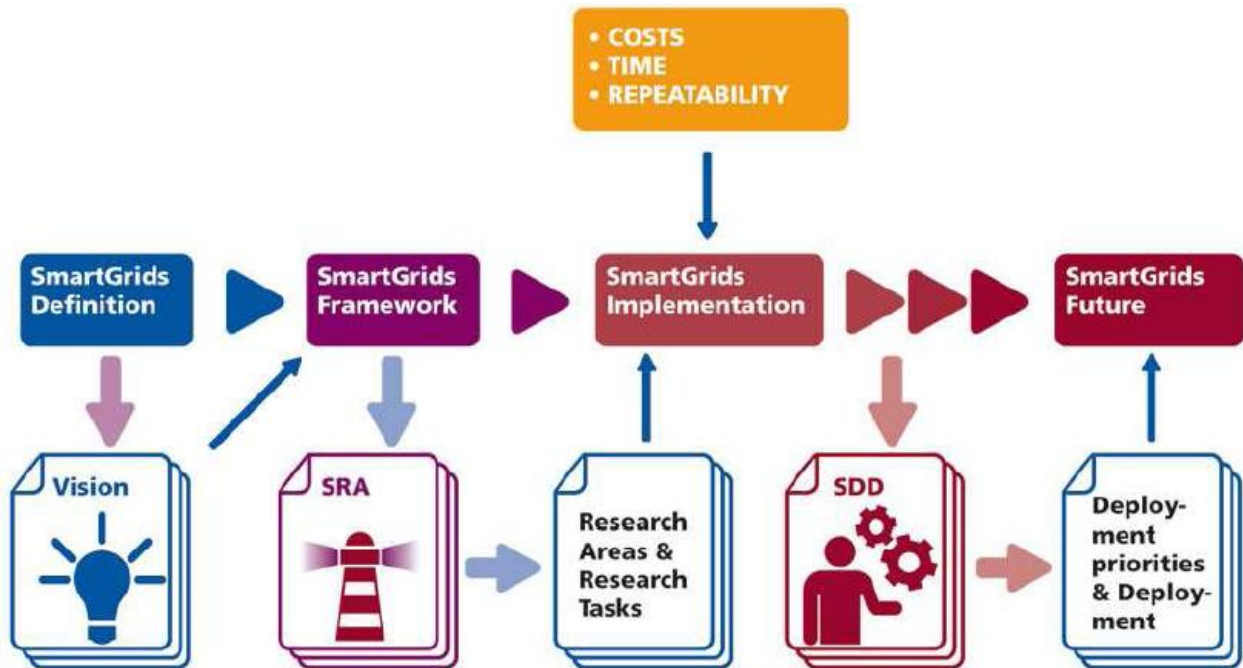


Teoría y Aplicación de la Informática 2

SmartGrids



Cinthia López

Agosto – 2009

Tabla de contenido

Introducción.....	3
¿Qué es SmartGrid?.....	4
Historia de las SmartGrids	6
Principales desafíos de las SmartGrid.....	8
Objetivos de la SmartGrid - La visión de la Unión Europea	9
Funciones de la SmartGrid.....	10
1. Autosanación.....	10
2. Motivar a los consumidores a participar activamente en la operación de las redes.	10
3. Resistencia a ataques	11
4. Proporcionar una mayor calidad en la provisión de energía, ahorrando el dinero desperdiciado por los cortes debido a sobrecargas.	11
5. Permitir el florecimiento de un Mercado más competitivo de electricidad.....	11
Funcionamiento de las SmartGrids.....	12
Tecnología Involucrada.....	14
Sistemas de Control: SCADA.....	14
<i>Prestaciones.</i>	15
Sensores.....	16
Figura III. SmartMeters	16
WAMS: Wide Area Monitoring System	16
Inteligencia Artificial	17
Estándar de comunicaciones:	17
Consideraciones Finales.....	18
Bibliografía.....	19
VIDEOS	19
Textos consultados	19
Anexos	21
Anexo 1: Diferencias entre un sistema distribuido y SCADA.....	21
Anexo 2: Comparativa entre el sistema de distribución de energía actual y SmartGrid.....	22

Introducción

“Electrical power is a little bit like the air you breathe: You don't really think about it until it is missing. Power is just "there," meeting your every need, constantly. It is only during a power failure, when you walk into a dark room and instinctively hit the useless light switch, that you realize how important power is in your daily life. You use it for heating, cooling, cooking, refrigeration, light, sound, computation, entertainment... Without it, life can get somewhat cumbersome (engorrosa)”¹.

Las Smart Grids no pueden ser definidas simplemente como una nueva tecnología, sino más bien como una nueva forma de pensar que lleva a utilizar la tecnología ya existente a fin de crear un nuevo sistema que permita el mejor aprovechamiento de los recursos energéticos, disminuyendo los costos de utilización de los tipos de energía y el impacto medioambiental producido con la generación de los mismos.

Las Smart Grid se han constituido alrededor del mundo en un fenómeno y un objeto de estudio, no solo en el campo tecnológico, sino también el social, económico, científico y político.

Numerosas empresas y gobiernos importantes apoyan este proyecto y lo consideran una forma de proteger el ambiente y solucionar problemas cada vez más evidentes como la sobrecarga de los sistemas de abastecimiento de energía actuales.

