دانشگاه پیام نور

دانشکده علوم ریاضی

پایاننامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته

ریاضی کاربردی گرایش آنالیز عددی (بهینه سازی)

عنوان

مسیریابی بهینه برای شبکه های بی سیم مش با تقاضای ترافیکی پویا

استاد راهنما

دکتر جواد مهری تکمه

استاد مشاور

دکترمهدی صحت خواه

پژوهشگر

حسین اکرمی

۱۳۸۸

بسم الله الرحمن الرحيم

تقدیم به:

آستان حضرت دوست

و تقدیم به:

پدر و مادر و همسرم

تشکر و تقدیر

در ابتدا بر خود لازم می‌دانم که از زحمات بی‌دریغ و دلسوزانه استاد ارجمند جناب آقای دکتر مهری استاد راهنما و آقای دکتر مهدی صحت خواه استاد مشاور کمال قدردانی را به عمل بیاورم. از استاد ارجمند و بزرگوار جناب آقای دکتر میرنیا بخاطر راهنمایی و مشاوره مفید در زمینه انتخاب گرایش مورد علاقه و مباحثی در بهینه سازی و ترجمه برخی لغات فنی، از آقای دکتر کریم‌پور استاد داور بخاطر دقت نظر ایشان در داوری و راهنمایی مفید ایشان در تصحیح برخی اشکالات، از خانم باقری بخاطر استفاده‌ای که از پایاننامه ایشان بعنوان آشنایی اولیه با مباحث ترافیک نمودم از دوست ارجمندم جناب آقای شهرام مروتی بخاطر مشاوره در زمینه تحلیلهای ترافیکی داده‌ها و همسرم خانم فاطمه قوجایی بخاطر کمک در زمینه تهیه و تنظیم و ویرایش متن پایاننامه و از پدر و مادرم بخاطر حمایتهای مادی و معنوی و تشویقهای مدام ایشان کمال تقدیر و قدردانی را به عمل می آورم.

نام خانوادگی دانشجو: اکرمی نام: حسین

عنوان: مسیریابی بهینه برای شبکه های بی سیم مش با تقاضای ترافیکی پویا

استاد راهنما : دکتر جواد مهری تکمه

استاد مشاور: دکترمهدی صحت خواه

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته: ریاضی کاربردی گرایش: آنالیز عددی (بهینه سازی) دانشگاه پیام نور

دانشکده علوم ریاضی تاریخ فارغ‌التحصیلی: ۱۳۸۸ تعداد صفحه: ۹۶

کلید واژه‌ها: مسیر یابی بهینه، شبکه های بی سیم مش، تخمین ترافیک

چکیده

این پایاننامه یک چارچوب بهینه سازی برای مسیریابی در شبکه‌های بی‌سیم مش تحت تقاضای ترافیکی پویا را بررسی می‌کند که شامل دو بخش است. تخمین ترافیک و مدل سازی مسأله بهینه سازی مسیریابی با مطالعه و بررسی نمونه‌های جمع آوری شده در نقاط دسترسی. در ابتدا روشی از تخمین ترافیک را نشان می‌دهیم که تقاضاهای ترافیکی را بر مبنای داده‌های قدیمی و تحلیل سریهای زمانی پیش بینی می‌کند. در ادامه استراتژی مسیریابی بهینه در شبکه‌های بی‌سیم مش از روی پیش بینی تقاضای ترافیکی بدست می آید. هدف نهایی این است که ترافیک ورودی را طوری متوازن کنیم که در نهایت تراکم به حداقل برسد. این هدف می‌تواند به صورت مسأله بهینه سازی توان عملیاتی جریان مطرح گردد. دو الگوریتم یکی برای مدل با تقاضای ترافیکی ثابت و دیگری برای تقاضای ترافیکی پویا مطرح می‌کنیم. در نهایت با کمک برنامه‌نویسی و شبیه‌سازی الگوریتم‌های مورد نظر را امتحان می‌کنیم.

