

TUTORIAL SFN

Glenn Zolotar
Treinamentos

glzolotar@linear.com.br

Conteúdo

1- Introdução	pg. 03
2- Conceitos	pg. 05
2.1 – Multipercursos	pg. 05
2.2 – Intervalo de Guarda	pg. 11
3- Condições Básicas para SFN	pg. 14
4- Diferenciação SFN x Gap-Filler	pg. 15
5- Sincronismo entre Txs	pg. 16
6- Tipos de Rede SFN	pg. 18
6.1 – SFN Dinâmica	pg. 18
6.2 – SFN Estática	pg. 20
6.3 – SFN Estática x SFN Dinâmica	pg. 20
7- Configurações Tx HKL	pg. 20

SFN

1. Introdução

SFN significa “Single Frequency Network”, Rede de Frequência Única em inglês. A forma tradicional de se transmitir sinais de TV é chamada de MFN (Multiple Frequency Network), onde quando há uma área de sobreposição entre transmissores, o mesmo canal não é utilizado em mais de um dos pontos, mesmo que o conteúdo transmitido seja o mesmo.

Uma rede SFN consiste em cobrir uma determinada área com o sinal de mais de um transmissor operando no mesmo canal e transmitindo o mesmo conteúdo.

Desta forma pode se vencer obstáculos naturais sem a necessidade de utilizar mais de um canal para isso, evitando assim a situação que comumente ocorria na transmissão analógica.

O principal motivo para se fazer uma rede SFN é economizar espaço no espectro de frequências, já que a ocupação do mesmo está cada vez mais concorrida por vários serviços de telecomunicações.

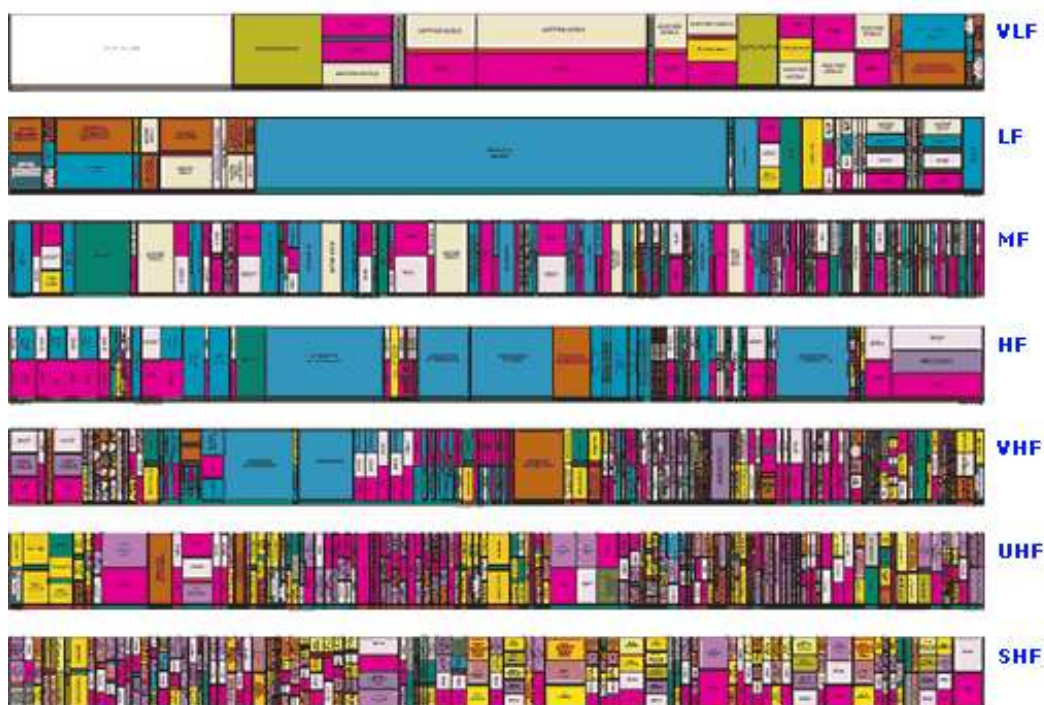


Figura 1 – Uso do espectro de frequências.

O uso de SFN permite o reaproveitamento de canais.

Se tivermos que cobrir uma determinada área usando canais diferentes teremos a seguinte situação:

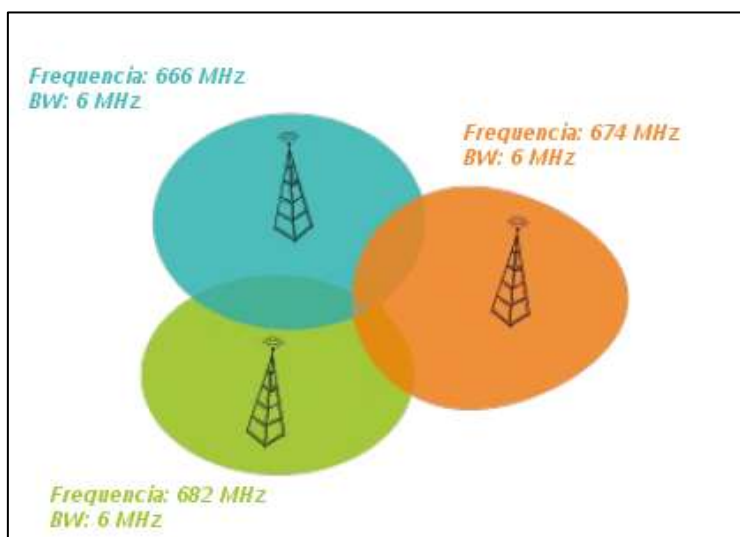


Figura 2 – Cobertura de área com canais diferentes.

Como visto na Figura 2, pode-se cobrir esta área sem usar SFN, ou seja, usando-se MFN, mas para isso três canais foram necessários. Então usamos 18 MHz do espectro de frequências para fazer esta transmissão.

Se fossemos fazer a mesma transmissão em SFN teríamos a seguinte condição:

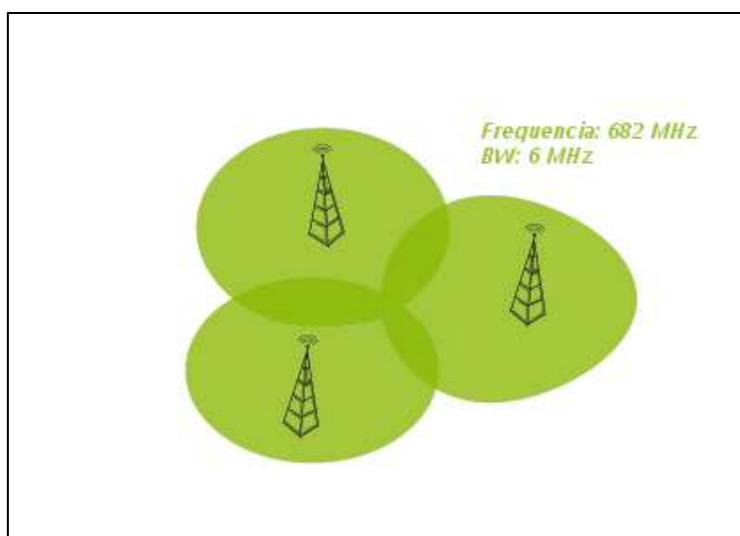


Figura 3 – Cobertura de área com o mesmo canal.

Neste caso usamos apenas 6 MHz para cobrir a mesma área descrita anteriormente, economizando assim uma grande faixa (12 MHz) do espectro de frequências.

2. Conceitos

O uso de SFN leva a um aumento na área de cobertura e a uma diminuição na probabilidade de falha de recepção em comparação à MFN, uma vez que a potência total recebida tende a aumentar nas áreas de sobreposição, devido à interação construtiva dos sinais.

2.1 Multipercursos

Todo receptor está sujeito a receber sinais provenientes de múltiplos percursos como visto na figura abaixo:



Figura 4 – Múltiplos Percursos.

A análise de um múltiplo percurso pode receber vários nomes: Resposta Impulsiva do Canal, Delay Profile, Multipath Pattern, Ghost Pattern.