Este proyecto, como lo dicen miembros de la IEEE no es un fin, sino un camino que permitirá en el futuro la producción de una energía más limpia y su utilización eficiente en muchos otros proyectos que vendrán: automóviles eléctricos, utilización de paneles solares para la producción de energía, etc.

¹ Frase tomada de: <http://science.howstuffworks.com/power.htm>

¿Qué es SmartGrid?

SmartGrid, en principio es simplemente la mejora de los sistemas de distribución de energía eléctrica actuales que generalmente funciona distribuyendo la misma desde algunas centrales eléctricas a millones de usuarios. SmartGrid realiza una distribución más optimizada de esta energía permitiendo una mejor respuesta ante situaciones en que las centrales de distribución sean estresadas por el alto consumo.

Según la SDD, Strategic Deployment Document, documento oficial del proyecto SmartGrid en la Unión Europea, la SmartGrid es una red electrónica que puede integrar de manera inteligente las acciones de todos los usuarios conectados – generadores, consumidores y aquellos que actúan de ambas maneras a fin de producir un abastecimiento seguro de energía eléctrica.

Esta red emplea nuevas tecnologías y ofrece nuevos servicios como monitoreo inteligente, control, comunicación para:

- Facilitar la conexión y operación de generadores de cualquier tamaño y tecnología.
- Permitir a los usuarios formar parte activa en el proceso de optimización del sistema.
- Proveer a los consumidores de mayor información y opciones de abastecimiento.
- Reducir el impacto ambiental de los sistemas de abastecimiento eléctrico.
- Ofrecer un abastecimiento energético más seguro y confiable.

SmartGrid es un una unión de tecnología, impacto ambiental, leyes de regularización, ICT (Information and Communication Technology) y estrategias de migración, así como el control de los gobiernos para su correcta aplicación y aprovechamiento.

Este sistema intenta cambiar el sistema centralizado de distribución actual, permitiendo que cada uno de los hogares pueda tener sus propios recursos que le permitan no depender exclusivamente de las centrales eléctricas, con lo que se logra una menor sobrecarga de los sistemas actuales. Esto se lograría, como veremos más adelante, utilizando tecnologías que permitan regular el consumo de energía y el almacenamiento de energía natural (como la solar o la eólica) que podría ser utilizada por los hogares o incluso, comercializada por los mismos, generando así un nuevo mercado comercial abocado a mejorar las condiciones de vida de la sociedad a través de un recurso imprescindible en estos días.

El departamento de energía de los Estados Unidos, define a la Smart Grid de la siguiente manera:

“The electric grid delivers electricity from points of generation to consumers, and the electricity delivery network functions via two primary systems: the transmission system and the distribution system. The transmission system delivers electricity from power plants to distribution substations, while the distribution system delivers electricity from distribution substations to consumers. The grid also encompasses myriads of local area networks that use distributed energy resources to serve local loads and/or to meet specific application requirements for remote power, village or district power, premium power, and critical loads protection.”²

² <http://www.oe.energy.gov/smartgrid.htm>

Historia de las SmartGrids

El término surge en el 2007, cuando Andrés E. Carvallo, el 24 de abril da una conferencia sobre energía en Chicago para el IDC (International Data Corporation)³, donde presenta a SmartGrid como una combinación de energía, mecanismos de comunicación, software y hardware. Explico cómo esta combinación podría existir solo con la creación de la nueva arquitectura de sistemas, integración y modelado del framework, presentado por él.

Predijo una nueva dirección para las industrias, que en el siglo XXII podría llevar a nuevas formas de energía y niveles de eficiencia y conservación de energía alrededor del mundo.

Esta tecnología nace de los intentos por usar controles de consumo a través de medidores y monitorización. En 1980. Los medidores automáticos fueron utilizados para monitorizar las cargas de millones de clientes, lo que derivó en una Infraestructura avanzada en 1990 que era capaz de determinar la cantidad de energía que se utilizaba en diferentes momentos del día. SmartGrid mantiene una constante comunicación, por lo que los controles se pueden hacer en tiempo real y se pueden utilizar como un puente para la creación de sistemas inteligentes de ahorro de energía en las casas. Uno de los primeros dispositivos de este tipo, fue el de demanda pasiva que permite determinar las variaciones de frecuencia en la provisión de energía en las casas.

Dispositivos domésticos e industriales como los aires acondicionados, heladeras, y calentadores ajustan su ciclo de trabajo para evitar su activación en los momentos en donde exista un pico en la utilización de energía, evitando así la sobrecarga de los sistemas de abastecimiento.

En el 2000, Italia creó el primer proyecto SmartGrid que abarcó cerca de 27 millones de hogares usando medidores inteligentes conectados a través de una línea de comunicación.

Los proyectos más recientes son los que utilizan tecnología inalámbrica o BPL (BROADBAND OVER POWER LINE)⁴

³ IDC es una firma que trabaja en la investigación y análisis de nuevas tecnologías, sobre todo en el área de las telecomunicaciones y las dedicadas al consumo. Para más información, consulte: http://en.wikipedia.org/wiki/International_Data_Corporation.

