**Formula Orquestador de optimización, proyecto VQF**

Q-Vector:

Sea un conjunto geométricamente independiente en **R***N*. Se define el **n-símplice** (o n-simplex) σ abarcado por  como el conjunto de todos los puntos  de **R***N*  tal que:



y Los números ti están unívocamente determinados por x; estos son llamados **coordenadas baricéntricas** del punto x de σ con respecto a 

Se puede también definir un símplice en términos de la generalización de una región tetraédrica del espacio a n dimensiones. La frontera de un *n-simplex* tiene (n+1) 0-caras (vértices), n(n+1)/2 1-caras (bordes), y en general i-caras, donde  es el coeficiente binomial.

El grupo Cn (X) de **n-cadenas** de X es el grupo abeliano generado por los n-símplices de X. O sea que cada elemento de Cn (X) es una suma finita de la forma , donde  son n-símplices de X y **.**

El análisis topológico, y específicamente el q-análisis permite modelar las interacciones en todas las dimensiones posibles.

Específicamente el Q-análisis se extiende hasta determinar el número de clases de equivalencia para la relación de q-conectividad definida en el conjunto de símplices del complejo K. Si dos símplices **σp** y **σr** están conectados por una q-relación (o q-cadena), entonces están unidos en un componente de q-conectividad, **q=0....dimK** .

El primer modelo se usa para hacer un cálculo inicial de cobertura y capacidad, a partir de la estimación de cobertura que arroja la herramienta CelGIS, usando el Q-vector como una función de costo del estimador de cobertura.

A partir de este punto, se implementa el modelo basado en Programación por Restricciones, que define la siguiente instancia del problema:



El área en estudio se divide en cuadrículas tan pequeñas como precisión se requiera. En cada una de ellas es posible asignar niveles de demanda y determinar los niveles de señal que de cada Estación Base le llegan y con base en esto último establecer: si tiene o no cobertura y la razón portadora interferencia (SINR).

Variables de Entrada

N: número de Estaciones base, se asume que en todas hay tres sectores cada

una con una cobertura de 1200.

**M** : número de puntos en que se harán mediciones de señal (Se toma el valor simulado por CelGIS o medido)

**dik** : distancia entre la i-esima estación base y el k-esimo punto de medición

i # {1..N}, k # {1..M} . (El dato lo entrega CelGIS)

**Poblk** : Población que demanda servicio en el punto k, k # {1..M}.

**Co − canij** : indica si dos antenas comparten el mismo Bloque de Recursos, i, j

{1..3N}.

Channelsi : Cantidad recursos asignados a la radiobase i, i {1..N}.

**MaxSo**l : Numero de Sectores disponibles para prestar el servicio (Registradas en el Active Set).

**MinSo**l : Cardinalidad mínima deseada para el active set, se busca que en la

mayoría de puntos de medición la superen sin que no hacerlo represente infactibilidad. Corresponde al número mínimo de sectores que deberían poder atender el servicio

**UmbCob** : Umbral a partir del cual se puede definir si un punto tiene o no cobertura,

dado en dBm.

UmbInterf : Umbral que define el mínimo nivel permitido para la relación portadora

Interferencia (SINR) para cada servicio.

Variables de decisión

Ck : Flag que indica si el punto k tiene cobertura de alguna radiobase, k {1..M}

Para Cada radiobase se tiene:

1. AzAntih : Azimuth de la h-esima antena, i {1..N}, h {1.,P}.

2. ElAntih : Elevaci´on de la h-´esima antena, i {1..N}, h{1.,P}.

3. Potih : Potencia de la h-´esima antena, i {1..N}, h {1..,3}.

Pobi : Cantidad de poblaci´on por Sector i, i {1..N}. Suma de la población

en los puntos a los que le brinda cobertura el sector i, usada para el cálculo

del tráfico por sector.

Estructuras de Datos

Se cuenta con las siguientes estructuras que permiten la manipulación de los datos

**Sector**

Rb

(

ind : {1..N}

1: ant(az:{0..355} el:{0..-15} pot:{minPot..maxPot})

2: ant(az:{0..355} el:{0..-15} pot:{minPot..maxPot})

3: ant(az:{0..355} el:{0..-15} pot:{minPot..maxPot})

)

Donde ind es el indice correspondiente a la radiobase, y la información en 1, 2 y

3 es la correspondiente a los ángulos de azimuth y elevación y a la potencia de las

antenas.

