Uso de simulateBMP() v3.0

```
[sensorData, t, dt, pVariable, lx, ly] = ...
%          simulateBMP(imageFileName, scale, duration, ...
%          simMedium, simSource,recordVideo);
```

Simula propagación de fuentes acústicas de presión en escenarios 2D definidos por un archivo de imagen. Permite el uso de múltiples sensores de presión y múltiples fuentes con libre definición de su variación temporal

imageFileName es el archivo BMP

La versión 2.0 admite formato BMP 256 o BMP 24 bits en forma indistinta.
Conviene seleccionar tamaños de bits que permitan cómputos eficientes. Para ellos conviene utilizar previamente checkFactors(min_number, max_number)
Los tamaños de tipo 2^n son eficientes (128, 256, 512, 1024, etc.)
El color blanco representa aire. El color negro representa elementos de reflexión total. El rojo representa fuentes. El verde sensores y el marrón elementos de material absorbente. La versión 2.0 admite absorción pero con un único valor del coeficiente de Sabine para todos los materiales definidos con color marrón.

scale

Es la dimensión de cada mínimo salto de reticulado en metros. El reticulado esperado por simulateBMP asume que el espaciado es igual tanto en x como en y.
Si se utilizar scale=0.01 (1 cm) se obtiene una frecuencia de muestreo de simulación de 114 kHz y una frecuencia válida de Nyquist de 17 kHz para las componentes de las ondas que se propagan.
Si se elige otro valor de scale, la versión 2.0 informa al comenzar la fNyquist disponible.

duration

Indica el tiempo de duración de la simulación en segundos.
En el uso normal k-Wave no requiere este parámetro, sino que lo determina en relación con el tiempo máximo que puede tardar una onda en atravesar todo el espacio de simulación. La función simulateBMP() requiere definirlo en forma obligatoria (no existe ningún valor definido por defecto).

simMedium

Es una estructura (struct) que contiene variables relacionadas con el medio de simulación.
En la versión 2.0 es posible realizar simulaciones sin especificar todos los parámetros, ya que incluye valores por defecto para cada uno. Sin embargo, como se trata de un argumento necesario en la función, resulta imprescindible especificar al menos uno de los siguientes.
simMedium.c0 especifica la velocidad de propagación en m/s en el aire (zonas de color blanco en la imagen). Si no existe el campo c0 en la estructura asume el valor por defecto de 344 m/s
simMedium.density especifica la densidad del aire. El valor por defecto es de 1.2 Kg/m3
simMedium.alpha especifica el coeficiente de absorción de Sabine (que no debe confundirse con el coeficiente de absorción de energía que se utiliza en k-Wave). Un coeficiente alpha=1 significaría absorción total. El valor por defecto si no se especifica el campo es alpha=0.5. De todas maneras, sólo tiene efecto en la simulación si la imagen contiene puntos en color azul.
simMedium.speedRatio especifica la relación de velocidades de propagación entre el medio absorbente y el aire, considerando speedRadio= cAbsorb/c0. Sólo se utiliza cuando existen puntos azules en la simulación. El valor por defecto es speedRatio=1.1.
simMedium.sign especifica el signo de la reflexión (su fase). Esto se relaciona con que existe una indeterminación al determinar un coeficiente de Sabine en relación con la fase de la reflexión. Dicho en otras palabras, un coeficiente de Sabine alpha=0.5 indica que se absorbe la mitad de la energía, pero la onda que no es absorbida podría reflejarse con la misma fase de presión (más cercano a la reflexión en un tubo cerrado) o con la fase invertida (más cercano a un tubo con extremo abierto). El valor por defecto es sign=1 (tubo cerrado).

simMedium.CFL especifica el valor de coeficiente Courant–Friedrichs–Lewy relacionado con la estabilidad de la solución de las ecuaciones diferenciales. El valor por defecto es CFL = 0.3.

simMedium.showAbsorptionMask es una variable lógica que especifica mostrar la máscara de material absorbente (como zonas punteadas) en la simulación. El valor por defecto es true.

simMedium.showWallMask es una variable lógica que especifica mostrar la máscara de material absorbente (como zonas punteadas) en la simulación. El valor por defecto es true.

simMedium.showSourceMask es una variable lógica que especifica mostrar la máscara de material absorbente (como zonas punteadas) en la simulación. El valor por defecto es true.

