

9

Conclusão

Nesta dissertação primeiramente foi feita uma análise teórica do canal rádio UWB como um filtro com características de transmissão variante no tempo que nos apresentou as funções de transferência do canal UWB.

Passada esta etapa, as técnicas de sondagem do canal UWB foram apresentadas, com ênfase para técnica de sondagem no domínio da frequência numa banda de 850MHz (950MHz-1800MHz) em vários ambientes *indoor*, que possibilitou a obtenção da função de transferência variante no tempo do canal, $T(f,t)$. Baseada nesta função são obtidos os parâmetros de dispersão do canal UWB: perfil de potência de retardo, retardo médio, retardo RMS e banda de coerência.

Quanto aos aspectos práticos da sondagem do canal UWB, o analisador de rede HP 8714T foi utilizado e antenas para UWB foram construídas. Para armazenamento, aquisição e controle dos dados um computador foi conectado ao analisador de rede através da placa HP-IB. Esta interface entre equipamentos foi feita via código computacional desenvolvido.

Para que a resposta impulsiva do canal fosse obtida, uma transformada inversa de Fourier em $T(f,t)$ foi realizada, porém como visto na seção 5.1, esta transformação gera espúrios indesejados no domínio dos retardos. Assim a aplicação da função janela de Blachman-Harris fez-se necessária em $T(f,t)$ antes da aplicação da transformada de Fourier, para que estes espúrios fossem diminuídos.

Aliada à aplicação da função janela de Blachman-Harris uma outra ferramenta para a eliminação dos erros devido aos equipamentos transceptores (antenas, LNA, etc) denominada de CLEAN foi utilizada. Esta ferramenta proporcionou a obtenção de componentes de multipercurso oriundas apenas do canal rádio UWB.

Nos ambientes medidos, análise quanto aos parâmetros de dispersão temporal, robustez a desvanecimento devido ao multipercurso e perda de propagação foi realizada. Estas análises são mostradas nas seções seguintes.

9.1.

Perda de propagação ao longo da distância

A perda de propagação foi analisada nos corredores A e B. Nestes ambientes, considerando-se a situações de LOS, o expoente de decaimento γ encontrado possuía valores menores que 2 (valor de γ no espaço livre), em torno de 1,8. Fato explicado pelo alto grau de confinamento do sinal UWB nos corredores.

Considerando as situações de NLOS, foram encontrados valores que dependiam do número de obstáculos entre o transmissor e o receptor, possuindo valores de $\gamma = 5,46$ e $\gamma = 6,58$ (maiores que 2).

A comparação destes valores de γ aos encontrados em outras medidas realizadas em sistemas UWB [14], [22] e sistemas banda estreita [23], mostraram que a perda de propagação não possui dependência com a frequência.

9.2.

Robustez do Sinal de Banda Ultra Larga ao Desvanecimento devido ao multipercurso

Esta análise foi realizada numa das salas de aula da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), mostrou que sinais UWB transmitidos pelo canal rádio são menos sujeitos ao desvanecimento devido a interferência destrutiva das componentes de multipercurso no receptor.

Esta característica mostra a robustez do sinal a desvanecimento devido ao multipercurso. Fato que possibilita a utilização de baixos níveis de potência de transmissão em sistemas UWB, como proposto pelo FCC [1].

9.3.

Parâmetros de dispersão do canal em pequena escala

Os parâmetros de dispersão do canal (o retardo médio, retardo RMS, a banda de coerência 0.7 e 0.9) foram analisados em sete ambientes: Corredor A, Corredor B, Escritório/Laboratório, Escritório A, Escritório B, Biblioteca e Indústria.

Nestes ambientes, constatou-se que os valores de retardo médio e retardo RMS são relacionados de forma proporcional, enquanto a relação destes parâmetros com a banda de coerência 0.7 e 0.9 é feita de forma inversamente proporcional.

Especificamente para os Corredores A e B, onde foram realizadas medidas em uma distância de até 43 m entre o transmissor e o receptor, foi feita uma análise qualitativa dos parâmetros de dispersão do canal ao longo da distância e constatou-se uma tendência crescimento nos valores de retardo médio e retardo RMS e decrescimento nos valores de banda de coerência 0.9 e 0.7 quando a distância entre transmissor e receptor aumenta. No entanto esta tendência é alterada quando o receptor aproxima-se de espalhadores (paredes, armários) presentes no canal, ou seja, valores de retardo médio e retardo RMS diminuem enquanto os valores de banda de coerência aumentam.

Nos ambientes onde foram realizadas medidas em uma distância menor que 12 m entre o transmissor e o receptor (Escritório/Laboratório, Escritório A, Escritório B, Biblioteca e Indústria). Os menores e os maiores valores de retardo médio e retardo RMS (maiores e menores valores de banda de coerência 0.9 e 0.7) foram encontrados nos ambiente do tipo Escritório e Indústria, respectivamente.

