

Plataforma de agendamento de espectro para equipamentos profissionais

Hugo Filipe Esteves, Pedro José Duarte, Paulo Jorge Marques e Rogério Pais Dionísio

hugofneves@gmail.com, pedrojduarte@gmail.com

Resumo – Com o *switch off* da televisão analógica libertou-se uma importante e útil parte do espectro que possui características que o tornam bastante importante e útil para utilização por outros sistemas radiofrequência. Mas é também nesta banda de espectro que funcionam inúmeros dispositivos sem fios, de forma anárquica, e sem qualquer tipo de regulamentação. Desta forma tornou-se necessário regular estes aparelhos. Neste artigo propõe-se uma plataforma que possibilita a regulamentação e correcta utilização destes dispositivos que operam anarquicamente nestas frequências.

Palavras-chave – Dividendo Digital, PMSE, reserva espaço-temporal-espectral.

A. INTRODUÇÃO

Quando da implementação da televisão analógica em Portugal, optou-se pela utilização do plano de frequências utilizado na Europa Ocidental. Neste plano de frequências, um canal na frequência corresponde a um canal de televisão (com largura de banda de 8 MHz), levando a que o número de canais na frequência seja proporcional ao número de canais de televisão. Actualmente Portugal, seguindo a evolução tecnológica mundial, está a implementar a Televisão Digital Terrestre – TDT, que vai levar à “remodelação” destas frequências. Utilizando técnicas de modulação digitais avançadas, a televisão digital possibilita a utilização mais eficiente do espectro radioeléctrico. Isto significa que num único canal na frequência é possível colocar vários canais de televisão digital (em Portugal continental, o canal 56 é suficiente para os 4 canais existentes e posteriormente um em HD [1]). Assim as faixas espectrais VHF (174-230 MHz) e UHF (470-872 MHz) vão ser libertadas da actual ocupação até ao final de 2012. Este espaço espectral que é libertado é de elevada importância nas telecomunicações por duas razões principais:

- A atenuação nestas frequências é relativamente baixa.
- A possibilidade de construir aparelhos com antenas de tamanho reduzido, consequência do comprimento de onda nestas frequências.

Estas características tornam esta zona espectral muito procurada e conseqüentemente dispendiosa para os interessados na sua utilização. O espectro libertado pelo *switch-off* analógico poderá então ser aproveitado por outros sistemas secundários, que funcionarão nas bandas de frequência até aqui só utilizadas pela televisão analógica. O problema põe-se porque nesta banda de frequências (UHF: 470-872 MHz) já existem outros dispositivos, com direitos de utilização, mas na sua maioria não regulada, que podem vir a causar interferências a estes sistemas. Estes dispositivos são designados por PMSE - *Program Making and Special Event*. PMSE é o termo introduzido para descrever um conjunto de aparelhos de baixa potência utilizados normalmente em

eventos ou conferências. Alguns exemplos destes aparelhos sem fios são: microfones sem fios, intercomunicadores, câmaras, e alguns tipos de ligações ponto-a-ponto. Em Portugal, a ANACOM permite que estes dispositivos operem de forma não licenciada na banda UHF (entre 470 e 790 MHz e na banda entre 790 e 890 MHz), desde que a potência emitida não ultrapasse 50 mW [2]. Na figura 1, é possível observar que estes dispositivos operam de forma dispersa por todo o espectro radio [3].

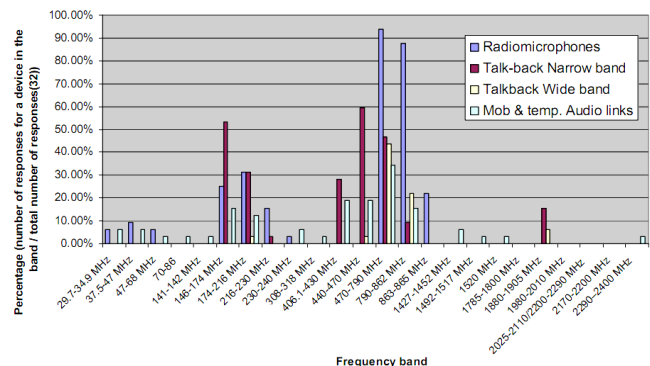


Fig. 1 – Estatísticas de ocupação de espectro pelos PMSE.