⁴ **Power Line Communications**, también conocido por sus siglas PLC, es un término inglés que puede traducirse por comunicaciones mediante cable eléctrico y que se refiere a diferentes tecnologías que utilizan las líneas de energía eléctrica convencionales para transmitir señales de radio para propósitos de comunicación. La tecnología PLC aprovecha la red eléctrica para convertirla en una línea digital de alta velocidad de transmisión de datos, permitiendo, entre

Los procesos de monitorización y sincronización de las redes se desarrollaron enormemente cuando la Bonneville Power Administration creó un nuevo prototipo de sensores que eran capaces de analizar con gran rapidez las anomalías en la calidad e energía eléctrica en áreas geográficas muy grandes. Esto derivó en la primera Wide Area Measurement System (WAMS)⁵ en el 2000.

Otros países han integrado también esta tecnología, China, está construyendo su WAMS , que estará terminada en el 2012⁶.

En abril de 2006, el Consejo Asesor de la Plataforma Tecnológica de redes tecnológicas del futuro de Europa presentó su visión de SmartGrids. Esta es impulsada por los efectos combinados de la liberación del mercado, el cambio de las tecnologías actuales por las de última generación para cumplir los objetivos ambientales y los usos futuros de la electricidad.

En el 2007, la Agenda Estratégica de Investigación se publicó. En esta, se describen las áreas a ser investigadas, técnicas y no técnicas, que conducirán a una investigación concreta dentro de la Unión Europea y sus Estados Miembros.

otras cosas, el acceso a [Internet](#) mediante [banda ancha](#). Más información en http://es.wikipedia.org/wiki/Power_Line_Communications

⁵ Ver sección de tecnología involucrada.

⁶ Esta información fue extraída y traducida de: http://en.wikipedia.org/wiki/Smart_grid#What_a_grid_is.

Principales desafíos de las SmartGrid

Según la SDD (Strategic Deployment Document), documento sobre el desarrollo de las SmartGrid en la Unión Europea, los principales desafíos que mejorarán la eficiencia del uso de la energía y la reducción del consumo del Carbono entre el 2020 y el 2050, así como la reducción de la dependencia con los sistemas de distribución de energía y la seguridad de las líneas son:

- Asegurar que exista suficiente capacidad de transmisión para interconectar las Fuentes de energía, especialmente las renovables a lo largo de Europa.
- Desarrollar conexiones eficientes para el máximo aprovechamiento de la energía eólica marítima.
- Desarrollar arquitecturas descentralizadas, habilitando sistemas de suministro de energía de menor magnitud para operar de manera armoniosa con el sistema completo.
- Crear a infraestructura de comunicación necesaria para lograr la operación de las distintas partes y su manejo en un único mercado.
- Permitir que los consumidores con o sin sus propios generadores, sean capaces de jugar una rol activo en la operación del sistema.
- Permitir la generación, demanda y uso de energía inteligente.
- Utilizar los beneficios del almacenamiento de la energía.
- Preparar el camino para el uso de vehículos eléctricos, acomodando todas las necesidades de los consumidores.

Objetivos de la SmartGrid - La visión de la Unión Europea

- Proveer un sistema centrado en el consumidor final que permita la introducción de nuevos servicios en el mercado.
- Establecer la innovación como un motor económico para la renovación de las redes de electricidad.
- Mantener la seguridad en el abastecimiento, asegurando la integración e interoperabilidad.
- Habilitar la generación distribuida y la utilización de los recursos de energía renovable.
- Asegurar el correcto uso de las centrales de generación.
- Considerar las limitaciones del sistema teniendo en cuenta el impacto ambiental.
- Informar sobre los aspectos políticos y regulatorios.
- Considerar otros aspectos sociales.

La SDD presenta las siguientes prioridades a la hora de desarrollar una SmartGrid:

1. Optimización del uso y operación de las centrales de abastecimiento energético.
2. Optimizar la infraestructura de las grillas.
3. Integración de Gran Escala de generación intermitente.
4. Información y Tecnología de la Comunicación.
5. Redes de Distribución.
6. Nuevos lugares de comercialización, Usuarios y eficiencia energética.⁷

⁷ Estos datos fueron obtenidos de la documentación oficial de la SDD en <http://www.smartgrids.eu/>

Funciones de la SmartGrid⁸

1. Autosanación

El manejo de la información en tiempo real, permite la utilización de sensores y controles que permiten detectar y anticipar la caída de alguna parte del sistema, esto permitirá evitar que el colapso de los mismos, ya sea reduciendo la carga o redireccionándola.

En las ciudades, donde las redes son alimentadas utilizando cables bajo tierra, estas pueden ser diseñadas de tal manera que la falla de una parte, no afecte el suministro a los usuarios finales.

2. Motivar a los consumidores a participar activamente en la operación de las redes.

SmartGrid es un intento de cambiar las costumbres de los usuarios en su consumo, disminuyendo su consumo durante los momentos de pico de uso o bien, pagando los altos precios que implica el privilegio de utilizar la energía en esos periodos de tiempo.

Este sistema ofrece a los consumidores las herramientas necesarias (equipos, informe sobre el comportamiento de la red, operaciones y comunicación). Esto permite que los mismos tengan un mejor control de sus aplicaciones o sistemas inteligentes en los hogares y negocios, interconectando los sistemas de manejo eficiente de energía. Las capacidades avanzadas del sistema, equipan al usuario final con las herramientas para explotar los tiempos precios de la electricidad en tiempo real, basándose en las señales de emergencia o de reducción de uso de energía.

