Comparación entre MaxISO y MinISO

Programa	Fuentes Alternas de Energía y Generación Distribuida
Acrónimo del proyecto	FAEyGD
Tipo (nivel de distribución)	Público con reservas
Fecha de Entrega	18 Enero, 2009
Reporte Numero	FAEyGD-04
Estatus y Versión	Borrador. 1.00
Número de Páginas	
Supervisor	Francisco M. González-Longatt
Autor(es)	Francisco M. González-Longatt

fgLongatt.org.ve

Tabla de Contenido

Contenido **Pag.**
Índice de Figuras 3
Índice de Tablas 4
Introducción 5
Motivación 6
MaxISO 7
Reglas de Operación 7
MaxISO: Veinticuatro horas adelante 7
MaxISO: En tiempo real 7
MaxISO: Luego de tiempo real 7
Limitaciones de las Señales de Precios 8
MinISO 9
Reglas de Operación 9
MinISO: Veinticuatro horas adelante 9
MinISO: Tiempo real 9
Reglas de Operación (redes sin perdidas) 10
MinISO: Luego de tiempo real 10
Ventajas del MinISO 11
Comparación MinISO-MaxISO 11
Conclusiones 12
Referencias Documentales 13

BORRADOR

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

Índice de Figuras

Contenido **Pag.**

Figura 1. Paradigma de acceso abierto básico (una sola barra) 9
Figura 2. MinISO debe monitorear la red y recortar o disminuir transacciones si ellas violan la capacidad de transmisión.....10

BORRADOR

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

Índice de Tablas

Contenido **Pag.**

Tabla 1. Comparación éntrelas estructuras MaxISO y MinISO 11

BORRADOR

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

Introducción

El Operador del Sistema Independiente, en inglés, *Independent System Operator*, ISO, es el actor ventajoso en varias propuestas para una industria de energía desregulada, competitiva.

El ISO tiene tres objetivos posibles: mantenimiento de seguridad, garantía de calidad de servicio, y promoción de eficiencia económica y equidad. Para lograr tres objetivos el ISO pude ser autorizado para ajustar las reglas para transacciones entre suministradores y consumidores, planificación y despacho de generadores, cargas y servicios de red, y los mercados de energía.

Los propósitos difieren en la especificación de los objetivos y autoridad del ISO. En este reporte de investigación se comparan dos estructuras de ISO. MaxISO basado en el modelo de UK-Poolco, que posee objetivos ambiciosos y además autoridad regulatoria. El merito científico proviene de un modelo de despacho optimo de flujo de potencia. El objetivo de MinISO es restringido a la seguridad, y su autoridad regulatoria es correspondientemente modesta. El MinISO busca proveer el acceso directo de los consumidores. Estos poseen el merito basado en el modelo de Contratos Multilaterales Coordinados.

En este reporte de investigación se efectúa una comparación desde el varios puntos de vistas, incluyendo la estructura entre MaxISO y MinISO.

BORRADOR

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

Motivación

El debate alrededor de la estructura del mercado toma la forma de los propósitos del ISO. En este reporte de investigación se contrastan dos modelos de ISO. El primer modelo, llamado MaxISO, está basado en el UK-Poolco. El segundo modelo, llamado MinISO, está basado en el modelo de comercio coordinado bilateral –una formalización de la alternativa propuesta llamada por las transacciones directo entre productores y consumidores.

La ISO posee tres posibles objetivos: mantenimiento de la seguridad, aseguramiento de la calidad de servicio y promoción de la eficiencia económica y equidad. Para lograr esos objetivos el ISO puede ser autorizado para justar las reglas para transacciones entre suministradores y consumidores, planificación y despacho de los generadores, servicios de red (servicios auxiliares) y cargas, y mercados de energía.