B. ENQUADRAMENTO

Tendo em conta que o espectro radioeléctrico é um recurso natural cujo consumo aumenta a cada dia, é necessário repensar a forma como se regula este segmento. Para máxima eficiência e utilização do espectro, não é comportável ter dispositivos a operar anarquicamente.

Para regular estes dispositivos, devem ser atingidos dois objectivos:

- 1) Regulação do espectro: É necessário criar leis relativamente a estes aparelhos. Qualquer meio que se pretende organizado e com máxima rentabilidade deve ter legislação que apoie a ordem. Os PMSE profissionais devem continuar a operar, nas faixas espectrais que lhes foram atribuídas. Os PMSE não-profissionais podem ser alocados em *safe harbour channels*. [4]
- 2) Plataformas de agendamento: No caso de um utilizador ou organização ter necessidade de utilizar microfones sem fios profissionais, ligações áudio temporárias, ou outro artigo deste género, simplesmente tem de comprar esses produtos e montá-los no local do evento sem necessitar de qualquer licença. Criando plataformas de agendamento de espectro, é trazida ordem a este segmento. Estas plataformas permitem aos utilizadores salvaguardar o seu tempo de antena e o evento para o qual fizeram a reserva de espectro. Mas mais importante, trazem ordem permitindo a outros sistemas operar via radiofrequência, sem interferir com estes

aparelhos. Têm também a vantagem de dar ao regulador estatísticas e informações sobre a utilização do espectro em tempo real. Esta plataforma foi desenhada para o cenário português que carece de uma solução de agendamento e reserva de espectro para os PMSE.

Esta comunicação científica consiste na demonstração de um sistema que possibilite a organizações responsáveis por eventos, reservar ou alugar espectro para utilização em eventos, acontecimentos, reportagens, etc. Este tipo de agendamento deverá funcionar de forma geográfica, temporal e espectral. Isto significa que um utilizador tem a possibilidade de analisar, estudar e proceder à reserva de determinada zona, em determinada altura e determinadas frequências, não interferindo com outras reservas, ou outros sistemas a funcionar no mesmo local. Tal como referido, pressupõe-se também que a protecção dos PMSE não profissionais é feita por *safe harbor channels* e *sensing* local [4]. A plataforma terá um papel mais incidente nos PMSE profissionais. No entanto isso será decisão do operador da mesma, pois ambos os casos são possíveis. Desta forma regularizar-se-ão os aparelhos que operem de forma anárquica no espectro, permitindo a óptima utilização e negociação deste escasso recurso e evitando acidentes devido à interferência entre dispositivos.

Esta plataforma foi desenvolvida no âmbito do projecto cofinanciado pela união europeia COGEU que defende a utilização dos TVWS - TV White Spaces por outros sistemas e a regulamentação dos PMSE [5].

C. INTRODUÇÃO DA PLATAFORMA

A Plataforma encontra-se alocada na Internet, acessível de qualquer parte do mundo. Esta plataforma tem como grande objectivo possibilitar o agendamento regulado de dispositivos (embora o alvo sejam os PMSE, a plataforma é escalável para outros equipamentos e/ou gamas de frequência).

Algumas das funcionalidades da plataforma estão descritas nos seguintes pontos:

1) Agendamento geográfico, temporal e espectral.