Quando fazemos este tipo de análise usando um instrumento vemos:

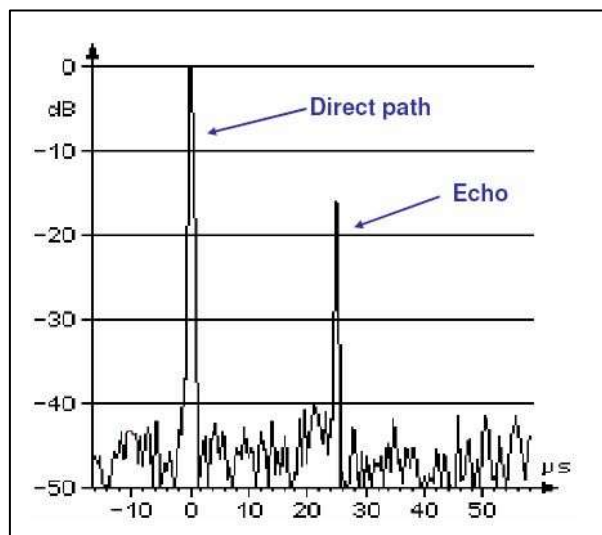


Figura 5 – Análise de Múltiplos Percursos.

Vemos o sinal direto com maior intensidade e depois com um atraso e menor intensidade temos o sinal refletido.

Algumas características da interação das portadoras devido aos multipercursos são:

- a- Em ambientes com poucos obstáculos os ecos tendem a ser curtos:

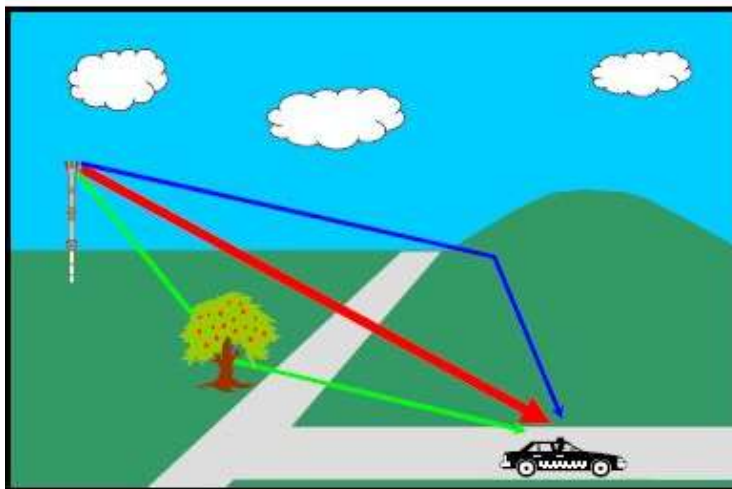


Figura 6 – Ambientes com poucos obstáculos: Ecos curtos.

Podemos ver na figura abaixo como estes sinais interagem e o resultado que temos no domínio da frequência:

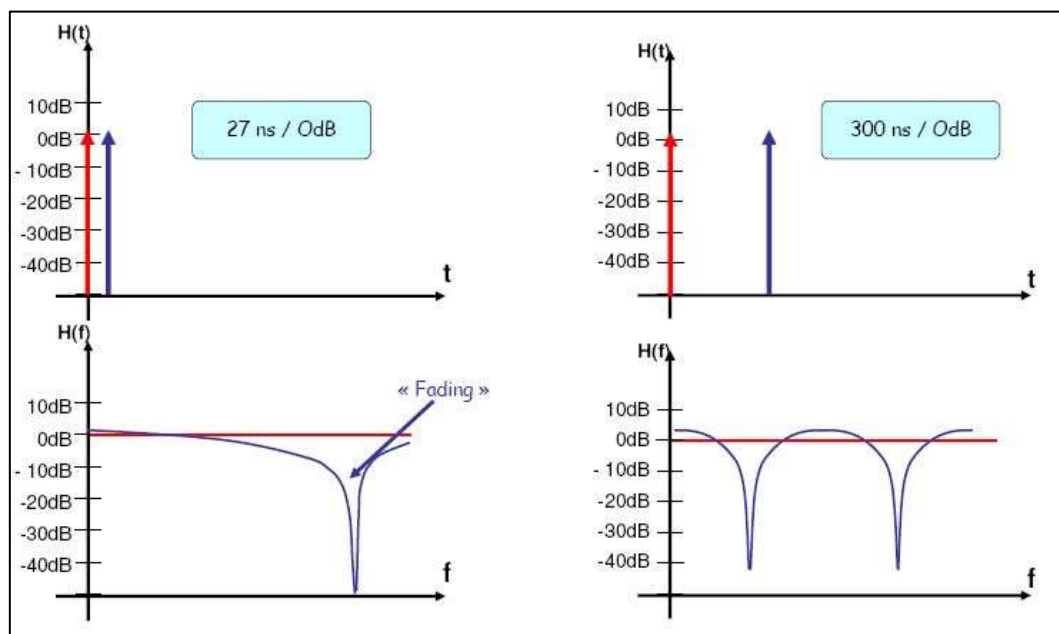


Figura 7 – Interação entre sinais de mesma amplitude – eco curto.

Observe que na figura acima, os cancelamentos ocorrem devido às diferenças de fase entre os sinais recebidos. A atenuação tende a ser maior quando os ecos são mais curtos, ou seja, a diferença de tempo entre o sinal direto e o refletido é pequena. Quando este tempo aumenta a profundidade da atenuação diminui, e sua frequência aumenta.

b- Em ambientes com muitos obstáculos os ecos tendem a ser longos:

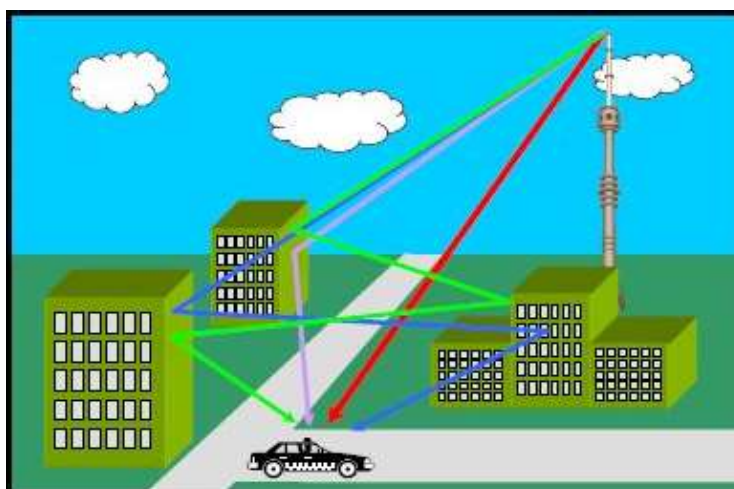


Figura 8 – Ambientes com muitos obstáculos: Ecos longos.

Podemos ver na figura abaixo como estes sinais interagem e o resultado que temos no domínio da frequência:

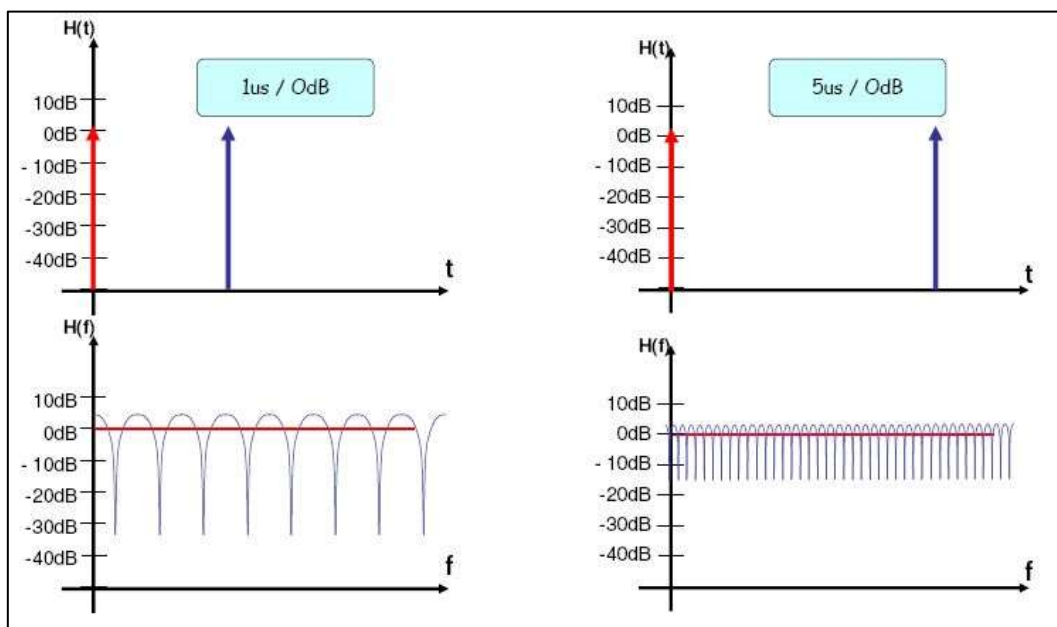


Figura 9 – Interação entre sinais de mesma amplitude – eco longo.

