

روش انتخاب بستر مخابراتی مناسب جهت استفاده در اتوماسیون پست‌های توزیع

مهدی آرین
شرکت موندکو ایران
ایران

واژه‌های کلیدی: اتوماسیون پست‌های توزیع، تجزیه و تحلیل سلسله‌مراتبی

چکیده

انتخاب بستر مخابراتی مناسب برای استفاده در طرح‌های مرتبط با "شبکه هوشمند"¹، مانند اتوماسیون پست‌های توزیع²، اصلی‌ترین بخش کار است. بدلیل وجود متغیرهای فراوان و عوامل گوناگون موجود در متن و حاشیه‌ی این چنین کاری، انتخاب بستر مخابراتی بسیار دشوار و زمان‌بر می‌باشد. این انتخاب در نهایت تحت تاثیر معیارهای فنی و غیرفنی فراوانی است که هریک خود به زیرشاخه‌های دیگری تقسیم می‌شوند. بدلیل تکرار این بحث در مباحث مربوط به شبکه‌ی هوشمند بویژه اتوماسیون توزیع، یافتن یک روش کارآمد در این زمینه بسیار راهگشا خواهد بود. در این مقاله روشی برای گزینش بستر مخابراتی مناسب جهت اتوماسیون توزیع ارائه شده است که قابل تعمیم به دیگر مفاهیم شبکه‌ی هوشمند نیز می‌باشد.

۱- مقدمه:

به موازات پیشرفت سریع فناوری‌های ارتباطات، اطلاعات و علوم مختلف، افزایش سرانه مصرف برق و افزایش کاربرد انرژی الکتریکی در بخشهای صنعت، کشاورزی، مسکونی، تجاری و اداری، توسعه‌ی شبکه برق اجتناب‌ناپذیر است و به تبع آن آگاهی دقیق از وضعیت شبکه، نظارت و کنترل شبکه‌ی برق به منظور برق‌رسانی مطمئن و کاهش خاموشی‌ها و اطلاع سریع از حوادث و تعمیر خرابی‌ها، اهمیت بیشتری می‌یابد. اهمیت و حساسیت بهره‌برداری یکپارچه، حفظ ایمنی شبکه، تداوم در برق‌رسانی، اصول بهره‌برداری، گستردگی شبکه‌ی توزیع و تعداد ایستگاههای توزیع و نزدیک بودن این شبکه به محل مصرف انرژی الکتریکی (مصرف‌کننده) عملاً بهره‌برداری مدرن و متمرکز در شبکه توزیع را اجتناب‌ناپذیر می‌سازد.

شبکه‌ی توزیع در آخرین بخش از شبکه‌ی تحویل برق به مشتریان واقع شده و دارای مشخصات خاص خود می‌باشد

¹ - Smart Grid

² - Automation distribution substations

بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق

- ❖ پخش بار
- ❖ تغییر نحوه تقسیم بار بین فیدرها
- ❖ کنترل ولتاژ
- ❖ کنترل توان راکتیو
- ❖ مدیریت انرژی
- ❖ مدیریت حوادث شبکه برای بهبود بخشیدن به قابلیت اطمینال شبکه
- ❖ کنترل و مدیریت قطعی‌ها برای عملیات کلیدزنی برنامه‌ریزی شده در زمان حادثه
- ❖ تعیین محل حادثه بوسیله‌ی تحلیل و بررسی نمودارهای اتصال و نمودارهای جغرافیایی
- ❖ جداسازی خطا و برق رسانی مجدد

۳. مزایای راه اندازی یک سیستم اتوماسیون

شبکه‌ی توزیع

- راه اندازی یک سیستم اتوماسیون و کنترل از راه دور برای شبکه توزیع دارای مزایایی به شرح زیر می‌باشد:
- ❖ نصب سیستم اتوماسیون توزیع، کیفیت بهره‌برداری از شبکه توزیع را بهبود بخشیده و نظارت دقیق و متمرکز را بر عملکرد شبکه امکان پذیر خواهد ساخت.
 - ❖ با داشتن یک دید متمرکز از شبکه توزیع، تعمیرات و نگهداری شبکه آسانتر خواهد شد و امکان برنامه‌ریزی، توسعه و برطرف ساختن نقاط ضعف شبکه فراهم خواهد آمد.
 - ❖ استفاده از اپراتور برای کنترل پست‌ها که در محدوده جغرافیایی وسیعی واقع شده‌اند، مستلزم صرف هزینه بسیار می‌باشد. سیستم اتوماسیون توزیع با امکان حذف اپراتورهای پست‌ها (در پست‌های انتقال حداقل برای خروجی‌های ۲۰ کیلوولت) و کنترل پست‌ها از یک مرکز، هزینه‌های بهره‌برداری را به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد و امکان آزادسازی نیروها و استفاده از آنها در سایر بخش‌ها، بخصوص تعمیر و نگهداری، باعث به تعویق افتادن و کاهش هزینه‌های پرسنلی خواهد شد.