**Punto**

pto

(

ind:{1..M}

lRbs:[rb\_{1}...rb\_{l}]

lAnt:[ant\_{1}...ant\_{l}]

lSig:[sig\_{1}...sig\_{l}]

lFlgCob:[flgCob\_{1}...flgCob\_{l}]

lAz:[az\_{1}..az\_{l}]

lEl:[el\_{1}..el\_{l}]

indDesSig:{1..l}

)

Donde ind es el índice del punto, lRbs es una lista con las radiobases que lo cubren, lAntj es el índice de la antena de la radiobase en lRbsj que da cobertura al punto, lSigj es el nivel de señal que de esa antena llega al punto, lFlgCobj indica si lSigj supera el umbral de cobertura y lAzj y lElj son los ángulos de azimut y elevación con los que la antena incide en el punto respectivamente; y indDesSig es el índice donde se ubica la radiobase que le brinda el nivel de señal más alto.

Restricciones

Radiobase cubre punto.

flgRbP toik = 1 <==> ptos.k.lSig.i > UmbCob, i ptos.k.lRbs

Señal deseada en el punto k, k {1..M}, el nivel de señal correspondiente al índice de la señal deseada debe ser el mayor de ellos.

ptos.k.lSig.indDesSig = max(ptos.k.lSig)

El sector cubre un punto si y solo si el nivel de señal que de ella llega al punto supera el umbral del servicio.

ptos.k.lFlgCob.j = 1 <==> (ptos.k.lSig.j > UmbCob)

* Cardinalidad del active set (Total puntos cubiertos)

Donde

* El nivel de señal, se calcula para cada antena que puede dar señal al punto y se

restringe al modelo de propagación utilizado en CelGis al momento de la configuración del proyecto.

Sea l = ptos.k.lRbs.j la radiobase con respecto a la cual se está determinando el nivel de señal, e i = ptos.k.lAnt.j el sector de esta radiobase que da cobertura al punto, y G una tabla donde para cada pareja (azimut, elevación) se tiene el valor de ganancia correspondiente entregado por CelGIS.

Función objetivo

Maximizar la población atendida más la cantidad de puntos con cobertura superior

al mínimo definido para el active set, dada por:

Donde son pesos asignados a cada objetivo.

**NOTACIÓN DEL MODELO CON PROGRAMACIÓN LINEAL ENTERA PARA LA SEGUNDA FASE.**

* Organización de los **Recursos de Frecuencia**:

Operador…….Estación Base…….Sector…….**Bloque de Frecuencia.**

Notación: Estación Base = ***B***={1,…,B}

Sector = {1,..,S}

Bloque de Frecuencias = {1,…,F}

Usuarios = {1,…,U}

* Las estaciones base se asignarán de forma secuencial a través de un solo índice r, que sintetiza el operador (i) y la estación base (j).
* Los bloques serán identificados por tres índices: r, que hace referencia al operador y a la estación base, s, que hace referencia al sector y k, que hace referencia al bloque.
* **Potencia**:

Pr,s,k: Potencia asignada al bloque k, en el sector s, de las estación base r.

* **Matriz de Interferencia:**

Ix,y,r,s = Interferencia del sector x,y (x estación base, y y sector) sobre el sector r,s (r estación base y s, sector). (x,y) diferente de (r,s)

= Ix,y,r,s = {0,1}

* **Usuarios:**

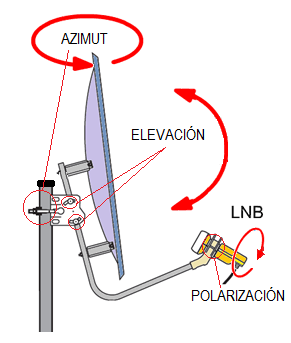
U={1,…..U}

ur,s,k,u = El bloque k, del sector s, de la estación base r ha sido asignado al usuario u.

ur,s,k,u = {0,1}

Los usuarios pueden ahora recibir servicio desde cualquier operador *(“fluctúan entre ellos”).*

* **Ganancia:**



g (altura antena, azimut, elevación, distancia) = gz,u

gr,s,u = Es la ganancia desde el sector s, en la estación base r hasta la posición donde se encuentra el usuario u.