فهرست مطالب

مقدمه ۸

۱ پیشینه پژوهش ۱۲

۱.۱ مفاهیم مقدماتی ۱۲

۱.۱.۱ فرم کلاسیک و توپولوژی مش ۱۵

۲.۱ ساختار شبکه‌های بی‌سیم ۱۷

۳.۱ انواع توپولوژی شبکه‌ها ۱۹

۱.۳.۱ ساختار نقطه به نقطه ۱۹

۲.۳.۱ ساختار چند نقطه‌ای ۱۹

۴.۱ معرفی کامل شبکه‌های بی‌سیم مش ۲۱

۱.۴.۱ تکامل تدریجی و انواع شبکه‌های بی‌سیم مش ۲۲

۵.۱ انواع آدرس دهی در شبکه‌ها ۲۳
۱.۵.۱ آدرس دهی تک پراکن ۲۳
۲.۵.۱ آدرس دهی فراگیر ۲۳
۳.۵.۱ آدرس دهی چند پراکن ۲۴

۶.۱ نحوه ارتباط و ارسال داده‌ها به مشتری متحرک ۲۵

۷.۱ ازدحام جریان ترافیک ۲۷
۱.۷.۱ علل ایجاد ازدحام ۲۸
۲.۷.۱ کنترل ازدحام جریان ترافیک ۲۸

۸.۱ ساختار اینترنتی ستون فقراتی ۳۲
۱.۸.۱ مدل بندی شبکه ۳۲

۲ الگوریتمهای زمانبندی و مدل ترافیکی ۳۴

۱.۲ برنامه‌ریزی زمانبندی ۳۴

۲.۲ مدل ترافیکی ۳۶

۳.۲ قابلیت زمانبندی ۳۷

۴.۲ الگوریتم برنامه‌ریزی جریان لینک ۳۹

۵.۲ برنامه‌ریزی زمانبندی برای توزیع فریمها ۴۰

۳ تخمین ترافیک ۴۳

۱.۳ تحلیل سری زمانی مدل ترافیک ۴۵

۱.۱.۳ هموارسازی سری زمانی ۴۵

۴ مسیریابی شبکه مش با تقاضای ثابت ۵۲

۲.۰.۴ فرمول بندی مسأله ۵۳

۳.۰.۴ الگوریتم ۵۷

۵ مسیر یابی شبکه مش با تقاضای متغیر ۶۱

۱.۵ برنامه ریزی احتمالاتی ۶۱

۱.۱.۵ مدل عمومی مسأله موجودی ۶۱

۲.۱.۵ مدل قطعی ۶۲

۳.۱.۵ مدل احتمالاتی ۶۳

۲.۵ فرمول بندی مسأله ۶۴

۱.۲.۵ ارائه الگوریتم ۶۷

٦ مطالعات شبیه‌سازی شبکه ٦٩

١.٦ مفاهیم شبیه‌سازی شبکه‌ها ٦٩

١.١.٦ اشیاء شبیه‌سازی ٧٠

٢.٦ مقایسه الگوریتم FMR با SPR ٧٢

٣.٦ تنظیمات شبیه سازی ٧٦

۴.٦ نتایج شبیه‌سازی ٧٩

واژه‌نامه تخصصی ٨٨

فهرست علائم ٩۴

فهرست اختصارات ٩٦

فهرست شکلها

۱.۱ شبکه مش با ۵ رأس [۵] ۱۶

۱.۲ همتا به همتا ۱۷

۱.۳ ساختار کنترل مرکزی [۵] ۱۸

۱.۴ انواع توپولوژی شبکه‌ها ۲۰

۱.۵ نحوه ارتباط با ماشین متحرک [۵] ۲۵

۱.۶ شبکه با ساختار ستون فقراتی [۱۰] ۳۳

۳.۱ ترافیک ورودی ازAP مورد نظر ۴۴

٣.٢ الف) سری ترافیک خام در مقابل میانگین متحرک و ب) سری ترافیک متعادل شده ۴۷

٣.٣ ترافیک متعادل شده و تخمین آن ۴۹

٣.۴ الف) خطای تخمین برای ترافیک متعادل شده ب) خطای تخمین برای سری ورودی ۵۰

٣.۵ ترافیک خام در مقایسه با ترافیک تخمین زده شده ۵۱

٣.٦ توزیع تخمین ترافیک ۵۱

٦.١ شبکه بی‌سیم مش با ۱۵ نقطه ۷۲

٦.٢ سری ۱ الگوریتم FMR و سری ۲ الگوریتم SPR ۷۳

٦.٣ سری ۱ الگوریتم FMR و سری ۲ الگوریتم SPR ۷۴

٦.۴ توپولوژی شبکه مش ۷٦

٦.۵ تقاضای ترافیکی APهای مختلف ۷۷

٦.٦ گسسته سازی توزیع ترافیک ۷۸

۶.۷ نمایش تمامی استراتژی‌ها ۸۰

۶.۸ نمایشی از $\frac{\theta_{MVPR}}{\theta_{SPR}}$ ۸۱

۶.۹ الف) نسبت تراکم ب) نمایش در بازه زمانی کوتاهتر ج) تراکم حاصل از مجموعه تبادلات متعادل شده ۸۲