-- Desenvolvimento e integração de mapas para maior facilidade de reserva pelo utilizador. Este pode seleccionar no mapa o local da reserva, optar pela introdução da morada do evento ou código postal. Desta selecção são retiradas as coordenadas para processamento na plataforma

-- O agendamento temporal é feito através da selecção num calendário clássico que é preenchido automaticamente com as reservas do utilizador. Este calendário foi implementado para facilitar a interacção com os utilizadores. As reservas são feitas diariamente.

-- Agendamento espectral é feito pela selecção do canal no qua o utilizador pretende fazer a reserva de espectro.

2) Base de dados.

Opção pela utilização de uma base de dados de acesso seguro para manter integridade e confidencialidade dos dados relativos às reservas e utilizadores.

3) Consulta do estado de ocupação espectral.

Existe uma secção na plataforma para consulta de espectro. Esta secção através da utilização de um mapa e botões de selecção permite filtrar e recria no mapa as reservas de espectro actuais.

4) Pagamento pela utilização do espectro.

Foi implementado um sistema de conta de utilizador tomando o pagamento pela reserva de espectro simples, e a plataforma economicamente autónoma. Este sistema é do tipo conta de utilizador que deve ser carregado antes da reserva.

5) Outras funcionalidades.

Foram levados outros pontos em conta para dar opções especiais ao administrador da plataforma, como controlar o acesso aos recursos de calendarização, bloqueamento de uma área, etc. Além disso, pretende-se tornar a interface acessível e simples, para que o cliente não necessite de conhecimentos técnicos na área,

D. CONSULTA DE ESPECTRO

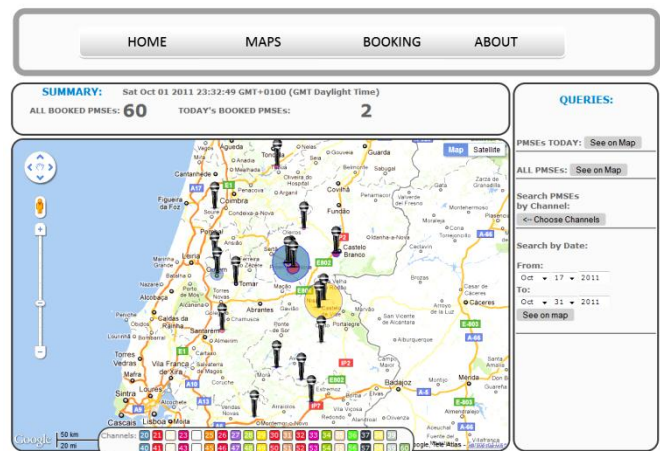


Fig. 2 - Consulta dos PMSE já agendados.

Esta página possibilita ao utilizador a consulta de espectro. Existem 3 zonas distintas.

Summary

Neste campo são mostradas estatísticas do espectro: número de total de reservas existentes e o número de reservas diárias.

Mapa

Aqui é mostrado o mapa. O utilizador pode interagir com este através de arrasto, *zoom* e selecção da vista de satélite. São preenchidas as circunferências com os PMSE já reservados mediante as opções do utilizador.

Queries

Aqui o utilizador pode refinar a forma como as reservas aparecem no mapa. O botão "PMSEs TODAY:" mostra todas as reservas existentes para o dia actual. O botão "ALL PMSEs:" mostra todas as reservas existentes na BD. Carregando no botão "Choose Channels" é mostrada a caixa Selecção de Canal onde é dada a opção ao utilizador para seleccionar os canais que pretende visualizar. Na zona

“Search by Date:” o utilizador pode seleccionar um intervalo de datas em que pretende ver as reservas.

E. AGENDAMENTO DE ESPECTRO

A. Menu de gestão

Após o início de sessão, o utilizador é levado para um menu de gestão. Neste menu de gestão o utilizador pode consultar as reservas feitas pelo próprio mas principalmente pode gerir as suas próprias marcações. Na figura 3 está este menu.

