

4

Técnica de Sondagem do Canal Banda Ultralarga

Este capítulo descreve os equipamentos de medida (sonda do canal), assim como os procedimentos utilizados para a obtenção dos dados experimentais que determinam as funções de transferência do canal [48].

Existem duas técnicas básicas para sondagem do canal UWB: a técnica no domínio do tempo e a técnica no domínio da frequência. Nesta tese, somente a técnica de sondagem em frequência do canal foi utilizada.

A técnica no domínio da frequência será explanada na seção 4.1. Na seção 4.1.1, serão apresentadas as especificações dos equipamentos utilizados para a montagem da sonda em frequência do canal UWB, assim como os procedimentos adotados nas medidas. Na seção 4.1.2, será mostrada a aplicação na sondagem da banda utilizada nesta tese.

4.1.

Técnica de Sondagem no Domínio da Frequência

Na técnica de sondagem no domínio da frequência, um analisador de rede vetorial é usado como transceptor, excitando uma portadora senoidal em valores discretos de frequência uniformemente espaçados ao longo de uma banda ultralarga (maior que 500 MHz). A Figura 53 ilustra os equipamentos utilizados para a sondagem do canal UWB no domínio da frequência. Os amplificadores são opcionais, dependendo das condições do cenário de testes.

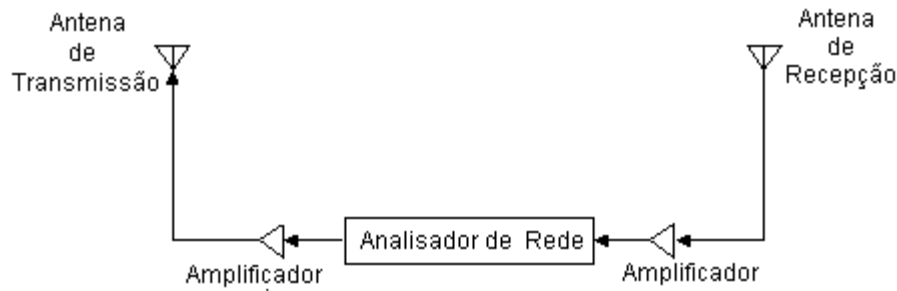


Figura 53- Equipamentos utilizados para a sondagem do canal UWB no domínio da frequência.

Para cada frequência discreta da banda, o analisador de rede vetorial no modo de transmissão emite um nível de sinal conhecido pela porta 1 (porta de transmissão) e monitora o sinal recebido na porta 2 (porta de recepção). Desta maneira, informações de amplitude e fase para cada frequência discreta são obtidas. Medidas das informações de fase e amplitude para cada valor discreto da banda revelam o comportamento da função de transferência $H(f)$, apresentada através da equação:

$$[H]_f = [A]_f \times \left[\cos \left([F]_f \times \frac{\pi}{180} \right) + j \operatorname{sen} \left([F]_f \times \frac{\pi}{180} \right) \right], \quad (4.1)$$

onde $[A]_f$ e $[F]_f$ são vetores que representam as amplitudes e fases em graus para cada valor discreto de frequência da banda utilizada na sondagem. A resposta impulsiva $h(\tau)$ é obtida de forma indireta, pela aplicação da transformada inversa de Fourier à função de transferência dada pela equação (4.1).

A aplicação da transformada inversa de Fourier provoca a mudança do domínio da frequência para o domínio do retardo, o que requer um novo fundo de escala dado pelo retardo máximo, como mostrado pela equação (4.2) [63]:

$$\tau_{\max} = \frac{(N-1)}{B}, \quad (4.2)$$

onde B é a largura de banda e N é o número de amostras utilizadas na banda.

A resolução no domínio do retardo, definida como o menor intervalo de tempo para o qual é possível a distinção entre as componentes de multipercurso, é dada pela equação [63]:

$$\tau_{\min} = \frac{1}{B}. \quad (4.3)$$

Existem críticas à técnica de sondagem no domínio da frequência, referentes à duração finita do intervalo de tempo necessário para se obter as informações de amplitude e fase na faixa de frequências das medidas. Nas medidas realizadas, este tempo é da ordem de 350 ms. Portanto, possíveis variações nas características do canal durante uma varredura podem afetar a função de transferência de formas não consideradas pelo modelo de traçado de feixes. Apesar desta crítica, muitos pesquisadores a utilizam [64]-[66]. Adicionalmente, as medidas foram obtidas em horários fora do expediente de trabalho, para que não houvesse pessoas nas proximidades do ambiente. Foram evitadas, assim, possíveis fontes de interferência devidas ao movimento de pessoas.