که در طراحی سیستم اتوماسیون توزیع و مراکز دیسپاچینگ و کنترل برای این شبکه خصوصیات زیر می‌باید مدنظر قرار گیرد:

- ❖ تعداد ایستگاه‌های تحت پوشش شبکه‌ی توزیع از ایستگاه‌های تحت پوشش شبکه‌های تولید، انتقال و فوق توزیع بسیار بیشتر است.
 - ❖ تنوع و تعداد تجهیزات نصب شده در حیطه‌ی شبکه‌های توزیع به مراتب بیشتر از تجهیزات نصب‌شده در شبکه‌های تولید، انتقال و فوق توزیع می‌باشد.
 - ❖ در پست‌های توزیع بر خلاف پست‌های انتقال و فوق توزیع تراکم تجهیزات وجود ندارد.
 - ❖ تغییرات در پیکره‌بندی شبکه‌ی توزیع نسبت به شبکه‌ی تولید، انتقال و فوق توزیع سرعت بیشتری دارد.
 - ❖ پیکره‌بندی و آرایش شبکه‌های توزیع دقیقاً مبتنی بر جغرافیای محل می‌باشد.
 - ❖ پست توزیع در مجاورت مشترکین واقع شده‌است، بنابراین بروز اختلال در عملکرد یک پست توزیع می‌تواند باعث خاموشی شده و مشکلات خاص اجتماعی را ایجاد کند.
 - ❖ درصد حوادث و خرابی در شبکه‌های توزیع بسیار بالا است.
- اهداف سامانه اتوماسیون پست‌های توزیع بالا بردن قابلیت اطمینان، بهبود کیفیت سرویس دهی به مشترکین و بهبود کارایی در استفاده از تجهیزات می‌باشد. لذا تحقق این اهداف جز با در نظر گرفتن سیستم‌های مخابراتی و کنترلی مناسب در طراحی مراکز دیسپاچینگ توزیع میسر نمی‌گردد.

۲. وظایف مدنظر در سیستم‌های اتوماسیون توزیع

اصولاً اتوماسیون توزیع باید شامل موارد ذیل باشد:

- ❖ اتوماسیون پست
- ❖ اتوماسیون فیدر
- ❖ اتوماسیون ارائه خدمات به مصرف کننده‌ها
- ❖ کنترل بار

بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق

- ❖ نیاز به مکالمه اپراتورها از طریق شبکه مخابراتی و فراهم نمودن تمهیدات لازم را منتفی کرده و باعث کاهش حجم ترافیک مخابراتی صوتی می‌گردد.
- ❖ امکان ثبت وقایع، حوادث و خطاها با زمان دقیق آنها و امکان تهیه نمودار تغییرات زمانی پارامترها (Trending) و ذخیره سازی خودکار آنها در حافظه‌ی سیستم و دسترسی آسان و سریع مهندسين سیستم به آنها جهت تجزیه و تحلیل دقیق حوادث و خطاهای سیستم و در نتیجه امکان یافتن راه‌حلهای مناسب در کوتاهترین زمان فراهم خواهد شد.

❖ کنترل از راه دور تابلوهای بانک خازنی موجب کاهش تلفات توان راکتیو، بهبود ضریب قدرت و پروفیل ولتاژ خواهد شد.

❖ جایابی و توزیع مناسب بار بر روی شبکه و پست‌های توزیع باعث ایجاد ظرفیت‌های جدید و به تعویق انداختن بخشی از سرمایه گذاری‌ها برای توسعه و افزایش ظرفیت شبکه خواهد شد.

❖ امکاناتی نظیر نمایش نمودار تک خطی شبکه و امکان تمرکز اپراتور روی سطوح مختلف شبکه با جزئیات بیشتر (Zooming) فراهم می‌گردد.

❖ تشخیص خطاها بسیار ساده تر و سریعتر انجام خواهد شد.
❖ نحوه بررسی خطاها بهبود خواهد یافت و سیستم سریعتر به حالت کار عادی باز خواهد گشت.

❖ برنامه‌ریزی تعمیرات و نگهداری تجهیزات براساس ثبت تاریخچه تعمیر تجهیزات امکان‌پذیر خواهد شد که این امر سبب افزایش عمر مفید تجهیزات می‌گردد.

❖ متوسط زمان بی‌برقی مشترکین کاهش یافته و در نتیجه فروش انرژی افزایش خواهد یافت.

❖ ایجاد سیستم اتوماسیون پست‌های توزیع برای شبکه برق، امر بهره‌برداری از شبکه توزیع را بهبود بخشیده و با کمک اطلاع رسانی به موقع و لازم به گروههای مطالعاتی و طرح و توسعه وضعیت مورد نیاز برای آینده شبکه را پیش‌بینی می‌نماید.

۴. اتوماسیون توزیع و شبکه‌ی هوشمند

با توجه به هدف نهایی صنعت برق در جهت رسیدن به شبکه‌ی هوشمند و اصلاح الگوی مصرف، زمینه‌سازی برای رسیدن به این هدف یکی از مهمترین رویکردهای صنعت برق خواهد بود.

یکی از گام‌های ایجاد شبکه‌ی هوشمند، پایه‌ریزی و بنای سیستم اتوماسیون توزیع است [۱]. در واقع در نقشه‌ی راه نیل به شبکه‌ی هوشمند و اعمال آن در بخش‌های تولید^۱، انتقال^۲، توزیع^۳ و مصرف^۴، باید به صورت گام به گام مراحل را طی کرد که یکی از این مراحل پیاده‌سازی اتوماسیون توزیع می‌باشد.

