طراحی ساختاری به روش Divide & Conquer و کاربرد آن در طراحی سوئیچ MSC

احمد صلاحی[1] آیلین پریچهره دیزجی[1]

[1]مرکز تحقیقات مخابرات ایران، تهران، ایران

چکیده : در این مقاله طراحی ساختاری سیستم های بزرگ با استفاده از روش **Divide and Conquer (D&C)** به عنوان یک روش علمی برای طراحی بهینه سیستمهای پیچیده با شکستن آنها به چندین زیرسیستم ساده تر مورد مطالعه قرار میگیرد و در سه حالت مختلف معادلاتی ارائه می شوند که ثابت می کنند جواب بهینه یعنی تعداد زیرسیستمها به ازای حداقل پیچیدگی سیستم، به تابع پیچیدگی سیستم ارتباطی ندارد. سپس بصورت مطالعه موردی طراحی ساختاری سوئیچ **MSC**[1] با روش فوق انجام میشود. با استفاده از این روش طراحی میتوان بدون شناخت دقیق تابع پیچیدگی سیستم تعداد زیر سیستمها را به گونه ای بهینه نمود که پیچیدگی طراحی حداقل شود. در ادامه نشان داده می شود که چگونه با جای دادن یک شبکه محلی پرسرعت در داخل سیستم می توان ارتباط زیرسیستمهای **MSC** با یکدیگر را بهبود بخشید که امتیاز مهم دیگری در مقایسه با طراحی شرکتهای زیمنس و نوکیاست که سوئیچهای آنها در ایران به صورت وسیعی نصب شده اند.

واژه های کلیدی :Divide & Conquer، تابع پیچیدگی سیستم، مرکز سوئیچینگ موبایل، شبکه محلی، بازده شبکه

Abstract : This paper presents the structural design for huge systems using Divide & Conquer (D&C) method as a scientific method for optimum designing of complex systems. This method divides the main system into several simple subsystems. Submitted equations in three different cases prove that the optimum response (number of subsystems for minimum system complexity) is independent of main system complexity function. As a case study, this method is used to design Mobile Switching Centre (MSC) with minimum complexity. Then it is explained that how embedding a high speed Local Area Network (LAN) in MSC structure to connect its internal subsystems can improve interoperability of them. It can be an important advantage in compare of Siemens and Nokia companies switch designs which extremely have been installed in Iran.

Keywords : Divide & Conquer, System Complexity Function, Mobile Switching Centre (MSC), MSC Traffic Load, Embedded Local Area Network (LAN), Network Simulation, Network Performance

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-12]

۱- مقدمه

در این مقاله یک روش علمی جهت طراحی ساختار سیستم های پیچیده بر اساس روش D&C ارائه می شود. اساس روش D&C شکستن یک مسئله بزرگ به چندین مسئله ساده و قابل حل و سپس ارائه الگویی برای یکپارچه سازی آنها و حل مسئله اصلی می باشد.

هرچند روش D&C تا به حال تنها در طراحی الگوریتمهای پیچیده ای مثل ضرب ماتریسی، تبدیل فوریه سریع، آموزش شبکه های عصبی بزرگ، آزمون میزان تعامل زیرسیستمهای جاسازی شده در سیستمهای مرکب، دسته بندی بسته های داده در پردازشگرهای شبکه های نسل آینده و ... به کار برده شده است[۱-۲-۳]، ثابت می شود که این روش می تواند الگوی مناسبی برای طراحی سیستمهای بزرگی مثل سیستمهای مخابراتی هم باشد.

در این رابطه ابتدا یک مدل کلی از سیستم ارائه شده و زیرسیستم های تشکیل دهنده آن مشخص می شوند. سپس تابع پیچیدگی (φ N) برحسب N یعنی اندازه سیستم تعریف میگردد. (φ N) دربر گیرنده مجموعه عوامل پیچیدگی سیستم ناشی از سخت افزار، نرم افزار، فنآوری مورد نیاز و غیره میباشد. فرض بر این است که N عضوی از مجموعه اعداد طبیعی ($N \in IN$) یعنی عددی صحیح و مثبت بوده و تابع φ غیر خطی و صعودی میباشد یعنی

$$\mathbf{O}(\varphi(\mathbf{N})) = \mathbf{N}^{\mathbf{s}} \qquad \mathbf{s} > \mathbf{1}$$

$O(\varphi(N))$ یا تابع Big Oh تابعی از $\varphi(N)$ است که به ازای مقادیر به اندازه کافی بزرگی از N مثل N_0 داشته باشیم:

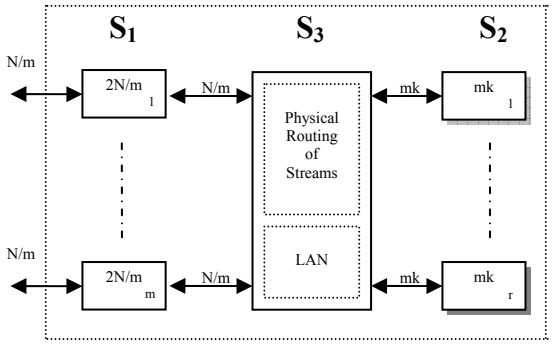
$$|\mathbf{O}(\varphi(N))| \le \mathbf{c}\,|\varphi(N)| \qquad N > N_0$$

c یک عدد حقیقی مثبت است[۴].

ثابت می شود که در بسیاری از موارد بدون دانستن دقیق تابع (φ N) می توان سیستم را بصورت بهینه طراحی نمود. در پایان بصورت مطالعه موردی سوئیچ MSC با روش فوق طراحی میشود.

۲- روش D&C در طراحی سیستم

از آنجایی که طراحی سیستمهای بزرگ معمولاً پیچیده تر از سیستم های کوچک میباشد می توان سیستمی با اندازه N را به m زیرسیستم کوچکتر با اندازه های مساوی تقسیم و m زیر سیستم را به یکدیگر ارتباط داد (m عددی صحیح میباشد). در مورد انتخاب مقادیر N و m در بخش ۴-۲ توضیح داده می شود. شکل ۱ مدل طراحی سیستم با روش D&C را نشان می دهد.



شکل(۱): مدل طراحی سیستمی با اندازه N به روش D&C

همانطور که در شکل ۱ ملاحظه میشود سیستمی با اندازه **N** بوسیله زیر سیستمهای **S_3**، **S_2**، **S_1** ساخته خواهد شد. هر یک از زیرسیستمهای **S_1** دارای $\frac{N}{m}$ ورودی از بیرون و $\frac{N}{m}$ ورودی از طرف **S_2** بوده و بنابراین اندازه آنها $\frac{2N}{m}$ می باشد. ارتباط زیرسیستمهای **S_1** از طریق زیرسیستم های **S_2** بر قرار می گردد. **k** تعداد شریانهایی است که از هر واحد **S_1**، به تک تک واحدهای **S_2** می روند. چون تعداد واحدهای **S_1**، **m** می باشد پس به هر واحد **S_2**، **mk** شریان وارد شده است یعنی اندازه هر زیر سیستم **S_2**، **mk** و تعداد واحدهای **S_2** با انتخاب هر یک از آنها به صورت دوتایی شامل یک واحد اصلی و یک واحد پشتیبان، دو برابر $\mathbf{r} = \frac{N}{mk}$ یعنی $\frac{2N}{mk}$ خواهد بود.