Esta comunicación de dos sentidos, compensa los esfuerzos del usuario final de ahorro y venta de energía de energía a través de los medidores de energía. Habilitando la generación distribuida de recursos como los paneles solares o las conexiones para cargar los vehículos eléctricos, las smartGrid generan una revolución en la industria de la energía permitiendo a pequeños productores o distribuidores de energía, vender este producto a sus vecinos o a la red. Lo mismo puede ser aplicado a empresas que vendan la energía durante los picos de consumo, mediante sus

⁸ Ver anexo 2 para las comparativas con el sistema actual de redes de distribución energética.

sistemas de almacenamiento de energía renovable. Esto es lo que se denomina con el nombre de “democratización de la energía”.

3. Resistencia a ataques

La información en tiempo real, como mencionamos arriba, permite a los operadores de las redes aislar las zonas afectadas y redireccionar los flujos de energía.

4. Proporcionar una mayor calidad en la provisión de energía, ahorrando el dinero desperdiciado por los cortes debido a sobrecargas.

La integración de fuentes de distribución a baja escala, permitirá a las casas, comercios e industrias autogenerar y comercializar el exceso de energía a la red local teniendo en cuenta ciertas barras técnicas y regulatorias. Esto mejorará enormemente la calidad y confiabilidad del sistema, reduciendo los costos de la electricidad y ofreciendo mayores opciones a los consumidores.

5. Permitir el florecimiento de un Mercado más competitivo de electricidad.

El aumento de las capacidades de transmisión, implican un cambio en los sistemas de manejo de las redes actuales. Estas mejoras tienen por objeto crear un mercado abierto donde las fuentes de energía alternativas de lugares geográficamente distantes pueden ser fácilmente vendidas a los clientes dondequiera que se encuentren.

La distribución inteligente de las redes permitirá que pequeños productores puedan generar y vender localmente utilizando recursos de generación alternativos como paneles solares, hidrogeneradores, etc.

Sin la inteligencia adicional proporcionada por los sensores y el software diseñado para reaccionar instantáneamente a los desequilibrios causados por las fuentes intermitentes, como la generación distribuida, se puede degradar la calidad del sistema.

Funcionamiento de las SmartGrids

SMART GRID

A vision for the future — a network of integrated microgrids that can monitor and heal itself.

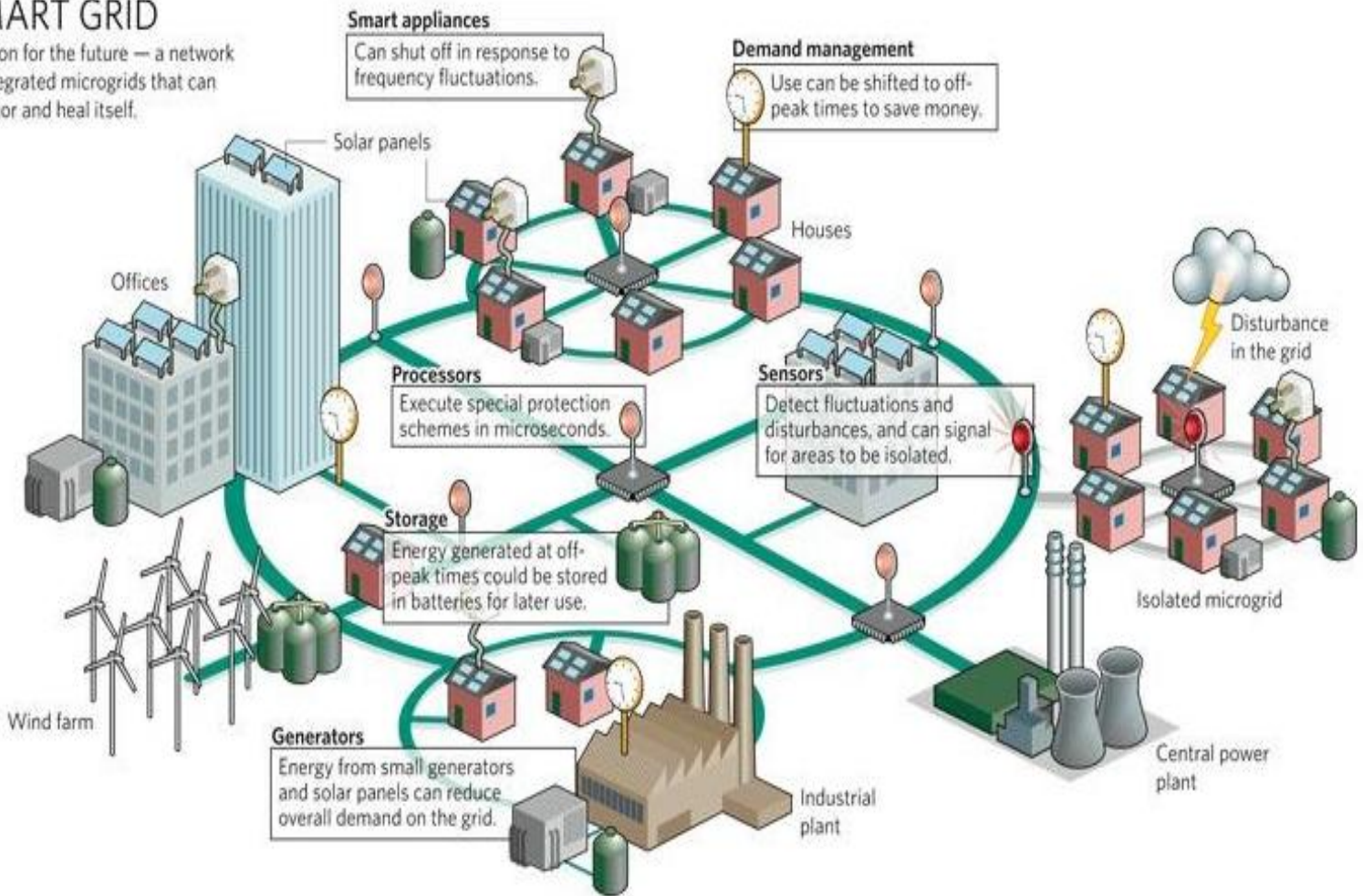


Figura I. SmartGrid Project.