* **Potencia recibida.**

PRr,s,k,u: Potencia recibida en el bloque k, del sector s, de la estación base r, por el usuario- u.

PRr,s,k,u = gr,s,u. Pr,s,k

* **Servicios:**

αu = SINR requerida por el usuario u para satisfacer los requerimientos de servicio.

* **SINR**

SINR usuario,bloque =

Señal útil recibida en el bloque = ganancia desde estacion base que presta servicio x Potencia asignada a ese bloque.

Ruido = Ruido en el bloque

Interferencia = SUMA Interferencia x ganancia x Potencia en el bloque de otros

SINRu,r,s,k = SINR que alcanza el usuario u, en el bloque k, del sector s, de la estación base r.



Donde Nk es el ruido intrínseco en el bloque r

FORMULACIÓN DEL MODELO

**RESTRICCIONES:**

* Restricción sobre la SINR:

ur,s,k,u . [SINRu,r,s,k - αu] ≥ 0; ∀(u∈U; r∈B,s∈S,k∈F).

Esta restricción puede ser re-escrita de una forma equivalente:



* Variables Booleanas:

ur,s,k,u = {0,1} ∀(u ∈U,r∈B,k∈F;,s∈S,u∈U).

* Asignación justa de bloques:



* Asignación Ortogonal de Bloques:



* No negatividad de la potencia:



* Limite de Potencia



* Sensibilidad del receptor:



**FUNCIÓN OBJETIVO (Primera aproximación)**



**Reflexión**: El modelo anteriormente planteado, no siempre es factible. NO es posible garantizar que, para las condiciones y requerimientos de servicios planteados existe una solución.

**Alternativa**: Para abordar esta situación, se propone:

1. La incorporación de variables de holgura que hagan siempre factible el sistema.
2. La modificación de la función objetivo que corresponderá con la suma de las variables de holgura.

**Consecuencias:**

1. El nuevo modelo es siempre factible. Sin embargo, se resigna pa posibilidad de obtener una solución óptima.
2. El valor de la función objetivo puede ser entendida como una métrica que brinda una idea de la posibilidad (o no) de lograr una asignación óptima de potencia. Si el valor de la función objetivo, resulta posible obtener la solución óptima. De lo contrario, se debe optar por obtener una “buena solución”, aquella que, en el intervalo de tiempo de resolución del modelo, cumple con las garantías de servicio a la mayoría de los usuarios.

**Modelo de Optimización.**

* **Reformulación de la restricción sobre la SINR**



**Donde**: Δr,s,k es la variable de holgura que puede ser interpretada como la potencia adicional necesaria para garantizar el cumplimiento de la restricción.

* **La nueva función objetivo se reformular de la siguiente forma:**



* **Clasificación del Modelo**

El modelo entonces es un MODELO DE OPTIMIZACIÓN con variables enteras (booleanas) ur,s,k,u y continuas (Pr,s,k y Δr,s,k), no lineal (por la relación entre las variavbles de decisión).

**Combinación de los modelos:**

Estrategia de asignación aleatoria con reuso 1 (Estrategia 1). Basada en una estrategia de asignación puramente aleatoria. Utiliza un esquema de reuso de frecuencia igual a 1. Ello implica que todos los bloques de programación en un sector se encuentran disponibles para ser asignados a sus usuarios. Esta estrategia se utiliza siempre y cuando la dimensión del Q-vector sea menor a 2 y el valor del primer elemento del vector sea mayor que 1.

Estrategia de asignación aleatoria con factor de reuso flexible de frecuencia (Estrategia 2). Basada en una estrategia de asignación aleatoria. A diferencia de la

estrategia anterior, utiliza un esquema de reuso flexible de frecuencia para mitigar la interferencia. Utiliza el conocimiento de la ganancia de canal para cada usuario. Este parámetro, que depende de distancia, permite clasificar los usuarios en dos grupos: usuarios internos y usuarios ubicados en el borde de la celda. Como ha sido mencionado, los usuarios ubicados en el borde de la celda son más susceptibles a verse afectados por la interferencia generada en las celdas vecinas.

La estrategia de Intensificación lo diversificación se escoge de acuerdo al comportamiento del tráfico, empleando un algoritmo de aprendizaje que seleecione de forma automática el algoritmo.