The screenshot shows a user interface for managing bookings. At the top, there is a summary section with the following data:

- SUMMARY: Sun Oct 02 2011 01:23:33 GMT+0100 (GMT Daylight Time)
- ALL BOOKED PMSEs: 18
- TODAY'S BOOKED PMSEs: 0
- Welcome: id: 3, user2
- Your account balance: 360€

Below the summary is a map of Castelo Branco with a red circle indicating a selected location. To the right of the map is a table titled "Your Books" with the following columns: Ch, Latitude, Longitude, Date, and # of Links. The table contains 18 rows of booking data.

Ch	Latitude	Longitude	Date	# of Links
20	38.7192	-27.2771	2011-10-08	1
20	39.1987	-7.6555	2011-11-25	2
21	39.8078	-7.5237	2011-10-01	5
20	38.7192	-27.2771	2011-10-07	1
20	38.7192	-27.2771	2011-10-13	1
20	38.7877	-7.7434	2011-11-19	1
20	39.7741	-8.6004	2011-11-02	4
20	39.7741	-8.6004	2011-11-02	4
20	39.4358	-7.6775	2011-11-19	3
20	39.8078	-7.5237	2011-11-01	5

At the bottom of the interface, there is a "Channels" section with a grid of colored squares representing different channels, and buttons for "Add new book", "Logout", and "Recharge Account".

Fig. 3 – Área de Cliente

Nesta página existem as seguintes secções:

Summary

Mostra a data actual e estatísticas relativas a este utilizador.

Identificação

Mostra o número do utilizador, número de identificação e o crédito disponível.

Mapa

Fica disponível um mapa, onde é possível interagir através de arrasto, zoom ou selecção da vista de satélite. O mapa é preenchido com as reservas relativas a este utilizador.

Legenda do map

Neste campo está a legenda identificativa das cores referentes a cada canal no mapa.

Opções de consulta

O utilizador pode refinar a forma como as suas próprias reservas aparecem no mapa. O botão “PMSEs TODAY:” mostra todas as reservas existentes para o dia actual. O botão “ALL PMSEs:” mostra todas as reservas existentes na BD. O botão “Choose Channels” mostra a caixa de selecção de canal onde é dada a opção ao utilizador para seleccionar os canais que pretende visualizar.

Reservas do utilizador

Carrega as reservas do utilizador. Este pode consultar individualmente cada reserva no mapa ou pode apaga-la.

B. Agendamento geográfico

Se o utilizador deseja agendar o uso de um novo PMSE, é apresentado o ecrã da figura 4.

The screenshot shows the PMSE booking interface. At the top, there is a logo for COG-EU and a title "PMSE". Below the logo is a map of a coastal area with a red circle indicating a selected location. To the right of the map is a form for location selection with the following fields:

- STEP 1: Selection of the PMSE device and location.
- I/We apply to operate wireless equipment and conform to the legal parameters of the present regulation.
- PMSE location: Indoor Outdoor
- Address:
- Latitude: 38.6974 Longitude: -9.2367

Below the location form is a search for devices section with the following fields:

- Search Device: AUDIX RAD360
- Number of Links: 4
- Is not on the list:
- Manufacturer, Model:
- RF Max Power (mW):

At the bottom of the interface, there is a "Back to Client Area" button and a "Next Step" button with a green checkmark and the text "Correctly Filled."