Las redes de electricidad entregan la energía desde las Fuentes de generación a través de dos sistemas primarios: El sistema de transmisión lleva la energía desde las plantas de producción a las subestaciones de distribución, mientras que el sistema de distribución entrega la electricidad desde estas centrales a los consumidores finales.

El proyecto SmartGrid implicaría la creación de líneas de alimentación que permitan que sistemas de energía renovable puedan conectarse al sistema tradicional. Esto requiere sistemas de transmisión de alto voltaje extra que permitirán que la energía renovable llegue a los consumidores que se encuentran lejos de las zonas de generación de energía más productivas.

Para la distribución, SmartGrid, integra tecnología digital a las redes de distribución locales que permitirán un mejor manejo de la demanda de energía de los dispositivos y otros equipos en los momentos claves del día, mejorando la eficiencia de la distribución de energía eléctrica de las redes locales y proveyendo mayor y mejor información acerca del uso de la energía eléctrica en los hogares e instituciones públicas.

SmartGrid facilitará también el establecimiento de precios y un sistema de control que permita la fácil integración de nuevos recursos de energía distribuida como paneles solares, dispositivos de almacenamiento de energía, y los vehículos eléctricos.⁹

A fin de reducir la demanda durante los picos de consumo, las tecnologías de medición y comunicación informarán a los dispositivos inteligentes en los hogares y negocios cuando la demanda de energía es alta y cuánta energía estamos utilizando en ese momento. Para motivar la colaboración de la gente en el proyecto, se crea una tarifa diferenciada, que tendrá un costo mayor en esos momentos en donde el consumo energético es muy alto y mucho menor en los que las centrales no están experimentando una sobrecarga.

Esto reducirá el importe de la reserva rodante que las empresas eléctricas tienen que mantener, como la curva de carga a nivel a través de una combinación de la "mano invisible" del capitalismo de libre mercado y el control de un gran número de dispositivos de los servicios de administración de energía que los consumidores pagan.

"Consumers have the right to consume expensive power even during peak periods, and give this up if they are offered a share of the savings of not having to provide it. The opportunity only exists because the consumer doesn't pay the real price of meeting peak demand, and is a function of power price regulation."¹⁰

⁹ Estos datos fueron extraídos de http://www.americanprogress.org/issues/2009/02/grid_101.html

¹⁰ Frase extraída de http://en.wikipedia.org/wiki/Smart_grid

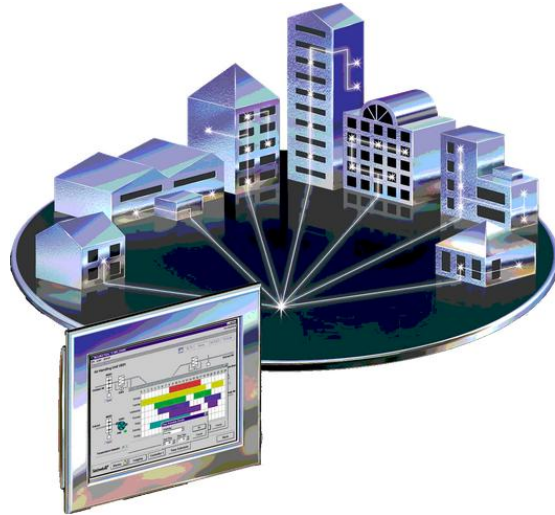
Tecnología Involucrada

Sistemas de Control: SCADA

SCADA significa Supervisory Control and Data Acquisition (Control de Supervisión y de adquisición de datos).

Es un sistema que obtiene información del funcionamiento de los dispositivos asociados que se encuentran en lugares remotos y reenvía estos datos al centro de computación que se encarga del manejo y control de estos datos.

Este sistema generalmente cuenta con señales de entrada o de salida, controladores, redes, interfaces de usuario (HMI), equipos de comunicación y el software asociado.



El sistema se encuentra conectado a terminales remotos (Remote Terminal Units o RTU). Estos últimos son lógicamente programables aunque permiten la intervención humana, que es, básicamente cómo funciona el SmartGrid.

Cualquier cambio o error en la configuración es inmediatamente anunciado por el sistema. Estos sistemas son capaces de auto modificarse para trabajar de forma óptima.

La clave, la razón por la que este sistema es una opción para este proyecto es permite el monitoreo en tiempo real. Esto facilita la adquisición de datos, como lectura de los medidores, el control del estado de los medidores, informaciones que son comunicadas a la central de control de manera periódica. Otro aspecto muy positivo es el de permitir que las personas puedan intervenir en su funcionamiento, personalizando su sistema de acuerdo a sus necesidades¹¹.

¹¹ Más datos sobre el sistema SCADA: <http://www.tech-faq.com/scada.shtml>.

Prestaciones.

