

# فصل یک

شبکه هوشمند

Smart Grid

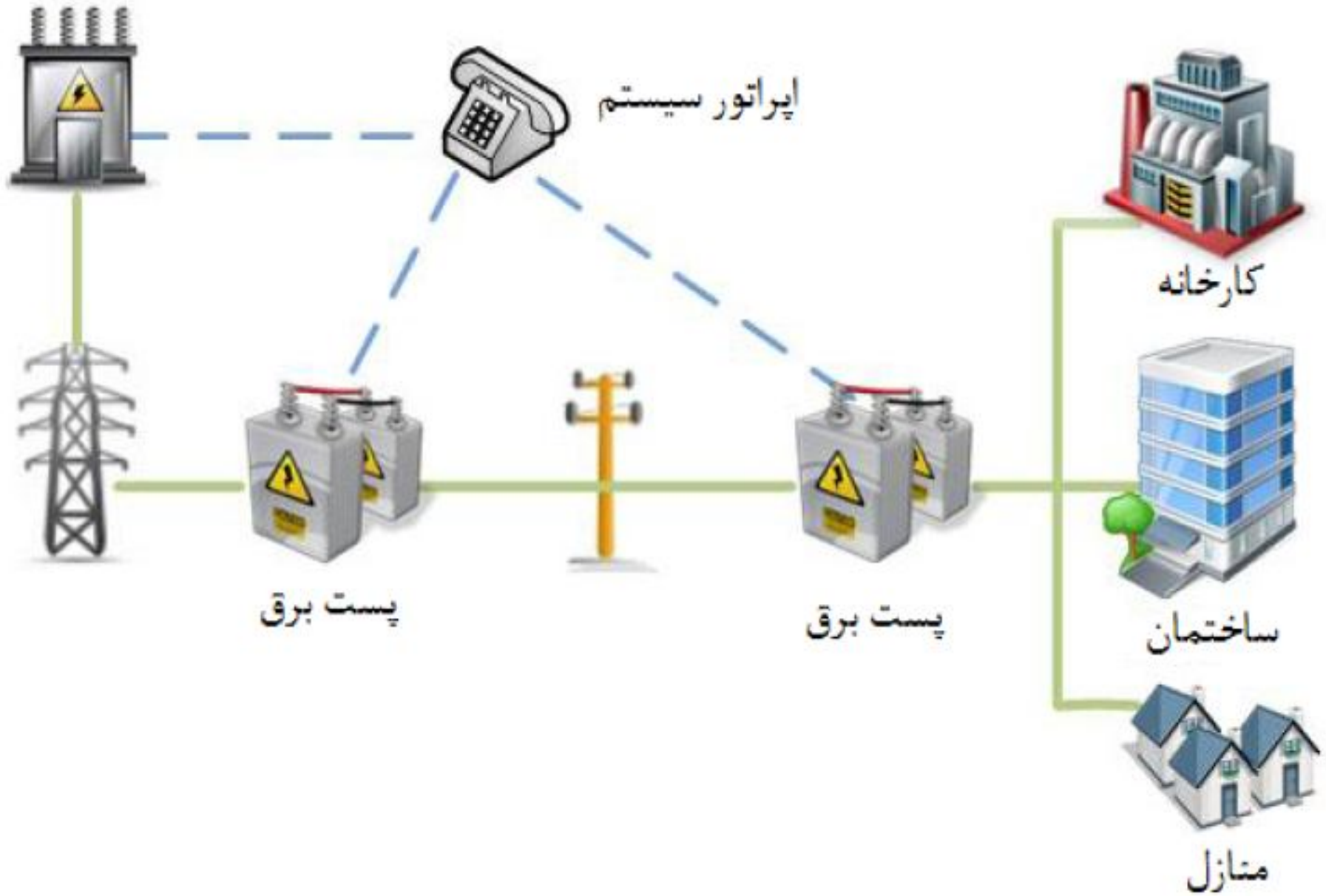
## مقدمه:

- شبکه های هوشمند و شهرهای هوشمند دو امر بسیار مهم برای تامین نیازهای انرژی در آینده هستند.
- برای رسیدن به راندمان انرژی بالاتر که اولویت ما است، لازم است با یکپارچه سازی نیروگاه های پراکنده متعدد یک منبع انرژی متمرکز ایجاد کنیم. جهت انجام موفقیت آمیز این امر، استفاده از تکنیک های خاص مانیتورینگ شبکه و نیز بهره برداری از نرم افزارهای کاربردی ویژه ضروری به نظر می رسد.
- همچنین، شبکه هوشمند اصطلاحی است که شامل جنبه های مختلفی از شبکه های مدرن انتقال و توزیع نیروی برق می باشد. این شبکه، یک شبکه مخابراتی گسترده است که با تولید انرژی، سیستمهای انتقال و شبکه های ریز و درشتی که در انتهای خط هستند، سر و کار دارد. بنابراین، یک شبکه سهل الوصول است که مسیرهای مختلفی برای نیل به اهداف متصور در آن وجود دارد.
- هرگاه امنیت این شبکه به خطر بیافتد کل اجزای این شبکه در معرض آسی بیپذیری قرار می گیرند. در ادامه ضمن معرفی تمامی اجزای این شبکه به بیان جایگاه و نقش حساس آن در سیستم های نوین مدیریت انرژی می پردازیم.