Fig. 4 – Escolha do local e dispositivo

O primeiro passo neste sector é a escolha do local onde se pretende agendar um PMSE. Tal como foi referido, esta escolha pode ser feita clicando num mapa, escrevendo a morada ou código postal na caixa de texto própria. Para isto são usados os serviços de mapas disponibilizados pela Google (*Google API*). O sistema adquire automaticamente as coordenadas geográficas desse local. O segundo passo é a escolha do dispositivo. Tendo em conta o possível desconhecimento técnico destes dispositivos por parte do utilizador, existe uma lista de equipamentos que permite ao utilizador escolher o que possui, sem que para isso tenha que conhecer a potência, ou outras características técnicas mais detalhadas do dispositivo. Caso o aparelho não se encontre na lista, pode inserir a marca e a potência. O utilizador deve finalmente seleccionar o número de links que pretende utilizar. É importante explicar em que consiste o número de links. Cada PMSE possui uma largura de banda teórica de 200 kHz. Para não existir “desperdício” de espectro (permitir apenas a reserva de um PMSE por canal) optou-se pela reserva de até 5 PMSE por cada canal analógico (largura de banda de 8 MHz) para garantir uma banda de guarda segura entre os vários PMSE. Desta forma garante-se uma boa relação entre a rentabilização do espectro e a salvaguarda dos utilizadores.

C. Agendamento Espectral e Temporal

Permite que o utilizador faça o agendamento temporal e seleccionar as frequências em que pretende operar. Para tal, deve seleccionar o canal utilizado pelo seu equipamento. Actualmente são suportados os canais 21 ao 60 (facilmente escalável/alterável). Após a selecção do canal pretendido o calendário é preenchido automaticamente com a ocupação já existente para este canal. Desta forma, o utilizador pode verificar a disponibilidade ou indisponibilidade do espectro

na data e canal pretendido e assim seleccionar (ou não) outro canal.

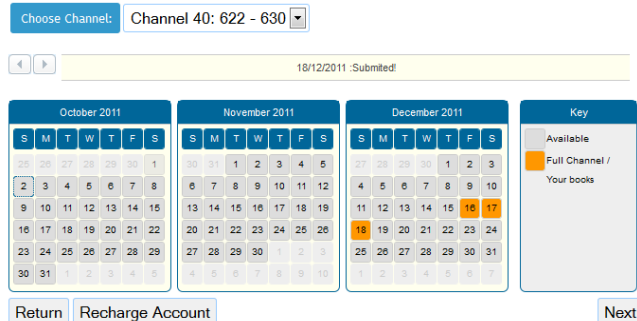


Fig. 5 - Reserva espectral e calendário para reserva temporal

Na Figura 5 temos o sector da plataforma onde o utilizador escolhe o canal e o dia em que deseja utilizar o aparelho sem fios. Caso já não existam *links* suficientes no canal pretendido, o dia ser-lhe-á apresentado como *Full Channel*. Desta forma, a plataforma permite que apenas sejam agendados no máximo 5 *links*, no mesmo dia, local e canal. Se o utilizador não possuir crédito suficiente na sua conta pessoal, ficará também impedido de fazer novas reservas, havendo um botão rápido para recarregar a conta.

D. Menu de Checkout

Nesta página elabora-se um relatório para o utilizador ficar informado do local onde foi feito o agendamento, das reservas feitas no próprio dia e detalhes geográficos. É também apresentado o balanço da conta e são exibidas todas as reservas previamente agendadas. Neste passo o utilizador tem um histórico geral sobre a actividade levada a cabo, bem como a sua situação no sistema. Esta página está ilustrada na figura 6.

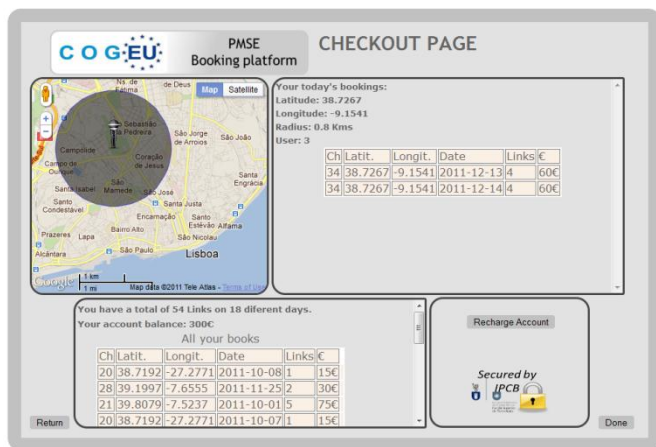


Fig. 6 - Página de checkout

F. FUNCIONAMENTO TÉCNICO

No funcionamento da plataforma apresentada existem quatro principais intervenientes, representados na figura 7. As tecnologias utilizadas possibilitaram este tipo de funcionamento. De seguida são elaboradas resumidamente as tecnologias.