Un paquete SCADA debe estar en disposición de ofrecer las siguientes prestaciones:

- Paneles de alarma y medios de control de las mismas.
- Generador de informes.
- Panel de control para el usuario (HMI).
- Capacidad de programación numérica.

Con estas prestaciones, se podrán desarrollar aplicaciones para los ordenadores con captura de datos, análisis de las señales entrantes, interfaz con el usuario y con un centro de control para la impresión o almacenamiento de los resultados¹².

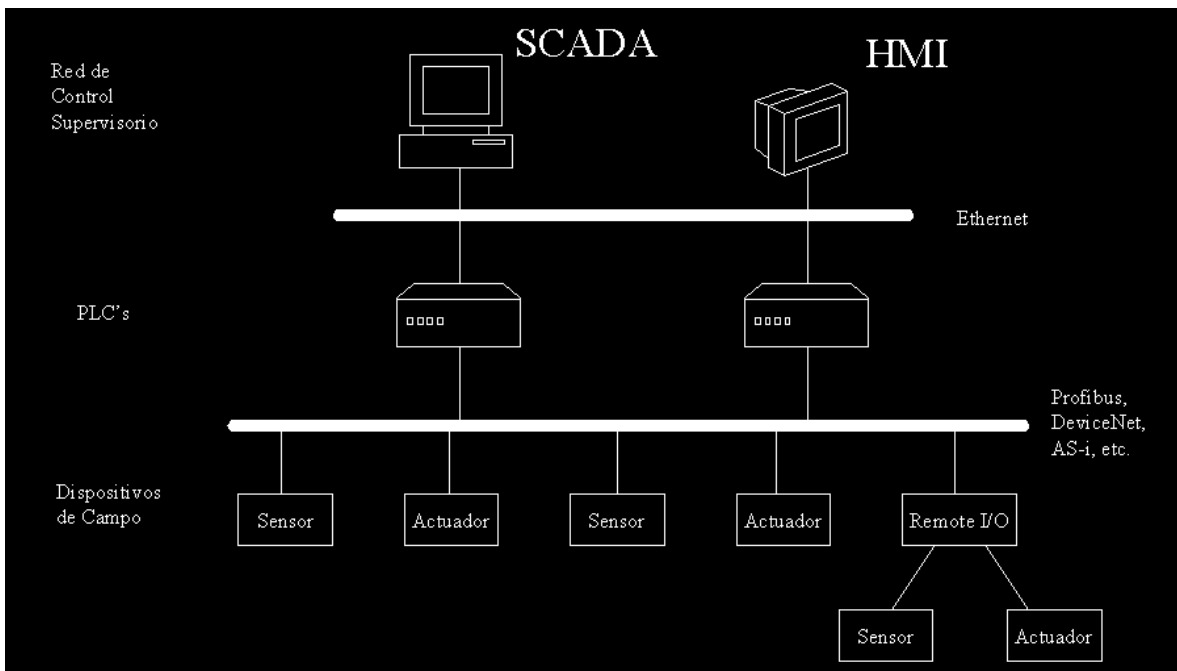


Figura II. Sistema de Control de la SmartGrid¹³

Los SCADA/HMI's actuales pueden almacenar datos en una base de datos local o remota. Generan reportes de producción diarios, mantienen un sistema de alarma que se puede propagar a través de la red LAN o la Intranet. Algunos muy sofisticados, pueden comunicarse directamente a través de Internet.

¹² Estos datos fueron obtenidos en <http://www.automatas.org/redes/scada.htm>.

¹³ Ver más información en <http://mx.geocities.com/imenator/td/ScadaHMI.htm>

Sensores

Trabajando con las SmartGrid, es necesario prever las caídas del sistema para poder evitarlas, para esto, es necesario un sistema que permita detectar las señales de inestabilidad en la red para tomar las providencias necesarias para interrumpir y corregir los desperfectos.

Las dificultades asociadas con estos mecanismos, incluyen la coordinación y sincronización de los datos capturados por los sistemas de control como el SCADA en tiempo real.



Figura III. SmartMeters

Los SmartMeter son medidores avanzados que miden la consumición y opcionalmente, comunican esta información a través de una red para su control y manejo.

WAMS: Wide Area Monitoring System

Una forma de realizar la comunicación utilizando la tecnología SCADA y los medidores inteligentes es el WAMS, Wide Area Monitoring que combina los medidores de Fase, que utilizan GPS para controlar el estado global de la red.

Los medidores de fase se colocan en lugares estratégicos dentro de la red, como en las subestaciones, para medir varios tipos de entrada, y determinar de esta manera los distintos tipos de inestabilidad que existen dentro del sistema.

Esta información es transmitida a centro de control, donde es recolectada y analizada por sistemas análogos al SCADA que mencionamos más arriba (que no es la única forma de implementación del sistema SmartGrid).

El sistema recibe los datos y toma alguna determinación a fin de eliminar el problema y evitar que este se expanda¹⁴.

Inteligencia Artificial

La Inteligencia artificial juega también un papel importante en las SmartGrid. En China, esta es utilizada para mantener la estabilidad y seguridad de las redes de distribución de energía. Esta es utilizada para determinar con rapidez como recuperarse de una inestabilidad.