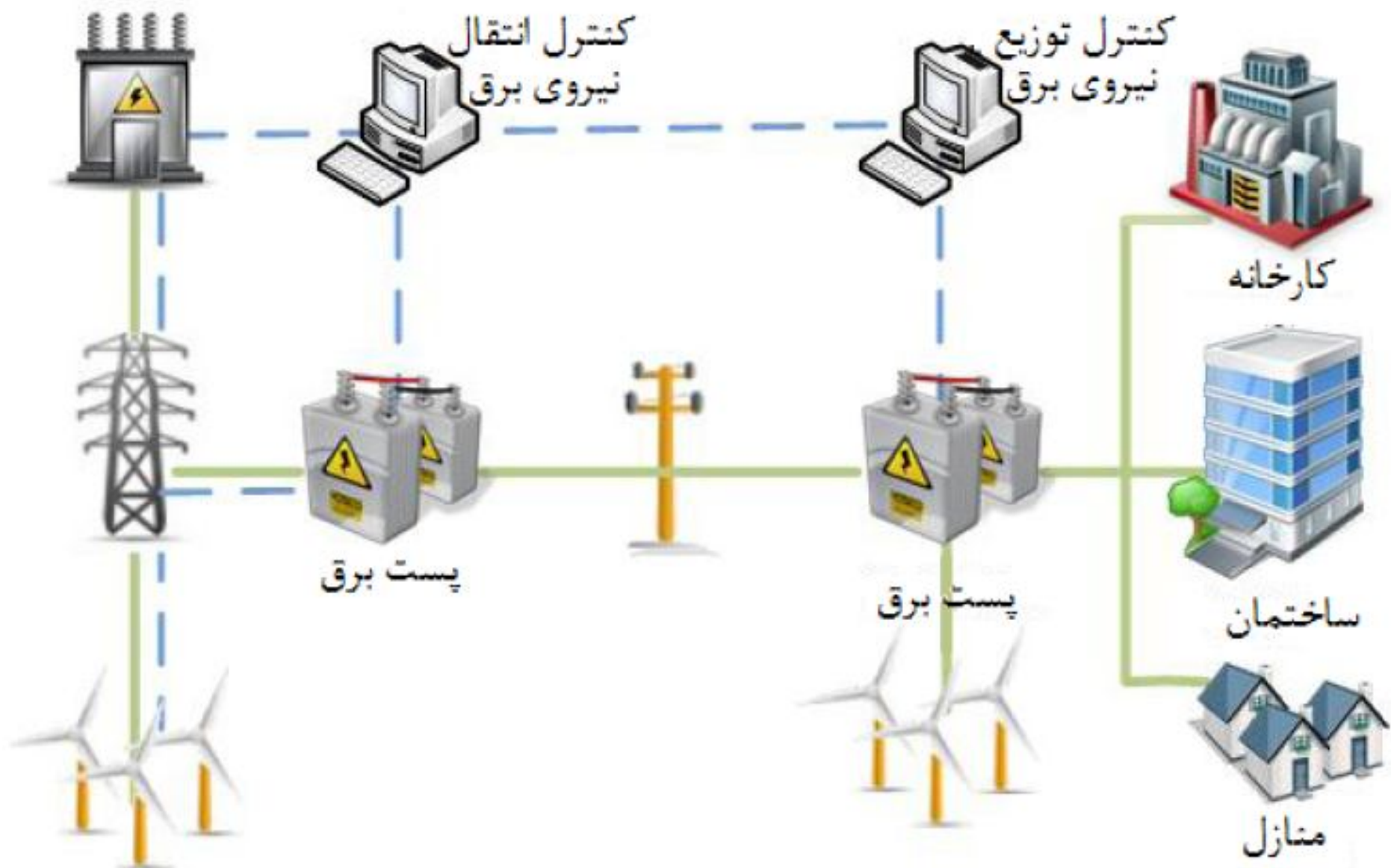
# تعريف شبکه هوشمند:

- شبکه هوشمند يك شبکه برق بروز شده است که ارتباط دوطرفه اي بين توليد کننده و مصرف کننده انرژی، کنترلهای هوشمند و سیستم های مانیتورینگ به آن اضافه شده است. شبکه هوشمند، شبکه اي برقي هست که به صورت کارآمد بر عملکرد کلیه کاربران این شبکه شامل مولدها، مصرف کننده ها و سیستم های تولید و مصرف نظارت می کند تا از راندمان اقتصادی بالا، پایداری شبکه قدرت با کمترین تلفات و بالاترین کیفیت و امنیت و راحتی تولید انرژی اطمینان یابد.
- به عبارتی دیگر، شبکه هوشمند شبکه اي است که از تکنولوژی دیجیتال برای افزایش قابلیت اطمینان، امنیت و بازده سیستم های برقي استفاده می کند. این کار به وسیله تبادل اطلاعات، مولدهای پراکنده و منابع ذخیره ساز انرژی امکان پذیر است.
- شبکه هوشمند بر ارتقای شبکه برق در قرن 21 دلالت دارد و تکنولوژی مخابراتی و اطلاعات در آن از بیشترین اهمیت برخوردار است به عنوان مثال کنترل از راه دور مبتنی بر کامپیوتر، پردازش و مانیتورینگ، اتوماسیون صنعتی، ارتباط دوطرفه بين تولیدکننده و مصرف کننده و کنترلهای هوشمند، ... از لوازم آن است. رسیدن به يك راندمان، پایداری، کیفیت، قابلیت اطمینان و امنیت مطلوب و به همان میزان مدیریت تولید پراکنده، ذخیره سازی انرژی و تجمع تولید انرژی و مصرف مشترکین از این سیستم انتظار می رود.

