

Frequency Modulation

Fábio Demo da Rosa

Universidade Federal de Santa Maria
Pós-Graduação em Ciência da Computação
Disciplina de Robótica Móvel

faberdemo@gmail.com

25 de Agosto de 2023

- ① Frequency Modulation
- ② VRSS Automotive Collision Avoidance Radar
- ③ VORAD Vehicle Detection and Driver Alert System
- ④ Safety First System Vehicular Obstacle Detection and Warning System
- ⑤ Millitech Millimeter Wave Radar

Frequency Modulation I

- O *Frequency Modulated Continuous Wave Radar* (FMCW), ou Radar de Onda contínua com Modulação de Frequência, é uma técnica alternativa ao Phase-shift measurement;
- Transmissão de uma onda eletromagnética contínua modulada por um sinal triangular periódico que ajusta a frequência da portadora acima e abaixo da frequência média f_0 ;
- O transmissor emite um sinal que varia em frequência como uma função linear do tempo;

$$f(t) = f_0 + at \quad (1)$$

- Onde:

$a = \text{some constant};$

$t = \text{elapsed time}.$

- O sinal é refletido no alvo e chega ao receptor em um tempo $t + T$

$$T = \frac{2d}{c} \quad (2)$$

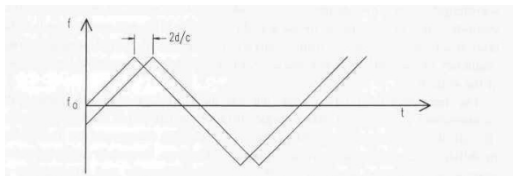
Frequency Modulation II

- Onde:

$T = \text{round-trip propagation time};$

$d = \text{distance to target};$

$c = \text{speed of light}.$



Fonte: (EVERETT, 1995)

Figura 1: A curva de frequência recebida é deslocada ao longo do eixo do tempo em relação à frequência de referência.

- O sinal recebido é comparado com o sinal referência obtido diretamente do transmissor;

Frequency Modulation III

- A curva de frequência recebida será deslocada ao longo do eixo de tempo, por um período igual ao tempo necessário para a onda se propagar e retornar;
- Devido ao efeito Doppler, pode ocorrer um deslocamento no eixo de frequência.
- As duas frequências da 6, quando combinadas em um misturador, produzem uma frequência de batida f_b :

$$F_b = f(t) - f(T + t) = aT \quad (3)$$

- A *frequency beat* é a medida usada para calcular a distância do objeto (alvo):

$$d = \frac{F_b c}{4F_r F_d} \quad (4)$$

- Onde:

c = range to target;

d = speed of light;

F_b = *beat frequency*;

Frequency Modulation IV

F_r = repetition (modulation) frequency;

F_d = total FM frequency deviation.

- A medida da distância é proporcional a diferença ou *frequency beat*;
- Os avanços no controle de onda de diodos laser permite essa tecnologia de alcance com radar ser usada com lasers.
- A *frequency-modulation* apresenta vantagens sobre a *phase-shift measurement*, já que não apresenta ambiguidade quando medindo uma única distância;
- Entretanto, possui desvantagens associadas com a linearidade e repetibilidade da *frequency ramp*, assim como a coerência do feixe de laser em sistemas ópticos;
- Sendo assim, a maioria dos FMCW disponíveis comercialmente são baseados em radar, enquanto os dispositivos laser são mais comuns no TOF ou no *phase-detection*

Automotive Collision Avoidance Radar I

- É um radar Doppler modificado, com intuito de alertar motoristas para situações perigosas;
- uma antena de microondas miniaturizada, montada no parachoque do veículo envia um sinal de feixe estreito que detecta apenas os objetos diretamente no caminho do veículo
 - ignorando alvos (placas de trânsito e carros estacionados) em ambas as vias.
- Quando o sinal do radar é refletido por um alvo estacionário ou em movimento mais lento, ele é detectado pela antena e transmitido a um processador de sinal eletrônico sob o capô.
- O processador de sinal computa constantemente:
 - Velocidade do veículo;
 - Aceleração;
 - Distância do alvo;
 - Velocidade relativa.
- Se algum desses parâmetros necessitem que o motorista tome uma ação ofensiva/corretiva, um *buzzer* e uma luz são ativadas em um painel "especial" do veículo.