Assim como no caso da Figura 7, temos o fenômeno da interação entre os sinais com as mesmas características vistas no caso anterior. Quanto mais longo o eco menor será a fenda (atenuação) no sinal.

Estas atenuações causam um aumento na taxa de erros no sinal recebido, já que quando a atenuação é muito grande o demodulador tem maior “dificuldade” para extrair as informações corretas. Os códigos de correção de erro utilizados no ISDB-T contribuem para que a informação contida em portadoras atenuadas possa ser decodificada corretamente.

Também podemos notar que nos casos em que os sinais estão em fase eles se somam, portanto a ação destrutiva destas atenuações não ocorre ao longo de toda a banda.

Do ponto de vista do receptor, quaisquer dois sinais iguais recebidos em tempos diferentes são vistos como um multipercurso.

Na figura abaixo vemos o caminho do sinal direto até chegar a um receptor:



Figura 10 – Caminho do sinal direto.

Este sinal também é refletido e chega como um multipercurso ao receptor, como vemos abaixo:

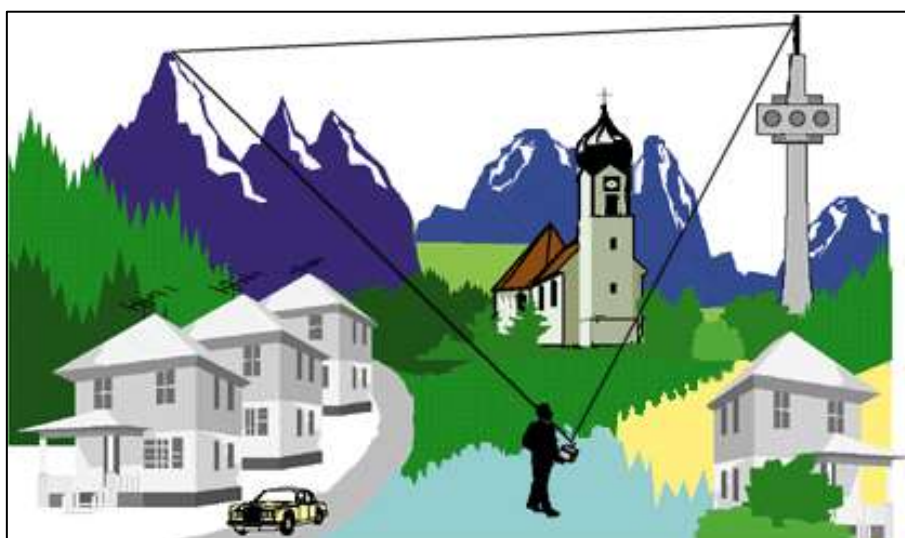


Figura 11 – Caminho do sinal direto + sinal refletido.

Se substituirmos a origem deste sinal refletido por outra fonte de sinal temos:



Figura 12 – Caminho de dois sinais diretos.

Contanto que o sinal transmitido pela segunda fonte de sinais seja igual ao da primeira fonte, o receptor não tem como distingui-lo de um multipercurso. SFN nada mais é que um múltiplo percurso inserido intencionalmente e de forma controlada. Do ponto de vista do receptor, estar dentro de uma rede SFN ou em um ambiente com múltiplos percursos é equivalente.

A transmissão em SFN pode ser considerada como uma forma mais severa de propagação com múltiplos percursos. Ao receptor incidem ecos do mesmo sinal, e a interferência construtiva ou destrutiva entre estas réplicas, conhecida como auto-interferência, pode resultar em desvanecimento do sinal recebido.

O efeito da auto-interferência é minimizado no sistema ISDB-T por utilizar o método de modulação OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing), onde é utilizado um grande número de moduladores de faixa estreita e baixa taxa de símbolos ao invés de um único modulador de banda larga e alta taxa de símbolos.

Como o canal irá distorcer o espectro do sinal que chega ao receptor, quanto mais portadoras usarmos, mas fácil será o processo de equalização, pois transformaremos um fading seletivo em frequência em um fading plano para cada uma das portadoras OFDM.

Por isso o MODO 3 (8K) é o mais utilizado, por conferir maior robustez a recepção.

OFDM tem portadoras estreitas em frequência e com duração longa no tempo.

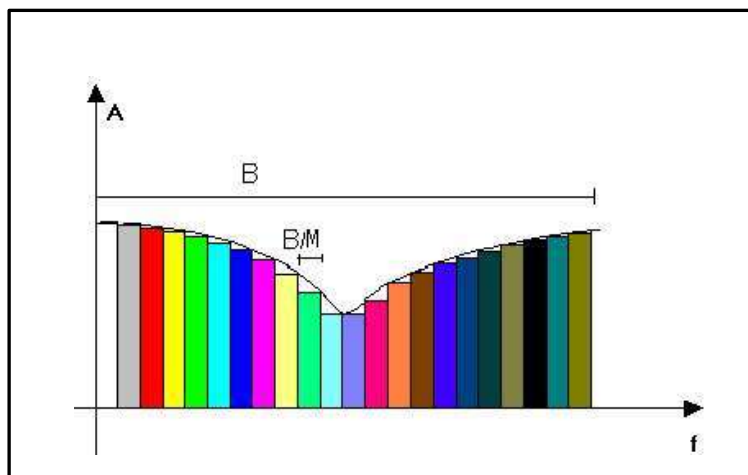


Figura 13 – OFDM – Portadoras de faixa estreita.

Embora o desvanecimento seja seletivo em frequência considerando-se todo o canal, o desvanecimento pode ser considerado plano do ponto de vista de cada sub-portadora de faixa estreita.

Técnicas de codificação de canal, tais como codificador em bloco (Reed Solomon) e convolucional (FEC), entrelaçadores temporais e em frequência, são utilizados para auxiliar a correta demodulação das sub-portadoras fortemente afetadas pelo desvanecimento seletivo.

Uma vez que cada portadora possui um tempo de símbolo relativamente grande, é possível inserir um pequeno **intervalo de guarda** entre os símbolos eliminando a **Interferência Intersimbólica**.

2.2 Intervalo de guarda

Para entender como funciona o intervalo de guarda temos que entender primeiro o conceito de símbolo OFDM.

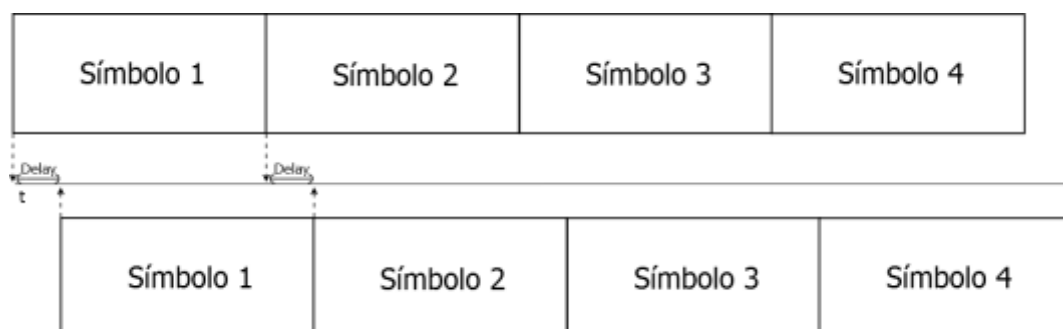
Imagine que os bits vão chegando um a um ao modulador. Um conjunto destes dados irá modular as milhares de portadoras por um determinado intervalo de tempo. Chamamos de símbolo OFDM a essas portadoras moduladas por este conjunto de bits. Um símbolo OFDM no Modo 3 dura 1008µs. Isso significa que a cada 1008 µs a informação contida nas portadoras é trocada. Então temos um símbolo após o outro e cada um tem a duração de 1008 µs.

A antena de um receptor recebe estas portadoras com um símbolo diferente chegando a cada 1008 µs.