۵. مخابرات اتوماسیون توزیع

مهمترین گام در ایجاد سیستم‌های اتوماسیون توزیع و مدیریت و کنترل فرایندهای مربوط به آن، فراهم کردن یک بستر مخابراتی مناسب و هماهنگ برای ایجاد ارتباط بین ابزارها و سیستم‌های اندازه‌گیری و کنترلی موجود در پست‌ها و کل شبکه است. در واقع بدون داشتن این بستر مخابراتی، امکان پیاده‌سازی سامانه‌های اندازه‌گیری هوشمند وجود ندارد. به

¹ -Generation

² -Trans motion

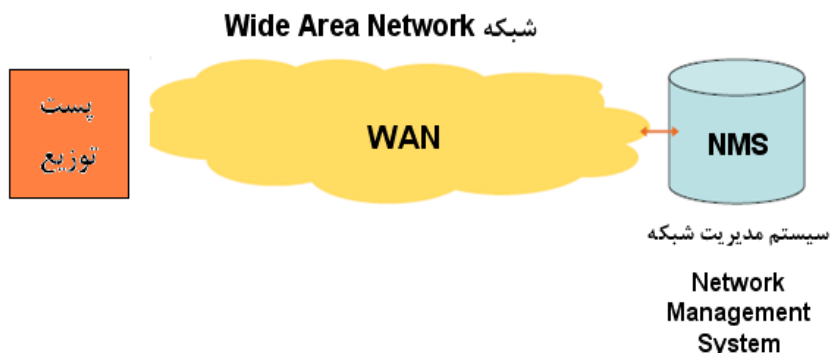
³ - Distribution

⁴ -Consumption

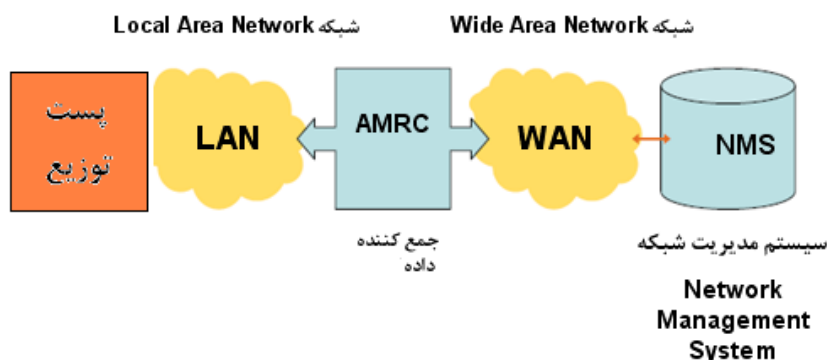
بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق

اختلال و نارسایی در این زمینه هزینه‌های منفی بسیاری را بر دوش کاربران و مدیران شبکه قرار خواهد داد.

همین دلیل طراحی و پیاده‌سازی بستر مخابراتی مناسب با نیازهای این سیستم، بسیار مهم و حیاتی است و هرگونه



شکل ۱- شبکه مخابراتی با معماری مستقیم



شکل ۲ - شبکه مخابراتی با معماری سلسله‌مراتبی

مخابراتی و مودم نصب شده در محل خود به صورت مستقیم و بدون اتصال به هیچ واسطی به مرکز کنترل اصلی (دیسپاچینگ توزیع) وصل می‌شوند. در این حالت باید به تعداد پست‌های توزیع، خط ارتباطی [کانال مخابراتی] مستقیم با مرکز ایجاد شود. این نوع معماری در مواردی که تعداد ابزارهای پایانی اندک است و یا تعداد محدودی از مشترکان دارای حجم زیادی از اطلاعات می‌باشند که باید به مرکز منتقل شود.

در معماری سلسله‌مراتبی گروهی از ابزارهای پایانی ابتدا با یک جمع‌کننده‌ی اطلاعات ارتباط برقرار می‌کنند و اطلاعات خود را به جمع‌کننده‌ها می‌دهند. سپس این جمع‌کننده‌ها که تعدادشان بسیار کمتر از پست‌های توزیع است، از طریق یک لینک پرفریت و مطمئن با مرکز کنترل (دیسپاچینگ توزیع) ارتباط برقرار می‌کنند.

۵-۱- انتخاب بستر مخابراتی مناسب جهت اتوماسیون پست‌های توزیع

انتخاب بستر مخابراتی مناسب جهت استفاده در اتوماسیون توزیع به عوامل بسیار زیادی وابسته است و همین وابستگی و وجود مجهول‌ها و متغیرهای زیاد باعث دشوار شدن روند تصمیم‌گیری می‌گردد.

یکی از مهمترین نکات، "معماری شبکه‌ی مخابراتی" است. در یک نگاه کلی دو نوع معماری مخابراتی وجود دارد: معماری مستقیم^۱ (شکل شماره ۱) و معماری سلسله‌مراتبی^۲ (شکل شماره ۲). در معماری مستقیم ابزار پایانی (که در اینجا پست‌های توزیع است) هر کدام توسط تجهیزات

^۱-Direct Architecture

^۲-Hierarchical Architecture

بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق

تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی¹ (AHP) بهترین گزینه‌ی قابل حصول باشد.

AHP روشی برای تصمیم‌گیری در انتخاب یک مورد از میان چندین مورد مشابه با توجه به معیارهای مختلف است [3]. به عبارت دیگر، یک نوع تصمیم‌گیری چندمعیاری. چون معیارها می‌توانند در تقسیم‌بندی‌های جداگانه فهرست شوند، بنابراین در اکثر مواقع می‌توان اینگونه تعبیر کرد که تعدادی معیار اصلی و سپس در هر معیار اصلی چند معیار دیگر وجود دارند. روش استفاده از AHP را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد [4]:

(۱) مدل کردن مسئله به عنوان یک سیستم سلسله مراتبی که هدف مشخصی را در بردارد.

(۲) اولویت‌بندی براساس پاره‌ای از قضاوت‌ها و با مقایسه دو به دو بی‌عناصر رتبه‌بندی انجام می‌شود.