Automotive Collision Avoidance Radar II

Parameter	Value	Units
Effective range	1-300	feet
Accuracy	1.5	percent
Update rate	200	Hz
Operating frequency	24	GHz
RF power	10	milliwatts
Beamwidth (horizontal)	6	degrees
(vertical)	6	degrees
Size (antenna)	3 x 4	inches
(electronics unit)	4 x 5 x 2	inches
Weight (total)	4	pounds
Power	12	volts DC
	12	watts

Fonte: (EVERETT, 1995)

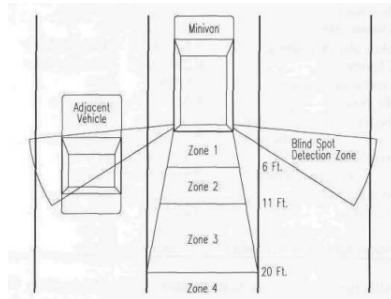
Figura 2: Especificações VRSS

Vehicle Detection and Driver Alert System II

- O VORAD consegue distinguir até 20 objetos estacionários ou em movimento, dentro de um *range* de 350 pés (106,68m);
- Dois microprocessadores calculam o *range* e a *range-rate* dos dados (radio frequência) e analisam os resultados em conjunto com a velocidade, frenagem e ângulo da direção;
- Esse sistema também guarda 20 minutos dos dados históricos mais recentes numa memória EEPROM para reconstrução dos fatos após possíveis acidentes.

Safety First System Vehicular Obstacle Detection and Warning System I

- A



Fonte: (EVERETT, 1995)

Figura 4: Safety First System

- B

Safety First System Vehicular Obstacle Detection and Warning System II

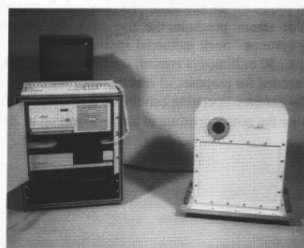
Parameter	Value	Units
Effective range	1-350	feet
Accuracy	3	percent
Update rate	30	Hz
Host platform speed	0.5-120	miles per hour
Closing rate	0.25-100	miles per hour
Operating frequency	24.725	GHz
RF power	0.5	milliwatts
Beam width (horizontal)	4	degrees
(vertical)	5	degrees
Size (antenna)	6 x 8 x 1.5	inches
(electronics unit)	8 x 6 x 5	inches
Weight (total)	6.75	pounds
Power	12-24	volts DC
	20	watts
Mean-time-between-failure	17,000	hours

Fonte: (EVERETT, 1995)

Figura 5: O módulo antena/transmissor/receptor é montado na frente (ou lateral) do veículo

Millitech Millimeter Wave Radar I

- Semelhante a uma Feedforward Neural Network, sem conexões apontando para trás;

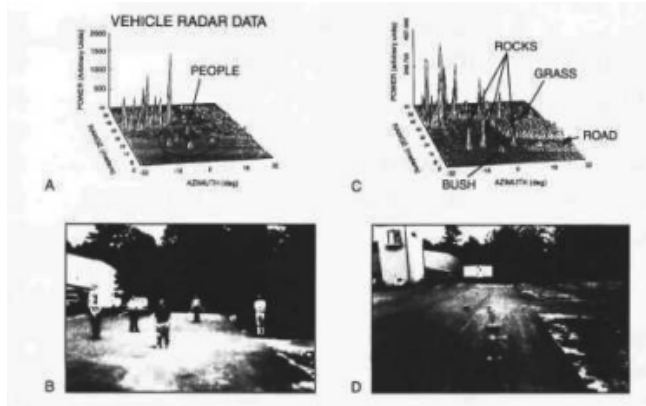


Fonte: (EVERETT, 1995)

Figura 6: O módulo antena/transmissor/receptor é montado na frente (ou lateral) do veículo

- B

Millitech Millimeter Wave Radar II



Fonte: (EVERETT, 1995)

Figura 7: Dados obtidos (escaneados) com sensor de 256-pixels

Millitech Millimeter Wave Radar III

- c



Fonte: (EVERETT,
1995)

Figura 8: Os sensores de onda milimétrica FMCW são protegidos contra altas temperaturas

- d

Millitech Millimeter Wave Radar IV

Parameter	256-Pixel Scanned Sensor	Fixed-Beam Industrial Sensor	Units
Maximum range:	100	30	meters
Minimum range	0.5	0.2	meters
Output power	10	5-10	milliwatts
Field of View	12 by 64	1 to 2	degrees
Radar cross-section	-40 (minimum)	-30 (minimum)	dBsm
Resolution: range	50	5	centimeters
azimuth	1	1-2	degrees
elevation	3	1-2	degrees
Center frequency	77	94	GHz
Sweep bandwidth	300	400	MHz
Frame rate	5	--	Hz
Data output	Digital	External A/D	
Power	24	± 18 to ± 28	volts DC
	3	0.5	amps

Fonte: (EVERETT, 1995)

Figura 9: Especificações do Millitech Millimeter Wave Radar

EVERETT, H.R. **Sensors for Mobile Robots**. [S.l.]: CRC Press, 1995. ISBN 9781439863480.
Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=s0BZDwAAQBAJ>.

Frequency Modulation

Fábio Demo da Rosa

Universidade Federal de Santa Maria
Pós-Graduação em Ciência da Computação
Disciplina de Robótica Móvel

faberdemo@gmail.com

25 de Agosto de 2023