زیرسیستم **S_3** شامل یک زیرسیستم فیزیکی برای دسته بندی و کلاف بندی ارتباط بین واحد های **S_1** و **S_2** و همچنین شامل یک شبکه محلی جهت تبادل اطلاعات کنترلی بین زیرسیستمهای مختلف میباشد.

زیرسیستم **S_3** از دو بخش تشکیل شده است:

- بخش اول: شامل یک صفحه مداری اصلی جهت کلاف بندی فیزیکی ارتباطات

1: Mobile Switching Center

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-12]

- بخش دوم: یک شبکه محلی جهت تبادل اطلاعات کنترلی بین واحدهای S_2، S_1 و دیگر واحد های فعال سیستم نظیر کنسول و غیره

با توجه به مدل ارائه شده در شکل ۱ و فرض اینکه تابع پیچیدگی φ یک تابع صعودی است در سه مورد سیستم بهینه را طراحی و مقدار m را بدست میاوریم:

الف : حداقل کردن پیچیدگی براساس دو زیرسیستم S_1 و S_2

ب : حداقل کردن پیچیدگی بر اساس تعداد (قیمت) زیرسیستم های S_1 و S_2

ج : حداقل کردن پیچیدگی در حالت کلی با وزن دادن به زیرسیستم های S_1 و S_2

۱-۲- حداقل کردن پیچیدگی براساس دو زیر سیستم S_1و S_2

در این حالت اگر پیچیدگی سیستم S_1 ر $\varphi\left(\frac{2N}{m}\right)$ و پیچیدگی سیستم S_2 را $\varphi(mk)$ و پیچیدگی طراحی دو زیرسیستم S_1 و S_2 را با y نشان دهیم:

$$y = \varphi\left(\frac{2N}{m}\right) + \varphi(mk) \qquad (۱)$$

جهت بدست آوردن مقدار بهینه برای m یعنی mo باید $\frac{dy}{dm} = 0$ شود:

$$\frac{dy}{dm} = -\left(\frac{2N}{m^2}\right)\varphi'\left(\frac{2N}{m}\right) + k\,\varphi'(mk) = 0 \qquad (۲)$$

$$\Rightarrow mo = \sqrt{\frac{2N}{k}} \qquad (۳)$$

مقدار mo ارتباطی با تابع پیچیدگی φ ندارد. مقدار پیچیدگی برابر است با :

$$y(mo) = 2\,\varphi\left(\sqrt{2Nk}\right) \qquad (۴)$$

اگر در نظر بگیریم $O(\varphi(N)) = N^S$ خواهیم داشت:

$$O(y(mo)) = N^{S/2} \qquad (۵)$$

یعنی پیچیدگی سیستم کاهش خواهد یافت.

۲-۲- حداقل کردن پیچیدگی بر اساس قیمت زیرسیستم های S_1 و S_2

در این حالت چون در سیستم شکل ۱ به تعداد m زیرسیستم S_1 و $2r = \left(\frac{2N}{mk}\right)$ زیرسیستم از نوع S_2 وجود دارد لذا اگر پیچیدگی (قیمت) سیستم را با y نمایش دهیم خواهیم داشت:

$$y = m\,\varphi\left(\frac{2N}{m}\right) + \frac{2N}{mk}\,\varphi(mk) \qquad (۶)$$

برای بدست آوردن مقدار بهینه mo باید $\frac{dy}{dm} = 0$ شود لذا

$$\frac{dy}{dm} = \varphi\left(\frac{2N}{m}\right) - \frac{2N}{m}\varphi'\left(\frac{2N}{m}\right) - \frac{2N}{m^2k}\varphi(mk) + \frac{2N}{m}\varphi'(mk) \qquad (۷)$$

$$\frac{dy}{dm} = 0 \Rightarrow mo = \sqrt{\frac{2N}{k}} \qquad (۸)$$

ملاحظه می شود مقدار mo ارتباطی با تابع پیچیدگی φ ندارد.

اگر در نظر بگیریم $O(\varphi(N)) = N^S$:

$$y(mo) = 2\sqrt{\frac{2N}{k}}\,\varphi\left(\sqrt{2Nk}\right) \qquad (۹)$$

$$O(y(mo)) = N^{\frac{s+1}{2}} \qquad (۱۰)$$

ملاحظه میشود پیچیدگی کل سیستم نیز چون $s > 1$ می باشد کاهش خواهد یافت.

۳-۲- حداقل کردن پیچیدگی در حالت کلی با وزن دادن به زیرسیستم های S_1 و S_2

در این حالت پیچیدگی را با وزن های کلی برای زیرسیستم های S_1و S_2 یعنی وزن $X_1(m)$ برای S_1 و $X_2(m)$ برای S_2 درنظر میگیریم و شرایطی برای دو تابع وزن بدست میاوریم که مقدار بهینه m مستقل از تابع پیچیدگی φ باشد:

$$y = X_1(m)\,\varphi\left(\frac{2N}{m}\right) + X_2(m)\,\varphi(mk) \qquad (۱۱)$$

$$\frac{dy}{dm} = X_1'(m)\,\varphi\left(\frac{2N}{m}\right) - \frac{2N}{m^2}X_1(m) \times \varphi'\left(\frac{2N}{m}\right) + X_2'(m)\varphi(mk) + k\,X_2(m)\varphi'(mk) \qquad (۱۲)$$

اگر برای $mo = \sqrt{\frac{2N}{k}}$ مقدار $y'(mo) = 0$ شود:

$$y'(mo) = [X_1'(mo) + X_2'(mo)]\,\varphi\left(\sqrt{2Nk}+\right) k\,[-X_1(mo) + X_2(mo)]\,\varphi'\left(\sqrt{2Nk}\right) \qquad (۱۳)$$

Journal of Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers - Vol.3- No.1- Spring and Summer 2006
[Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-12]

$$\xrightarrow{\text{برای هر } \varphi} \mathbf{y'(mo)=0}$$

$$X_1'(\mathbf{mo}) + X_2'(\mathbf{mo}) = \mathbf{0} \qquad (۱۴-۱)$$

$$X_1(\mathbf{mo}) - X_2(\mathbf{mo}) = \mathbf{0} \qquad (۱۴-۲)$$

روابط بالا شرط کلی مستقل بودن جواب بهینه **mo** از تابع φ را نشان می دهند. در این مورد نیز پیچیدگی کل برابر خواهد بود با:

$$y(\mathbf{mo}) = \mathbf{2}\ \mathbf{X_1}(\mathbf{mo})\,\varphi(\sqrt{2Nk}) \qquad (۱۵)$$

اگر $\mathbf{O}(\varphi(N)) = \mathbf{N}^S$ و $\mathbf{O}(\mathbf{X_1}(N)) = \mathbf{N}^t$ باشد:

$$\mathbf{O}(\mathbf{y(mo)}) = \mathbf{N}^{\mathbf{s/2+t}} \qquad (۱۶)$$

یعنی مقدار پیچیدگی از $\mathbf{N}^{\mathbf{s+t}}$ به $\mathbf{N}^{\mathbf{s/2+t}}$ کاهش یافته است.