۶.۱۰ الف: توان عملیاتی جریان ب: تراکم نرمال شده برای فرم ۲ و ۸ دروازه‌ای ۸۴

۶.۱۱ نمایش تحت تغییرات تعداد AP مبدأها ۸۴

۶.۱۲ میزان تراکم استراتژی‌ها در دوره تخمین ۲ ساعته ۸۵

۶.۱۳ نمایی نزدیکتر در دوره تخمین ۲ ساعته ۸۶

مقدمه

شبکه های بی سیم مش توجه فزاینده‌ای را به دسترسی به اینترنت با پهنای باند وسیع به عنوان راه حل ارزان قیمت و با کارآیی بالا معطوف داشته‌اند [۱۰]. در یک شبکه بی سیم مش، نقاط دسترسی/ورودی (AP)[1] محلی و مسیریاب‌های ثابت مش بی‌سیم با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند و یک ساختار ستون فقراتی [2] را تشکیل می‌دهند که ترافیک را بین مشتریان متحرک و اینترنت به جلو می‌برند.

مسیریابی ترافیک نقش حیاتی را در تعیین عملکرد یک شبکه بی سیم مش ایفا می‌کند. به همین دلیل اخیراً توجه محققان را به خود جلب کرده است. شیوه‌های پیشنهادی اغلب به دو انتهای طیف منتهی می‌شوند، در یک سر طیف الگوریتم‌های ذهنی مسیریابی وجود دارند [۴] [۳]. اگرچه بسیاری از این الگوریتمها با محیط پویای شبکه های بی سیم سازگار هستند، ولی فاقد پایه نظری لازم جهت بررسی عملکرد شبکه به صورت جهانی می‌باشند (مثلاً اینکه آیا ترافیک در شبکه به صورت مساوی پراکنده شده است یا نه).

در انتهای دیگر طیف، مطالعات تئوری وجود دارند که مسیریابی شبکه مش را به صورت مسائل بهینه‌سازی فرمول بندی می کنند [۱۵] [۱۱]. الگوریتم‌های مسیریابی که از این فرمول بندی‌های بهینه سازی استخراج می شوند، اغلب نیازمند ویژگی‌ها و مشخصات تحلیلی از قبیل بهینه سازی کاربردی منبع و تعادل در توان عملیاتی هستند.

در این مسائل بهینه‌سازی، اغلب تقاضاهای ترافیکی به طور ضمنی ثابت فرض می‌شود. مطالعات اخیر در مورد ردیابی مسیرهای شبکه بی‌سیم مش، به طور ضد و نقیضی نشان می‌دهد که تقاضاهای ترافیکی، حتی اگر در نقاط ورودی گروه بندی شود، بسیار پویا بوده و به سختی قابل تخمین هستند [۱۱]. چنین مشاهداتی کاربردی بودن بهینه سازی‌های موجود را که بر اساس راه حل های مسیریابی در شبکه‌های بی‌سیم مش بنا نهاده شده‌اند، مورد تردید قرار می‌دهد [۱۰].

---

[1] Access Point

[2] backbone

به جهت توجه به این تردید، این پایاننامه چارچوب‌هایی را در مسیریابی بهینه شبکه‌های مش مورد تحلیل قرار می‌دهد که طبیعت پویای تقاضاهای ترافیکی بی‌سیم را در نظر گرفته باشند. برای اضافه کردن دینامیک‌های ترافیکی، دو جزء زیر باید به چارچوب ما اضافه شوند.

۱) تخمین تقاضای ترافیکی: مدل ترافیک یک شبکه بی‌سیم مش را به دست می‌دهد. این مدل باید به پیش بینی میانگین تقاضا در یک بازه زمانی طولانی وابسته باشد و در عین حال قابلیت این را داشته باشد در هر لحظه دینامیک های احتمالی بازه های کوتاه زمانی را شامل شود.

