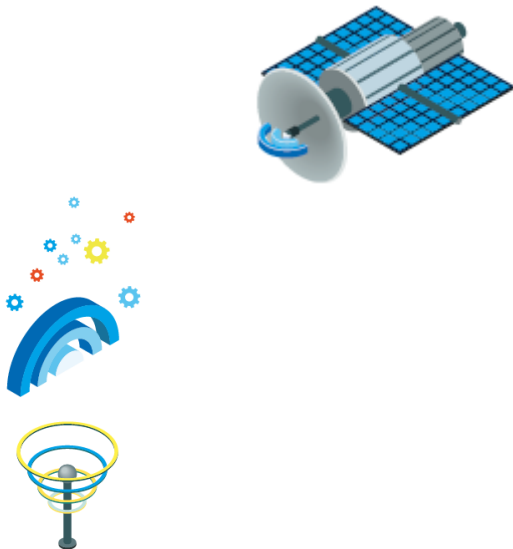


강의교안 이용 안내

- 본 강의교안의 저작권은 김영길과 한빛아카데미(주)에 있습니다.
- 이 자료를 무단으로 전제하거나 배포할 경우 저작권법 136조에 의거하여 벌금에 처할 수 있고 이를 병과(併科)할 수도 있습니다.





기초 통신이론

디지털 통신 중심으로

CHAPTER 02

진폭 변조 방식

C.ontents

- 2.1** 아날로그 변복조의 원리
- 2.2** DSB
- 2.3** AM
- 2.4** SSB
- 2.5** VSB



2.1 아날로그 변복조의 원리

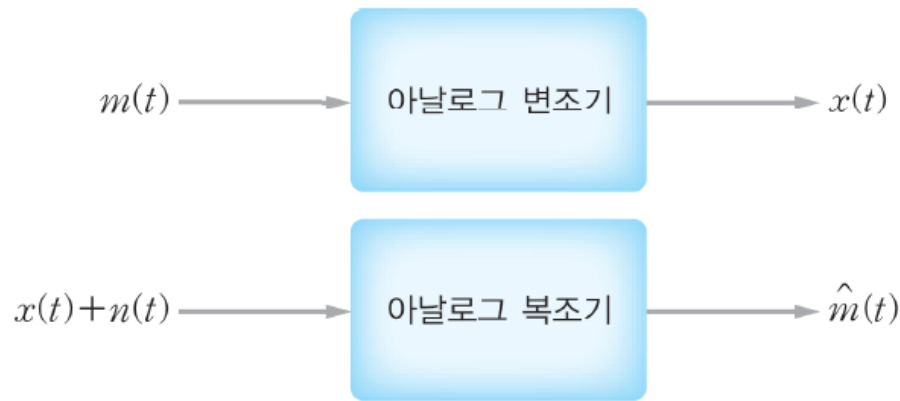
2.1 아날로그 변복조의 원리

- 아날로그 변조

메시지 신호 $m(t)$ 를 채널에 맞게 변화시켜 출력신호 $x(t)$ 를 만드는 과정

- 아날로그 복조

수신신호 $x(t) + n(t)$ 를 입력신호로 할 때 메시지 신호 $m(t)$ 와 최대한 비슷한 신호 $\hat{m}(t)$ 를 출력하는 과정



[그림 2-1] 아날로그 변조기와 복조기

2.1 아날로그 변복조의 원리

- 진폭 변조

변조된 신호 $x(t)$ 의 진폭에 정보가 있는 변조

- 메시지 신호 $m(t)$

중심주파수가 0인 베이스 밴드 신호

- 무선 통신의 경우 변조된 신호 $x(t)$

중심주파수가 f_c 인 패스밴드 신호 (f_c : 반송주파수 $\gg 0$)

무선통신에서 패스밴드 신호를 사용하는 이유

1) 반송주파수를 크게 하여 안테나의 길이를 줄인다.

- 안테나의 길이는 파장 λ 에 반비례

$$\lambda = \frac{c}{f_c}$$

- 반송주파수 $f_c = 2 \text{ GHz}$ 일 때 $\lambda = \frac{c}{f_c} = 15 \text{ cm}$ 이므로

안테나의 길이를 $\frac{\lambda}{4}$ 로 한다면 $\frac{\lambda}{4} = 3.5 \text{ cm}$

2) 다른 사용자와 무선채널을 공유한다.

- FM 방송의 예를 들면 MBC 표준FM 95.9 MHz, MBC FM4U 91.9MHz 등등
- 주파수 대역을 반송주파수를 다르게 하여 공유한다.

신호의 구분

예제 2-1

다음 신호를 베이스밴드 신호 또는 패스밴드 신호로 구분하시오.

(a) $\text{sinc}(t)$

(b) $\text{sinc}(t) \cos 2000\pi t$

(c) $1 + \Pi(t)$

(d) $[1 + \Pi(t)] \cos 2000\pi t$

신호의 구분

풀이

(a) $\text{sinc}(t)$ 의 스펙트럼은 $\Pi(f)$ 이다. 중심 주파수가 0이므로 $\text{sinc}(t)$ 는 베이스밴드 신호이다.

(b) $\text{sinc}(t) \cos 2000\pi t$ 의 스펙트럼은

$$\frac{1}{2} [\Pi(f-1000) + \Pi(f+1000)]$$

이다. 중심 주파수가 1000이므로 $\text{sinc}(t) \cos 2000\pi t$ 는 패스밴드 신호이다.

(c) $1 + \Pi(t)$ 의 스펙트럼은 $\delta(f) + \text{sinc}(f)$ 이다. 중심 주파수가 0이므로 $1 + \Pi(t)$ 는 베이스밴드 신호이다.