۴-۲- محاسبه مقادیر پارامترهای مدل D&C برای سیستمی با اندازه N

از آنجایی که **N**، m_0، $\frac{N}{m_0}$ و **r** باید اعداد صحیحی باشند و مقدار بهینه $m_0 = \sqrt{\frac{2N}{k}}$ هم وابستگی بین m_0، **N** و **k** را بیان می کند خواهیم داشت:

$$N = \frac{k}{2} m_0^{\,2}$$

چون **N** که اندازه سیستم است عدد صحیحی است باید یکی از دو شرط $m_0 = 2p$ یا $k = 2q$ به ازای مقادیر صحیح و مثبتی برای **p** و **q** برقرار باشد.

اگر در نظر بگیریم $m_0 = 2p$ خواهیم داشت:

$$N = 2kp^2$$

در این صورت:

$$m_0 = 2p$$

$$\frac{N}{m_0} = kp$$

$$r = \frac{N}{m_0 k} = \frac{2kp^2}{2kp} = p$$

خواهند شد که همگی اعدادی صحیح هستند.

ولی اگر فرض کنیم $k = 2q$ داریم:

$$N = m^2{}_0 q$$

$$\frac{N}{m_0} = m_0 q$$

$$r = \frac{N}{km_0} = \frac{m_0^{\,2} q}{2m_0 q} = \frac{m_0}{2}$$

یعنی برای صحیح شدن **r**، m_0 باید عددی زوج باشد و باز به حالت قبل می رسیم. پس با انتخاب مقادیر مناسبی برای **k** و **p** از رابطه $N = 2kp^2$ ، $m_0 = 2p$ ، $r = p$ و $\frac{N}{m_0}$ یا تعداد ورودیهای هر زیرسیستم هم مقدار صحیحی پیدا می کند. در غیر این صورت کمترین عدد بزرگتر از **N** را که بتواند به ازای مقدار صحیحی برای k شرایط بالا را برآورده سازد به جای **N** و به عنوان اندازه سیستم **(N')** فرض می کنیم. در این حالت تنها **N'-N** ورودی در یکی از زیرسیستمها بدون استفاده خواهند ماند.

مزیتهای روش **D&C** با توجه به شکل ۱ موارد زیر خواهند بود:

- در صورت خرابی هر زیر سیستم $\mathbf{S_1}$ تنها $\frac{N}{m}$ از اندازه سیستم کاهش خواهد یافت.
- در صورت خرابی یک زیر سیستم $\mathbf{S_2}$ و واحد پشتیبان آن تنها $\frac{1}{r}$ از قابلیت ارتباطی سیستم کاهش می یابد.
- درتمام موارد از پیچیدگی سیستم مطابق روابط (۵) , (۱۰) , (۱۶) کاسته خواهد شد.
- در عمل میتوان واحد های $\mathbf{S_1}$ را هم دوتایی طراحی نمود و قابلیت اطمینان را در سیستم افزایش داد.

۳- طراحی سوئیچ MSC بعنوان مطالعه موردی روش D&C

مدیریت ارتباط بین کاربران **GSM**[2] و کاربران دیگر شبکه های مخابراتی بر عهده **MSC** می‌باشد. ساختار امروزی **MSC** با استفاده از ریز پردازنده ها به صورت یک ساختار توزیع شده یعنی ترکیبی از چندین واحد اصلی در آمده که هر کدام بخشی از وظایف **MSC** را بر عهده دارند**[۵]**. بنابراین یکی از مهمترین مسائل، طراحی چگونگی ارتباط این واحدها با هم است. در سوئیچ نوکیا از یک گذرگاه موازی با سرعت**16Mbps** و پروتکلهای خود شرکت نوکیا برای جابجایی سیگنالینگ و اطلاعات استفاده شده

2: Global System for Mobile Communication

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-12]

که چنین ایده ای به علت محدودیت طول گذرگاه موازی و سرعت گذرگاه، همیشه مناسب نخواهد بود[۶]. در طرح زیمنس هم از یک شبکه داخلی که متعلق به خود سیستم است استفاده شده است[۷].

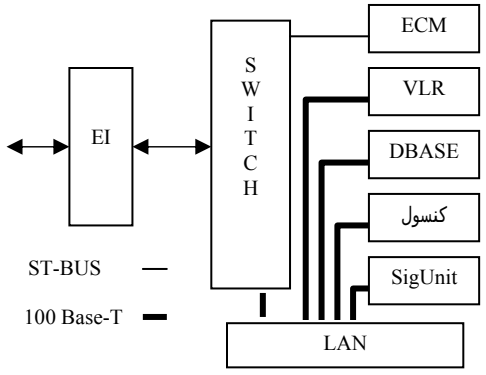
در این مقاله از یک شبکه محلی پرسرعت برای برقراری ارتباط واحدهای داخلی **MSC** با شرایط مورد نیاز استفاده شده است. یک بلوک نرم افزاری هم برای نصب روی واحدهای مختلف **MSC** که کاربر این شبکه خواهند بود پیاده سازی شده است. به این ترتیب با تغییر فنآوری روز به سادگی می توان انواع جدیدی از فنآوریهای شبکه را در سیستم نصب کرد

که در این صورت زمان توسعه سیستم کاهش چشمگیری می یابد. امتیاز دیگر این طرح استفاده از روش **D&C** در طراحی واحد واسط خطوط **E1 (EI)** و بویژه واحد سوئیچ به عنوان یکی از واحدهای اصلی **MSC**است که در نتیجه آن ساختار داخلی این واحد تنها با استفاده از یک نوع سوئیچ با ظرفیت ۶۴×۶۴ به تعداد مناسب (مطابق روابط بخش قبل)، با حداقل پیچیدگی و مناسب برای هرگونه تکامل در آینده طراحی میشود.

۱-۳- ساختار واحدهای تشکیل دهنده سوئیچ MSC

شکل ۲ ساختار واحدهای تشکیل دهنده سوئیچ **MSC** را نشان میدهد. سوئیچ **MSC** مسئولیت ایجاد ارتباط بین مشترکین موبایل با یکدیگر و یا با مشترکین شبکه های دیگر نظیر **PSTN**[3] و **ISDN**[4] را بر عهده دارد.

در زیر توضیحات مختصری در مورد این واحد ها داده می شود.



شکل (۲): واحد های سازنده سوئیچ MSC

- واحد EI (E1 Interface)

وظیفه این واحد برداشتن و گذاردن کد خط **HDB3**[5] ، برداشتن و گذاردن سیگنالینگ در یک قطعه زمانی، کنترل همزمانی و آلارم و استخراج پالس ساعت از خطوط **E1** ورودی می باشد.

- واحد سوئیچ

وظیفه این واحد جابجا کردن قطعات زمانی روی شریانهای مختلف جهت ایجاد ارتباط بین متقاضیان می باشد.