(۳) این قضاوت‌ها با هم ترکیب می‌شوند تا مجموعه‌ای از اولویت‌ها برای رتبه‌بندی بدست بیایند.

(۴) هماهنگی و سازگاری قضاوت انجام شده بررسی می‌شود.

(۵) بر اساس فرایند انجام شده، نتیجه نهایی بدست می‌آید.

بنابراین ساختاری مانند آنچه در شکل شماره‌ی ۳ نشان داده شده، بدست می‌آید.

در مورد انتخاب بستر مخابراتی مناسب جهت پیاده‌سازی اتوماسیون توزیع، ساختار سلسله مراتبی به صورت شکل ۴ پیاده‌سازی شد. از آنجا که در نظر گرفتن تمام موارد باعث نتیجه‌گیری بهتری می‌شود ابتدا معیارها را به دو دسته‌ی معیارهای فنی و معیارهای غیرفنی (اقتصادی و اداری) تقسیم گردیدند تا تمام جوانب امر در نظر گرفته شود این دو معیار اصلی همانطور که در شکل شماره‌ی ۴ مشخص گردیده است هر کدام به زیر معیارهایی تقسیم گردیدند.

در مدل مشخص شده در شکل ۴ هر بستر مخابراتی را نسبت به تمام معیارها می‌سنجیم و وزن‌دهی می‌کنیم. به همین دلیل هر بستر مخابراتی را به تمامی معیارها وصل می‌کنیم. از طرفی هر بستر مخابراتی از طریق معیار بالاسری خود با معیارهای مهمتر فنی و اقتصادی و اداری سنجیده می‌شود.

در مورد انتخاب بستر مخابراتی یکی از کلیدی‌ترین نکات این است که استراتژی مدیران شبکه بر کدام یک از اصول زیر بنا شده است.

❖ ساخت شبکه‌ی دسترسی جدید

❖ استفاده از زیر ساخت‌های موجود

❖ ترکیبی از دو مورد بالا

ساخت شبکه‌های دسترسی جدید، بهترین راه برای پیاده‌سازی جدیدترین فناوری‌های مخابراتی است که تحقق سرویس‌های جدید را فراهم می‌کند. از طرف دیگر ساخت شبکه‌های جدید پر هزینه است [2]. بنابراین استفاده از زیرساخت موجود به دلیل هزینه کمتر، بهتر به نظر می‌رسد.

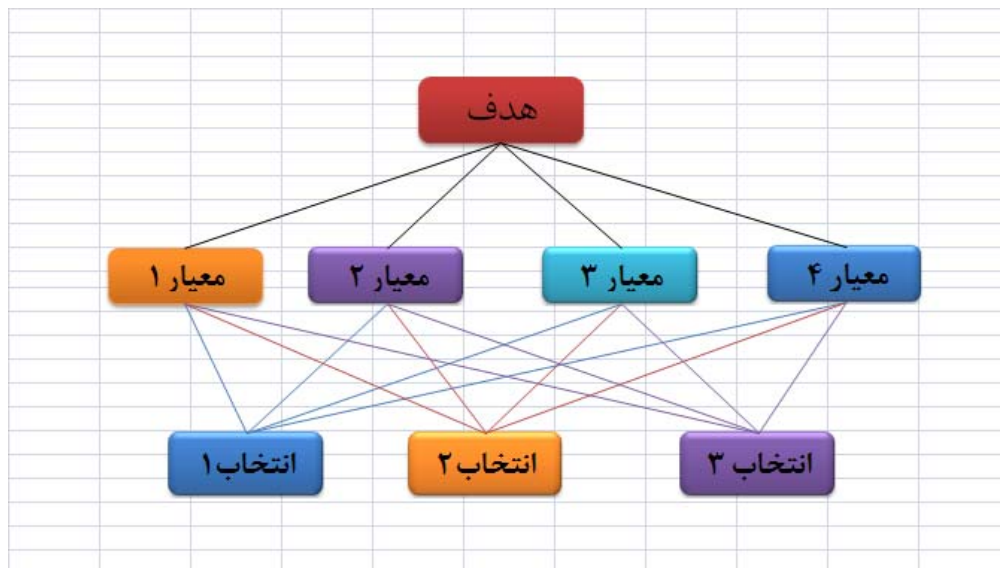
اما زیرساخت‌های موجود نیز برای عرضه سرویس‌های جدید باید نوسازی شوند. علاوه بر مواد فوق نکات بسیار زیاد دیگری نیز وجود دارد که تصمیم‌گیری به منظور انتخاب بهترین و مناسب‌ترین بستر مخابراتی جهت اتوماسیون توزیع را دشوار می‌سازد.