De um modo geral nos sete ambientes analisados, observaram-se valores de retardo médio e retardo RMS nas situações de LOS que são menores em relação aos seus valores em situações de NLOS, enquanto valores maiores são observados para a banda de coerência nas situações de NLOS.

Os valores médios dos parâmetros de dispersão do canal para todos os ambientes analisados são apresentados na tabela 9 nas situações de LOS e NLOS.

		Valores	
		LOS	NLOS
Corredor A₁	Banda de coerência 0.7 [MHz]	12,89	X
	Banda de coerência 0.9 [MHz]	3,25	X
	Retardo médio [ns]	93,51	X
	Retardo RMS [ns]	47,38	X
Corredor A₂	Banda de coerência 0.7 [MHz]	X	7,74
	Banda de coerência 0.9 [MHz]	X	3,77
	Retardo médio [ns]	X	50,99
	Retardo RMS [ns]	X	24,29
Corredor A₃	Banda de coerência 0.7 [MHz]	X	5,56
	Banda de coerência 0.9 [MHz]	X	2,62
	Retardo médio [ns]	X	125,68
	Retardo RMS [ns]	X	35,43
Corredor B	Banda de coerência 0.7 [MHz]	25,54	X
	Banda de coerência 0.9 [MHz]	2,30	X
	Retardo médio [ns]	118,75	X
	Retardo RMS [ns]	66,21	X
Escritório/ Laboratório	Banda de coerência 0.7 [MHz]	17,99	9,66
	Banda de coerência 0.9 [MHz]	6,59	4,37
	Retardo médio [ns]	21,99	46,12
	Retardo RMS [ns]	10,45	18,75
Escritório A	Banda de coerência 0.7 [MHz]	19,31	15,48
	Banda de coerência 0.9 [MHz]	6,53	5,68
	Retardo médio [ns]	28,37	32,03
	Retardo RMS [ns]	11,41	17,03
Escritório B	Banda de coerência 0.7 [MHz]	39,90	16,56
	Banda de coerência 0.9 [MHz]	7,80	5,99
	Retardo médio [ns]	40,13	43
	Retardo RMS [ns]	10,23	15,13
Biblioteca	Banda de coerência 0.7 [MHz]	6,91	6,44
	Banda de coerência 0.9 [MHz]	3,45	2,89
	Retardo médio [ns]	48,67	79,02
	Retardo RMS [ns]	22,53	31,77
Industria	Banda de coerência 0.7 [MHz]	17,74	8,07
	Banda de coerência 0.9 [MHz]	4,85	2,91
	Retardo médio [ns]	41,94	68,86
	Retardo RMS [ns]	25,54	47,05

Tabela 9- Valores médios dos parâmetros de dispersão do canal UWB em sete ambientes nas situações de LOS e NLOS.

9.4.

Relação entre Banda de Coerência e Retardo RMS

A proposta de utilizar em UWB, expressões matemáticas usadas anteriormente em banda larga dadas pelas equações (8.4) e (8.5), para o relacionamento teórico entre os valores de retardo RMS e banda de coerência encontrou expressões matemáticas mais condizentes com os dados reais de retardo médio e retardo RMS, devido a melhor resolução temporal proporcionada por sinais UWB.

A utilização da equação (8.4) mostrou valores de α diferentes para a banda de coerência 0.9 e próximos para banda de coerência 0.7 nas situações de LOS e NLOS, como mostrado na Tabela 9.

	Valores de α	
	LOS	NLOS
Banda de coerência 0.7 [MHz]	4,56	4,51
Banda de coerência 0.9 [MHz]	14	11,66

Tabela 10- Valores de α para a banda de coerência 0.9 e 0.7 nas situações de LOS e NLOS.

A utilização da equação (8.5) mostrou melhor ajuste dos dados medidos para o limiar inferior definido para a relação entre banda de coerência e retardo RMS em relação aos dados obtidos em banda larga [25].

9.5. Continuação do trabalho

Uma sugestão para trabalhos futuros seria a utilização do extenso banco de dados para que modelos de canal UWB na faixa de 950MHz a 1800 MHz sejam propostos. Assim como a obtenção de parâmetros como taxa de chegada de Cluster e tempo de decaimento de Cluster [41], também utilizados em modelagem de canal rádio [42].

Outra sugestão seria a substituição do sistema SISO (*Single Input- Single Output*) utilizado nesta dissertação por um sistema MIMO (*Multiple Input- Multiple Output*) para que múltiplas antenas transmitindo e recebendo possam proporcionar maior capacidade de transmissão [43].