- واحد ECM[6]

وظیفه این واحد حذف اکوی ناشی از ارتباط با مشترکین شبکه **PSTN** از طریق تخمین اکو و کم کردن آن از سیگنال رسیده از راه دور می باشد.

- VLR[7]

VLR یک پایگاه داده است که اطلاعات مشترکینی که در محدوده عملکرد **MSC** قرار دارند را از پایگاه مرکزی **HLR**[8] گرفته و ضمن پردازش مکالمه، موارد درخواستی را در اختیار متقاضی قرار می‌دهد.

- DBase

این واحد یک پایگاه داده جهت اعمال مدیریت های مختلف بر سیستم **MSC** نظیر مدیریت شارژینگ، مدیریت مسیردهی و مدیریت نرم افزار است.

- کنسول

در این واحد از طریق یک **GUI**[9] میتوان فرمانهای لازم جهت اعمال مدیریت به سیستم را اجرا نمود.

- واحد سیگنالینگ

ارتباط سیگنالینگ با بیرون از طریق این واحد برقرار می شود.

- Embedded LAN[10]

این واحد جزء واحد S_3 بحساب می آید و ارتباط کنترلی و داده ای را بین واحد های مختلف برقرار می کند.

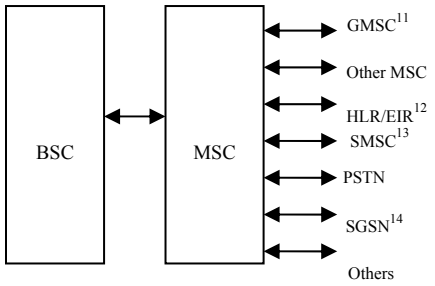
3: Public Switched Telephone Network
4: Integrated Service Digital Network
5: High-Density Bi-polar 3 (line code)
6: Echo Canceller Module
7: Visitor Location Register
8: Home Location Register
9: Graphic User Interface
10: Local Area Network

Journal of Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers - Vol.3- No.1- Spring and Summer 2006
[Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-12]

۲-۳- طراحی سوئیچ MSC به روش D&C

سوئیچ **MSC** مورد طراحی باید جهت سرویس دهی به ۲۰۰۰۰۰ مشترک موبایل در محدوده عملکرد خود طراحی شود.

شکل ۳ ارتباطات سوئیچ **MSC** با دیگر سیستم های مخابراتی مربوطه را نشان می دهد**[۵].**



شکل (۳): ارتباط سوئیچ MSC با واحد های دیگر مخابراتی

در آمار شرکت مخابرات ایران برای هر مشترک موبایل ۳۳ میلی ارلانگ شدت ترافیکی در نظر گرفته شده است و در این سوئیچ این مقدار جهت پوشش دادن به کانالهای سیگنالینگ و تغیرات ترافیک در آینده ۴۵ میلی ارلانگ در نظر گرفته شده است لذا اگر کل ترافیک ورودی خروجی از طریق **BSC**[15] های تحت کنترل این **MSC** را با $\mathbf{A_{BSC}}$ نشان دهیم داریم:

$$\mathbf{A_{BSC}} = \mathbf{200000 \times 45 \times 10^{-3} = 9000}\ \text{ارلانگ} \qquad (۱۷)$$

در صورتیکه ارتباط دیگر سیستمها را نیز به صورت ترانک سیستم با خارج در نظر بگیریم، شدت ترافیک متوسط برابر با

$$\mathbf{A_t = 2\ A_{BSC} = 18000}\ \text{ارلانگ} \qquad (۱۸)$$

خواهد شد. چون در محاسبات ترافیکی ترانک ها ضریب استفاده هر کانال را $\boldsymbol{\rho = 0.7}$ ارلانگ در نظر میگیرند لذا اگر تعداد کانالهای لازم جهت **MSC** را با $\mathbf{M_{ch}}$ نمایش دهیم داریم:

$$\mathbf{M_{ch}} = \frac{At}{\rho} = \frac{18000}{0.7} = \mathbf{25714} \qquad (۱۹)$$

و چون هر خط **E1** دارای ۳۰ کانال ترافیکی میباشد تعداد خطوط **PCM** دو مگابیتی **E1** برابر N_e خواهد بود:

$$\mathbf{N_e} = \frac{25714}{30} = \mathbf{857} \qquad (۲۰)$$

با توجه به اینکه قطعات الکترونیکی سوئیچ جهت ساخت سوئیچ هایی با اندازه $\mathbf{2^k}$ که **k** عددی مثبت و صحیح است مناسب میباشند اندازه سوئیچ باید بصورت توانی از ۲ در نظرگرفته شود یعنی اگر داشته باشیم:

$$\mathbf{2^{k-1} < Ne \le 2^k} \qquad (۲۱)$$

$\mathbf{N = 2^k}$ اندازه سوئیچ خواهد بود. لذا **k=10** و اندازه سوئیچ مورد طراحی **N= 1024** خواهد بود.

۱-۲-۳- طراحی واحد سوئیچ

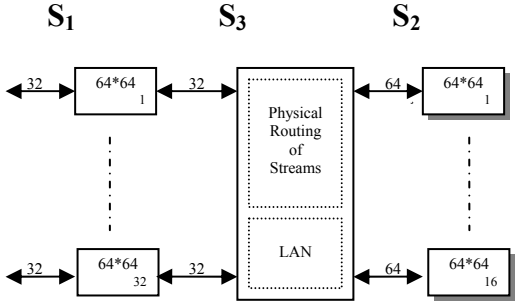
با استفاده از نتایج بدست آمده در بخش ۲ شکل ۱ تبدیل به شکل ۴ خواهد شد.

با داشتن $N = 1024 = 2 \times 2 \times (16)^2$ مطابق نتایج بخش ۲-۴ خواهیم داشت:

$\mathbf{k = 2}$ ، $\mathbf{p = 16}$

$m_0 = 32$ ، $r = 16$

$\frac{N}{m_0} = 32$ ، $m_0 k = 64$



شکل (۴): طراحی واحد سوئیچ MSC جهت N=1024

یعنی هر ۳۲ شریانی که از هر واحد $\mathbf{S_1}$ به $\mathbf{S_3}$ می رسند باید به ۱۶ دسته ۲ تایی تقسیم و هر کدام به یک واحد $\mathbf{S_2}$ بروند و چون در مجموع ۳۲ واحد $\mathbf{S_1}$ موجود میباشد، ۶۴ شریان به هر واحد $\mathbf{S_2}$ خواهد رفت. پس کل واحد سوئیچ در **MSC** از یک نوع سوئیچ ۶۴×۶۴ به تعداد ۶۴ ساخته خواهد شد.