Fig. 7 – Intervenientes na plataforma

A. Linguagens de programação

-- Linguagens web *cliente-sided*: Como qualquer página web nesta plataforma foram utilizadas as habituais linguagens de programação: *HTML*, *Javascript* e *CSS*. Estas linguagens correm no PC do cliente e são lidas pelo navegador para construir a página.

-- Linguagens web *server-sided*: Utilizou-se PHP. Em PHP, o processamento é feito do lado do servidor e a página é enviada para o cliente já processada. Também o acesso à base de dados é feito utilizando PHP com comandos SQL.

B. Base de dados

Para o correcto funcionamento da plataforma, todos os dados têm que ser guardados de forma segura. Esta plataforma utiliza a tecnologia livre MySQL.

A base de dados da plataforma possui 7 tabelas devidamente organizadas para guardar as várias informações. A Tabela I é a mais importante do sistema pois guarda todas as reservas que foram agendadas. Nesta tabela é possível identificar o canal (*id_item*), latitude, longitude, o utilizador que reservou (*id_user*), a data reservada (*the_date*), entre outros campos.

Tabela I - Tabela Bookings

id	id_item	the_date	id_state	latitude	longitude	radius	id_user	book_date
852	43	22-09-2011	1	39.8024	-7.494	0.9782	1	30-08-2011
851	20	21-09-2011	1	39.8024	-7.494	0.9782	1	30-08-2011
848	40	04-10-2011	1	39.8161	-7.5094	1	4	30-08-2011
847	53	03-10-2011	1	39.8161	-7.5094	1	4	30-08-2011
846	59	02-10-2011	1	39.8161	-7.5094	1	4	30-08-2011

A Tabela II é a tabela que contém os dados dos utilizadores que têm acesso à base de dados. A palavra-passe encontra-se guardada com o algoritmo de *hash* MD5. Esta medida incrementa a segurança da plataforma.

Tabela II - Tabela Users

id	level	user	password	date_visit	visits	balance
1	1	user1	7a57a5a743894a0e4a801fc3	16-08-	274	x
2	1	user2	52afc47c225b757e7bee1f9d	15-08-	14	x
3	2	user2	863b60197ceb55a1e487989	16-08-	67	x

A Tabela III contém parte da listagem de dispositivos que a plataforma integra. Desta forma o utilizador apenas tem que seleccionar o seu aparelho na lista, não necessitando para isso de grandes conhecimentos técnicos sobre o dispositivo.

Tabela III - Tabela de equipamentos

id	name	pout	desc
1	ELECTROVOICE HTU-2	20	x
2	SAMSON WIRELESS AG1	30	x
3	AKG S0 40	50	x

A Tabela IV é utilizada pelo administrador da plataforma para estipular o raio de exclusão fixo. À frente elabora-se sobre a funcionalidade desta tabela.

Tabela IV - Tabela de potências

id	potencia_mW	raio_exclusao_km
0	10	0.8
1	50	1.5
2	100	3
3	200	6

G. OPERAÇÕES TÉCNICAS MAIS IMPORTANTES

A. Cálculo do raio de exclusão

Quando é feita uma reserva, o sistema reserva um determinado raio de exclusão dependente da potência do dispositivo utilizado, garantindo assim a não-interferência com outros sistemas. Este cálculo pode ser feito de duas formas que devem ser definidas pelo administrador:

- 1) Modo Manual: Existe uma tabela modificável (na figura 8) pelo administrador da plataforma que possui um raio de exclusão para cada intervalo de potências do aparelho utilizado na reserva. Os valores da tabela podem assim ser alterados de acordo com o que o administrador de sistema julgue mais apropriado (por exemplo no caso de existirem medições práticas no terreno).
- 2) Modo Automático: Com base na fórmula de Friis é calculado um raio ótimo.