۲-۵- راهکار ارائه شده

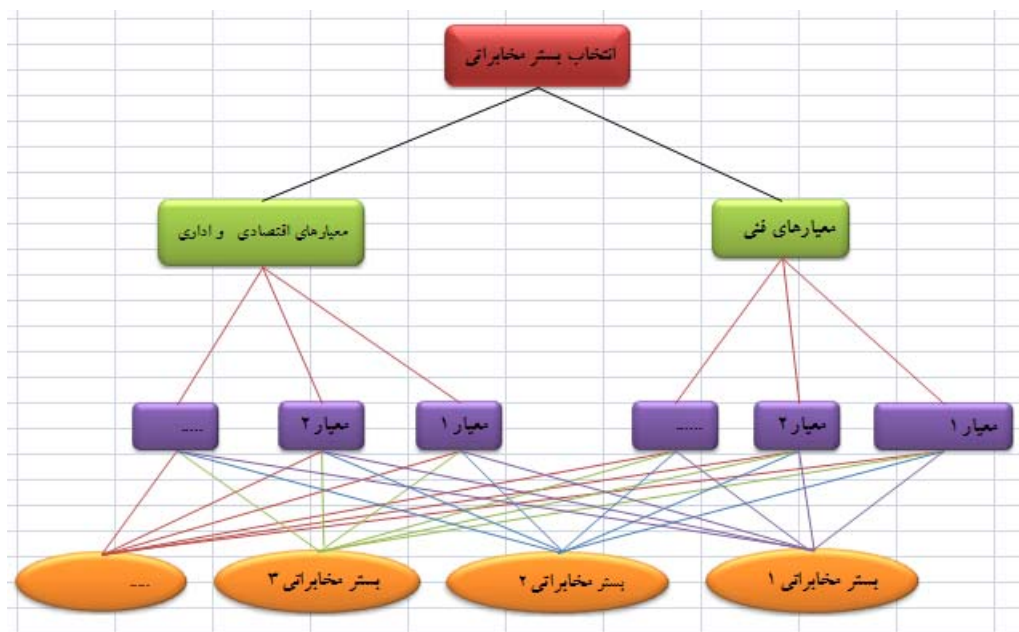
در اتوماسیون توزیع به علت مواجهه با عوامل گوناگون موثر در تصمیم‌گیری و وجود متغیرهای فراوان، انتخاب یک بستر مخابراتی واحد بعنوان تنها راه‌حل مناسب برای حل تمام معضلات پیش‌رو، مشکل و بطور دقیق‌تر ناممکن است و بهترین راه‌حل انتخاب ترکیبی از بسترهای مخابراتی است. اما یک شبکه‌ی ترکیبی بهره‌برداران را با مشکلات فراوانی روبرو می‌کند. از جمله این که تعمیر و نگهداری این چنین مجموعه‌ای بسیار مشکل است. به همین سبب باید تا حد امکان شبکه‌ی مخابراتی طراحی شده یک‌دست باشد تا این مشکلات را کمینه کند. بنابراین انتخاب این بستر اصلی و پایه بسیار مهم و حیاتی است. زیرا در این انتخاب مسائل عمده‌ی فنی، اقتصادی و اداری وجود دارد که بعضاً جمع آنها ناممکن است. بهترین کار استفاده از یک شیوه‌ی تصمیم‌گیری علمی و تجربی است. در همین راستا به نظر می‌رسد استفاده از روش

¹ -Analytic Hierarchy Process

بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق



شکل ۳- ساختار مدون یک فرآیند تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبی



شکل ۴- نمودار سلسله‌مراتبی پیشنهادی برای انتخاب بستر مخابراتی اتوماسیون توزیع

یک تقسیم‌بندی اصلی دست یافت. چرا که برخی معیارها کاملاً فنی، برخی دیگر وابسته به عوامل مختلف از جمله عوامل اداری و اقتصادی هستند که بخش غیرفنی را شامل می‌شوند. در ذیل، این تقسیم‌بندی‌ها آورده شده‌اند:

الف- معیارهای فنی

- ❖ قابلیت توسعه
- ❖ مستقل بودن از تغییرات شبکه‌ی توزیع برق

۵-۳- معیارهای ارزیابی بستر مخابراتی :

برای سنجش کارایی بسترهای مخابراتی، معیارهای متعددی را می‌توان فهرست کرد. از قبیل سرعت کانال، نرخ خطا، ایمنی، تاثیر محیط، مدیریت و کنترل مستقل از سایر سازمانها، میزان هزینه، محدودیتهای سازمانهای همگانی مثل شرکت مخابرات و سازمان تنظیم ارتباطات و مقررات رادیویی، قابلیت گسترش و غیره. با یک نظر کلی به این معیارها می‌توان به

بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق

است، ولی در ارتباطات نقطه به چند نقطه ملاحظات دیگری از قبیل فاصله ایستگاه‌های جدید و محاسبات زمانی مطرح خواهند شد. هر قدر محیطها از نظر سرعت کانال و نرخ خطا قوی‌تر باشند قابلیت توسعه بیشتری خواهند داشت.

❖ مستقل بودن از تغییرات شبکه‌ی توزیع برق : اولین موضوعی که در اینجا به ذهن می‌رسد وابسته بودن برخی روشها به تغییرات در شبکه برق و قطع و وصل شدن آن است. بطوری که ممکن است در یک فاز قطعی پیش آمده یا مسیر تغذیه یک پست تعویض شود و بنابراین مسیر مخابراتی در آن قسمت قطع یا تعویض می‌شود. بعنوان نمونه روشهایی همچون رادیوهای UHF، رادیو ترانک، WiMAX، DSL یا فیبرنوری نسبت به تغییرات شبکه برق مستقل هستند.

❖ امکان ارتباط نقطه به چند نقطه : طبق استاندارد ITU بخش ۷.۶۶۲ جزء ۳، منظور از ارتباط نقطه به چند نقطه ارتباطی است که توسط یک لینک تامین می‌شود؛ به عنوان مثال ، لینک رادیویی بین یک ایستگاه که در یک نقطه مشخص و تعریف شده قرار گرفته است و تعدادی ایستگاه که در نقاط ثابتی قرار دارند.

سرعت کانال برای ارسال داده : مقصود مقدار داده‌ای است که در هر ثانیه می‌تواند توسط این کانال منتقل شود. یادآور می‌شود معیارها از نقطه نظر نیازهای دیسپاچینگ شبکه برق نگریسته می‌شوند و نه بطور عام.