11: Gate Mobile Switching Center
12: Equipment Identity Register
13: Short Message Service Center
14: Serving GPRS Support Node
15: Base Station Controller

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-12]

۲-۲-۳- طراحی واحد EI

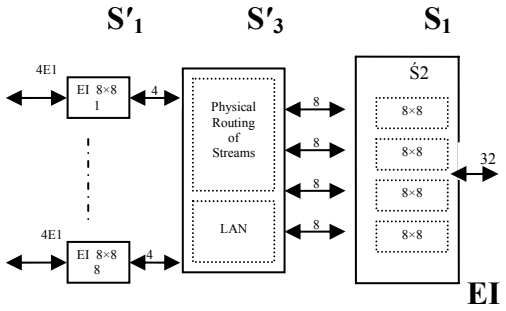
در قسمت قبل دیده شد که هر واحد $\mathbf{S_1}$ دارای ۳۲ شریان ورودی از واحد **EI** می باشد. از نظر پردازشی و فیزیکی قراردادن ۳۲ خط **E1** روی یک صفحه مداری هم مشکل و هم غیر منطقی است چون بروز مشکل در یک واحد باعث از دست رفتن ۳۲ خط ورودی میشود. با استفاده از نتایج بدست آمده از بخش ۴-۲ خواهیم داشت:

$$N = 32 = 2 \times 1 \times (4)^2$$

$$\mathbf{k = 1 \ ,p = 4}$$

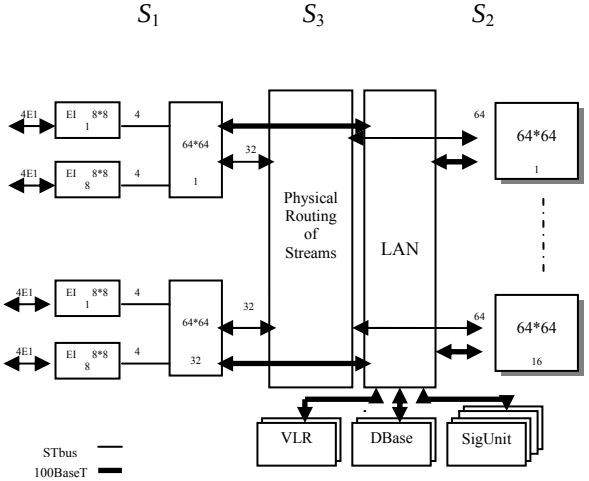
$$m_0' = 8$$

شکل ۵ بصورت زیر در خواهد آمد:



شکل(۵): ساختار واحد

ملاحظه می شودکه چهار واحد S_2' در داخل یک واحد $\mathbf{S_1}$ قرار گرفته اند.



شکل(۶): ساختار MSC

از هر واحد S_1' چهار شریان خارج میشود که روی S_3' کلاف بندی شده و هر شریان به یک S_2' می رود. شبکه ارتباطی در این جا یک شبکه **HDLC**[16] می باشد که روی یک قطعه زمانی هر شریان از S_1' به S_2' می رود.

۳-۲-۳- ساختار کلی MSC

ساختار کلی بدست آمده با روش **D&C** به صورت شکل ۶ خواهد شد:

همانطور که در روابط (۴) و (۹) و (۱۵) نشان داده شده است پیچیدگی کاهش یافته است و این به علت گسترده کردن سیستم و استفاده از یک **LAN** آماده در سیستم می باشد. باید اطمینان یافت که با روش فوق سیستم دارای کارایی بالایی بوده و **LAN** جای داده شده داخل سیستم می تواند بسته های سیگنالینگ و اطلاعات کنترل و مدیریتی را داخل سیستم با کیفیت بالایی جابجا نماید.

۳-۳- طراحی شبکه LAN

اگر واحدهای $\mathbf{S_1}$ را هم مشابه واحدهای $\mathbf{S_2}$ به صورت دوتایی در سیستم قرار دهیم تعداد کاربران شبکه **LAN** مطابق جدول ۱ معادل **N=128** خواهد بود.

چون هرگونه وقفه در عملکرد این شبکه غیر قابل جبران خواهد بود با جاسازی دو شبکه **LAN** طبق شکل ۷ که طراحی هر یک از آنها مطابق شکل ۸ است احتمال اختلال در برقراری ارتباط بین کاربران را کاهش می دهیم. همانطور که در شکل ۷ نشان داده شده است هر کاربر بوسیله دو رابط جداگانه با هر دو شبکه ارتباط دارد.

در نرم افزار نصب شده روی هر یک از واحدهای کاربر **LAN** به هر کاربر دو آدرس اختصاص داده شده که هر یک مشخصه آن کاربر در یکی از این شبکه هاست. الگوریتم نرم افزار تهیه شده به گونه ای است که ابتدا با آدرس اول مقصد که آدرس آن در شبکه

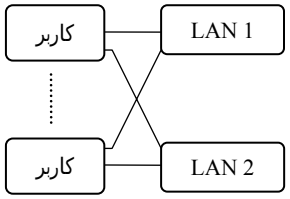
16: High-level Data Link Control

Journal of Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers - Vol.3- No.1- Spring and Summer 2006
[Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-12]

جدول (۱): تعداد کاربران LAN

تعداد	کاربر
۳۲×۲	S_1
۱۶×۲	S_2
۳	کنسول
۲۵	Signaling Unit
۱×۲	DBase
۱×۲	VLR
۱۲۸	جمع

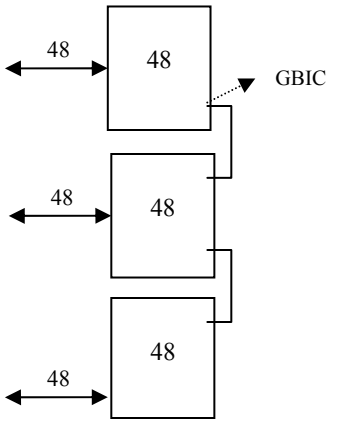
اصلی است تماس برقرار می کند ولی چنانچه در جریان برقراری اتصال با پورت **TCP**[17] مقصد پاسخی از آن دریافت نکرد آدرس دوم آن را که به شبکه پشتیبان مربوط می شود در روال مربوط به برقراری ارتباط جایگزین می کند. هرچند انتظار برای دریافت پاسخ تأیید از گیرنده شبکه را کمی کند می کند ولی می توان از دریافت داده های ارسالی در مقصد مطمئن شد که در این سیستم بسیار اهمیت دارد.



شکل (۷): ارتباط کاربران با شبکه

با توجه به سوئیچهای موجود در بازار که دارای ۱۶، ۲۴ و ۴۸ پورت قابل توسعه هستند می توان برای پیاده سازی این شبکه از سه سوئیچ ۴۸ پورتی که مطابق شکل ۸ به هم متصل شده اند استفاده کرد.

از نمونه های این سوئیچها می توان به سوئیچهای **Cisco** سری **3550** با ۴۸ پورت قابل توسعه اشاره نمود.