O desenho abaixo simboliza o sinal que chega à antena de recepção:

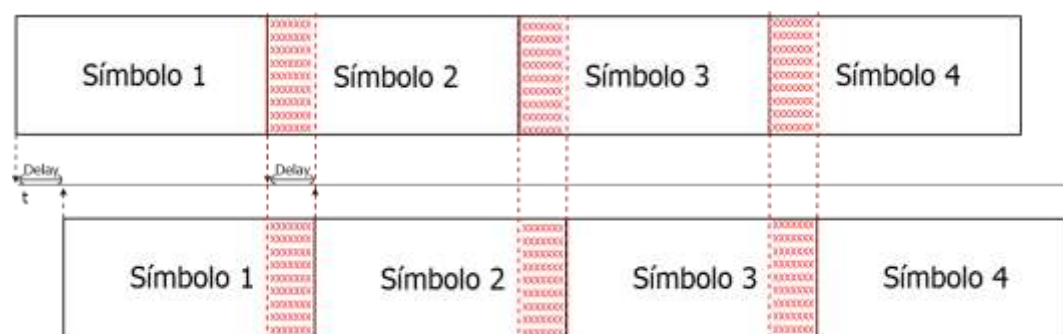


Mas como sabemos, além do sinal direto a antena recebe reflexões deste sinal. Estas reflexões chegam à antena com um atraso em relação ao sinal direto, como podemos ver a seguir:



Os receptores interpretam as informações que chegam e as conseguem decodificar quando os símbolos provenientes dos dois sinais são iguais, mesmo chegando em momentos distintos e havendo atenuação de algumas portadoras. Mas quando recebe dois símbolos diferentes ocorre o que chamamos de interferência intersimbólica. Esta interferência faz com a taxa de erros suba.

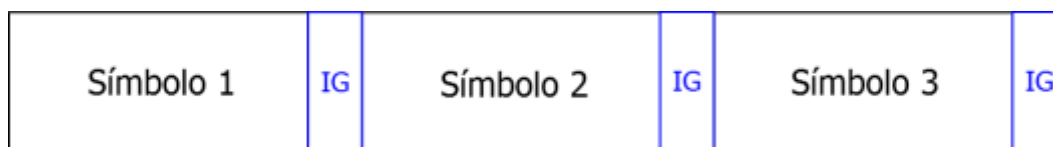
Na figura abaixo vemos os momentos em que a interferência intersimbólica ocorrerá para nosso exemplo.



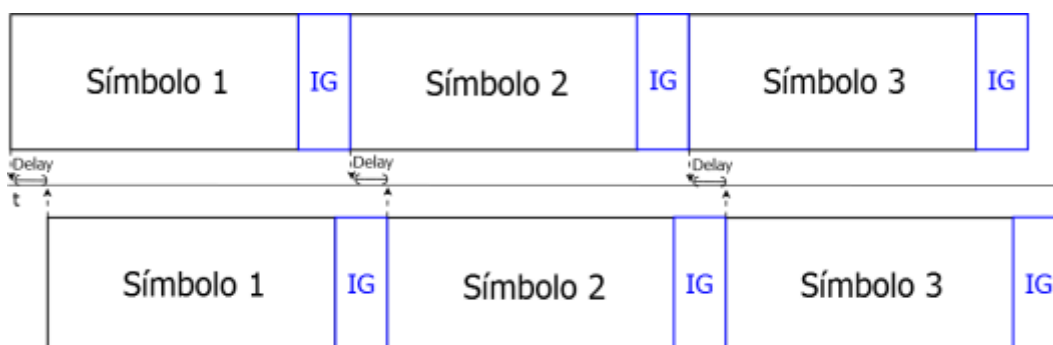
Veja que sempre que há a troca de símbolo passam a existir dois símbolos diferentes chegando ao receptor ao mesmo tempo.

O Intervalo de Guarda (ou tempo de guarda) existe justamente para que seja criada uma proteção contra esta interferência intersimbólica.

Entre cada símbolo é inserido o intervalo de guarda como podemos ver na figura abaixo:

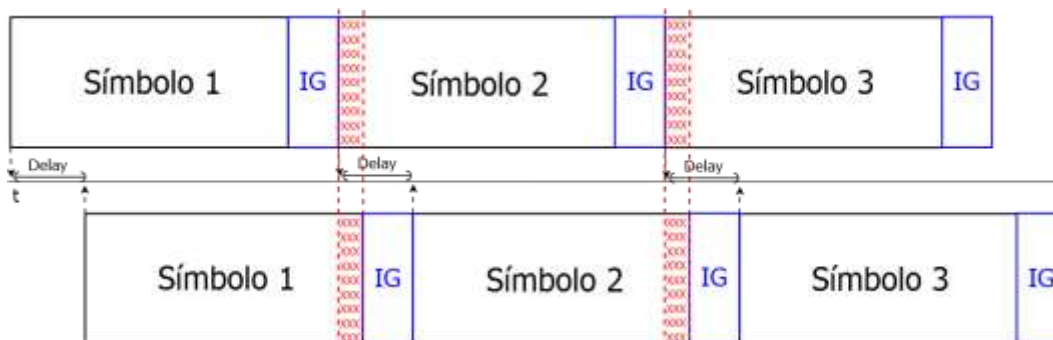


Desta forma quando temos o sinal proveniente do multipercurso vamos ter a seguinte situação:



Observe que não existe nenhum ponto onde símbolos diferentes chegam ao receptor no mesmo instante. Temos devido ao intervalo de guarda, sempre dois símbolos iguais, ou um símbolo e o intervalo de guarda.

A interferência intersimbólica foi eliminada pelo uso do intervalo de guarda. Ela só voltará a ser um problema quando o atraso (delay) entre os dois sinais for maior que o intervalo de guarda, como mostrado na figura abaixo:



O tempo de duração do intervalo de guarda é configurável. Quanto mais longo mais robusto fica o sistema.

Podemos ver os valores de tempo de símbolo e intervalo de guarda na tabela abaixo:

	<u>Duração do símbolo OFDM</u>	<u>Duração do intervalo de guarda</u>	<u>Número de portadoras</u>	<u>Espacamento entre portadoras</u>
<u>Modo 1</u>	252 μ s	63 μ s (1/4), 31,5 μ s (1/8), 15,75 μ s (1/16), 7,875 μ s (1/32)	1405	3,968... kHz
<u>Modo 2</u>	504 μ s	126 μ s (1/4), 63 μ s (1/8), 31,5 μ s (1/16), 15,75 μ s (1/32)	2809	1,984... kHz
<u>Modo 3</u>	1008 μ s	252 μ s (1/4), 126 μ s (1/8), 63 μ s (1/16), 31,5 μ s (1/32)	5617	0,992... kHz

Tabela 1 – Duração de símbolo e intervalos de guarda para o ISDB-T.

3. Condições Básicas para SFN

São três os quesitos básicos para que uma rede funcione em SFN.

- 1- Mesmo conteúdo (bit a bit).
- 2- Mesmo canal (mesma frequência).
- 3- Ao mesmo tempo (sincronizado).

Mesmo conteúdo – Para que dois ou mais transmissores possam transmitir em SFN é necessário que os mesmos estejam irradiando o mesmo sinal, do contrário o sinal de um transmissor passa a ser um sinal interferente para o outro.

Mesmo Canal – Para que os sinais sejam somados corretamente na antena de recepção é necessário que os mesmos estejam na mesma frequência. Se houver desvio em um dos transmissores as portadoras terão frequências diferentes e consequentemente esta soma se dará de forma equivocada, aumentando a taxa de erros do fluxo de dados recebido e impossibilitando a decodificação. A tolerância prevista na norma é de ± 1 Hz. Para conseguir esta estabilidade de frequência os transmissores normalmente utilizam receptores de GPS para que

seus circuitos internos sejam referenciados no sinal proveniente do satélite, e para que se tenha uma referência que seja comum a todos os transmissores da rede.

Ao mesmo tempo – Podemos ter dois transmissores emitindo o mesmo conteúdo no mesmo canal, mas se estes fizerem isto em momentos diferentes, os sinais não se alinharão nas antenas de recepção, ou ficarão muito fora do intervalo de guarda, e então o efeito final é o mesmo de estarmos transmitindo conteúdos diferentes. Por isto os transmissores deverão estar sincronizados no momento de colocar o sinal no ar.

4. Diferenciação entre SFN e Gap-Filler

São dois conceitos diferentes em questão. Chamamos um de SFN distribuída e o outro de SFN por repetição.

SFN distribuída - Tem todos os seus transmissores recebendo o mesmo BTS através de uma forma de distribuição de sinal que pode ser via micro-ondas, rede IP, satélite, etc., com exceção da distribuição por UHF terrestre. Ou seja, não podemos receber um sinal do ar de um dos transmissores da rede e daí repetir este sinal com outro transmissor no mesmo canal. Isso impossibilita o sincronismo.