Los dos modelos de ISO difieren en su especificación de los objetivos y autoridad. El MaxISo posee ambiciosos objetivos y mucha autoridad, incluyendo aquellos de producir los precios en el mercado de potencia eléctrica. Su merito científico deriva de un modelo de despacho de flujo de potencia óptimo. Cuyas variables de Lagrance son los *precios spot*. El objetivo de las MinISO es restringido a seguridad, y su autoridad es correspondientemente modesta. El MinISO busca proveer acceso directo a los consumidores. En particular, no toma parte en el rol del mercado. Su merito científico está basado en el análisis del modelo de comercio multilateral coordinado.

En este reporte de investigación inicuamente se presenta el MaxISO y se discute algunas de sus limitaciones, posteriormente se muestra el MinSIo y algunas de sus ventajas. Finalmente se provee una comparación de las dos estructuras de ISO.

BORRADOR

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

MaxISO

Primero se discutirá la operación del MaxISO, y luego sus limitaciones de la especificaciones de *commodity* y *señales de precio.*

Reglas de Operación

Las reglas de operación en tres fases:

MaxISO: Veinticuatro horas adelante

- Recibe las curvas de suministro $S_t^g(p_t)$ para cada generador *g* y la curva de demanda $D_t^l(p_t)$para cada carga *l* para energía para cada hora *t* = 1,2…, 24.
- Determina una posible planificación $\{S_t^g, D_t^l\}$ que maximice el beneficio. Generadores y cargas planificador para cometer a programar.
- Estimar la localización de los costos marginales (o nodales) y los precios de la congestión de transmisión.

MaxISO: En tiempo real

- Se despacha generación, cargas y servicios de red basados en la solución de un despacho de flujo óptimo de potencia.

MaxISO: Luego de tiempo real

- Calcula los commodity, locacional o precios nodales de energía, y la congestión de sobrecarga de transmisión. Los establecimientos incluyen el costo marginal de combustible, costo de capacidad, costo de arranque, cargos por congestión de transmisión, costos fijos de transmisión y cargos pro servicio de red.

Entonces el MaxISO requiere (carrera corta) datos de costos de cada generador, y la demanda diaria de cada consumidor, para obtener (por medio de algún algoritmo) el *unit commiment* y el despacho que maximiza el beneficio social, y ajusta los precios de congestión de transmisión (como el Lagrange o variabes duales correspondiente a las restricciones de la capacidad de transmisión en el programa de flujo de potencia optimo). Estos son algunas veces denominados los *precios spot* de un día adelante. Luego el despacho es hecho. MaxISO calcula los cargos de establecimiento.

Esta forma de ISO posee dos desventajas, una correspondiente con la definición de la commodity como estandarizada por la MaxISO, y el segundo correspondiente con lo adecuados de las señales de precio spot.

MaxISO define la *commodity estándar* como una unidad de energía generada y consumida en una hora, especidada en un día adelante (la transferencia de commodity requiere servicios de la red).

BORRADOR

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

Limitaciones de las Señales de Precios

De acuerdo a las reglas del MaxISO:

$$p(t) = p^{scheduled}(t) + p^{uplift}(t) \quad (1)$$

Donde:

$p(t)$: precio establecido, calculado *expost.*

$p^{uplift}(t)$*:* precio de elevación.

$$p^{uplift}(t) = p^{cap}(t) + p^{adj}(t) + p^{conj}(t) + p^{trans}(t) + p^{net}(t)$$

$p^{cap}(t)$: Cargo por capacidad.

$p^{adj}(t)$: costos para ajuste de inicio, planta no despachada, costos de balanceo.

$p^{cong}(t)$: cargo por congestión de transmisión.

$p^{trans}(t)$: cargo fijo de transmisión.

$p^{net}(t)$: cargos de servicios auxiliares.

La información requerida por el MaxISO es enorme e incluye toda la estructura de cotos que es privado a cada generador y la estructura de además que es privada a cada carga y bien excede la información actualmente disponible para las empresas de generación.

La MaxISO calcula los precios *simulando un mercado*. Entonces, hay precios administrados y no precios de mercados, como los abogados MaxISO MISLEADINGLY DESCRIBE.