۲) بهینه سازی مسیریابی: ترافیک را در مسیر های متفاوتی منتشر می‌کند تا حتی در ترافیک پویا تراکم حداقل را داشته باشیم. استراتژی مسیریابی باید به نحو موثری نتایج تخمین تقاضاهای ترافیکی را به حساب بیاورد.

با مطالعه مسیریاب‌هایی که توسط کمپ شبکه بی‌سیم کالج دارتموث (یک مجموعه که شامل منابع آرشیو داده‌های بی‌سیم در دارتموث است)[3] این پایاننامه ابتدا متد پیش بینی ترافیک را توضیح می‌دهد که بر اساس تحلیل سری زمانی بنا نهاده شده است.

این روش تقاضای ترافیک بعدی را بر اساس داده‌های قبلی خود استخراج می کند. میانگین تقاضای پیش بینی شده، به همراه پیش بینی میزان پراکندگی، برای ایجاد یک مدل پایدار برای تقاضای ترافیکی در یک نقطه ورودی محلی AP مورد استفاده قرارمی‌گیرد.

این پایاننامه یک چارچوب بهینه سازی را تعیین می‌کند که پیش بینی تقاضا را به مسیریابی ترافیک اضافه می‌کند تا تراکم حداقلی به دست آید. آنچه که حاصل می‌شود، می‌تواند به مسأله بهینه سازی توان عملیاتی منتقل شود که در آن توان عملیاتی جریانهای گروه بندی شده به خاطر محدودیتهایی که توسط تقاضای ترافیکی ایجاد شده اند، به حداکثر رسیده‌اند[۱۰]. به ویژه دو فرم تقاضای ترافیکی به عنوان ورودی بهینه سازی مسیریابی در نظر گرفته می‌شوند که عبارتند از میانگین پیش بینی تقاضاها و توزیع استاتیک آن.

[3] http://crawdad.cs.dartmouth.edu/

برای هر یک از فرمهای تخمین تقاضای ترافیکی، دو الگوریتم مسیریابی عنوان شده است. برای مورد اول، بر مبنای مسأله جریان همزمان ماکزیمم، مسأله مسیریابی بهینه شبکه مش به صورت یک برنامه‌ریزی خطی فرمول بندی شده تا در میان تمامی جریانها، کمترین عامل قیاس توان عملیاتی یعنی λ را بیشینه کند و یک الگوریتم تخمین سریع باتقریب $(1-\epsilon)$ رابدست آورد. (یعنی الگوریتم مسیریابی شبکه مش باتقاضای ترافیکی ثابت (FMR)) این الگوریتم مقدار میانگین تقاضای پیش بینی شده را به عنوان ورودی قرار می‌دهد. برای مورد دوم، به خاطر در نظر گرفتن توزیع آماری تخمین تقاضا درون فرمول بندی مساله، تقاضای ترافیکی را با استفاده از یک متغیر تصادفی توصیف کرده است. اکنون فاکتور مقیاس λ هم در یک راه حل مسیریابی شده، یک متغیر تصادفی است.

مسأله بهینه سازی توان عملیاتی، پس از این به یک مسأله بهینه سازی احتمالاتی تبدیل می‌شود که در آن مقداری از فاکتور مقیاس λ انتظار می رود که بیشینه شود. در آخر بر پایه نقشه الگوریتم FMR یک الگوریتم تخمین $(1-\epsilon)$ (مسیریابی شبکه مش نامطمئن (UMR)) به وجود می آید. این الگوریتم بهینه سازی را تحت شرایط تقاضاهای غیر قابل پیش بینی انجام می‌دهد.

برای ارزشیابی کارکرد الگوریتم تحت شرایط واقعی، مسأله شبیه سازی مسیریابی را مطرح نموده‌ایم. به ویژه تقاضای ترافیکی را برای نقاط ورودی محلی AP شبکه بی‌سیم مش کمپ کالج دارتموث به دست آورده‌اند. نتایج شبیه سازی نشان می‌دهد که تخمین ترافیک انباشته شده و چارچوب مسیریابی بهینه به طور موثری دینامیک‌ها را در بهینه سازی مسیریابی شبکه‌های بی‌سیم مش دخیل می‌کند (یعنی چارچوب های مسائل را کاملا پویا در نظرگیرند).