SFN por repetição – Neste tipo de rede recebemos o sinal do ar (UHF) e o repetimos no mesmo canal. Para isso precisamos de um equipamento que consiga receber o sinal, amplificá-lo, retransmiti-lo, eliminar a realimentação da antena de transmissão para a de recepção, e que consiga fazer tudo isto dentro do intervalo de guarda. Este equipamento é um Gap-Filler.

Quando falamos em repetição de sinal via UHF podemos ter duas formas: regenerativa e não-regenerativa. Mas só a forma não-regenerativa é compatível com SFN.

Abaixo vemos uma tabela com as principais características de cada uma:

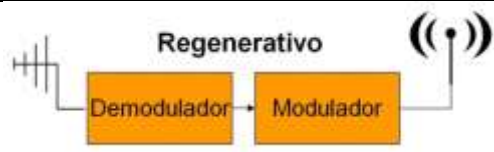

Vantagens	Desvantagens	
<ul style="list-style-type: none"> - Corrige os erros de bit - MER na saída típica de um transmissor (38 dB) 	<ul style="list-style-type: none"> - Atraso de trânsito muito alto (>200ms) - Não compatível com SFN 	
<ul style="list-style-type: none"> - Atraso de trânsito pequeno (6 a 9µs) - Compatível com SFN 	<ul style="list-style-type: none"> - Não corrige erros de bit (input = output) - Degradação na MER 	

Tabela 2 – Diferença entre Gap-Filler e Retransmissor.

5. Como é feito o sincronismo entre os transmissores

Uma rede SFN contém vários componentes. Vamos primeiro identificar estes elementos:

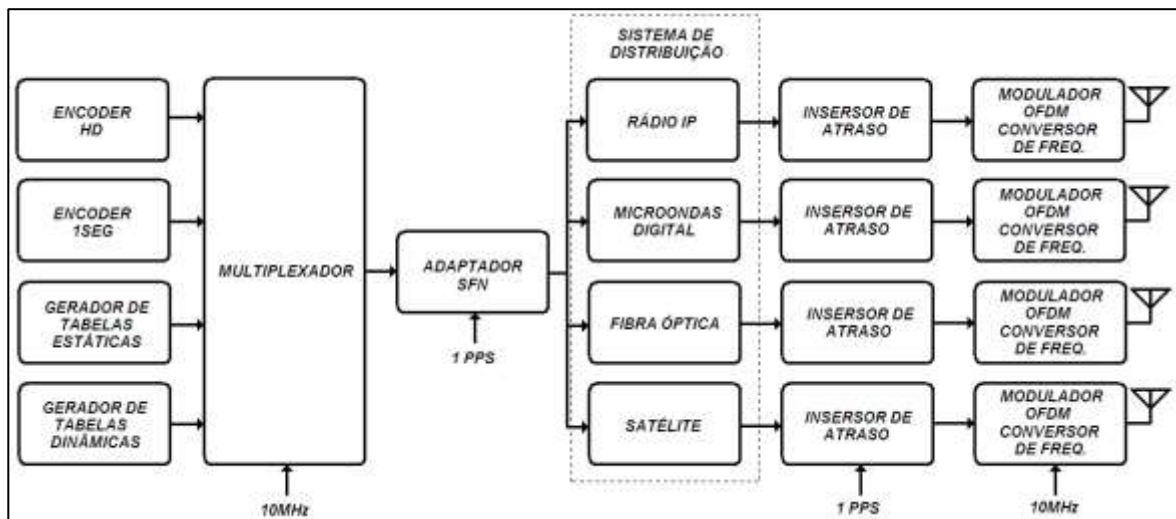


Figura 14 – Elementos de Rede SFN

Geradores de conteúdo – são os equipamentos que geram o BTS. Na figura acima são os Encoders HD e 1Seg, os geradores de tabelas, e o multiplexador.

Adaptador SFN – Responsável pela geração das informações do campo NSI (Network Synchronization Information, dentro da IIP), inserindo a marcação de tempo de geração do Primeiro Pacote (Frame Head Packet) de um multiplex frame (Quadro OFDM) par em relação a referência de tempo fornecida (1 PPS), dentre outras informações, tais como Máximo Atraso da Rede, Modo de Operação, etc., que garantem a operação síncrona do sistema. No caso de equipamentos HKL este bloco é contido dentro do multiplexador ISMUX-004.

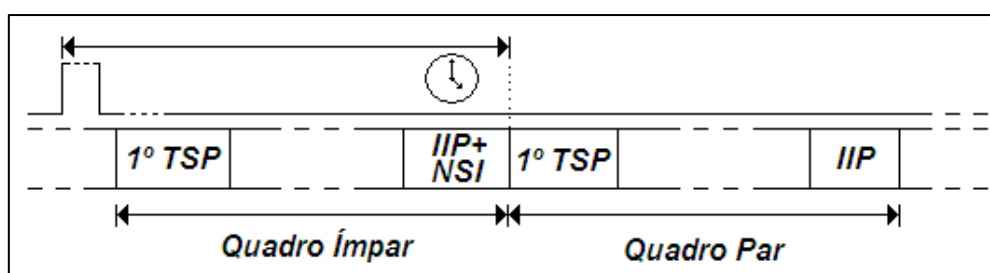


Figura 15 – Marcação de Tempo

Distribuição de BTS – Os equipamentos utilizados para distribuição do BTS aos transmissores terrestres devem ser transparentes, ou seja, a sequência de pacotes do Multiplex Frame deve

ser mantida. É comum o uso de rádios IP, micro-ondas digital, fibra óptica e até mesmo satélite (BTS Comprimido) para distribuição do sinal BTS para as estações da Rede. É de **extrema** importância que o meio de distribuição seja absolutamente transparente, não alterando a ordem dos pacotes nem modificando o seu conteúdo.

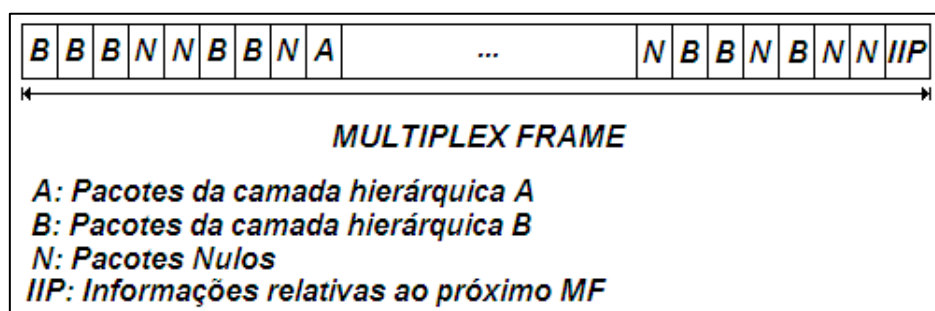


Figura 16 – Ordenamento de Pacotes no Multiplex Frame

Inserção de atraso – Calcula o atraso de percurso e atrasa igualmente todos pacotes do BTS de forma a permitir ao modulador OFDM gerar o mesmo sinal em RF de outros transmissores em um instante de tempo conhecido. Nos equipamentos HKL o inserção de atraso se encontra dentro do excitador/modulador que faz parte do transmissor.

A figura abaixo ilustra o conceito da inserção de atraso:

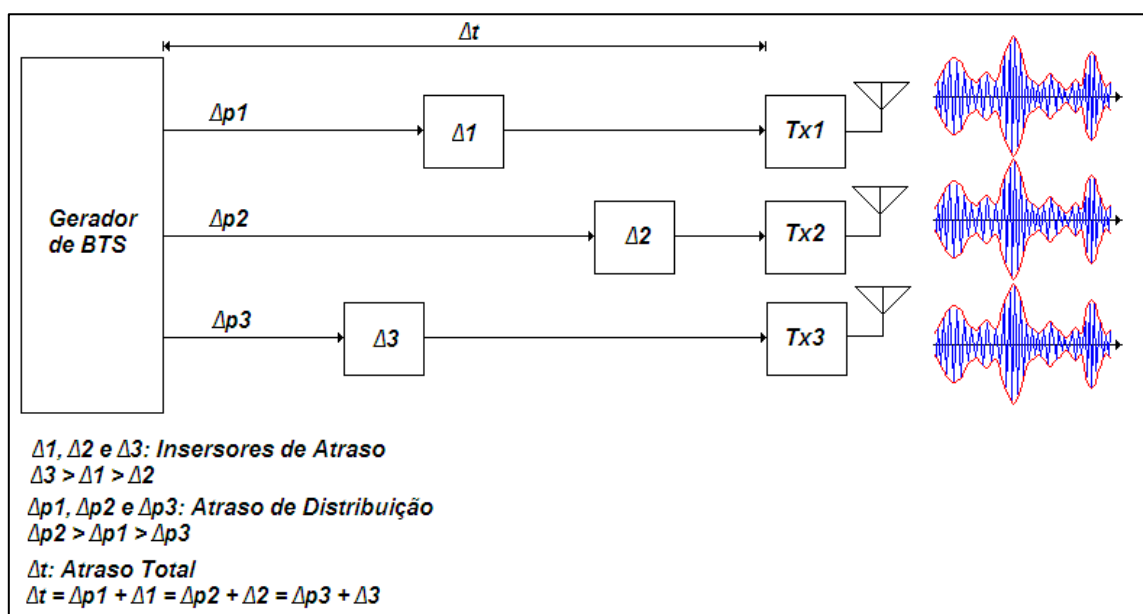


Figura 17 – Inserção de atraso

Considere que o tempo de chegada do BTS aos três transmissores na figura acima seja diferente para cada transmissor (Δp_1 , Δp_2 , Δp_3). Para facilitar o exemplo vamos usar valores. Vamos supor que nossa engenharia tenha determinado que a transmissão dos sinais pelos transmissores ocorrerá com 500ms contados a partir do time stamp inserido pelo adaptador de SFN (dentro do MUX). Chamamos este valor de “Delay Máximo da Rede.”

Após medirmos os tempos de propagação e latência dos equipamentos que levam o BTS do MUX a cada Tx, temos neste exemplo que $\Delta p_1 = 200\text{ms}$, $\Delta p_2 = 300\text{ms}$, e $\Delta p_3 = 100\text{ms}$. Se foi definido que o transmissores colocarão o sinal no ar com 500ms de atraso, temos que o insensor de atraso calculará, baseado nas duas informações acima, quanto de atraso (Delay Local) deve existir em cada transmissor. A conta é simples:

Delay Local + Path Delay = Delay Máximo da Rede.

Portanto para este exemplo temos que:

Insensor $\Delta_1 = 500\text{ms} - 200\text{ms} = 300\text{ms}$.

Insensor $\Delta_2 = 500\text{ms} - 300\text{ms} = 200\text{ms}$.

Insensor $\Delta_3 = 500\text{ms} - 100\text{ms} = 400\text{ms}$.

Desta forma todos os transmissores colocam o sinal no ar ao mesmo tempo. O Delay local usado serve para compensar as diferenças dos tempos de distribuição do BTS.

O exemplo acima serve para demonstrar o conceito de como é feito o sincronismo. Na prática além de se considerar os tempos de propagação e latência dos equipamentos de distribuição, também se leva em conta o processamento interno do modulador.

Modulador OFDM – Aplica codificação de canal as informação presentes no fluxo de entrada e as distribui através da modulação de cada sub-portadora de dados do sistema ISDB-T. O tempo de processamento necessário para efetuar esta operação é considerado pelo bloco Insensor de Atraso. Basicamente aqui estamos nos referindo ao Transmissor ISDB-T.

6. Tipos de Rede SFN

Uma rede SFN pode ser classificada como Dinâmica ou Estática dependendo do seu modo de operação.

6.1 – Rede SFN Dinâmica

É o modelo de rede mais utilizado e fácil de se implementar, pois o atraso de distribuição é calculado dinamicamente com base nas informações presentes no campo NSI (Network Synchronization Information). Para isso todos os insensores de atraso devem receber a mesma referência de 1 PPS. A manutenção da rede é simplificada, pois permite a substituição de qualquer elemento de rede por outro de atraso diferente.

O valor do Atraso Local pode ser calculado através da equação:

$$\text{LOCAL_DELAY} = \text{MAX_DELAY} - (\text{PATH_DELAY} + \text{PROCESS_DELAY}) \quad [\text{ns}]$$

$$\text{PATH_DELAY} = \text{LOCAL_TIME_COUNTER} - \text{TIME_STAMP} \quad [\text{ns}]$$

Onde:

MAX_DELAY: Máximo Atraso da Rede ou Atraso Total;

TIME_STAMP: Marcação do momento de geração do 1º Pacote de um Quadro de Multiplexação de paridade par;

LOCAL_TIME_COUNTER: Contador de $1 \cdot 10^6$ unidades reiniciado segundo a referência de 1 PPS;

PATH_DELAY: Tempo decorrido entre a recepção e geração do 1º Pacote de um Quadro de Multiplexação de paridade par;

PROCESS_DELAY: Tempo de processamento para geração do símbolo OFDM a partir do BTS de entrada;

Este processo é o mesmo descrito no exemplo da explicação do Inserir de Atraso, que aqui está mais detalhado quanto ao seu cálculo.

Resumidamente o processo é o seguinte:

No MUX ocorre o time stamping (referenciado no sinal de 1PPS vindo do GPS) indicando o momento em que o pacote saiu do MUX. Esta informação vai dentro da tabela IIP. Juntamente com esta informação é enviado o valor do máximo delay da rede, que é programado no MUX pelo usuário. Este valor deve ser mais alto que o valor do tempo que o sinal leva para chegar ao último transmissor da rede SFN. Observe que o último transmissor a receber o sinal nem sempre é o que está mais distante fisicamente. Depende da rede que leva o BTS até ele.

O BTS trafega pela rede de distribuição até chegar aos vários transmissores da rede. Ao chegar a estes transmissores (que também estão referenciados no 1PPS do GPS) o time stamping de envio é comparado com o momento da chegada. A diferença entre estes dois tempos é o Path Delay, ou atraso do caminho/propagação. Este atraso é somado ao atraso de processamento interno do modulador e então este valor é subtraído do Delay Máximo da Rede. Esta diferença é o valor a ser usado como delay local.

Este cálculo é feito individualmente em cada transmissor e cada um deles trabalha independente do outro. Portanto um transmissor não precisa de informações dos outros na rede para sincronizar o sinais. Tudo é feito a partir das informações contidas no BTS e na referência de 1PPS.

6.2 – Rede SFN Estática

Neste modo de operação o valor do atraso de distribuição do sinal BTS não é levado em consideração, ao invés disso é utilizado um valor absoluto de atraso informado pelo Adaptador de Rede (TIME_OFFSET) sendo necessária a sincronização dos elementos de rede através apenas da referência de 10MHz.

É mais complexa de ser implementada, pois é necessário conhecer todos os atrasos na cadeia de distribuição e caso algum elemento seja substituído, o atraso deve ser recalculado.

Basicamente tudo o que é feito automaticamente na rede dinâmica deve ser feito manualmente na rede estática. Todos os atrasos inseridos por equipamentos, e pela propagação do sinal devem ser considerados para que o delay local seja calculado pelo usuário. O princípio continua o mesmo, todos os transmissores da rede devem colocar o sinal no ar ao mesmo tempo.

6.3 – Rede SFN Estática x Rede SFN Dinâmica: Prós e Contras

Dinâmica

- **Pró:** Cálculo do Path Delay Automático.
- **Contra:** Em caso de falha de referência de 1PPS o TX em questão reduz a potência para não prejudicar a rede.

Estática

- **Pró:** Não há necessidade de referência de 1PPS.
- **Contras:** É necessário conhecer o atraso de distribuição dos sinais. A substituição de um elemento requer re-cálculo do atraso desta rota. Como consigo conhecer os atrasos de cada ponto da cadeia de transmissão? Informação do fabricante ou através de medição (mux→excitador). Outro fator é que quando são utilizados transmissores de fabricantes diferentes, o tempo de processamento do modulador é diferente de um para outro, e, portanto devem ser levados em consideração. Estes valores nem sempre são conhecidos, o que dificulta a configuração correta para o alinhamento dos sinais.

7 . Como são feitas as configurações práticas de SFN em equipamentos HKL

A configuração do MUX e transmissores HKL para se operar em uma rede SFN é relativamente simples. Mas é muito importante verificar se as condições mínimas para operação em SFN estão sendo respeitadas.

- 1 – Tanto o MUX quanto os transmissores estão com a mesma referência (1PPS e 10MHz)?
- 2 – O BTS que chega aos transmissores é exatamente igual?

O primeiro item que verificamos é qual a fonte de sincronismo que está sendo utilizada. Precisamos que o 1PPS venha de alguma fonte, seja ela um GPS interno, externo, ou alguma outra forma de referência estável que será usada não só pelos transmissores, mas também pelo MUX. O GPS interno é a fonte mais comumente utilizada.

No ISMUX-004 a configuração é automática. Se houver um GPS interno ele será automaticamente escolhido como referência. Se houver um equipamento externo gerando a referência esta é a utilizada.