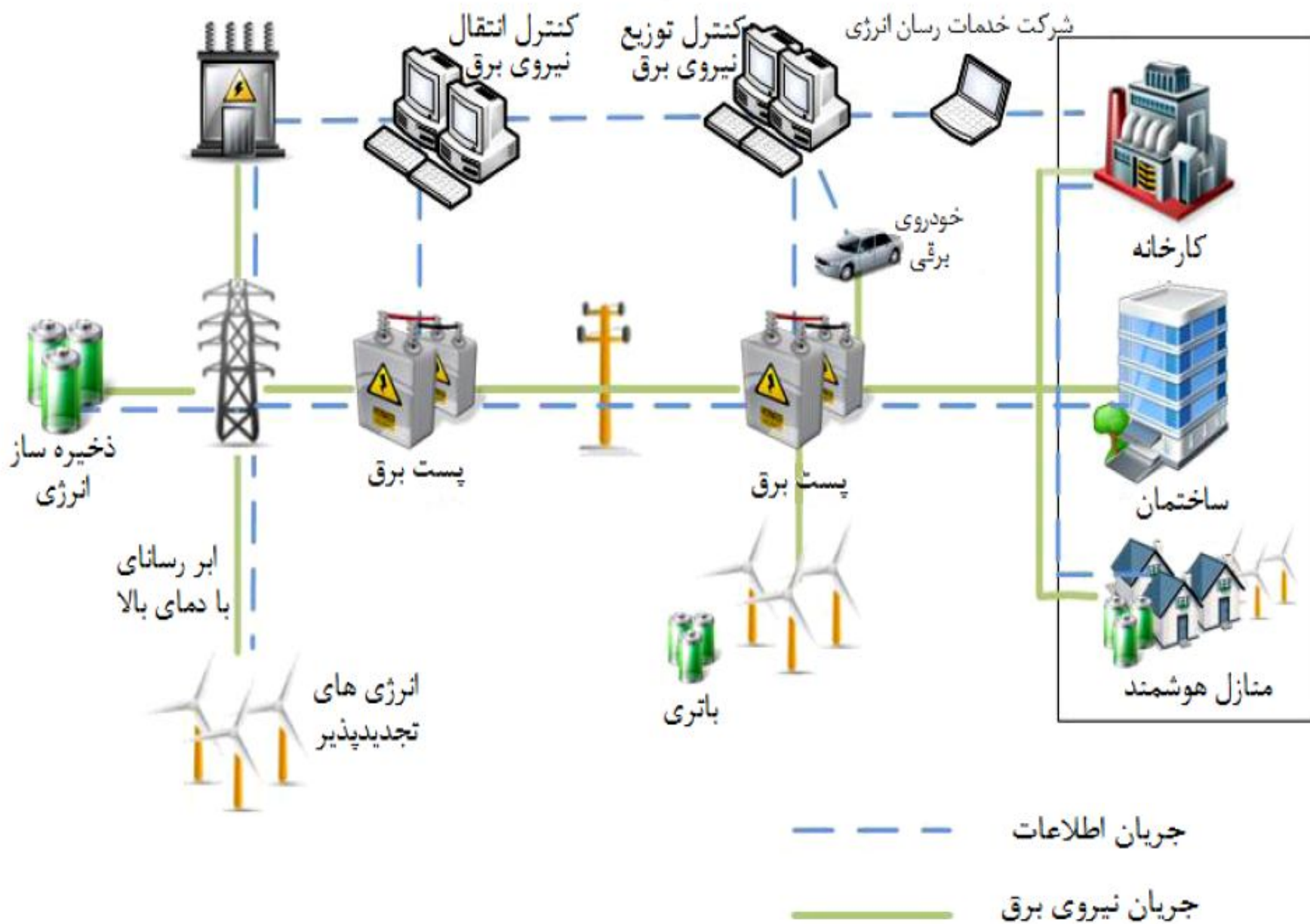
# صنعت برق در گذشته



# صنعت برق در زمان حال



# صنعت برق در آینده



# اهداف شبکه هوشمند:

- این مساله در تمام موارد تولید، فراهم نمودن کیفیت توان مناسب، راندمان، امنیت و قابلیت اطمینان و ایجاد فرصت های جدید برای خدمات نو در بازار برق نمود دارد. تفاوت اصلی این است که اروپا با اهداف استراتژیک کاهش اثرات زیست محیطی تمام نیروگا های برق به دنبال شبکه هوشمند رفته و آمریکا نگران افزایش راندمان تولید و بهین سازی بهره برداری از انرژی الکتریکی بوده است. با وجود این حقیقت که آمریکا نگران اثرات زیست محیطی سیستم های تولید برق بعنوان اولین هدف نیست ولی ملاحظه می شود که این امر بخودی خود در رتبه بعدی محقق خواهد شد.
- جدول زیر به مقایسه بهتری از این موضوع می پردازد.

اروپا	آمریکا	دسته بندی
<p>بهبتر نمودن سهولت اتصال و عملکرد ژنراتورها در تمامی ابعاد و با تکنولوژی‌های مختلف</p>	<p>اصلاح نمودن انواع روش‌های تولید و گزینه‌های ذخیره‌سازی برق</p>	<p>بهبود تولید و ذخیره‌سازی انرژی</p>
<p>اجازه دادن به مصرف کنندگان برای ایفای نقش بهینه‌سازی در بهره برداری از سیستم</p>	<p>امکان آگاهی رساندن به مصرف کنندگان جهت مشارکت بیشتر</p>	<p>جلب بیشتر مشارکت مردمی</p>
<p>کاهش چشمگیر اثرات زیست محیطی یک سیستم نیروگاهی کامل</p>	<p>نظری ندارد</p>	<p>کاهش الاینده‌های صنعتی</p>
<p>نظری ندارد</p>	<p>افزایش راندمان تولید و بهینه‌سازی بهره برداری</p>	<p>بهره‌وری انرژی</p>



<p>پشتیبانی یا حتی ارتقاء سطح فعلی قابلیت اطمینان، کیفیت و امنیت انرژی</p>	<p>فراهم نمودن کیفیت توان برای همه احتیاجات مقاومت در برابر اختلالات، حملات و بلایای طبیعی</p>	<p>بهبود کیفیت و پایداری شبکه برق</p>
<p>حفظ و بهبود راندمان تاسیسات فعلی</p>	<p>کمک به رشد و توسعه محصولات، خدمات و بازارهای جدید</p>	<p>ایجاد فضای کسب و کار و افزایش خصوصی سازی</p>
<p>ایجاد بازار برق یکپارچه از بازار برق های مختلف موجود در اروپا</p>		

- اتحادیه اروپا در حال گسترش استفاده از ریزشبکه ها بعنوان يك راهکار برای افزایش قابلیت اطمینان شبکه برق می باشد. ریزشبکه ها می توانند در مواقع اضطراری نظیر قطع برق گسترده به سرویس دهی خود توسط جزیره ای شدن ادامه دهند در عین حال وابستگی خود را به مولدهای عظیم برق و شبکه برق استانی یا کشوری کاهش دهند. از سویی دیگر، آمریکا روی فناوریهای جدید شامل سنسورها، اتوماسیون و مانیتورینگ شبکه متمرکز شده که قابلیت اطمینان را افزایش می دهد.

## معماری شبکه هوشمند :

- پذیرش شبکه های هوشمند باعث بعضی تغییرات نگران کننده در شبکه فعلی برق خواهد شد. سرویس های سنتی انرژی و بازارهای برق، دستخوش تغییر شکل عمده ای خواهند شد. براین اساس، اینکه مشترکین انرژی در یک زمان، هم يك مصرف کننده بهینه باشند و هم يك تولید کننده برق، کمی رویا پردازانه خواهد بود.

● الزامات سطح بالا برای شبکه هوشمند در هفت حوزه مهم بیان شده است که عبارت هستند از:

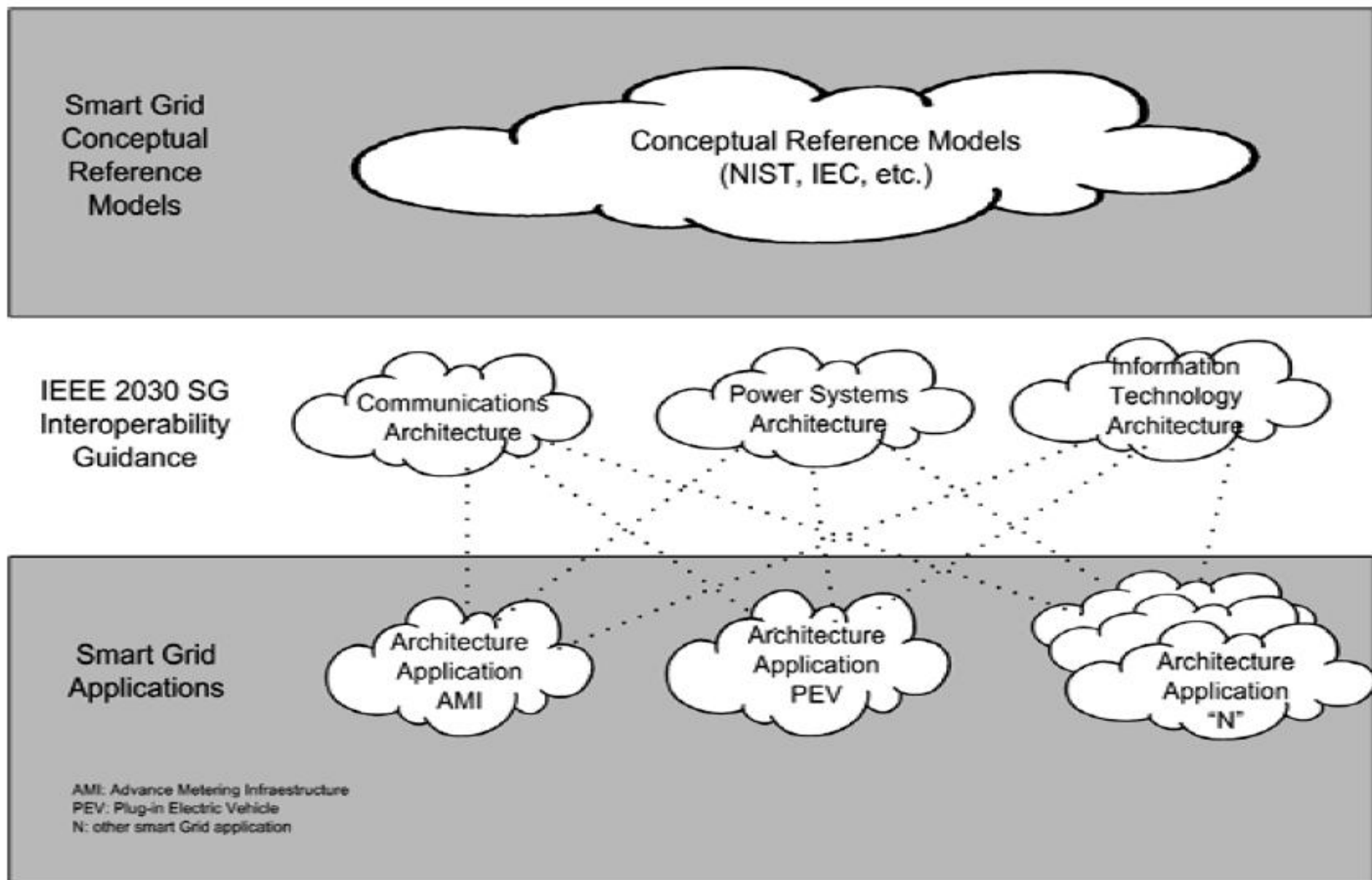
- تولید و نیروگاه
- انتقال
- توزیع
- مصرف کنندگان
- متصدیان
- بازار
- شرکت های خدمات رسان

- این مساله به ذینفعان کمک می کند تا ساختار آنها به انتها از تولید تا مصرف را در یک سیستم هوشمند درک کنند. بعلاوه می تواند تمامی ارتباطات و جریان برق/انرژی و ارتباط های داخلی آنها با یکدیگر در هر حوزه را نشان دهد. افزون بر آن هر حوزه تحلیل های خاص خود را دارد و مهمترین عناصر شبکه هوشمند و ارتباطات بین آنها تعریف شده است.
- انجمن IEEE پروژه IEEE- P2030 را شروع کرده است. بر این اساس استاندارد IEEE-2030-2011 تعریف شده است.
- این استاندارد شبکه هوشمند را یک شبکه بزرگ می داند که شامل سیستم های متعددی است و راهبري لازم براي ارتباط مسيرهاي مختلف طراحي شبکه هوشمند شامل تمام EPSها، بارها و نرم افزارهاي کاربردي مصرف کننده نهايي را فراهم می کند.
- این راهنما هر حوزه را که در معماری مفهومی سند مرجع به سه لایه زیربنایی شبکه هوشمند بسط می دهد.

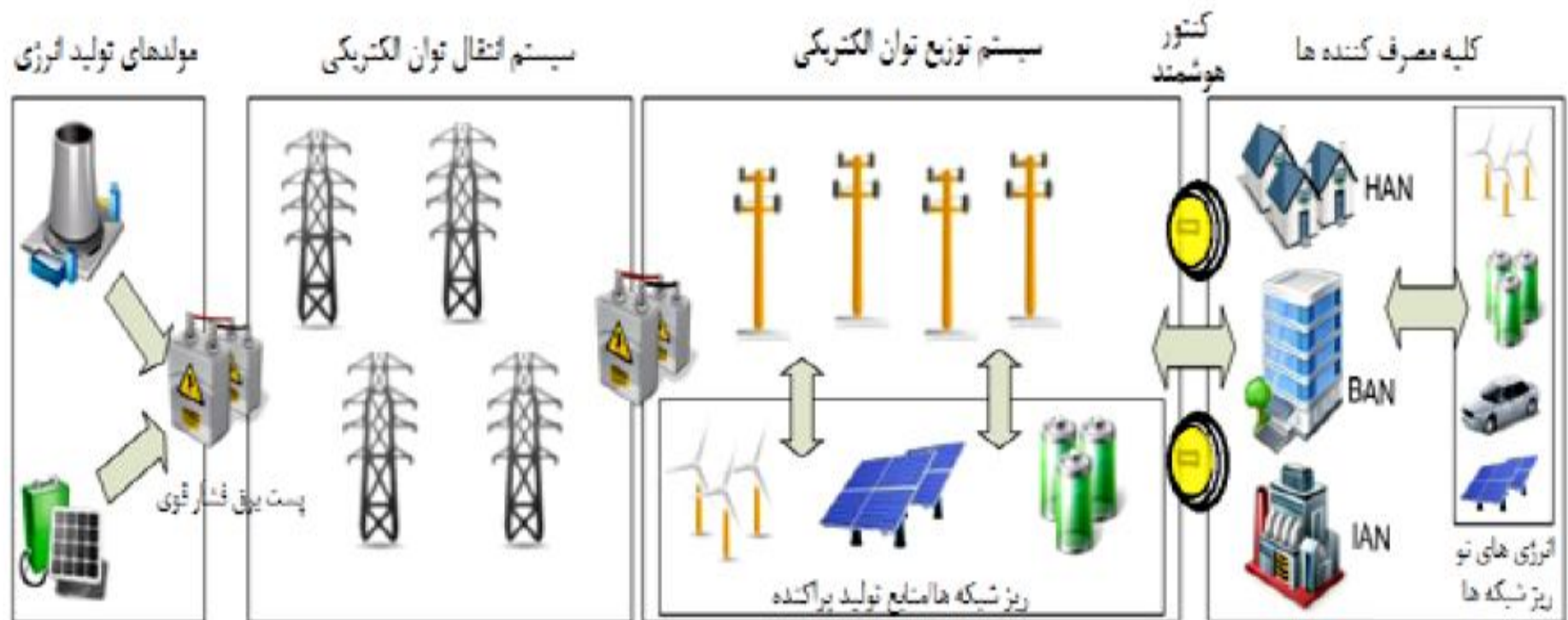
1- لایه انرژی و توان

2- لایه مخابراتی

3- لایه کامپیوتر و فناوری اطلاعات



طرح فوق براساس استاندارد IEEE 2030 است.