Estándar de comunicaciones¹⁵:

- IEC61850: describe la automatización de las subestaciones.
- IEC 61970/61968: describe la interfaz de manejo de información (CIM)
- **MultiSpeak**: Distribución de las funcionalidades de la SmartGrid. Incluye todas las interfaces para las distintas aplicaciones que se pueden realizar con las SmartGrid. Utiliza XML para la integración de funcionalidades.
- La IEEE definió un estándar para los medidores de fase – C37.118.
- Existen otros estándares que están naciendo en el Mercado, a medida que esta tecnología se distribuye y es aplicada en cada vez más lugares alrededor del mundo.

¹⁴ WAMS:

<http://www.abb.com/cawp/db0003db002698/3f644b15892c8860c12572f400462c28.aspx>

¹⁵ Información traducida de http://en.wikipedia.org/wiki/Smart_grid

Consideraciones Finales

SmartGrid es un gran proyecto que aún está creciendo, la idea es abarcar todos los aspectos de la vida del hombre: transporte, trabajo, vida, recreación. Es una nueva cultura que se está imponiéndose en el mundo, intentando transformar la forma de pensar de las personas, para que estas aprendan el valor de lo que tienen, y que descubran cómo cuidarlo.

Existen muchos modelos implementativos y creativos desatados a partir de esta tendencia; países como China, Estados Unidos, Suiza, etc, han iniciado la implementación de este sistema, comprobando su efectividad, no solo relacionado con una producción energética más eficiente, sino también, un mejor aprovechamiento de los recursos naturales, disminución de la polución y la apertura de nuevos e interesantes mercados que permitan la participación de la sociedad en el desarrollo de la economía.

Algunos proyectos como los vehículos eléctricos como almacenes eléctricos, las SmartGrid modernas con sistemas que incluyen tecnología más avanzada, son algunos trabajos de investigación que se están realizando y que pronto, estarán también en el mercado. Por ahora, mientras esperamos un futuro lleno de novedades y cosas grandiosas, podemos disfrutar de las SmartGrid y de sus potencialidades.

Bibliografía

VIDEOS

- http://www.youtube.com/watch?v=YrcqA_cqRD8 (definición)
- <http://www.youtube.com/watch?v=Qjyugl8Hncw&feature=related> (Definición)
- <http://www.youtube.com/watch?v=f8ugivlg5kU> (implementación)
- http://www.netl.doe.gov/moderngrid/docs/SG-Enabling%20the%2021st%20Century%20Economy_Pullins_2008_12_02.pdf (casos de estudio)

Sitios consultados¹⁶

- http://vtsenvirogroup.files.wordpress.com/2009/05/smartgrid_454570a-6.jpg
- <http://www.worldchanging.com/archives//007838.html>
- http://www.xcelenergy.com/Company/Newsroom/News%20Releases/Pages/Xcel_Energ
- <http://smartgridcity.xcelenergy.com/index.asp>
- <http://smartgridcity.xcelenergy.com/media/pdf/SmartGridWhitePaper.pdf>
- http://smartgridcity.xcelenergy.com/media/pdf/SmartGridCityHypothesisWhitePaper_July_2008.pdf
- <http://smartgridcity.xcelenergy.com/media/pdf/CUSmartHouseBrochure.pdf>
- <http://www.redesinteligentes.com/default.asp?iID=JLKDM>
- <http://smartgridcity.xcelenergy.com/media/pdf/SmartHouse.pdf>
- <http://smartgridcity.xcelenergy.com/media/pdf/SmartGridCity.pdf>
- http://www.netl.doe.gov/moderngrid/docs/A%20Vision%20for%20the%20Modern%20Grid_Final_v1_0.pdf
- <http://www.pennenergy.com/index/power/metering/display/367935/s-articles/s-utility-automation-engineering-td/s-volume-14/s-issue-8/s-features/s-a-telecom-framework-for-supporting-smart-grid.html>
- <http://www.wastechcontrols.com/plc-hmi-scada.html>
- <http://control-accesos.es/scada/¿que-es-un-sistema-scada#more-42>
- http://www.telvent.com/downloads/areasnegocio/energia/electrico/Smart_Grid_Solution_Suite_SGS_v3_span_rev1.pdf

¹⁶ Los sitios cuya referencia ya se menciona a lo largo del documento, no se encuentran mencionados en esta sección.

Anexos

Anexo 1: Diferencias entre un sistema distribuido y SCADA

ASPECTO	SCADA	DCS
TIPO DE ARQUITECTURA	CENTRALIZADA	DISTRIBUIDA
TIPO DE CONTROL PREDOMINANTE	SUPERVISORIO: Lazos de control cerrados por el operador. Adicionalmente: control secuencial y regulatorio.	REGULATORIO: Lazos de control cerrados automáticamente por el sistema. Adicionalmente: control secuencial, batch, algoritmos avanzados, etc.
TIPOS DE VARIABLES	DESACOPLADAS	ACOPLADAS
ÁREA DE ACCIÓN	Áreas geográficamente distribuidas.	Área de la planta.
UNIDADES DE ADQUISICIÓN DE DATOS Y CONTROL	Remotas, PLC´s.	Controladores de lazo, PLC´s.
MEDIOS DE COMUNICACIÓN	Radio, satélite, líneas telefónicas, conexión directa, LAN, WAN.	Redes de área local, conexión directa.
BASE DE DATOS	CENTRALIZADA	DISTRIBUIDA

Anexo 2: Comparativa entre el sistema de distribución de energía actual y SmartGrid¹⁷.