شکل (۸): ساختار LAN

۱-۳-۳- محاسبات مربوط به شبکه Embedded LAN در سوئیچ MSC

در این قسمت ترافیک ایجاد شده به وسیله کاربرهای مختلف را محاسبه می‌نمائیم:

- ترافیک ایجاد شده توسط واحد S_1:

هر واحد S_1 برای جابجایی سیگنالینگ ۳۲ خط **PCM** (از نوع **E1**) با سایر واحدها از شبکه **LAN** استفاده می‌کند. مطابق جدول زیر که تعداد بسته‌های رد و بدل شده در مسیرهای مختلف جهت قطع و وصل یک ارتباط در سوئیچ **MSC** را نشان می‌دهد، متوسط تعداد بسته‌ها جهت وصل مسیر ۲۶/۵ و قطع مسیر ۵ بسته می‌باشد. در صورتیکه زمان متوسط یک مکالمه را ۱/۲ دقیقه در نظر بگیریم[18]، با توجه به اینکه برای هر مشترک ۴۵ میلی ارلانگ در نظر گرفته‌ایم لذا هر مشترک به طور متوسط $t_{con} = 60 \times 0.045 = 2.7$ دقیقه در هر ساعت مشغول خواهد بود.

17: Transmission Control Protocol

۱۸: رقمی که به عنوان استاندارد شدت ترافیک یک مشترک موبایل وجود دارد بین ۲۰ تا ۲۵ میلی ارلانگ است[۸]. این رقم در ایران معمولاً بین ۲۵ تا ۳۳ میلی ارلانگ درنظر گرفته می شود که در اینجا برای پوشش دادن به کانالهای سیگنالینگ و تغیرات ترافیک در آینده مقدار آن ۴۵ میلی ارلانگ فرض شده است.

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-12]

بنـــابراین هـــر مـــشترک بـــه طـــور متوســـط معـــادل $Xc = \frac{t_{con}}{1.2} = 2.25$ مکالمه در هر ساعت خواهد داشت. طبق استاندارد **ITU-T** هر کانال به طور متوسط ۰/۷ مواقـع مـشغول خواهد بود لـذا هـر کانـال $Xc = \frac{60 \times 0.7}{1.2} = 35$ مکالمـه در ساعت خواهد داشت. چون هر واحد S_1 دارای ۹۶۰ کانال می‌باشد، لـــذا نـــرخ مکالمـــات آن در هـــر ســـاعت معـــادل $960 \times 35 = 33600$ و در هر ثانیه معادل ۹/۳۳ خواهد بود.

جدول (۲): تعداد بسته‌های رد و بدل شده در سوئیچ MSC

تعداد بسته‌ها	مسیر
۲۲	وصل موبایل به **PSTN**
۳۲	
۲۸	وصل موبایل به **Caller**
۲۴	
۵	وصل موبایل به **Called**
۵	وصل **PSTN** به موبایل
	قطع مسیر از طرف موبایل
	قطع مسیر از طرف **PSTN**

اگر طول هر بسته را **P = 200 Byte** در نظر بگیریم، بـا توجـه به اینکه برای هر مکالمه به طـور متوسـط ۳۱/۵ بـسته رد و بـدل خواهد شد که مربوط به دو طـرف خواهـان و خوانـده خواهـد بـود نیمی از این مقدار توسط هر مشترک طرف مکالمه به شبکه اعمال خواهد شد و کل ترافیک واحد S_1 مساوی است با:

$$U_{s1} = 9.33 \times \frac{31.5}{2} \times 1600 = 0.2352 \ \textbf{Mbps}$$

چون در کل ۳۲ واحد S_1 در سیستم موجود می‌باشد، بـار ترافیکـی ناشی از مکالمات این ۳۲ واحد S_1 برابر خواهد بود با:

U_{ts1} = **7.5264 Mbps**

- بار ترافیکی واحدهای S_2:

واحدهای S_2 واسط بین S_1 و واحدهای دیگر هستند. به ازای هر بسته که به وسیله S_1 ارسال و یا دریافت می‌شود، دو بسته به وسیله S_2 ارسال و یا دریافت می‌شود.

مجموع بار اعمال شده توسط واحدهای S_2 دو برابر بار ترافیکی واحدهای S_1 و مقدار آن معادل U_{ts2} = **15.0528 Mbps** خواهد بود.

- بار ترافیکی VLR:

جدول ۳ تعداد تراکنش در مسیرهای مختلف بـه **VLR** را نـشان می‌دهد.

جدول (۳): تعداد تراکنش در مسیرهای مختلف به VLR

مسیر	Request	Response
موبایل به موبایل (Caller)	۵	۷
	۶	۴
موبایل به موبایل (Called)	۵	۴
	۵	۴
PSTN به موبایل	۲۱	۱۹
	۴	۴
موبایل به **PSTN**		
متوسط		

Journal of Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers - Vol.3- No.1- Spring and Summer 2006
[Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-12]

چون نرخ مکالمات ایجاد شده یا منتهی شده به هر واحد S_1، ۹/۳۳ مکالمه در ثانیه است این تعداد برای ۳۲ واحد S_1 تقریباً ۳۰۰ مکالمه در ثانیه خواهد بود. در نتیجه بار ترافیکی **VLR** مساوی خواهد بود با:

$$U_{tVLR} = 300 \times \left(\frac{21}{4} + \frac{19}{4}\right) \times 1600 = 4.8 \ \textbf{Mbps}$$

- بار ترافیکی DBase:

قسمت اصلی بار ترافیکی **DBase** مربوط به ذخیره رکوردهای شارژینگ می‌باشد و چون کل مکالمات ایجاد شده در ثانیه حدود ۳۰۰ مکالمه در ثانیه می‌باشد با فرض طول **200Byte** برای رکوردهای شارژینگ خواهیم داشت:

$$U_{tDBase} = 300 \times 1 \times 1600 = 0.48 \ \text{Mbps}$$

از آنجایی که پروتکل‌هایی نظیر **IMSI Attach**[19]، **IMSI Detach** و به هنگام سازی محل مشترک در محاسبات فوق منظور نشده اند، در محاسبه ترافیک کل یک ضریب ۱/۵ در نظر گرفته‌ایم تا محاسبات فوق دقیقتر باشند:

$$U_t = 1.5(U_{ts1} + U_{ts2} + U_{tDBase}) = 41.7888 \ \text{Mbps}$$

۴-۳- شبیه‌سازی ترافیک Embedded LAN در MSC

برای هر یک از واحدهای کاربر **LAN** نرم افزاری با استفاده از برنامه نویسی **C** تحت سیستم عامل **Linux** تهیه شده است که لایه های سوم و چهارم این شبکه ارتباطی را پیاده سازی می کند. در این نرم افزار برای برقراری ارتباط از یک اتصال **TCP** بین پورت مبدأ واحد فرستنده و پورت مورد نظر روی واحد گیرنده و ارسال بسته های داده روی آن استفاده شده و در شبیه سازی هم از همین نرم افزار کمک گرفته شده است. برای شبیه‌سازی ترافیک واقعی در سمت فرستنده زمان‌سنجی فعال می‌شود که فاصله زمانی بین دو ارسال متوالی را تنظیم می‌کند. با هر بار سرریز شدن این زمان‌سنج، روالی فرا خوانده می‌شود که در آن بسته‌ای با محتویات تصادفی ولی با طول مشخص تولید شده و پس از افزودن برچسبی به عنوان شماره مشخصه به آن برای گیرنده ارسال می‌شود. در سمت گیرنده پس از دریافت هر بسته شماره مشخصه آن با شماره بسته قبلی مقایسه می‌شود. هرگونه فاصله احتمالی بین آنها تعیین کننده بسته‌هایی است که به مقصد نرسیده‌اند. گیرنده پس از دریافت هر بسته با ارسال پیامی حاوی شماره بسته مربوطه دریافت آن را به فرستنده اطلاع می‌دهد. فاصله زمانی بین ارسال هر بسته و دریافت پاسخ گیرنده به آن تأخیر شبکه را مشخص می‌کند. از طرفی گیرنده با محاسبه تعداد بیتهای دریافتی در هر ثانیه بازده شبکه را به ازای باری که فرستنده به شبکه اعمال می‌کند بدست می‌آورد[۹-۱۰].