در واقع بخش اصلی پایان نامه دارای دو بخش است ۱) بحث تخمین انباشتگی ترافیک ۲) بهینه‌سازی مسیر یابی شبکه‌های بی‌سیم مش که دارای تقاضای ترافیکی پویا هستند.

مطالعات شبیه سازی که بر اساس مسیرهای ترافیکی در شبکه‌های واقعی ایجاد شده‌اند، کاربردی بودن راه حل را به اثبات می‌رساند از لحاظ تئوری، بنا بر الگوریتم بهینه‌سازی خطی کلاسیک که تنها تقاضا با مقدار ثابت را به عنوان ورودی می‌پذیرد. این الگوریتم به یک راه حل بهینه‌سازی احتمالاتی

توسعه داده شده است تا بتواند تقاضای ترافیکی پویا را که توسط توزیع آماری شان مدل بندی شده‌است به عنوان ورودی بپذیرد[۱۰].

فصل ۱

پیشینه پژوهش

دراین فصل ابتدا اصول و مفاهیم اولیه مورد نیاز در پایاننامه را تعریف می‌کنیم. در مورد مفاهیم اولیه شبکه‌های مش و توپولوژی مش و سیر تکاملی شبکه‌های بی‌سیم بحث می‌کنیم و سپس مسیریابی و اهمیت توزیع ترافیک در شبکه و سیر تکاملی آن را مورد بررسی قرار می‌دهیم. در نهایت شبکه بی‌سیم مش را مدل بندی کرده و ضوابط ارتباطی را بیان می‌کنیم.

۱.۱ مفاهیم مقدماتی

تعریف ۱−۱ تابع $f : R^n \longrightarrow R^n$ در یک مجموعه محدب $D \subseteq R^n$، محدب است اگر و تنها اگر به ازای هر $x_1, x_2 \in D$ و به ازای تمامی $\lambda \in [0, 1]$ داشته باشیم

$$f(\lambda x_1 + (1 - \lambda)x_2) \leq \lambda f(x_1) + (1 - \lambda)f(x_2).$$

اگر تابع f در R^n محدب باشد گوییم f محدب است.

یک مساله برنامه ریزی خطی را به صورت استاندارد زیر تعریف می کنیم

$$(LP) \quad \min\{c^T x : Ax = b, x \geq 0\} \qquad (۱.۱)$$

که در آن x و c بردارهایی در R^n ، b برداری در R^m و A یک ماتریس $m \times n$ با رتبه کامل است. متناظر با مسأله برنامه ریزی خطی اولیه که در بالا بیان شد، یک برنامه ریزی خطی دیگر به نام دوگان یا مسأله ثانویه وجود دارد که به شکل زیر

$$\max\{y^T b : A^T y \leq c\} \quad (LD) \qquad (۲.۱)$$

بیان می‌شود که $Y \in R^m$ بردار متغیرهای دوگان هست.

تعریف ۲—۱ x_0 و y_0 را به ترتیب جوابهای شدنی مسأله‌های اولیه و دوگان گویند اگر $Ax_0 = b, x_0 \geq 0$ و $A^T y_0 \leq c$.

قضیه ۱—۱ (قضیه ضعیف دوگانی) اگر x_0 و y_0 به ترتیب جوابهای شدنی اولیه و دوگان باشند آنگاه داریم $c^T x_0 \geq y_0^T b$.

قضیه ۲—۱ (قضیه قوی دوگانی) با توجه به مسائل برنامه ریزی خطی اولیه و دوگان، دقیقاً یکی از عبارتهای زیر صحیح است.

۱. دو مسأله دارای جواب بهینه x^* و y^*T با $c^T x^* = y^{*T} b$ هستند.

۲. اگر یک مسأله دارای مقدار تابع هدف نامتناهی باشد آنگاه دیگری نشدنی است.

۳. هر دو مسأله نشدنی هستند.

تعریف ۳—۱ یک گراف یا شبکه به شکل $G(V, E)$ تعریف می‌شود که مجموعه n عضوی V ، مجموعه رئوس و مجموعه m عضوی E ، مجموعه یالهای شبکه را نشان می‌دهند.

تعریف ۴—۱ (مسیر) اگر v_i ها مجموعه رئوس و v_j ها مجموعه یالهای گراف باشند دنباله‌ای از رئوس و یالهای شبکه به صورت $v_1e_1v_2e_2 \ldots v_k$ را بدون تکرار رأس، یک مسیر از v_1 به v_k نامند. دو مسیر $P1$ و $P2$ از v به u را درونی مجزا گویند اگر $P1$ و $P2$ رأس مشترکی نداشته باشند.