قلمروهای انتقال توان در یک شبکه هوشمند

# تولید برق در شبکه هوشمند:

- سال های آغازین قرن بیست و یک شاهد تاکید تازه ای بر استفاده از انرژی های نو جهت تولید برق بود. این منابع انرژی در سطح بسیار گسترده ای پراکنده اند و نیاز است که در شبکه برق امروزی به صورت بهینه جای داده شوند، یعنی به صورت مکمل، در کنار منابع نیروگا های فسیلی، انرژی هسته ای و ... بگیرند.
- شبکه های هوشمند، مانند مفهوم تولید پراکنده توانایی جمع انرژی های تجدیدپذیر سنتی را دارند. هرکدام از این منابع، قسمتی از شبکه گسترده برق را به صورت زیر تغذیه می کنند:
- مولدهای نیروگاهی به سطوح بالای شبکه انتقال برق متصل می شوند مانند نیروگاه اتمی
- مولدهای مقیاس متوسط به سطح شبکه توزیع برق متصل می شوند مانند نیروگاه CHP یا مزارع بادی
- مولدهای مقیاس کوچک به ساختمان های تجاری یا خانگی متصل می شوند مانند پانلهای خورشیدی و توربین های بادی

- نیروگاه های عمده، برق را از طریق منابع انرژی تجدیدپذیر یا ... در مقیاس وسیع تولید می کنند. از منابع تجدیدپذیر می توان، منابع متغیری مانند خورشید و باد و یا منابع ثابت مانند آب، زیست توده، زمین گرمایی و پمپ ذخیره آب را نام برد. از منابع غیرتجدیدپذیر ثابت، می توان انرژی مثل هسته ای ذغال سنگ و گاز را نام برد.
- شبکه هوشمند در برابر با تاسیسات نیروگاهی عظیم، می تواند خود را با مفاهیم تولید پراکنده تطبیق دهد و آنجا که منابع انرژی زیادی در مقیاس کوچک (که اصطلاحاً منابع تولید پراکنده نامیده می شوند) وجود دارند، می توانند در طول مسیر انتقال، توزیع و حوزه مشترکین پخش شود.
- در بسیاری از مواقع، تولید پراکنده ایجاب می کند که برق در محل نزدیک مصرف تولید شود که بدین ترتیب به میزان زیادی از تلفات انتقال و نیز حجم و تعداد خطوط برق کاسته می شود. نمونه هایی از منابع انرژی پراکنده شامل، پانل های خورشیدی روی سقف ساختمانها، توربین های بادی کوچک، پیل سوختی و نیروگاه های مقیاس کوچک CHP است.
- یک منبع بالقوه DER (Distributed Energy Resources) در آینده خودروهایی برقی خواهند بود.



- شبکه های هوشمند از گستره پیاد هسازي بزرگتري که شامل انواع تکنولوژ يهاي توليد است بوسيله اپراتورهاي با سيستم اطلاعاتي بلادرنگ که آنها را قادر مي کند تا توليد، تقاضا و کيفيت را همزمان مدیریت کند، پشتیباني مي کند.

## ● شبکه انتقال نيروي برق :

- انتقال برق يعني انتقال مقادير عظيم نيروي برق از محل توليد آن در نيروگاه به شبکه توزيع از میان پست هاي اصلي و فرعي برق که نوعا توسط سيستم TSO (Transmission System Operators) اداره مي شود.
- نقش اصلي TSO اين است که پشتیبان پايداري شبکه برق از طريق ايجاد تعادل بين توليد و مصرف توسط شبکه انتقال برق باشد.
- در شبکه هاي برق امروزي بوسيله سيستم هاي اتوماسيون قوي، توليد، انتقال و زیربخشهاي انتقال عملکرد بسيار خوبي را از خود نشان مي دهند.
- اين امر با نصب واحدهاي پایانه راه دور (Remote Terminal Unit) RTU و ساير ابزارهاي کنترلي ديگر در پست هاي برق و تاسيسات نيروگاهي که به سيستم کنترلي توزيع برق يا سيستم EMS يا SCADA متمرکز متصل شده اند، انجام مي شود.

## ● شبکه توزیع نیروی برق:

- شبکه توزیع نیروی برق حامل برق، دریافتی از شبکه انتقال است. در عین حال، برق بعضی از ژنراتورهای مربوط به کاربران صنعتی، تجاری و خانگی نیز به شبکه توزیع تزریق می شود. شبکه توزیع یک رابط الکتریکی بین حوزه انتقال، حوزه مشترکین و نقاط اندازه گیری جهت محاسبه میزان مصرف، باتری های پراکنده و تولید پراکنده است.
- **مشترکین:**