سادگی تعمیر و نگهداری : هر قدر فناوری شناخته شده‌تر باشد نگهداری آن نیز آسان‌تر است. البته به شرطی که خیلی قدیمی و تجهیزات آن از رده خارج نشده باشند، طوری که تهیه آنها مشکل باشد. از طرفی هر قدر مدیریت و کنترل سیستم مستقل‌تر و به‌عهده خود شرکت برق باشد تعمیر و نگهداری آن در زمانهای مناسب انجام می‌پذیرد و نیاز به پیگیری از سایر سازمانها نخواهد داشت.

❖ تاثیر پذیری از شرایط جغرافیائی و آب و هوا : شرایط جغرافیایی، ناهمواریهای سطح‌زمین، موانع طبیعی مثل کوهستانها و سایر موانع از قبیل ساختمانها و درختان

❖ امکان ارتباط نقطه به چند نقطه

❖ سرعت کانال برای ارسال داده

❖ سادگی تعمیر و نگهداری

❖ تاثیر پذیری از شرایط جغرافیایی و آب و هوا

❖ میزان شناخت فناوری

❖ حداکثر فاصله ارسال

❖ سهولت نصب و جابجایی

❖ سایر کاربردهای سیستم

❖ نرخ خطا در ارسال داده

❖ امنیت

ب- معیارهای غیر فنی (اقتصادی و اداری)

❖ هزینه نصب و راه‌اندازی سیستم

❖ هزینه خرید تجهیزات

❖ هزینه گسترش آینده

❖ هزینه جاری و آبونمان دوره‌ای و تعمیر و نگهداری

❖ درآمد زایی

❖ امکان مدیریت و کنترل مستقل توسط شرکت توزیع

❖ محدودیتهای قانونی از طرف سایر ارگان‌های دولتی

۵-۳-۱- معرفی معیارها

از آنجا که هرگونه تصمیم‌گیری توسط گروه آماری متخصص براساس تعریفی که از معیارها می‌شود، انجام می‌گیرد، لذا ارائه تعریفی کامل و روشن در مورد هرکدام می‌تواند در نتیجه‌ی نهایی اثر بهتری بگذارد.

در ادامه تعریف مختصری از معیارهای ذکر شده در بالا ارائه خواهد شد:

قابلیت توسعه : ارزیابی یک محیط مخابراتی از لحاظ قابلیت توسعه دارای اهمیت بسیاری است. با افزایش جمعیت و توسعه شهرها و افزایش مناطق تجاری و صنعتی، شبکه‌های برق روز به روز گسترده‌تر می‌شوند که بدنبال آن شبکه مخابراتی نیز نیاز به گسترش خواهد داشت. در ارتباطات نقطه به نقطه توسعه سیستم تا حد زیادی مشابه برپایی سیستم

بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق

ولی بعلت داشتن ظرفیت بالا می‌توان از آنها در کاربردها و موارد دیگری از صنعت برق استفاده کرد. روشهای رادیویی نیز مانند روش ترانکینگ، هم برای مکالمات سیار و هم برای مبادله داده شبکه توزیع برق بکار می‌روند. طرح سایر کاربردها برای یک سیستم می‌بایست همراه با توجیه اقتصادی سیستم و یا استفاده بهینه از ظرفیت کامل سیستم باشد.

❖ نرخ خطا در ارسال داده: طبق استاندارد ITU-R بخش 3-662 V. برای سیگنال باینری دیجیتال، نسبت تعداد بیت‌های خراب که به گیرنده رسیده است به کل تعداد بیت‌های دریافتی در بازه زمانی معین را، نرخ خطای بیت¹ BER می‌نامند. فیبرنوری از لحاظ وجود خطا بسیار مصون‌تر از سایر محیطهاست. لازم به ذکر است که اصولاً نرخ خطا به عوامل مختلفی مانند نوع کابل استفاده شده و نوع و برند تجهیزات اکتیو و پسیو استفاده شده در شبکه فیبر نوری بستگی دارد. در کل نرخ خطای در نظر گرفته شده برای فیبر بین 10^{-9} تا 10^{-10} است.² محیطهای رادیویی و DSL تقریباً نرخ خطای یکسانی را نشان می‌دهند و بطور متوسط نرخ خطای آنها 10^{-6} در نظر گرفته می‌شود.³ البته نرخ خطا در خطوط اجاره‌ای تلفن برای استفاده از DSL کمتر از این مقدار است و وضعیت مطلوبتری دارد.

❖ امنیت: شاید در شرایط عادی مسئله ایمنی برای مبادله اطلاعات تاسیسات توزیع برق چندان مهم نباشد. اما در بحث اتوماسیون توزیع، ایمنی بستر مخابراتی بسیار حائز اهمیت است. از لحاظ ایمنی در مقابل نفوذ به محیط مخابراتی، فیبرنوری از سایر روشها مطمئن‌تر است و محیطهای دیگر مثل DSL و رادیو تقریباً براحتی توسط سایرین قابل دسترس هستند. خطوط تلفنی که بمنظور استفاده از فناوری DSL بکار برده می‌شوند، از سطح

هستند. از این لحاظ محیط رادیویی بسیار تاثیرپذیر از شرایط اطراف است. به عنوان مثال تعیین محل مناسب برای رادیو با توجه به موانع انجام می‌گیرد. همچنین در شهرها، وجود ساختمان‌ها محل‌یابی مناسب را پیچیده‌تر می‌کند. برای فناوری‌هایی همچون DSL و فیبرنوری این شرایط تا حد زیادی مطرح نمی‌باشند.