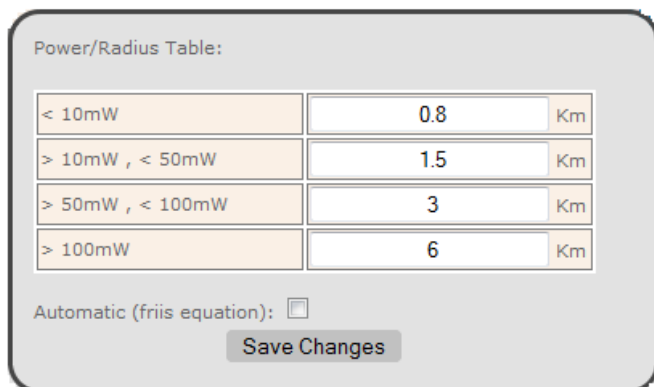


Fig. 8 – Janela de opções para cálculo do raio.

B. Bloqueio de uma área

Imagine-se uma situação de catástrofe, ou qualquer cenário onde seja necessário bloquear a utilização de determinados canais do espectro num determinado dia, num determinado local. A plataforma apresentada tem uma funcionalidade

(figura 9) onde é possível seleccionar manualmente um raio e o dia em questão. Assim a zona bloqueada impedirá a existência de novas reservas.

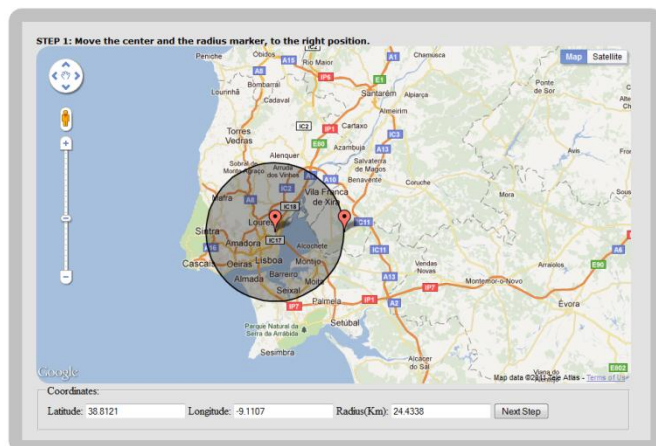


Fig. 9 - Bloqueio de uma área geográfica.

C. Evitar Interferências entre PMSEs

Como previamente explicado a plataforma permite um máximo de 5 links no mesmo local, num canal de 8 MHz. Na figura 10 está representado uma reserva já existente e uma reserva que um novo utilizador pretende fazer.

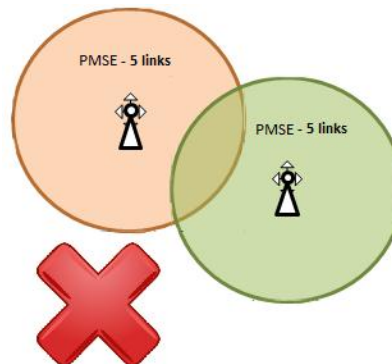


Fig. 10 - Representação da não-interferência

Neste caso o canal é mostrado como ocupado no calendário (figura 11). Desta forma previne-se a sobreposição de reservas e é salvaguardada qualquer interferência entre PMSE.