نتایج حاصل از شبیه‌سازی به صورت گرافهای زیر ارائه شده است:

- اگر درصد بار اعمال شده به شبکه نسبت به ظرفیت شبکه را با **G** نشان دهیم، شکل ۹ بازده شبکه را به ازای مقادیر مختلف **G** برای بسته‌هایی با طولهای متفاوت نشان می‌دهد[۱۱]. اگر طول بسته‌های ارسالی **64Byte** باشد، حداکثر پهنای باند اندازه‌گیری شده فقط **10Mbps** است ولی با افزایش طول بسته‌ها به **100Byte** تا **30Mbps** افزایش می‌یابد. در صورتیکه طول بسته‌های ارسالی از **100Byte** بیشتر شود به ازای مقادیر **G** کمتر از ۸۰٪ بازده شبکه تقریباً با **G** برابر است[۱۲]. ولی با افزایش **G** یعنی بالا رفتن ترافیک و منتظر ماندن بسته‌های ارسالی در صف ارسال سوئیچ، بازده شبکه پس از رسیدن به مقدار حداکثر خود ثابت می‌ماند. چراکه هرچند در چنین شبکه‌ای از دید هر کاربر، شبکه همواره آزاد و در دسترس می‌باشد ولی در واقع بسته های داده پس از رسیدن به سوئیچ در صف ارسال آن قرار داده شده و منتظر نوبت ارسالشان می‌مانند[۹]. با افزایش طول بسته‌ها حداکثر بازده شبکه افزایش می‌یابد تا جایی که برای بسته هایی با طول **1KByte** تقریباً به **89Mbps** می‌رسد.

از آنجایی که در برنامه شبیه‌ساز، فرستنده (مولد ترافیک) با استفاده از یک زمان‌سنج هر **θ** ثانیه یک بسته با محتویات تصادفی و با طول مشخص تولید و آن را روی شبکه ارسال می‌نماید بار اعمالی به شبکه یعنی **G** از رابطه زیر بدست می‌آید:

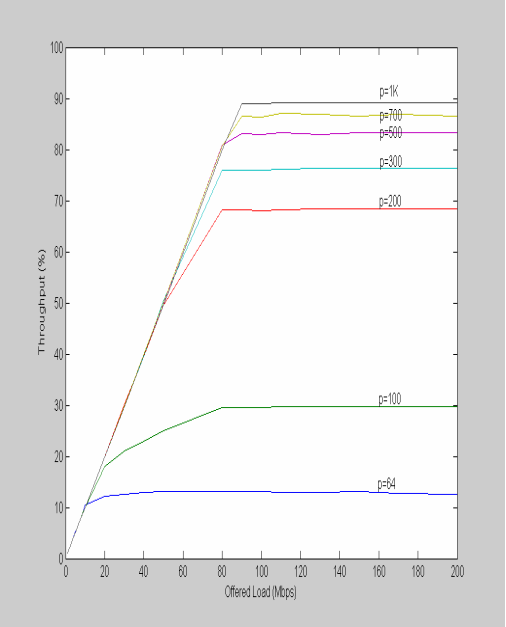
$$G = Tp / \theta \qquad (۲۲)$$

Tp زمان انتقال یک بسته می‌باشد. اگر طول هر بسته را با **P** و ظرفیت شبکه را که در این مورد **100Mbps** است با **C** نشان دهیم، **Tp=P/C** خواهد بود. از آنجایی که در ناحیه خطی شکل ۹ بازده شبکه یعنی **η** تقریباً با **G** برابر است می‌توان نوشت $\eta = \frac{P}{C \times \theta}$ که بالا بودن مقدار **η** به ازای بسته های بزرگتر را نشان می‌دهد[۱۱].

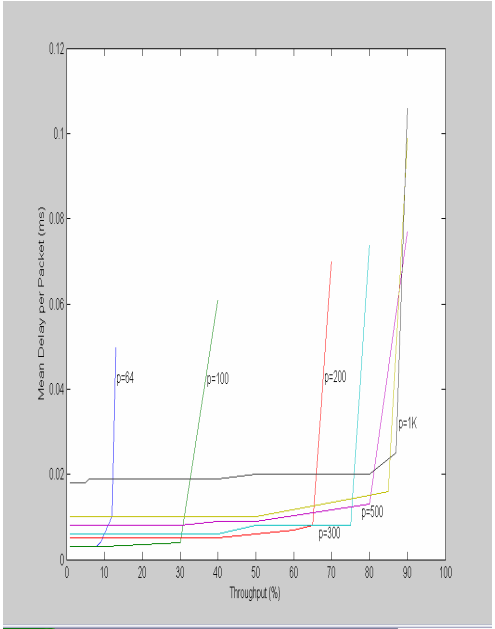
19: International Mobile Subscriber Identity

Journal of Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers - Vol.3- No.1- Spring and Summer 2006

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-12]



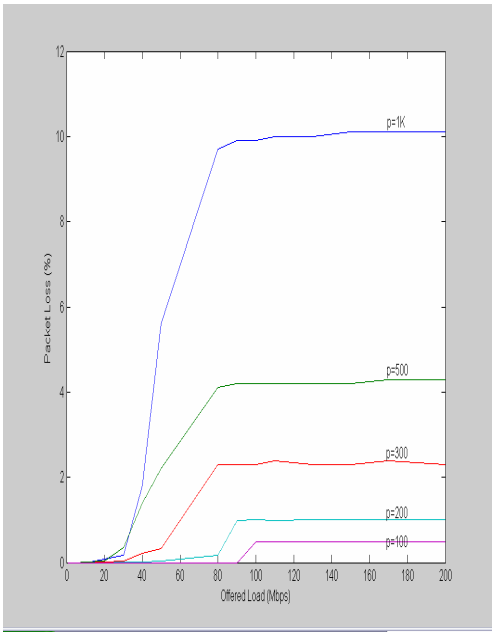
شکل (۹): بازده شبکه به ازای مقادیر مختلف G



شکل (۱۰): متوسط تأخیر شبکه برحسب بازده (η)

– شکل ۱۰ تغییرات متوسط تأخیر شبکه را برحسب بازده شبکه (**η**) نشان می‌دهد. برای بازده‌های کمتر از بیشترین مقدار بازده یعنی η_{max} مقادیر تأخیر شبکه بسیار کم و در حدود زمان انتقال یک بسته در طول کابل هستند ولی با رسیدن به η_{max} این مقادیر به سرعت افزایش یافته و به چندین برابر مقدار قبل می‌رسند. چرا که با رسیدن **η** به η_{max} ترافیک شبکه به حدود ۸۰٪ تا ۹۰٪ ظرفیت شبکه رسیده است که این وضعیت زمان انتظار بسته هایی که در صف ارسال سوئیچ قرار گرفته‌اند را چند برابر می‌کند[۱۱-۱۲].