❖ میزان شناخت فناوری: برخی روش‌ها مثل رادیو تاریخچه کاربرد نسبتاً طولانی در تاسیسات برق دارند. با این حال نمی‌توان خود را کاملاً وابسته به فناوری قدیمی کرد، در حالیکه روشهای جدید کارآیی‌های بیشتری می‌توانند داشته باشند. به عنوان مثال فیبرنوری و رادیو ترانک آنالوگ که اخیراً در صنعت برق مورد استفاده قرار گرفته‌اند روش‌های بسیار کارآمدی هستند و هم اکنون دانش لازم در مورد آنها بوجود آمده است. همچنین می‌توان به فناوری‌های WiMAX و رادیو ترانک دیجیتال به عنوان روش‌های مخابراتی نوین اشاره نمود.

حداکثر فاصله ارسال: در اینجا حداکثر فاصله ارسال دو مفهوم می‌تواند داشته باشد؛ یکی ارسال بدون تکرارکننده و دیگری با تکرارکننده. با اینکه بکارگیری چند تکرار کننده می‌تواند فاصله را چند برابر کند ولی بعلت ایجاد تضعیف یا طولانی کردن زمان ارسال، محدودیتهایی بوجود خواهد آورد. به عنوان مثال این معیار برتری مشهود فناوری فیبرنوری نسبت به دیگر بسترها است.

❖ سهولت نصب و جابجایی: هر یک از محیطها از نظر نصب مشکلاتی دارند. به عنوان مثال رادیو نیز با توجه اینکه نیاز به نصب دکل آنتن دارد (در برخی ایستگاهها) دارای نصب خیلی ساده ای نیست و برای جابه‌جایی شاید لازم به محل‌یابی مناسب باشد. DSL و فیبرنوری هم مشکلات خود را از لحاظ جابجایی و تغییر محل دارا هستند. باید توجه کرد مشکلات زیادی برای حفاری و نصب فیبرنوری در مناطق شهری وجود دارد.

سایر کاربردهای سیستم: برخی از بسترهای مخابراتی مانند فیبرنوری هر چند ممکن است هزینه بالاتری داشته باشند،

¹ - Bit Error Ratio

² - بر اساس استانداردهای ITU-T

G.821, G.826, G.828, G.8201

³ - استاندارد MPT 1327، TETRA V+D و TETRA PDO

۴-۵- جداول ارزیابی بسترهای مخابراتی :

پس از آنکه معیارها مشخص گردید، نوبت به امتیاز دهی و مقایسه‌ی بسترهای مخابراتی مختلف نسبت به معیاری خاص می‌رسد. در این راستا برای هر معیار جدولی به مانند جدول شماره ۱ تهیه می‌گردد و این جدول در اختیار گروه آماری از متخصصان و محققان و صاحبان تجربه در این زمینه گذاشته می‌شود تا هر کدام طبق جدول شماره ۲ به امتیاز دهی و وزن‌دهی بپردازند.

پس از وزن‌دهی به بسترهای مخابراتی نسبت به هم و یک معیار خاص نوبت به وزن‌دهی و مقایسه‌ی خود معیارها با هم می‌رسد تا مشخص شود هر کدام از معیارها چقدر برای ما ارزش دارد. برای این کار جدولی مانند جدول شماره ۳ طراحی و در اختیار همان گروه آماری قبلی قرار می‌گیرد تا طبق جدول شماره ۲ به وزن دهی بپردازند. پس از این امتیازدهی‌ها نوبت به محاسبات ریاضی می‌رسد. برای تمام جداول باید عدد موجود در هر ستون را بر مجموع آن ستون تقسیم کرد و سپس میانگین هر سطر در جدول را محاسبه کرد. با این کار برای هر کدام از بسترهای مخابراتی نسبت به آن معیار خاص یک عدد حاصل می‌شود که این عدد را در عدد حاصله از انجام همین عملیات درمورد جدول معیارها (جدول شماره ۳) ضرب می‌کنیم. سپس برای هر بستر مخابراتی نسبت به معیارهای مختلف یک عدد را داریم که مجموع این اعداد وزن نهایی آن بستر را مشخص می‌کند. و این وزن نهایی مبنای تصمیم‌گیری نهایی در خصوص بستر منتخب برای اتوماسیون پست‌های توزیع خواهد بود.

نکاتی که باید به آنها توجه بسیار کرد استراتژی کلی مدیران مسئول در این کار است. به عنوان مثال اگر هدف کلی این باشد که هزینه‌های سالانه و دوره‌ای بستر مخابراتی کمینه باشد و در عوض سرمایه اولیه محدودیتی نداشته باشد؛ در امتیاز دهی تاثیر بسیار زیادی می‌گذارد و بسترهای مخابراتی که آبونمان دوره‌ای ندارند امتیاز کمتری را در نهایت به خود اختصاص می‌دهند. اما در صورتی که استراتژی مبتنی بر سرمایه‌گذاری اولیه و در عوض کاهش هزینه‌های دوره‌ای

امنیت بسیار پایینی برخوردار هستند. تداخل از جانب سایر فرستنده‌ها نیز ممکن است تا حدی به مشکل عدم ایمنی تعبیر شود که در روش رادیویی بسیار مشکل‌زا و در فیبرنوری در حداقل زبان خود می‌باشد.