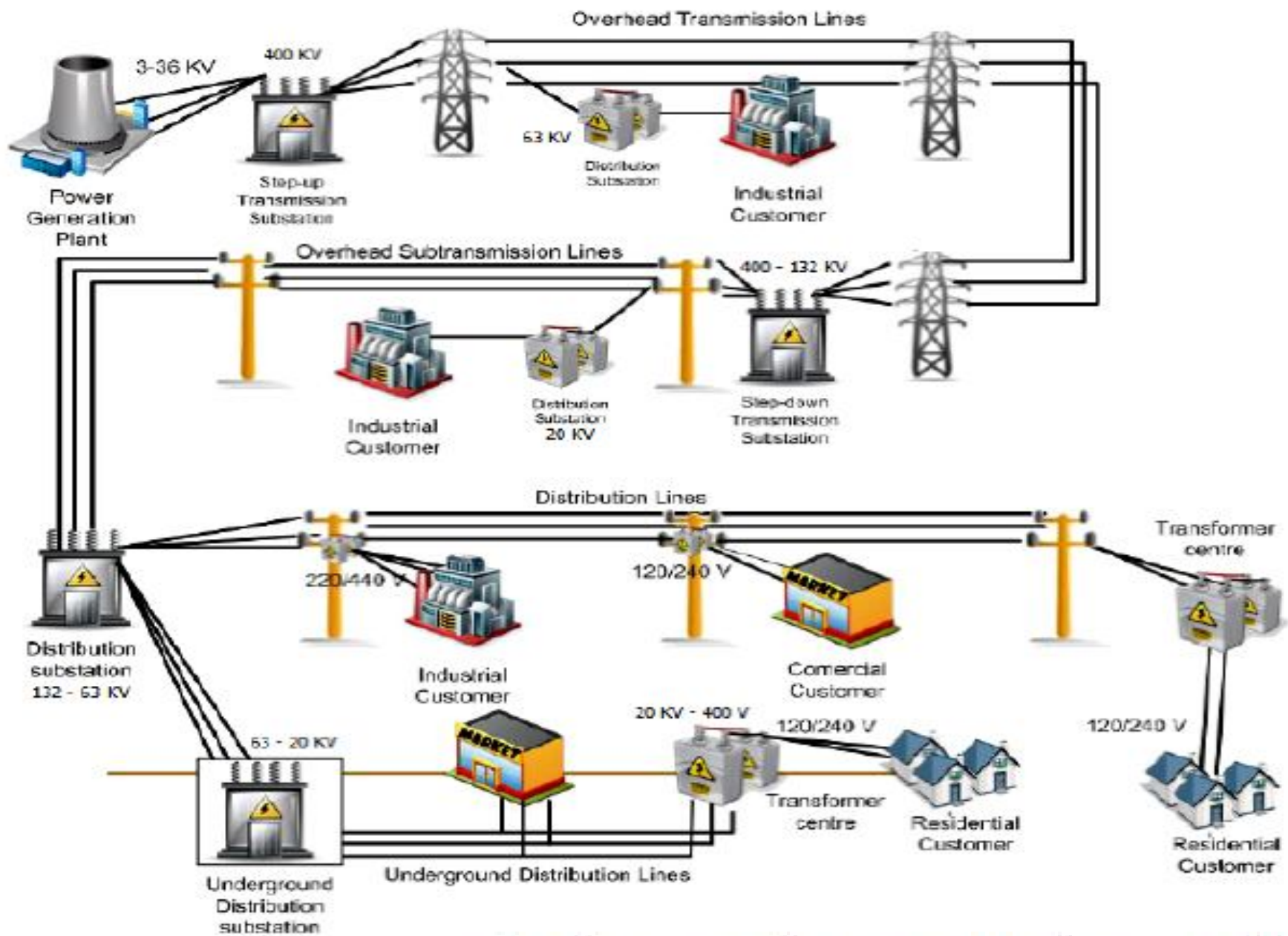
- شبکه هوشمند تلفیقی از چند مفهوم، فناوری و تلاش های کاربرانی است که می خواهند شبکه برق را از دل گذشته به قرن 21 بیاورند. هرچندکه، شبکه هوشمند بدون افزایش سطح مکانیزه شدن مدیریت انرژی در هر خانوار، ساختمان و صنعت قابل درک نخواهد بود. این یکی از دلایلی است که نشان می دهد چرا مرز بین شبکه هوشمند و شهرهای هوشمند، صنعت هوشمند، ساختمان های هوشمند و خانه های هوشمند نامشخص است.

## ● بازار برق:

- بازار برق تمام گزینه های مربوط به خرید و فروش انرژی الکتریکی را دربر می گیرد که شامل تمام ذینفعان از قبیل اصحاب تولید، تجار، بخش های مسئول تعادل شبکه، وصول مطالبات و مامورین تبدیل انرژی می شود. برای تاثیر گذاشتن بر میزان تولید و مصرف محلی باید قلمرو بازار با قلمرو توزیع مرتبط باشد که باعث می شود.
- برای این منظور، شبکه هوشمند قادر خواهد بود، سیگنال مربوط به منابع انرژی توزیع شده و قیمت آن را به مشترکین زیرمجموعه خود مخابره کند، قوانین بازار را تسهیل کند و مدیریت بهتری برای رشد بازار عمده فروشی و خرده فروشی انرژی و توسعه مکانیسم های مخابراتی برای قیمت ها و رفتار بار در شبکه و بین بازار و مشترکین فراهم کند. با آزاد کردن بخش انرژی و غیردولتی نمودن آن به همراه شبکه توزیع برق هوشمند، خانه و صنعت هوشمند بازار انعطاف زیادی پیدا می کند. مشترکین تمایل به داشتن گزینه های بیشتر مانند توانایی انتخاب بهترین فروشنده برق را دارند. بازار بوسیله فراهم کردن مشوق ها با آخرین قیمت عرضه انرژی نقش مهمی را ایفا می کند مثلا هنگامی که ناگهان بادی شروع به وزیدن کرد و انرژی بادی مهیا شد باید توسط بازار سریعاً قیم تگذاری شده و به شبکه تزریق شود. گذشته از اینها، موقعیت هایی نظیر تخمین بار و تعرفه گذاری تخمینی نیز مهیا می شود.

- کاربرد IT در شبکه های انتقال برق :

- همانطور که در بخش قبل مطرح شد، عوامل اصلی دخیل در انتقال برق عبارت هستند از خطوط قدرت، دکل های انتقال و پست های برق. پست های انتقال برق، تعداد دو یا بیشتری از خطوط انتقال را به هم وصل می کنند. بطور معمول، پست های انتقال شامل پست های بالادستی یا پایی ندستی هستند.