simMedium.showSensorMask es una variable lógica que especifica mostrar la máscara de material absorbente (como zonas punteadas) en la simulación. El valor por defecto es true.

simMedium.showLegendMask es una variable lógica que especifica mostrar la máscara de material absorbente (como zonas punteadas) en la simulación. El valor por defecto es true.

simSource

Es una estructura que determina las propiedades de las fuentes utilizadas

simSource.type indica el tipo de señal de las fuentes. Dependiendo del tipo de señal seleccionada se tomarán en cuenta otros parámetros de la estructura para definirla completamente, aunque todos los necesarios tienen valores asignados por defecto para hacer más sencillas las simulaciones rápidas.

simSource.type = 'impulse' es una señal impulso (solamente un valor unitario en el primer elemento del vector con el resto de la duración igual a cero). Utilizar los parámetros simSource.amplitude (amplitud en pascales), y simSource.mode (especificando si la fuente será del modo 'additive' (en el cual la presión de la fuente se sumará a lo que el resto de la simulación especifique para dicho punto) o del modo 'dirichlet' (en el cual la presión seleccionada es una condición de contorno fija para el punto en donde está definida la fuente).

simSource.type = 'nCycles' es una señal de una sola componente en frecuencia con una cantidad especificada de ciclos emitidos. Lógicamente la cantidad de ciclos especificados debería ser menor que la duración tota de la simulación. Si esto no se cumple, la simulación de todas maneras se realiza, pero el resultado sería el de una senoidal pura. Adicionalmente k-Wave en ese caso emite una advertencia (warning) indicando que los datos de fuente son mayores a los tiempos de simulación. Utiliza los siguientes parámetros: simSource.amplitude (amplitud en pascales), simSource.n=2 (cantidad de ciclos), simSource.f0 = 1000 (frecuencia en Hz), y simSource.mode.

simSource.type = 'whiteNoise' define el uso de ruido blanco con una duración determinada que si es inferior a la duración total de la simulación permite analizar tiempos de reverberación. Utiliza simSource.amplitude (amplitud en pascales), simSource.duration (duración del ruido en segundos desde el comienzo de la simulación), y simSource.mode.

simSource.type = '(texto con la ecuación) ' define a la señal de presión utilizando la ecuación especificada entre apóstrofes. La duración de dicha señal es igual a la duración total de la simulación. La ecuación contiene toda la información necesaria por lo que solamente se requiere especificar el modo mediante simSource.mode. Ejemplo de uso: simSource.type = '4*sin(2*pi*1000*t+pi/4)';

simSource.type = 'audio' define a la señal de presión mediante cualquier variable definida en el Workspace de MATLAB. La variable a utilizar se definirá haciendo que simSource.p se igual a dicha variable (por ejemplo, simSource.p=audioSamples). Se requiere especificar además simSource.fs (frecuencia de muestreo del audio incluido en la variable MATLAB), y simSource.mode. Es importante mencionar que en este caso el programa, antes de simular, realiza un remuestreo automático para adecuar la frecuencia de muestreo del audio (simSource.fs) a la frecuencia de muestreo de la simulación (fs, que usualmente resulta muy superior en valor). Al utilizar este tipo de fuente el programa, una vez finalizada la simulación, remuestrea las señales captadas por los sensores para devolver el resultado en la frecuencia de muestreo del audio. En suma, sensorData devuelta por simulateBMP() en este caso tendrá la misma frecuencia se muestreo del audio de entrada.

simSource.fCut especifica la frecuencia de corte de un filtro antialias. Si no está especificada adopta un valor menor a la frecuencia de Nyquist que puede calcularse como fNyquist=cMin/2/dx. Para cMin = 344 m/s y dx=0,01 m; fNyquist=17.2 kHz y fCut=15 kHz.

simSource.order especifica el orden del filtro antialias generado con la función butter(). El valor por defecto es order=15.