❖ هزینه نصب و راه اندازی سیستم : منظور هزینه‌های شامل تدارک نفرات ماهر برای نصب تجهیزات فیزیکی و جابجایی تجهیزات تا مناطق مربوطه و همچنین نصب سامانه‌های نرم‌افزاری مراکز کنترل است.^۱

هزینه خرید تجهیزات : هزینه تجهیزات شامل خرید تجهیزات و قطعات و لوازم اصلی و جانبی و همچنین قطعات یدکی تجهیزات سخت افزاری و نرم افزاری می‌باشد. لازم به ذکر است در جدول وزن دهی هر چه که هزینه‌ها کمتر باشد امتیاز بالاتری به آن گزینه داده می‌شود.

❖ هزینه جاری و آبونمان دوره ای و تعمیر و نگهداری: هزینه‌های دوره‌ای مربوط به خطوط اجاره‌ای از شرکت‌های مخابراتی و همچنین هزینه‌ی فرکانس که باید به صورت دوره‌ای به نهادهای مربوطه پرداخت گردد، می‌باشد.^۲

❖ امکان مدیریت و کنترل مستقل توسط شرکت توزیع : محیط‌های مخابراتی مثل رادیو ترانک، UHF و فیبرنوری از این لحاظ تا حدی زیادی مستقل هستند. درحالیه بستر DSL بسیار وابسته به شرکت مخابرات می‌باشد. طوری که انجام هر گونه تغییرات در این سیستم وابسته به سازمانی غیر از شرکت برق خواهد بود.

محدودیت‌های قانونی از طرف سایر ارگانهای دولتی : مطرح کردن سیستم‌های جدید و اخذ مجوز فرکانس برای سیستم‌های رادیویی از شرکت مخابرات توام با مشکلاتی خواهد بود و نیاز به زمان خواهد داشت. در مورد فیبر نوری و تلفن همگانی نیز ممکن است نیاز به اخذ اجازه از شهرداری برای حفر کانال یا نصب پایه در نقاط شهری باشد.

^۱ - لازم به ذکر است در جدول وزن‌دهی هر چه که هزینه‌ها کمتر باشد

امتیاز بالاتری به آن گزینه داده می‌شود.

^۲ - توضیح زیر نویسنده قبل

بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق

درجه اهمیت	تعریف
۱	اهمیت مساوی یکی نسبت به دیگری
۳	اهمیت ضعیف یکی نسبت به دیگری
۵	اهمیت زیاد یکی نسبت به دیگری
۷	اهمیت مشهود و قابل ملاحظه یکی نسبت به دیگری
۹	اهمیت کامل و مطلق یکی نسبت به دیگری
۲، ۴، ۶، ۸	تعاریف میانی بین تعاریف بالا

جدول ۲ - تعریف وزن‌های تخصیص داده شده در مقایسه

معیار ۱	1	1/a	1/b	1/c
معیار ۲	a	1	1/d	1/e
معیار ۳	b	d	1	1/f
...	c	e	f	1
	معیار ۱	معیار ۲	معیار ۳	...
معیار فنی یا معیار اقتصادی و اداری				

جدول ۳ - مقایسه معیارهای مختلف نسبت به یک معیار

بالادستی خود

۷- مراجع

- 1- IESO Smart Grid Presentation, capgemini, 2008
- 2- IRED, Distribution Utility telecommunication interfaces
- 3- protocols and architectures, final Report of the CIRED working group 2003.

باشد، بسترهایی که دارای آبونمان هستند امتیازهای بالاتری را به خود اختصاص می‌دهند.

۶- نتیجه گیری :

پایه سازی سیستم‌های اتوماسیون توزیع یکی از مهمترین گامها در جهت اصلاح الگوی مصرف و رسیدن به شبکه‌ی هوشمند است و به منظور رسیدن به بیشینه‌ی قابلیت‌ها، پایه‌سازی یک بستر مخابراتی کارآمد بسیار حائز اهمیت است.

برای انتخاب بستر مخابراتی نکات و معیارهای فراوانی را باید در نظر گرفت که بعضاً قابل جمع شدن با هم نیستند. در همین راستا استفاده از یک چهارچوب مشخص برای انتخاب بستر مخابراتی بسیار مهم و کارساز است. طرح ارائه شده در این مقاله می‌تواند برای انتخاب بستر مخابراتی در دیگر زمینه‌های شبکه‌ی هوشمند نیز استفاده شود. باید توجه کرد معیارهای ذکر شده در این مقاله قابل گسترش به معیارهای دیگر هستند و در این روش هیچ محدودیتی وجود ندارد. همچنین روش محاسباتی که در این مقاله ارائه شده است براساس میانگین‌گیری است و می‌توان آنرا به روش‌های دیگر تعمیم داد. باید توجه کرد، گروه آماری که کار وزندهی به جداول را برعهده دارند و نتیجه‌ی نهایی از مقایسه‌ی وزندهی‌های آنها حاصل می‌شود یکی از مهمترین قسمت‌های کار هستند و در صورت انتخاب افرادی کارآموده به نتایج بهتری خواهیم رسید. نکته‌ی آخر اینکه تعیین استراتژی کلی مدیریت و اعلام آن به متخصصانی که امتیازدهی می‌کنند بسیار مهم است.

بستر مخابراتی ۱	1	1/a	1/b	1/c
بستر مخابراتی ۲	a	1	1/d	1/e
بستر مخابراتی ۳	b	d	1	1/f
...	c	e	f	1
	بستر مخابراتی ۱	بستر مخابراتی ۲	بستر مخابراتی ۳	...
معیار ۱				

جدول ۱ - مقایسه بسترهای مخابراتی مختلف نسبت به یک

معیار خاص