Today's Grid	Principal Characteristic	Modern Grid (SmartGrid)
Responds to prevent further damage. Focus is on protection of assets following system faults.	Self-heals	Automatically detects and responds to actual and emerging transmission and distribution problems. Focus is on revention. Minimizes consumer impact.
Consumers are uninformed and non-participative with the power system.	Motivates & includes the consumer	Informed, involved and active consumers. Broad penetration of Demand Response.
Vulnerable to malicious acts of terror and natural disasters.	Resists attack	Resilient to attack and natural disasters with rapid restoration capabilities.
Focused on outages rather than power quality problems. Slow response in resolving PQ issues.	Provides power quality for 21 st century needs	Quality of power meets industry standards and consumer needs. PQ issues identified and resolved prior to manifestation. Various levels of PQ at various prices.
Relatively small number of large generating plants. Numerous obstacles exist for interconnecting DER.	Accommodates all generation and storage options	Very large numbers of diverse distributed generation and storage devices deployed to complement the large generating plants. "Plug-andplay" convenience. Significantly more focus on and access to renewables.
Limited wholesale markets still working to find the best operating models. Not well integrated with each other. Transmission congestion separates buyers and sellers.	Enables markets	Mature wholesale market operations in place; well integrated nationwide and integrated with reliability coordinators. Retail markets flourishing where appropriate. Minimal transmission congestion and constraints.
Minimal integration of limited operational data with Asset Management processes and technologies. Siloed business processes. Time based maintenance.	Optimizes assets and operates Efficiently.	Greatly expanded sensing and measurement of grid conditions. Grid technologies deeply integrated with asset management processes to most effectively manage assets and costs. Condition based maintenance.

¹⁷ Estos tabla fue obtenida en:
http://www.netl.doe.gov/moderngrid/docs/A%20Vision%20for%20the%20Modern%20Grid_Financial_v1_0.pdf

Costos de migrar de la tecnología tradicional de distribución de energía a la tecnología de "Smart Grids"

- ▶ De acuerdo con "Galvin Electricity Initiative", el sistema eléctrico de Estados Unidos está diseñado para operar con una confiabilidad de los "tres 9". La confiabilidad del sistema americano es de 99.97 %. Teóricamente suena bonito...pero cuando a las fallas se les asocia el aspecto económico tenemos que el costo al consumidor se estima, hoy en día, en 150 mil millones de dólares al año.
- ▶ La tabla a continuación muestra el costo de la interrupción de una hora del servicio eléctrico en varios sectores industriales y de servicios en Estados Unidos.

Industria	Costo promedio (dólares)
Telefonía Móvil (celular)	41.000
Venta de boletos por teléfono	72.000
Sistema de reservación líneas aéreas	90.000
Manufactura de conductores (cables)	2.000.000
Operaciones tarjetas de crédito	2.580.000
Operaciones bursátiles	6.480.000

Gastos de capital para la generación, la transmisión, y las inversiones en la distribución de electricidad

- ▶ Se puede reducir la demanda máxima, lo cual conlleva a una reducción de líneas de transmisión y de centrales eléctricas adicionales que serían de otra manera necesarias para cubrir esa demanda.
- ▶ Un buen ejemplo de esto es el sistema independiente de California que para el año 2005 – 2006 poseía una potencia instalada de 50.085 megavatios (MW). Sin embargo, el uso excede los 45.000 MW solamente el 0.65% del tiempo al año
- ▶ La factibilidad de reducir demanda máxima permite diferir inversiones de capitales, prolongar la vida de los activos y reducir costos de mantenimiento y operación.

Ventajas de Smart Grid

Reducción de costos de operación y mantenimiento

- ▶ Permiten a control remoto y en forma automatizada, la conexión y desconexión de líneas de transmisión y equipos generadores reduciéndose así el tiempo de falla y los gastos asociados a la puesta en operación de los interruptores de protección de los mismos. Igualmente reduce las llamadas que realizan los consumidores a las empresas eléctricas al existir una falla de suministro. La reducción de costos puede también resultar de la supervisión a distancia del activo en tiempo real, lo que permite una mejor programación de mantenimiento preventivo.
- ▶ Por otra parte, los operadores pueden reducir el riesgo de sobrecargar los transformadores de potencia equipos claves en la transmisión de electricidad, permitiendo un servicio continuo y mayor vida útil de los mismos.

Gerencia del consumo

- ▶ Ofrece al consumidor la capacidad para manejar o modificar sus hábitos en el consumo de electricidad mediante la automatización de su inmueble.
- ▶ Los medidores inteligentes permiten conocer como se utiliza la energía dentro del hogar o negocio, cuanto cuesta esa energía y cual es el impacto ambiental de su consumo, por lo que el usuario puede hacer los ajustes que desee en tiempo real.

Datos en general

- ▶ Estados Unidos es uno de los países más interesados en las redes eléctricas inteligentes. El gobierno de Obama ha incluido entre sus medidas de estímulo para la economía un presupuesto de unos 12000 millones de dólares para desarrollarlas.
- ▶ En un escenario “ideal” para el 2030 el ahorro sería equivalente a 37 millones de barriles diarios de petróleo.
- ▶ En España indica que el costo de un contador de energía “Smart Grid” para los hogares con todas las prestaciones tecnológicas ronda los 500 euros. Con los 25 millones de puntos de suministro que hay en España, esto daría una inversión de 12.500 millones de euros. La inversión en toda Europa sería de 150.000 millones.