En un mercado real, habría transacciones entre los compradores y los vendedores y el precio "equilibrio" será enfocado a través de un proceso interactivo de ofertas. Las partes para tales transacciones de mercados determinarían cuanta información privada revelaría.

Segundo, el cálculo centralizado del *unit commitment* y despacho que MaxISO emprende requiere el desarrollo de nuevos algoritmos. Algunos estudios de caso tipos empleando el algoritmo de Lagrangiano relajado unit comminment simulando los procedimientos de subasta de precios segundarios muestra: (1) los precios sombras (multiplicadores de Lagrange) en un mínimo local son altamente sensible a los parámetros, y (2) pequeños cambios en aquellos precios llevan a larga fluctuaciones en el beneficio perdida de los generadores individuales incluso a través del cambio en el beneficio total es despreciable. Entonces el ajuste del esquema de precios en el MaxISO provee grandes riesgo a los generadores.

Tercero, los conceptos derivativos tales como contratos de congestión de transmisión (TCC) que son basados en MaxISO. Usando el *modelo de Cournot*[1] de competencia en una red de transmisión congestionada muestra que la transmisión pasiva puede resultar en una implícita colusión entre generadores quienes capturan las rentas de la congestión y adelanta los TCC.

[1] Modelo de Cournot, también llamado modelo de duopolio. Se dice de un agente que hace conjeturas a lo Cournot, si considera las acciones de los otros como un dato, sin tener en cuenta que esas acciones pueden estar influenciadas por sus propias acciones. Se tiene un comportamiento "simple", incluso ingenuo, porque el agente reacciona ante las acciones de los otros sin hacer la pregunta sobre el "origen" de tales actuaciones. Ahora, es cierto que si no fuera así, cada cual habría de buscar este origen, sabiendo que los otros actúan de manera similar.

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

PROHIBIDO

MinISO

La operación del MinISO es inicialmente descrito en términos de el paradigma de acceso abierto a una sola barra, ilustrado en la Figura 1.

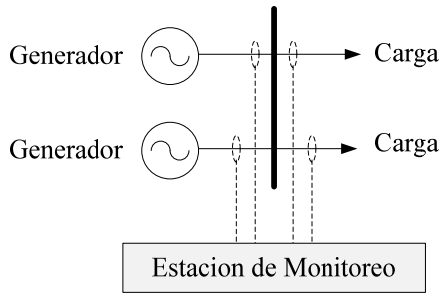

Figura 1. Paradigma de acceso abierto básico (una sola barra)

Que es, se asume que las restricciones de transmisión y pérdidas son insignificantes. Luego se consideraran las restricciones. Un comercio multilateral comprende uno o más perfiles de generadores y consumo $\{S_t^g, D_t^l\}$ y un perfil de servicios de red $\{v_t\}$ la duración de un perfil puede ser un rango de una hora a varios días tal que:

1. La generación y carga agregada son balanceados cada hora *t*, es decir:
$$\sum_g S_t^g = \sum_l D_t^l$$
2. Los servicios de soporte de la red, la generación y el consumo para cada hora *t*. (servicios de red incluyen: regulación, reserva, pérdidas y soporte de voltaje).

Entonces un comercio multilateral es requerido que sea en términos de auto-soporte de balance de generación y demanda y servicios de la red. Diferentes interacciones de comercio debido a que ellos comparten los mismos recursos de transmisión. No hay una restricción impuesto por estandarización.

Reglas de Operación

Las reglas de operación en tres fases:

MinISO: Veinticuatro horas adelante

- Generadores, consumidores, agregadores, hacen comercios multilateral (de variadas duraciones);
- MinISO es informado de la planificación de la generación, carga $\{S_t^g, D_t^l, v_t\}$, para cada *t*, 24 horas hacia adelante;
- MinISO verifica si cada transacción es posible, es decir, satisface el balance de potencia y los requerimientos de servicios de red o servicios auxiliares;
- Se efectúa la planificación del compromiso para *t* (*t* -24).

MinISO: Tiempo real

- Despacho planificado y monitorea cada transacción. Desviaciones de la planificación son compensadas, medidas y penalizadas; y
- Desbalances de potencia son corregidas y cargados a las partes responsables.