– شکل ۱۱ درصد بسته‌هایی که به مقصد نرسیده‌اند را برحسب **G** نشان می‌دهد. با افزایش ترافیک شبکه درصد بسته‌هایی که به مقصد نمی‌رسند بیشتر می‌شود و با رسیدن به یک مقدار حداکثر ثابت می‌ماند. با کاهش طول بسته‌ها نرخ گم شدن آنها کاهش یافته و در ضمن به ازای ترافیک‌های بیشتری به حداکثر خود می‌رسد. مثلاً در مورد بسته‌هایی با طول **1kByte** نرخ بسته‌های گم شده به ازای ترافیکی حدود **80Mbps** به حداکثر خود یعنی ۱۰٪ می‌رسد، در حالیکه اگر طول بسته‌ها **100Byte** باشد، این مقدار با رسیدن ترافیک ورودی به **100Mbps** به حداکثر خود می‌رسد که آن هم تنها حدود ۰/۵٪ است.



شکل(۱۱): نرخ بسته های گم شده برحسب G

۴- نتیجه گیری

نشان داده شد که هرچند روش **D&C** تا به حال تنها در طراحی الگوریتمهای پیچیده به کار رفته است، این روش می تواند الگوی مناسبی برای طراحی سیستمهای بزرگ از جمله سیستمهای مخابراتی هم باشد. در این صورت با تفکیک این سیستمها به زیرسیستمهای ساده تر علاوه بر کاهش پیچیدگی سیستم مطابق

Journal of Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers - Vol.3- No.1- Spring and Summer 2006
[Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-12]

روابط بخش ۲ می توان با استفاده از طرحهای موجود برای این زیرسیستمها زمان ساخت و حتی توسعه آتی آنها را کاهش داد.

با استفاده از این الگوریتم در طراحی سوئیچ موبایل، این واحد تنها با استفاده از یک نوع سوئیچ آماده با ظرفیت ۶۴×۶۴ به تعداد مناسب (مطابق روابط بخش قبل) طبق طرح شکل ۴ ساخته می شود و در روابط (۴) و (۹) و (۱۵) هم ثابت شد که طرح ارائه شده دارای حداقل پیچیدگی است. این روش در طراحی هیچ یک از سیستمهای نوکیا، زیمنس و اریکسون که در دنیا و به ویژه در ایران کاربرد وسیعی دارند به کار نرفته و با رسیدن به حداقل پیچیدگی بهینه می باشد.

علاوه بر آن نتایج حاصل از شبیه سازی نیز نشان می دهند کـه بـا گسترده کردن سیستم **MSC** و استفاده از یک **LAN** آمـاده در آن، نه تنها این شبکه به ازای ترافیک **41Mbps** (ترافیک واقعی تخمین زده شده) از بـازده بـسیار خـوبی برخـوردار اسـت حتـی در صورت افزایش ترافیک ورودی تا **70Mbps** نیز در حالیکه تقریباً صد در صد ترافیک ورودی از سیستم عبور می‌کند، متوسـط تـأخیر بسته ها تنها **10µs** و درصد گم شدن آنها کمتـر از ۰/۱٪ خواهـد بود. این در حالیست که طرح نوکیا که به جای شبکه محلی از یک گذرگاه موازی با سرعت **16Mbps** و پروتکلهـای خـود شـرکت نوکیا جهت جابجایی سیگنالینگ و اطلاعات استفاده کرده به علـت محدودیت طول و سرعت گذرگاه موازی و طـرح زیمـنس هـم بـه علت استفاده از یک شبکه سوئیچینگ خاص که طراحـی زیمـنس بوده و هیچ شباهتی به جاسازی یک شبکه محلی آماده در سیـستم ندارد می توانند در رتبه های پایین تر جای گیرنـد[۶-۷]. در طـرح اریکسون ارتباط فعلی زیرسیستمهای بخش تلفنـی شـامل سـوئیچ، واحد حذف اکو، مبدلهای سیگنالینگ و پردازشگرهای محلی و ... از راه یک باس سریال پیاده سازی شـده و اسـتفاده از شـبکه اترنـت درحال حاضر تنهـا بـرای ارتبـاط پردازشـگرهای محلـی بـا هـم و همینطور با پردازشگر مرکزی محدود شده است و حتی پیش بینـی استفاده از این شبکه در آینده هم بیشتر با هدف اتـصال واحـدهای کنترلی به این شبکه بوده است نه همه واحدها[۱۳]. در ضـمن بـا افزودن سوئیچهای اترنـت در سـاختار داخلـی ایـن واحـدها ایجـاد هرگونه تغییر در پیکربندی و ظرفیت این شـبکه در آینـده نیازمنـد تعویض همه آنها می باشد.

مراجع

[1] Johnson, J., Foster, I., ‘ A Tool for Building Generic, Hybrid, Divide & Conquer Algorithms ’, Proceedings of the 18th International Parallel and Distributed Processing Symposium, 2004.

[2] Karlsson, D., Eles, P., ‘ A Formal Verification Methodology for IP-based Designs ’, Proceedings of the EUROMICRO Systems on Digital System Design, 2004.

[3] Chen, Y., Lee, Sh., ‘ An Efficient Packet Classification Algorithm for Network Processors ’, IEEE International Conference on Communications, 2003.

[4] Goodaire, E., Parmenter, M., ‘Discrete Mathematics with Graph Theory ’, Prentice Hall, 2002.

[5] Mehrotra, A., ‘ GSM System Engineering ’, Artechhouse, pp. 1-64 & 107-148, 1997.

[6] ‘ Nokia Documentation ’, NED Viewer Version 3.11, Copyright© Nokia Telecommunication, 1992-1999.

[7] ‘ SIEMENS Global System for Mobile Communication D900/D1800 ’, Copyright© Siemens AG, 2000.

[8] Patrick, M., ‘ Dimensioning of fixed and mobile networks ’, École Nationale Supérieure des Télécommunications de Bretagne (www.enst-bretagne.fr), 2000.

[9] Michael, J., Kenneth, L., ‘ TCP/ IP Sockets in C ’, Morgan Kaufmann Publishers, pp. 1-22, 43-59 & 111-122, 2000.

[10] Mitchell, M., Oldman, J., ‘ Advanced Linux Programming ’, New Riders Publishing, pp. 1-60, 116-123 & 185-186, 2001.

[11] Keiser, G., ‘ Local Area Network ’, McGraw – Hill Higher Education, pp. 141-149, 2002.

[12] Zabir, S. M. S., Ashir, A., ‘ Estimation of network performance : an approach based on network experience ’, Information Networking, First International Conference on, pp. 657-662, 2001.

[13] Ericsson Radio Systems AB, ‘ AXE 810 Delta ’, EN/LZT 123 6389 R1A, 2001.

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-12]