Valores por defecto de los campos de simSource que especifican parámetros

simSource. mode = 'additive' (adopta este valor cuando no se especifica mode, pero también cuando mode se especifica incorrectamente, aunque en ese caso advierte mediante un mensaje que fue seteado el modo additive).

simSource.amplitude = 10;

simSource.fs=44100; (sólo se utiliza con 'audio')

simSource.f0=1000;

simSource.n=3; (sólo se utiliza con 'nCycles')

simSource.duration=duration/5; (sólo se utiliza con 'whiteNoise')

En la versión simulateBMP() 2.0 se puede utilizar un arreglo de fuentes con definición individual de la señal de cada fuente. En ese caso la variable source.p debe tener una cantidad de filas igual a la cantidad de fuente y una cantidad de columnas igual a la cantidad de muestras de señal de cada fuente.

Estructura del script para utilizar simulateBMP()

```
% Ejemplo de versión mínima (utilizando valores por defecto)
%% 1-Setup parameters
ImageFile='HelloWorld.bmp';
scale=1e-2; % 1 cm
duration = 1e-3; % 1 ms
simSource.type='nCycles';
recordVideo=false;

%% 2-Call simulateImage256
[sensor_data, t, dt, pVariable, lx, ly] = ...
          simulateBMP(imageFileName, scale, duration, ...
          simMedium, simSource,recordVideo);

%% 3-Plot the results
tVariable=(0:length(pVariable)-1)*dt;
plot(t,sensor_data)
title('Sensor'); xlabel('t [s]'); ylabel('p [Pa]'); grid on
```

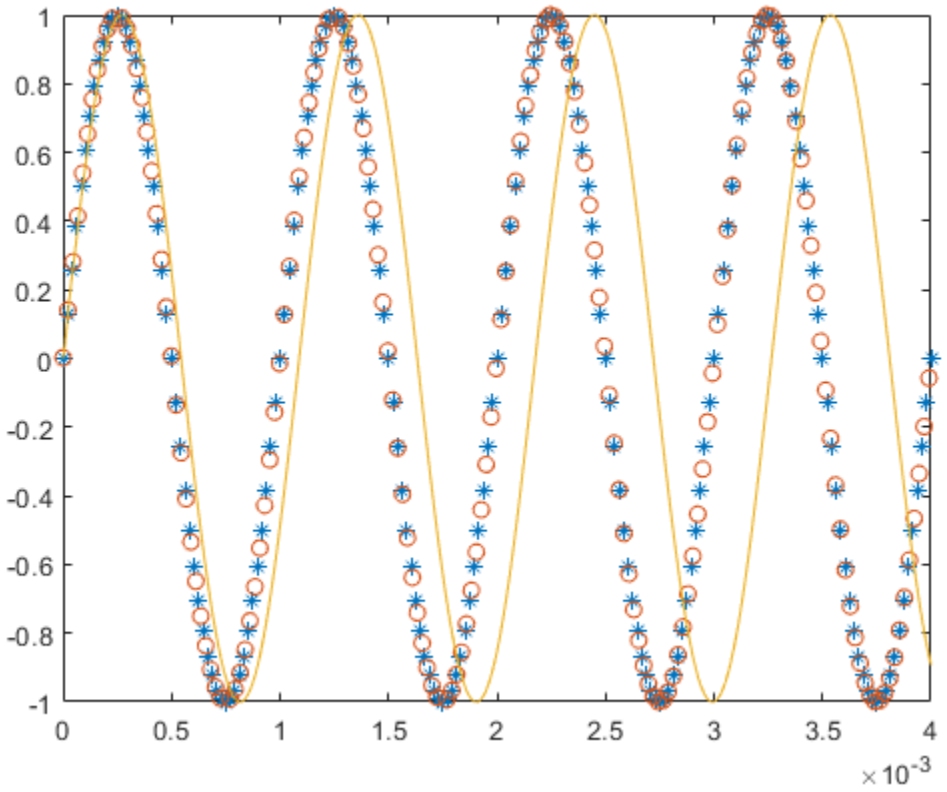
APÉNDICE - resample() versus interp1()

Venía utilizando la función resample() que por la descripción parece maravillosamente adaptada a lo que deseaba hacer. Sin embargo, se presentaban problemas cuyas causas no lograba detectar. Las frecuencias de muestreo de kWave resultan ser muy extrañas (114666,66 periódico). Bancándome un pequeñísimo error hacía un round() y obtenía fskWave=114667, pero lo que sucedía con resample era muy curioso.

Si partía de un audio con fs=8000 y lo resampleaba a fskWave no había problemas, tampoco si usaba fs=44100. Pero si usaba fs=48000 daba error. Hasta ahí uno supondría que 48000 excede el rango de frecuencias válido, pero curiosamente con fs=32000 también daba error.