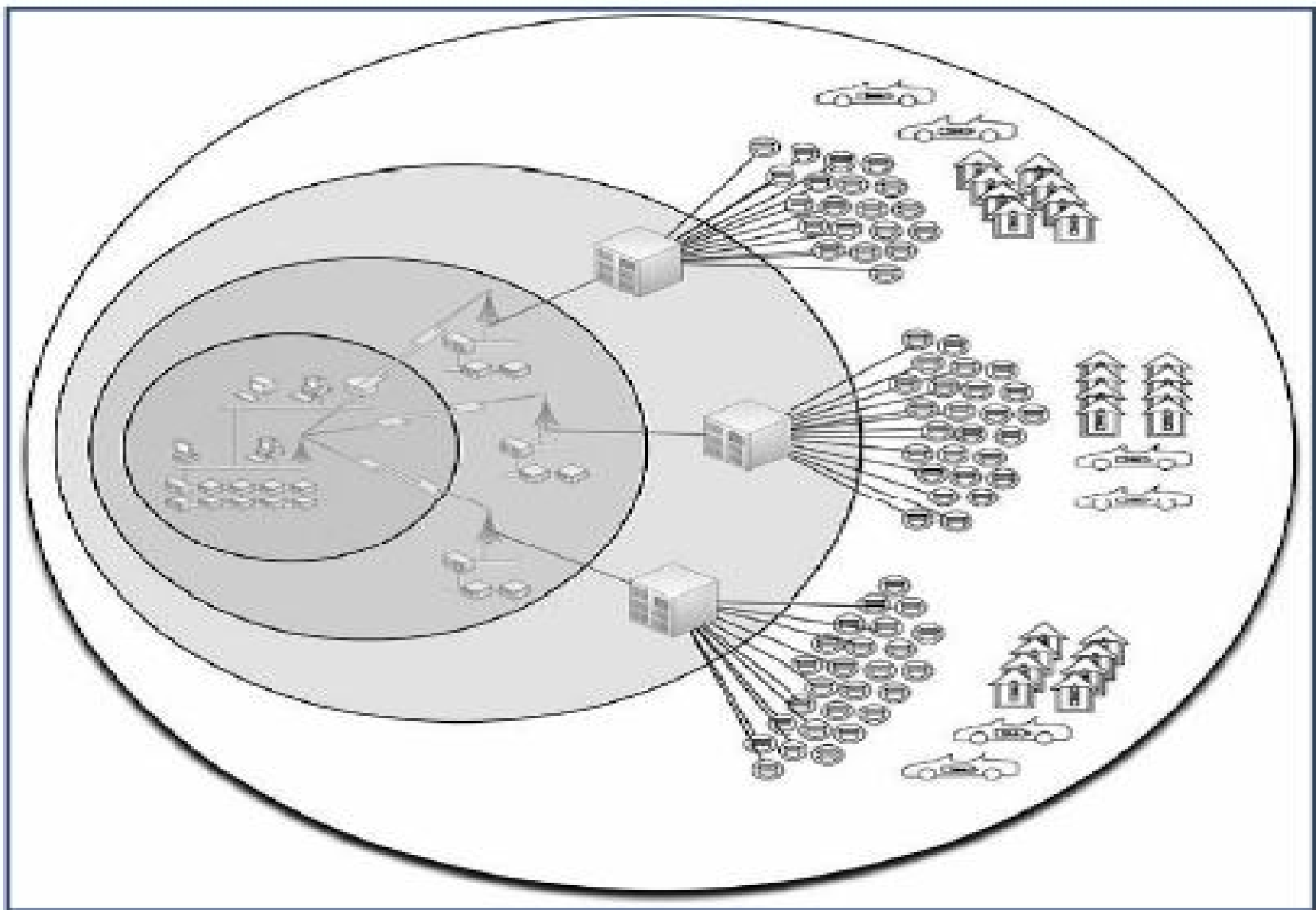


انواع پست‌های برق و مشترکین در شبکه قدرت

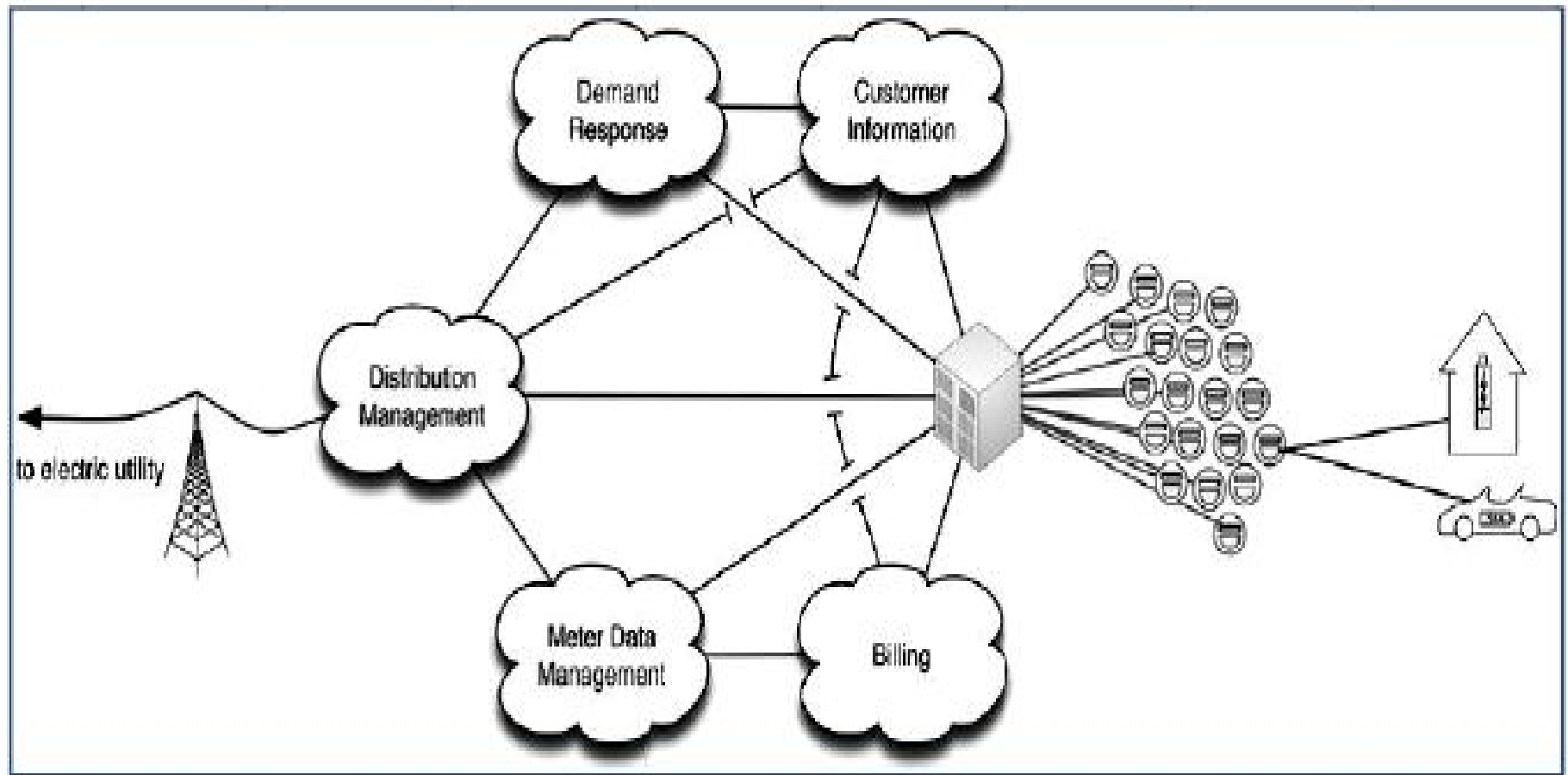
# اتوماسیون توزیع پیشرفته:

• برای رسیدن به تمام اهداف نیاز است تا نرم افزارهای کاربردی جدید و فناوری نو ایجاد و بکار گرفته شود. از جمله این نرم افزارهای کاربردی که هر کدام بخشی از انقلاب اتوماسیون توزیع هستند، می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- - FDIR (Fault Detection Isolation and Restoration)
- - TP (Topology Processor )
- - PF(Distribution Power Flow)
- - IVVC (Integrated Voltage/Var Control)
- - OFC (Optimal Feeder Configuration)
- - DCA(Distribution Contingency Analysis)
- - DSE (Distribution State Estimation)
- - DLF/DLE (Distribution Load Forecasting and Estimation)



افزایش سطح تهدیدات شبکه هوشمند که متناظر با گسترش زیرشبکه‌های آن است



اجزای مختلف موجود در پیاده‌سازی یک شبکه هوشمند نوعی

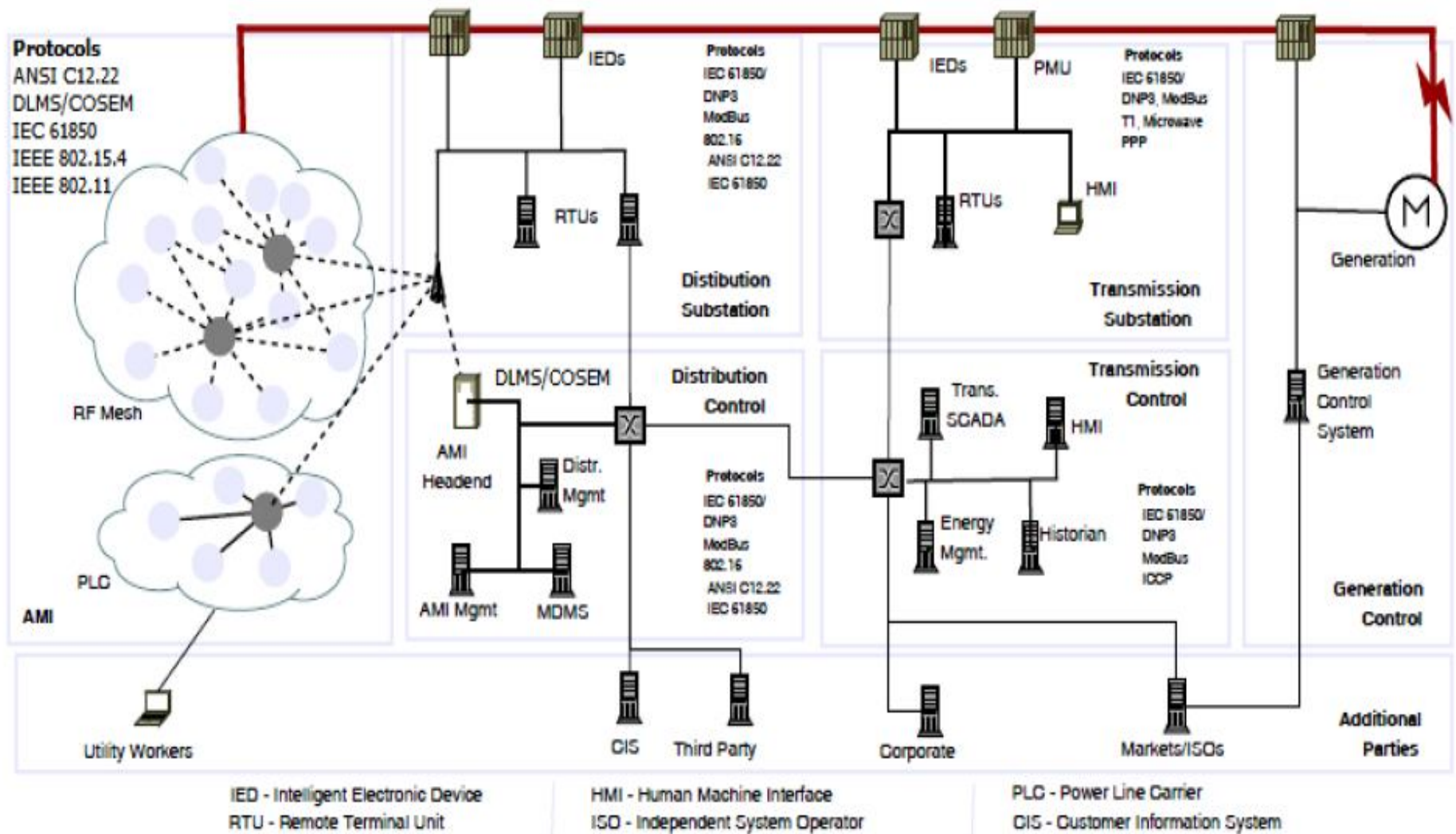


# معرفی فناوریهای مخابراتی :

- پروتکل ها و استانداردهای مخابراتی مربوط به لایه Application در شبکه هوشمند

<p align="center"><b>Smart Grid Application</b></p>	<p align="center">پروتکل‌ها و استانداردهای مرتبط با</p> <p align="center"><b>App. Level comm.</b></p>
<p align="center"><b>Horizontal protocols</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Management: Telnet, SSH, HTTP/HTTPS, SNMP</li> <li>• Time synchronization: SNTP, NTP, IEEE 15888</li> <li>• Redundancy: IEC 62439, RSTP, MRP, PRP, HSR, CRP, BRP</li> </ul>
<p align="center"><b>Advanced Metering and Energy Management Automation (HAN, BAN, IAN)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metering: DLMS/COSEM (IEC 62056), OpenHAN</li> <li>• Energy Management Automation:</li> </ul>

<p align="center"><b>Advanced Distribution Automation/Transmission Automation</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IEC 61850 (with MMS for client-server communications)</li> <li>• IEC 60870-5 (IEC 101, 104 and DNP3)</li> <li>• ZigBee/IEEE 802.15.4 Smart Energy (SE) application profile</li> <li>• IEC 62351 defines the security aspects of IEC 61850.</li> </ul>
<p align="center"><b>Distributed Energy Resources and Microgrids</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IEC 61850 (with the data model extension defined in IEC 61400 for windmills and of IEC 61850-7-420 for all the rest of distributed energy resources, and IEC 61850-7-410 for hydro power plants)</li> <li>• IEC 61850 is based on MMS (therefore IEC 62351 is also applicable here).</li> <li>• IEC 61400 can be based on OPC and Web Services.</li> </ul>
<p align="center"><b>Control Centers</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inter-control centre communication: IEC 60870-6 TASE. 1 and TASE. 2 variants.</li> <li>• Transmission control centers: IEC 61698-13 CIM RDF Model exchange format for distribution, IEC 61670-5xx series.</li> <li>• Distribution control centers: IEC 61670-452 CIM RDF Model exchange format for transmission.</li> </ul>



معماری مخابراتی شبکه هوشمند

پایان فصل یک