Os equipamentos de medida (analisador de rede e computadores) e as pessoas responsáveis pelas medidas ficaram sempre em salas adjacentes ao local onde as medidas eram realizadas. Os únicos equipamentos que ficaram no ambiente de medidas foram as antenas, o tripé de suporte para cada antena e os cabos que ligavam as antenas ao analisador de rede.

Antes do começo da campanha de medidas, toda a faixa de frequência utilizada na sondagem em frequência era verificada em cada ambiente com o auxílio de um analisador de espectro, para verificar a ausência de interferência eletromagnética provenientes de aparelhos eletrônicos externos.

4.1.1 Equipamentos de Medidas

O *setup* de medidas utilizado é composto pelos seguintes equipamentos:

- Analisador de rede vetorial Hewlett Packard, modelo HP8714ET com especificações mostradas na Tabela 1.
- LNA (*Low-Noise Amplifier*) Mini Circuits, modelo ZRL-2150 com 25 dB de ganho na faixa de 950 MHz a 1800 MHz.
- Duas antenas de banda ultralarga idênticas [48]. As antenas foram colocadas a 1,5 m de altura em relação ao solo em todas as medidas realizadas.
- Um computador para aquisição, controle e armazenamento dos dados medidos.

Característica do Analisador Vetorial	Valores
Resolução máxima [Hz]	1
Potência de saída máxima [dBm]	+16
Tempo de varredura [ms]	40 (ou maior)
Faixa dinâmica máxima [dB]	100
Máxima potência de entrada [dBm]	26

Tabela 1- Características do analisador vetorial HP16ET.

O procedimento de medidas foi realizado através do envio de um sinal de 10 dBm pela porta 1 (transmissão) do analisador de rede, conectada através de um cabo a uma antena de transmissão. Após a propagação do sinal pelo canal, o mesmo foi recebido por uma antena receptora conectada a um LNA, que por sua vez estava conectado à porta 2 (recepção) do analisador de rede, para que as respostas em frequência discretas do canal fossem obtidas.

Cabos e conectores conectados à porta de transmissão e recepção do analisador vetorial causam uma variação do nível do sinal transmitido dependente da frequência. No entanto, esta variação foi compensada no processo de calibração [48]. É importante ressaltar que, no processo de calibração, os componentes não ideais (amplificador e antenas) não são utilizados.

O analisador de rede não é capaz de armazenar as respostas em frequência discretas do canal. Portanto, um computador foi conectado ao equipamento de medidas. A interface de conexão entre o computador e o analisador de rede foi feita através da placa HP-IB. O protocolo de transmissão entre a placa e o analisador de rede foi realizado por um código desenvolvido no *software* Matlab [48].

O *setup* de medidas e os seus parâmetros são mostrados, respectivamente, na Figura 54 e na Tabela 2.



Figura 54- Equipamentos de Medidas [48].

Parâmetros	Valores
Faixa de Frequência [MHz]	950 a 1800
Largura de Banda [MHz]	850
Número de Pontos Amostra	1601
Resolução Temporal ($\Delta\tau$) [ns]	1,17
Retardo Máximo (τ_{\max}) [ns]	1882,35
Tempo de Varredura [ms]	346
Espaçamento em Frequência das Amostras [MHz]	0,53
Potência de Transmissão [dBm]	+10
Ganho do Amplificador [dB]	25
Ganho da Antena [dBi]	Ver Figura 45

Tabela 2-Parâmetros do *setup* de medidas.

4.1.2.

Aplicação da Técnica de Sondagem em Frequência para a Banda de 850 MHz

Para a obtenção das medidas utilizadas nesta tese, o analisador de rede vetorial usado como transceptor excitou uma portadora senoidal sobre 1601 valores discretos de frequência uniformemente distribuídos entre 950 MHz e 1800 MHz, numa faixa de largura igual a 850 MHz, o que resultou numa separação em frequência de 0,53 MHz entre os pontos discretos de amplitude e fase obtidos.

A utilização da banda de 850 MHz representou a obtenção de uma resolução $\tau_{\min} = 1,17$ ns para resposta impulsiva, o que significou que componentes de multipercurso separadas de mais de 35 cm poderiam ser detectadas pela sondagem em frequência do canal.

O máximo tempo de observação da resposta impulsiva (τ_{\max}) proporcionada pela banda de 850 MHz uniformemente distribuída em 1601 amostras foi de 1882,35 ns. Ou seja, todas as componentes de multipercurso com percursos de até 564 m poderiam ser detectadas sem ambiguidade pela sondagem em frequência do canal.

Desta forma, obteve-se no domínio do retardo, para cada “varredura em frequência”, uma resposta impulsiva com 1601 retardos discretos espaçados de τ_{\min} , sendo o primeiro igual a zero e o último igual a τ_{\max} .