En este paradigma de acceso abierto es un rol mínimo para el MinISO. Sus funciones son verificar la posibilidad de transacciones de 24 horas hacia adelante: despacha y monitorea las transacciones en tiempo real; elimina los desbalances y cambia las violaciones del *commiment*. MinISO no posee datos acerca de os

PROHIBIDO

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

costos de los suministradores, beneficios de los consumidores, o arreglos financieros. Los servicios auxiliares necesarios para soportar la transferencia de potencia puede ser proveído por el MinISO y ofrecidos para la vente a los encargados de comercio o ellos pueden ser privadamente proveídos.

Reglas de Operación (redes sin perdidas)

Asuma, una red lineal, sin perdidas con nodos $n = 0, 1, \ldots, N$ como en la Figura 2.

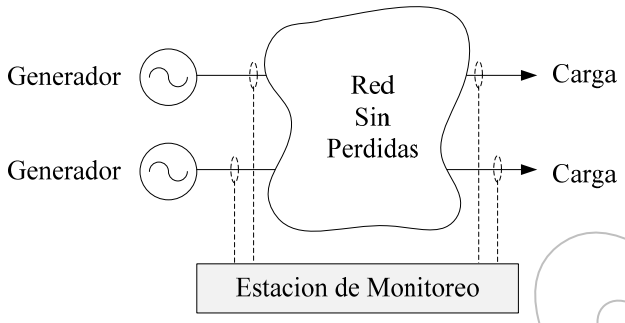

Figura 2. MinISO debe monitorear la red y recortar o disminuir transacciones si ellas violan la capacidad de transmisión

Ignore los servicios auxiliares. Denótese la inyección neta como un vector $\{q_0, q_1, \ldots, q_n\}$ con $q_n > 0$ [<0] si el nodo n es un suministrador neto [demanda]. Una transacción entonces es representado por un perfil $(q_0(t), \ldots q_N(t))$, para alguna duración tal que:

$$q_0(t) + \ldots + q_n(t) = 0 \quad \text{para cada } t \tag{2}$$

Las reglas de operación son las siguientes:

- Los generadores, consumidores, y agregadores, hacen comercio multilateral (de duración variable);
- El MinISO es informado de la planificación de generación, carga $\{S_t^g, D_t^l, v_t\}$, para cada t, 24 horas hacia adelante;
  - El MinISo verifica si cada transacción es posible, por ejemplo si satisface el balance de potencia. Entonces verifica si los límites de transmisión son cumplidos. En otros casos, se propone una transacción de recorte (*curtail*) en una forma razonable y emite vectores de cargas (*loading vectors*), que reflejan los límites de transmisión. Hay un vector de carga $\mu(i)$ para cada enlace congestionado i.
  - Los generadores y cargas comienzan con las transacciones cortadas y las modifica a ellas de acuerdo a los vectores de carga y retorna las nuevas transacciones. Esto imponen restricciones en las modificaciones $\Delta q_n(t)$:

$$\sum_n \mu(i) \Delta q_n(t) \le 0 \quad \text{para cada línea congestionada } i \tag{1}$$

    Las nuevas transacciones son factibles. Si las restricciones de transmisión son cumplidas, se sigue al próximo paso, en caso contrario se retorna al paso anterior.

- Se efectúa la planificación del compromiso para t (t -24).

MinISO: Luego de tiempo real

- Despacha la planificación y monitorea cada transacción. Las desviaciones desde la planificación son compensadas, medidas y penalizadas; y
- Los desbalances de potencia son corregidas y cargadas a las partes correspondientes.

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

BORRADOR

Los cálculos de los vectores de carga son mostrados en [2]. Esto involucra resolver las ecuaciones de flujo de potencia usando las transacciones propuestas en el tiempo *t*. En esencia, los vectores de carga son modificados acordemente, la transacción modificada cumplirá mejor con los límites de transmisión. Las transacciones cortadas o disminuidas, siempre cumple con esos límites.