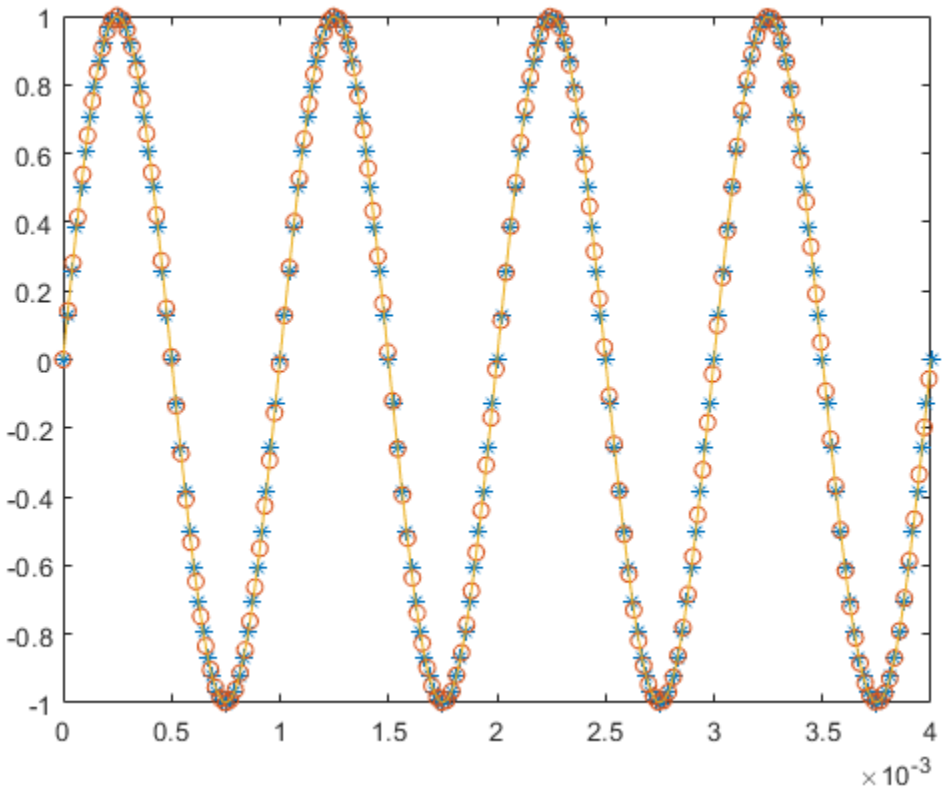
Hice entonces un par de pruebas. El siguiente código define una función con fs=48000, luego la resamplea a 44100 y por último la pasa a 114667. Al graficar las tres se nota que la última se corre muchísimo (casi un 10%). Termina generando un archivo de mayor duración.

```
%prueba resample
fs=48000; dt=1/fs; t=0:dt:1-dt;
f0=1000;
fkWave=114667;
y=sin(2*pi*f0*t);
y44k1=resample(y,44100,48000);
ykWave=resample(y,fkWave,44100);
dt44k1=1/44100; t44k1=0:dt44k1:1-dt44k1;
tfkWave=length(ykWave)/fkWave;
dtkWave=1/fkWave; tkWave=0:dtkWave:tfkWave-dtkWave;
figure(2)
plot(t,y,'*',t44k1,y44k1,'o',tkWave,ykWave)
axis([0 4/f0 -1 1])
```



La cuestión es que resulta infinitamente mejor utilizar interp1().
El uso es el siguiente yResampleada=(toriginal, yoriginal, tresampleo).

```
%prueba Interp1
fs=48000; dt=1/fs; t=0:dt:1-dt;
f0=1000;
fkWave=114667;
y=sin(2*pi*f0*t);
dt44k1=1/44100; t44k1=0:dt44k1:1-dt44k1;
dtkWave=1/fkWave; tkWave=0:dtkWave:1-dtkWave;
y44k1=interp1(t,y,t44k1);
ykWave=interp1(t,y,tkWave);
figure(2)
plot(t,y,'*',t44k1,y44k1,'o',tkWave,ykWave)
axis([0 4/f0 -1 1])
```



Funciona exactamente igual cuando se hace downsampling.