تعریف ۵—۱ در شبکه‌های کامپیوتری، کامپیوترهایی هستند که برنامه‌های کاربردی روی آن اجرا می‌شود که به آنها میزبان[1] می‌گوییم که میزبانها توسط مسیریاب‌ها[2] به قسمتهای مختلف شبکه متصل هستند.

تعریف ٦—۱ (گام[3]) به گذر بسته از یک مسیریاب، گام گویند.

تعریف ۷—۱ (همتا[4]) یک شبکه را در پنج لایه متصور شوید به اجزایی که در داخل یک لایه هستند همتا گفته می‌شود. این همتاها می‌توانند فرآیند نرم افزاری، سخت افزار یا حتی دو انسان باشند.

تعریف۸—۱ (عهدنامه)[5] مجموعه قواعد و قراردادهای توافق شده بین دو طرف برای برقراری و پیشبرد ارتباط مابین لایه‌های یک شبکه را پروتکل گویند. لایه n یک ماشین با لایه n یک ماشین دیگر حرف می‌زند، قواعد این ارتباط را پروتکل لایه n می‌نامند.

فرض کنید که $G(V,E)$ یک شبکه ارتباطی با n رأس و m یال باشد که هدف اصلی ما در این مسأله انتقال داده‌ها از مبدأهای مشخص به مقاصد مشخص است. اگر $c_{i,j}$ هزینه انتقال هر واحد از داده روی یال (i,j) باشد و همچنین $x_{i,j}$ میزان جریان داده در روی یال (i,j) و $l_{i,j}$ و $u_{i,j}$ به ترتیب حداکثر ظرفیت یالی باشد فرمول بندی برنامه ریزی خطی مسأله بالا به صورت مسأله کمینه سازی زیر است[۱۴].

---

[1] host

[2] router

[3] Hop

[4] peer

[5] Protocol

$$Minimize \sum_{(i,j)\in A)} c_{i,j}x_{i,j}$$
$$s.t. \sum_{j:(i,j)\in A} x_{i,j} - \sum_{j:(j,i)\in A} x_{j,i} \geq b(i) \quad \forall\, i \in N$$
$$l_{i,j} \leq x_{i,j} \leq u_{i,j} \quad \forall\, (i,j) \in A$$

که در آن $b_{i,j}$ میزان تقاضای ترافیکی مقصد j ام است. در قید اول تضمین می‌شود که میزان تقاضای ترافیکی مقصدها تامین شود و هدف نیز پایین آوردن هزینه ارسال جریان ترافیکی از مبدأها به مقصدها است.

تعریف ۹—۱ (سری زمانی) دنباله‌ای از n مشاهده $Y_1, Y_2, \cdots, Y_n$ از یک فرایند در فواصل زمانی مساوی را سری زمانی گویند. این فواصل زمانی ممکن است ماهها(مانند سری زمانی فروشهای ماهیانه)، یا ساعتها(مانند مصرف یک ساعت برق) باشند.

تعریف ۱۰—۱ (میانگین متحرک) میانگین متحرک یک سری زمانی از قرار دادن میانگین‌های دنباله‌های متوالی حاصل از k مشاهده موجود در سری به جای آن دنباله‌ها بدست می‌آید. اولین دنباله مشاهدات $Y_1, Y_2, \cdots, Y_k$ است، دومین دنباله شامل مشاهدات $Y_2, Y_3, \cdots, Y_{k+1}$ است و الی آخر که در اینجا k معرف تعداد جمله‌هایی است که متوسط آنها محاسبه می‌شود. مؤلفه نوسانی نیز از تفاضل مشاهدات اصلی از میانگین متحرک متناظر با آن بدست می‌آید.

۱.۱.۱ فرم کلاسیک و توپولوژی مش

برای آشنایی بهتر با شبکه‌های مش ابتدا بهتر است با توپولوژی مش آشنا شویم[۵]. اگر ما n گره در شبکه داشته باشیم، موقعیت و شرایط گره‌ها بستگی به شیوه ارتباطی آنها با یکدیگر دارد که چگونه در آن شیوه، داده‌ها از یک نقطه(گره) به نقطه دیگر واقع در دامنه پوشش گره اولی انتقال پیدا می‌کند. توانایی هر