Recortes razonables pueden ser efectuados en muchas formas. MinISO no está involucrado en hacer mercados o ajuste de precios nodales.

Ventajas del MinISO

La principal ventaja del MinISO es que su objetivo es limitado a la seguridad. Este deja los asuntos del precio de la energía eléctrica al mercado. El MinISO posee una estructura abierta, tal que si los mercados de energía y servicios auxiliares no están desarrollados, entonces el MinISO puede ofrecer los servicios como un agente de bolsa o incluso como proveedor. El MinISO no reclama la garantía eficiencia de localización.

El MinISO es eficiente siempre y los comerciantes siempre y cuando las oportunidades rentables que existan. La viabilidad de una transacción requiere el cálculo de los servicios auxiliares (pérdidas, reservas, soporte de voltaje, etc.), que apoyan la transferencia de energía. Inicialmente, esos cálculos no podían ser automáticos. En este caso, MinISO pueden recurrir a reglas ad hoc, procurando los servicios por su propia cuenta, y asignar sus costos a las transacciones individuales. Con el tiempo, los proveedores de estos servicios pueden emerger, y progresivamente el MinISO que es libre de suministrar esos servicios.

Comparación MinISO-MaxISO

La siguiente tabla muestra algunas de las principales diferencias entre las dos estructuras.

Tabla 1. Comparación éntrelas estructuras MaxISO y MinISO

MaxISO	MinISO
• Idealmente es el mínimo costo de generación. • Las restricciones de transmisión domina en el diseño de la commodity: otras transacciones son requeridas para conformar estándares. • El Wheeling es tratado separadamente. • Transacciones inter-temporales y contingencias encaran costos extras. • Requiere grades cantidades de costos considerados privados y datos de beneficios privados • Las transacciones deben ser monitoreadas. • Acomoda transacciones bilaterales con dificultad.	• Idealmente es acceso abierto a las barras. • Todas las transacciones son permitidas: restricciones de transmisión son tratadas como del lado de la oferta. • El Wheeling es tratado como cualquier otra transacción y transacciones de contingencia son penalizadas. • Requiere costos y beneficios que no son privados. • Las transacciones deben ser monitoreadas. • Acomoda transacciones agrupadas.

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

Conclusiones

El *Independent System Operator*, ISO, es un actor importante en lo mercados eléctricos desregulados. El ISO tiene tres objetivos posibles: mantenimiento de seguridad, garantía de calidad de servicio, y promoción de eficiencia económica y equidad.

Los ISO difieren en la especificación de los objetivos y autoridad. En este reporte de investigación se comparan dos estructuras de ISO. MaxISO que posee objetivos ambiciosos y además autoridad regulatoria, donde se requiere de un modelo de despacho óptimo de flujo de potencia. Por su parte el MinISO es restringido a la seguridad, y su autoridad regulatoria es correspondientemente modesta, pero es un modelo que provee el acceso directo de los consumidores.

En este reporte de investigación se efectúa una comparación desde el varios puntos de vistas, incluyendo la estructura entre MaxISO y MinISO. El MinISO puede acomodar un arreglo "hibrido" en el cual algunas transacciones son conducidas a través del pool de potencia. En el MaxISO no es posible dar cabida a las transacciones bilaterales.

BORRADOR

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve

Referencias Documentales

[1] Varaiya, P., Wu, F., "*MinISO: a minimal independent system operator [electric power industry] System Sciences*". Thirtieth Hawaii International Conference on Power System. Volume 5, 7-10 Jan. 1997 .

[2] F.F. Wu and P. Varaiya. *Coordinated multilateral trades for electric power networks: Theory and implementation.* http://www.eecs.berkeley.edu/varaiya.

BORRADOR

Prohibido la copia total o parcial de este documento o sus imágenes o su redistribución por cualquier medio sin autorización del autor. Solo para ser utilizado con fines académicos y/o de investigación. Derechos de autor reservados.
Copyright © 2009. http://www.fglongatt.org.ve