No caso do GPS interno, o LED 1 na painel frontal do MUX fica piscando. No caso de referências externas é o LED 2 que pisca. No caso do MUX HKL, quando usamos uma referência externa é importante ter tanto o 10MHZ quanto o 1PPS para que o equipamento funcione corretamente.



Figura 18 – Painel Frontal ISMUX-004

No transmissor antes de começar a configuração, se assegure que a antena de GPS foi instalada. E então o primeiro item que se configura é a fonte do sinal de referência. Fazemos isso no painel frontal do excitador.

Acesse, Setup Menu→Clock Reference→1st Priority, e definimos como primeira prioridade o nosso sinal de GPS Interno (Internal GPS). Poderíamos usar uma das outras opções disponíveis, como por exemplo External PPS. A configuração mais usual é a do GPS interno.



Figura 19 – Clock Reference – 1st priority

O ideal é configurar a segunda prioridade como Last Cal (Holdover). Esta configuração usa a última referência recebida para sincronizar o oscilador interno. Em caso de perda do GPS não há uma comutação. Com o tempo, se o sinal do GPS não retornar, vai haver o escorregamento da referência, mas este modo é o que confere maior robustez à operação em SFN.

Acesse, Setup Menu→Clock Reference→2nd Priority: Last Cal (Holdover).



Figura 20 – Clock Reference – 2nd priority

Depois se verifica no transmissor se o sinal do GPS (ou da fonte escolhida) está sendo recebido corretamente.

No excitador IS8001v4 temos no menu:

Main Menu→Measurements→Internal GPS Measurements



Figura 21 – Internal GPS Measurements

Neste menu temos duas medidas, mostradas abaixo:



Figura 22 –Internal GPS Measurements



Figura 23 –Internal GPS Measurements

Com estas medidas podemos verificar se o receptor de GPS está recebendo corretamente o sinal dos satélites de GPS.

Temos também o Clock Measurements para verificar qual o desvio do sinal recebido.

Acesse, Main Menu→Measurements→Clock Measurements

Escolha a fonte usada (neste exemplo o GPS interno).



Figura 24 – Clock Measurements



Figura 25 – Clock Measurements – Int GPS

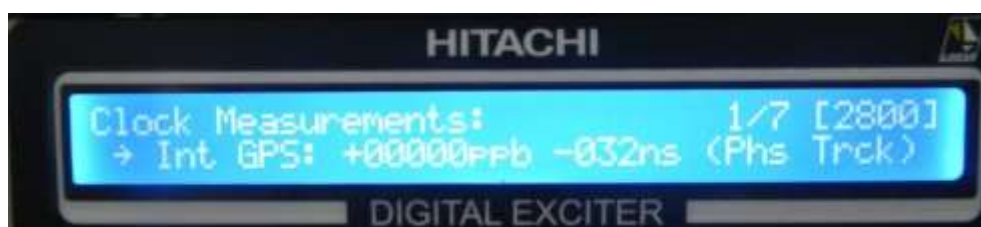


Figura 26 – Clock Measurements – Int GPS

É importante que o desvio mostrado não passe da ordem dos 300ns – 400ns. Normalmente este valor fica em torno de 30 ns, e leva algum tempo para o excitador ficar sincronizado a esta fonte. Veja que a figura 25 e 26 mostram desvios diferentes. Este desvio de clock tende a ser reduzido com o tempo. O valor na figura 25 foi monitorado minutos antes da medida feita na figura 26. Mas se depois de algum tempo ligado estas medidas apresentarem um erro na faixa dos μ s, verifique a conexão, antena, cabos, visada, possíveis sinais interferentes na antena de GPS, etc. É primordial que o sinal de referência esteja correto. A grande maioria de problemas encontrados em redes SFN está relacionada a problemas no sinal de referência.

Após as configurações de clock temos que habilitar o Tx para trabalhar em SFN. Se não for configurado desta maneira, o Tx assumirá uma rede MFN ignorando as informações de SFN contidas no BTS e não fará cálculos para sincronismo.

Entrando nas configurações de SFN vamos escolher o modo de operação:
Acesse, Setup Menu→Equipment SFN config→Config Time Stamping



Figura 27 – SFN Config: Config Time Stamping

Podemos também fazer esta configuração através da interface web:

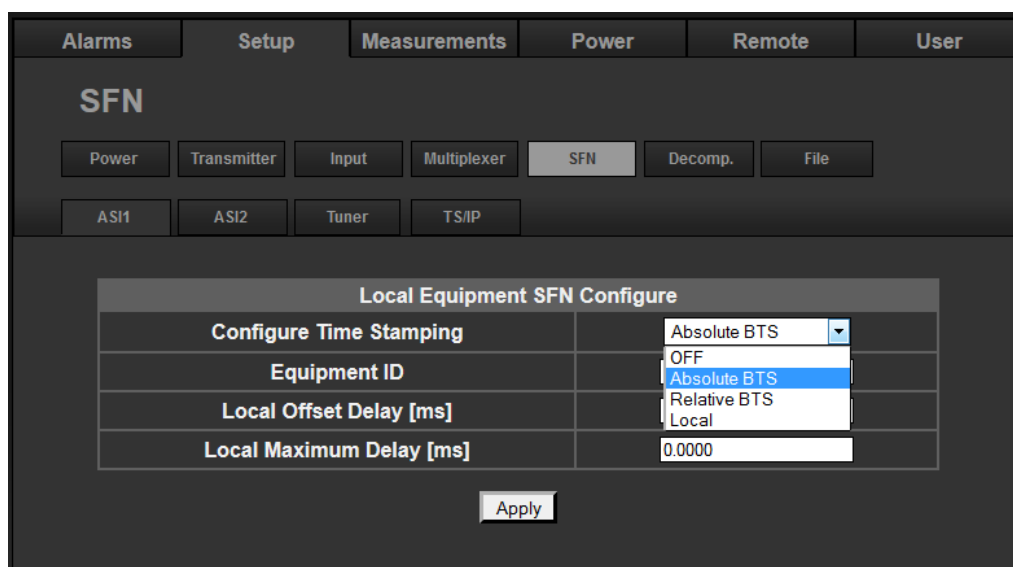


Figura 28 – SFN Config

Aqui temos quatro opções, OFF, Absolute BTS, Relative BTS, ou Local.

OFF – SFN desabilitada.

Absolute BTS – Se houver uma variação no alinhamento de BTS de mais de 3 μ s (equivalente a 12 bytes) o transmissor é mutado e se reinicia o Remux, um novo cálculo de Path Delay é feito e um novo delay aplicado.

Relative BTS – O cálculo de Path Delay é feito no início da operação e o Delay local é mantido relativo a este primeiro cálculo. O remux só é reiniciado quando houver alteração suficiente no alinhamento de BTS de forma que o buffer utilizado ultrapasse seu limite inferior ou superior, ou seja, se esvazie ou ultrapasse a capacidade. Esta capacidade é de um TSP (transport stream packet), ou seja 188 bytes que é equivalente a 47 μ s. Este modo confere uma maior tolerância ao sistema e é portanto recomendado.

Local – Pode se inserir um delay local manualmente diretamente no Tx. Este modo pode ser usado em algum caso emergencial e não é recomendado. A não ser que todos os cálculos tenham sido bem feitos e este TX seja inserido de forma estática na rede SFN. Ainda assim é necessária a presença do sinal de 10 MHz.

Veja também que as configurações são feitas por entrada. Para cada entrada se pode ter uma configuração distinta. Portanto sempre fazer a configuração para a entrada que está sendo utilizada, bem como para as entradas com menos prioridade que em caso de falha da entrada principal venham a entrar em ação.

Também devemos configurar a ID do Transmissor. Cada transmissor da rede terá um ID único.

