه با مجموع دو ماشین حالت قبل بطور فزاینده‌ای کاهش یافته و توان مصرفی نیز از جمله مواردی است که در ماشین حالت پیشنهادی بهبود یافته است. که با توجه به این بهبودها در روش پیشنهادی PP، علاوه بر سهولت طراحی، هزینه و زمان پیاده سازی نیز نسبت به روش پیشین کاهش خواهد یافت.

در آینده و در راستای بهینه سازی پردازشگر Payload می‌توان بخش بافر که ساختار FIFO را دارد، در داخل این ماشین حالت گنجانده و بدین ترتیب ضمن کاهش ابعاد و کاهش سلولهای مصرفی و بهبود ترافیک سیگنالینگ در کاهش ورودیها و خروجیهای سیستم نیز تاثیر مستقیم خواهد گذاشت.

## مراجع

- [1] B. Johnston and O. Henry, "SDH Digital Cross-Connect Traffic Generation Algorithm", IEEE, Georgia Institute of Technology Atlanta, Georgia, USA, 1999.
- [2] ITU-T Recommendation G.707, Digital transmission systems - Terminal equipments - General, 1996.
- [3] ITU-T Recommendation G.783, Digital transmission systems - Terminal equipments - Principal characteristics of multiplexing equipment for the synchronous digital hierarchy, 2000.
- [4] PMC-Sierra, Inc., PMC-1951010, "TUPP-PLUS Standard Product Data Sheet", Issue 6, Mar 1998.
- [5] PMC-Sierra, Inc., PMC-1920526, "TUPP Standard Product Data Sheet", Issue 8, JULY 1998