Fig. 11 - Representação do número de links

H. APRECIÇÃO DO TRABALHO E CONCLUSÕES

Actualmente, devido ao switch-off da televisão analógica, observa-se a libertação de espectro da banda abaixo dos 900 MHz. Em alguns países da Europa (Portugal incluído) estão já em curso leilões de espectro [6-8] para rentabilizar ao

máximo estas faixas recém-libertadas. Nesta era, em que as comunicações sem fios são utilizadas por um número crescente de dispositivos e sistemas de comunicação e difusão, é impensável ter equipamentos sem fios a funcionar de forma anárquica nestas frequências. A plataforma aqui desenvolvida vai ao encontro desta regulação, impedindo as interferências entre equipamentos e aplicando a harmonia neste sector. Mas é importante referir que sem a devida legislação e aplicação dessa legislação é impossível trazer a ordem a esta área das telecomunicações. A plataforma desenvolvida cumpre com os objectivos pretendidos. O agendamento está implementado e todas as reservas e movimentos dos utilizadores registados na base de dados. Numa aplicação real a plataforma deve ser mantida pelo regulador ou uma entidade privada sob escrutínio deste. Devem ser criados pontos legais relativos a este sector para garantir a máxima informação aos clientes. Esta plataforma apresenta-se como inovadora e algo novo neste segmento das telecomunicações (actualmente só o Reino Unido opera um serviço deste género através da empresa privada JFMG [9]. É importante levar em conta a zona geográfica e populacional dos eventos. Na zona de Lisboa, pela grande densidade populacional, é muito mais provável existirem interferências na área das comunicações do que num cenário no interior de Portugal.

O projecto COGEU, procura alcançar a máxima eficiência e utilização de espectro através da introdução de sistemas cognitivos e bases de dados de geo-localização [10]. Enquanto os PMSE não-profissionais são desviados para canais próprios ou detectados através de sofisticados algoritmos de *sensing*, os PMSE profissionais são controlados através de plataformas de agendamento. Seria necessário sondar/alertar empresas de organização de eventos para assim tentar implementar, sem sobressaltos, este novo e necessário conceito.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos orientadores Paulo Marques e Rogério Dionísio, pela confiança depositada, oportunidade e orientação no desenvolvimento deste projecto.

REFERENCIAS

- [1]TDT – Televisão Digital Terrestre, [Online] URL: <http://tdt.telecom.pt>
- [2]ANACOM, “Quadro Nacional de Atribuição de Frequências”, pag. 76,77
- [3]CEPT, “Technical considerations regarding harmonization options for the digital dividend in the European Union”, [Online] URL: <http://www.erodocdb.dk/docs/doc98/official/pdf/CEPTRep032.pdf>
- [4]“COGEU response to the call for public input on the draft RSPG Opinion on Cognitive Technologies”, [Online] URL: http://rspg.groups.eu.int/consultations/consultation_cognitiv_2010/coge_u_0115.pdf
- [5]COGEU, “Initial Architecture for TVWS Spectrum Sharing Systems”, [Online] URL: <http://www.ict-cogeu.eu>
- [6]ANACOM, “Projecto de regulamento do Leilão para a atribuição de direitos de utilização de frequências nas faixas dos 450 MHz, 800 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 2,1 GHz e 2,6 GHz”, [Online] URL: <http://www.anacom.pt>
- [7]“Leilão de frequências nas bandas 2500-2690MHz e 2010-2025MHz na Dinamarca (tradução livre)”, [Online] URL: <http://en.itst.dk/spectrum-equipment/Auctions-and-calls-for-tenders/2-5-ghz/information-memorandum>

- [8]“Calendário francês para leilões de 4G (tradução livre), [Online] URL: <http://www.hlspectrumreview.com/2011/05/articles/auctions/french-calendar-for-4g-auctions/>
- [9]JFMG, [Online] URL: <http://www.jfmg.co.uk>
- [10]“COGEU: COGnitive radio systems for efficient sharing of TV white spaces in EUropean context”, [Online] URL: <http://cordis.europa.eu/fp7/ict/future-networks/crw/17marques.pdf>