Setup Menu→Equipment SFN config→Equipment ID:

Aqui definimos qual Tx é o Tx 1, 2, 3 etc. Este é um número arbitrário e não segue regras. Podemos montar nossa rede identificando os Tx da forma que melhor nos convenha. *Esta configuração também está disponível na interface web no campo de “Equipment ID”, como podemos ver nas figuras abaixo.*



Figura 29 – SFN Config: Equip ID

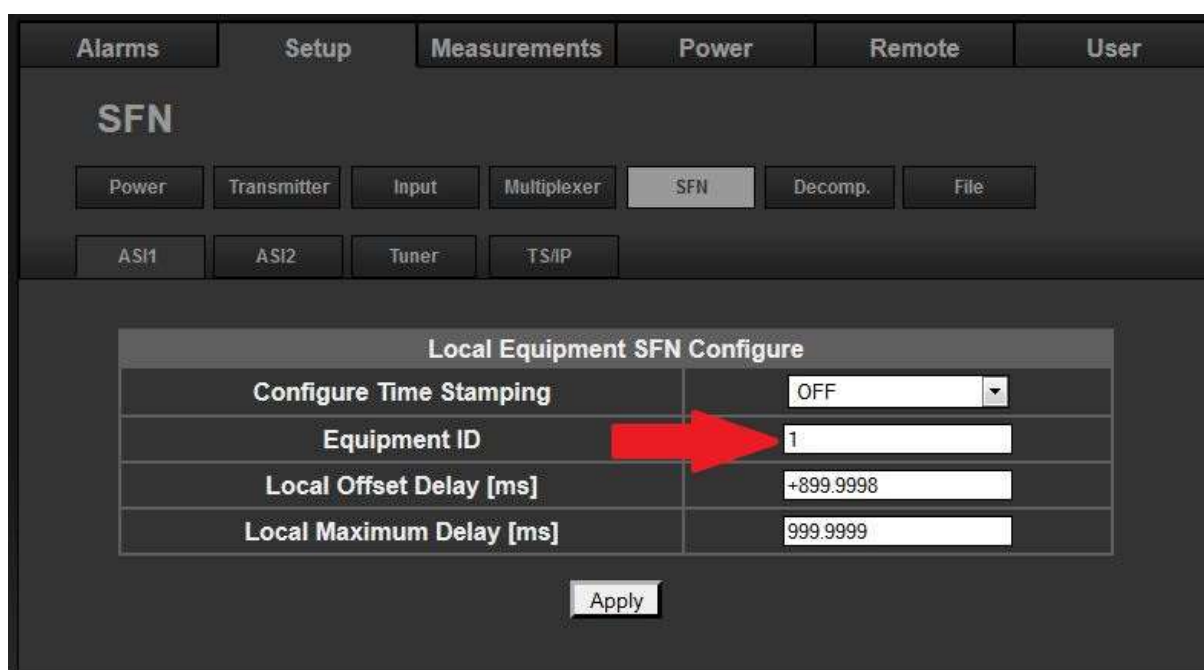


Figura 30 – SFN Config: Equip ID

Voltando ao MUX, temos que habilitar as informações de SFN. Acessamos a página de SFN, definimos o Delay máximo da rede, e habilitamos os IDs dos Transmissores que estamos utilizando.

Na figura abaixo podemos ver o delay máximo em 300ms e os transmissores de ID 1 e 2 habilitados para operar em SFN.

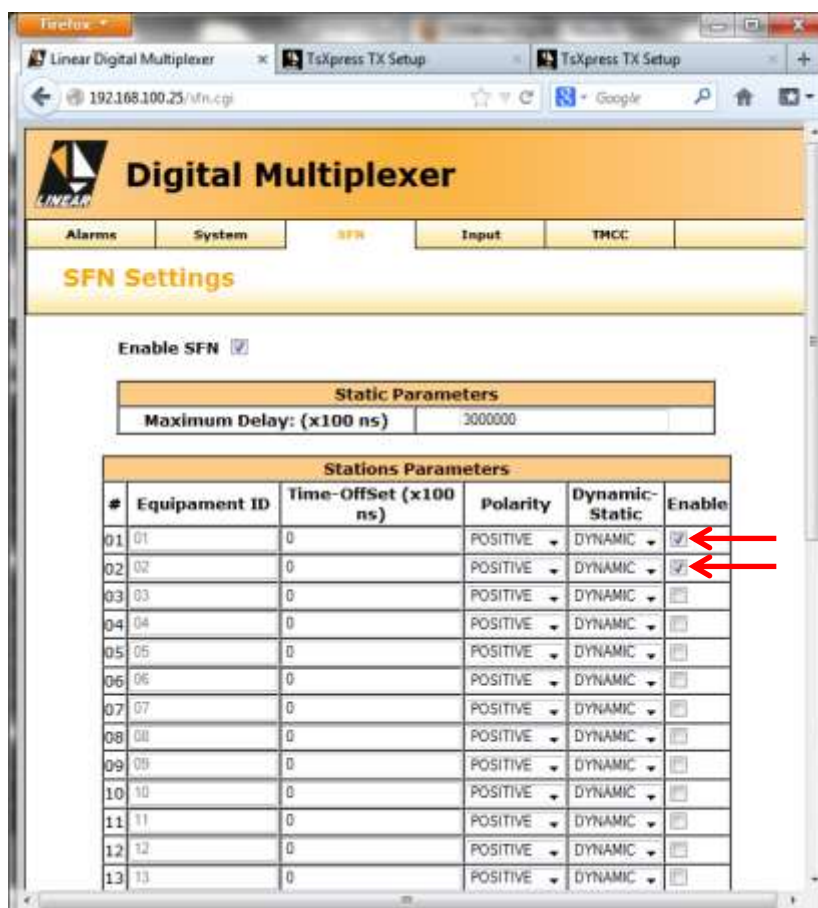


Figura 31 – ISMUX-004 - SFN Settings

Observe que há um campo chamado Dynamic-Static. Isto define o modo de operação onde no dinâmico o cálculo do delay é feito automaticamente no Tx enquanto que no modo estático nós inserimos o delay que queremos utilizar.

Após todos estes parâmetros configurados, podemos ver no Tx Measurements os dados pertinentes a redes SFN. Abaixo vemos a interface web, mas todas estas medidas também estão disponíveis no painel frontal do excitador.

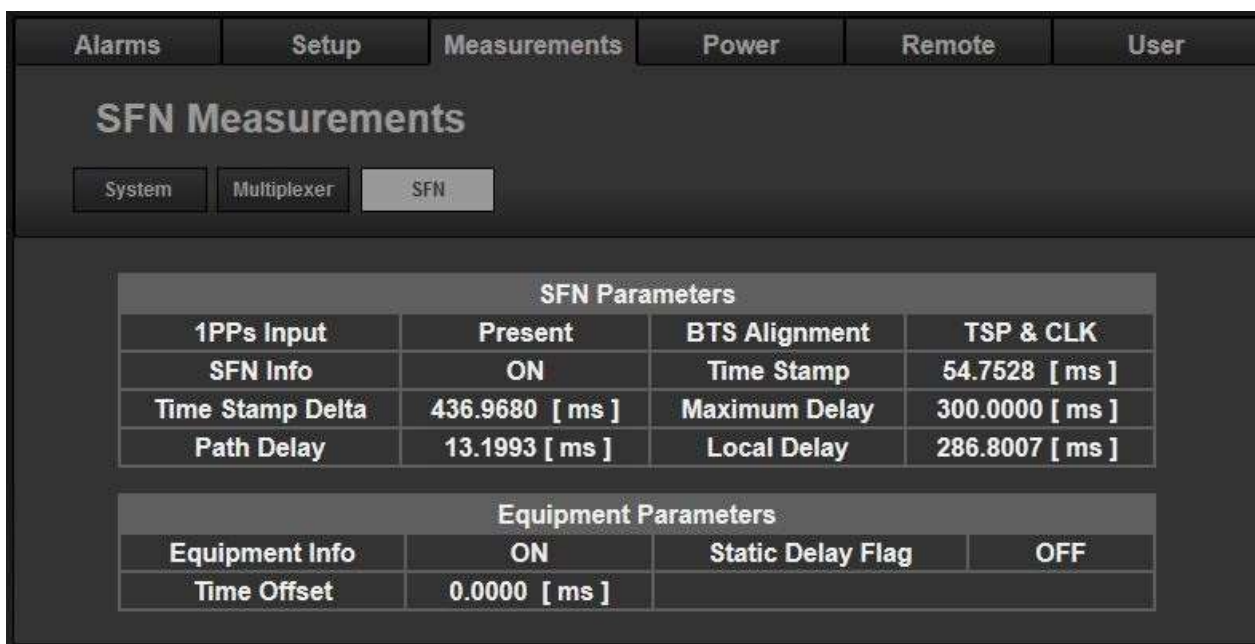


Figura 32 – Excitador - SFN Measurements

Veja que há indicação de presença de 1PPS, alinhamento de BTS, SFN info, Flag de SFN estático, etc.

Com estes dados podemos ver se as informações de SFN estão sendo aceitas e utilizadas corretamente pelo excitador.

Se há problemas com o BTS ou com as referências vamos ver o campo SFN Info = Error.

Para mais informações e testes práticos feitos em bancada consulte o documento “Ensaio SFN.pdf”.