(d) $[1 + \Pi(t)] \cos 2000\pi t$ 의 스펙트럼은

$$\frac{1}{2} [\delta(f-1000) + \delta(f+1000)] + \frac{1}{2} [\text{sinc}(f-1000) + \text{sinc}(f+1000)]$$

이다. 중심 주파수가 1000이므로 $[1 + \Pi(t)] \cos 2000\pi t$ 는 패스밴드 신호이다.

안테나의 길이

예제 2-2

중심 주파수 f_c 가 다음과 같이 ISM 밴드에 있고, 안테나의 길이를 파장의 $\frac{1}{4}$ 로 할 때, 안테나의 길이를 구하시오.

(a) 2.4 GHz

(b) 5.8 GHz

풀이

$$(a) \quad \lambda = \frac{c}{f_c} = \frac{3 \cdot 10^8}{2.4 \cdot 10^9} = 0.125 \text{ m} \text{ 이므로 } \frac{\lambda}{4} = 3.125 \text{ cm} \text{ 이다.}$$

$$(b) \quad \lambda = \frac{c}{f_c} = \frac{3 \cdot 10^8}{5.8 \cdot 10^9} \simeq 0.0517 \text{ m} \text{ 이므로 } \frac{\lambda}{4} \simeq 1.3 \text{ cm} \text{ 이다.}$$

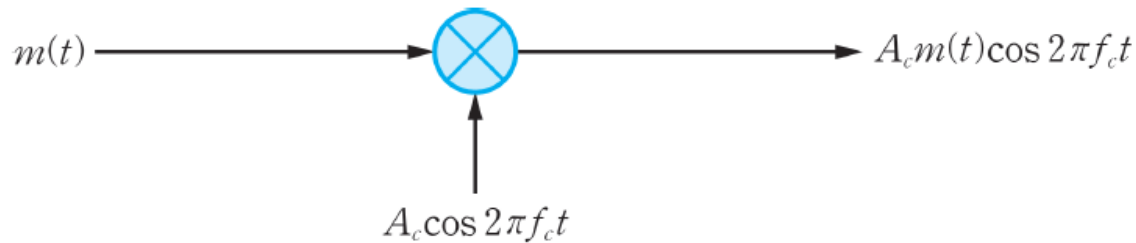


2.2 DSB

2.2 DSB

- **Double SideBand (DSB) modulation의 변조된 신호**

$$x(t) = A_c m(t) \cos 2\pi f_c t$$

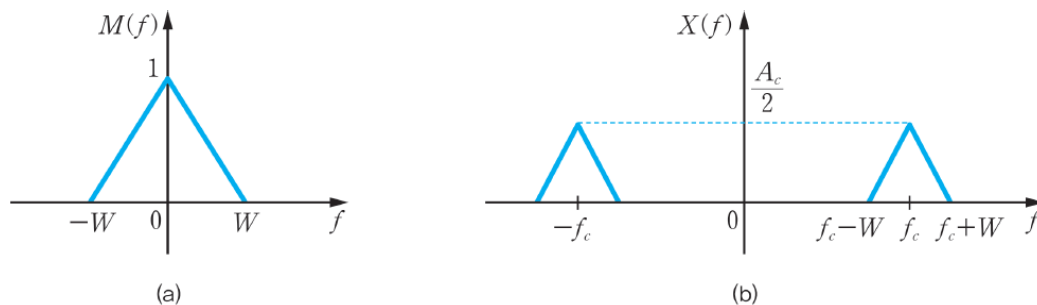


[그림 2-2] DSB 변조 과정

- $A_c \cos 2\pi f_c t$: 반송파
- Double Sideband with Suppressed Carrier (DSB-SC)

DSB 변조된 신호 $x(t)$ 의 스펙트럼 $X(f)$

$$\begin{aligned}
 X(f) &= F\{A_c m(t) \cos 2\pi f_c t\} \\
 &= A_c F\{m(t) \cos 2\pi f_c t\} \quad \cdots \text{푸리에 변환은 선형 변환} \\
 &= A_c F\{m(t)\} * F\{\cos 2\pi f_c t\} \quad \cdots \text{시간 영역에서 곱하기는 주파수 영역에서 컨볼루션} \\
 &= A_c M(f) * F\left\{\frac{e^{j2\pi f_c t} + e^{-j2\pi f_c t}}{2}\right\} \\
 &= A_c M(f) * \left[\frac{1}{2}\{\delta(f - f_c) + \delta(f + f_c)\}\right] \quad \cdots e^{j2\pi f_c t} \text{의 푸리에 변환은 } \delta(f - f_c) \\
 &= \frac{A_c}{2}\{M(f - f_c) + M(f + f_c)\} \quad \cdots M(f) * \delta(f - f_c) = M(f - f_c)
 \end{aligned}$$



(2.3)

[그림 2-3] (a) 메시지 신호의 스펙트럼 $M(f)$, (b) 변조된 신호 $x(t)$ 의 스펙트럼 $X(f)$

DSB란?

- **DSB의 의미**

변조된 신호의 스펙트럼 $X(f)$ 이 f_c 를 중심으로 양 쪽 (double side)에 존재

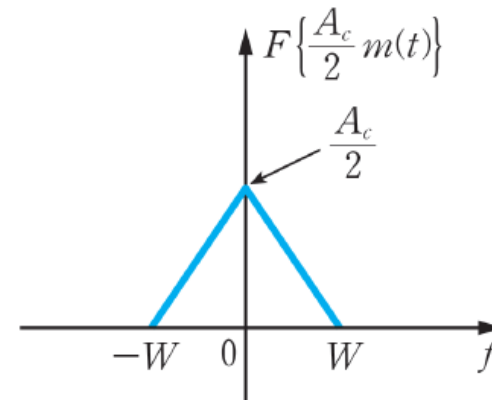
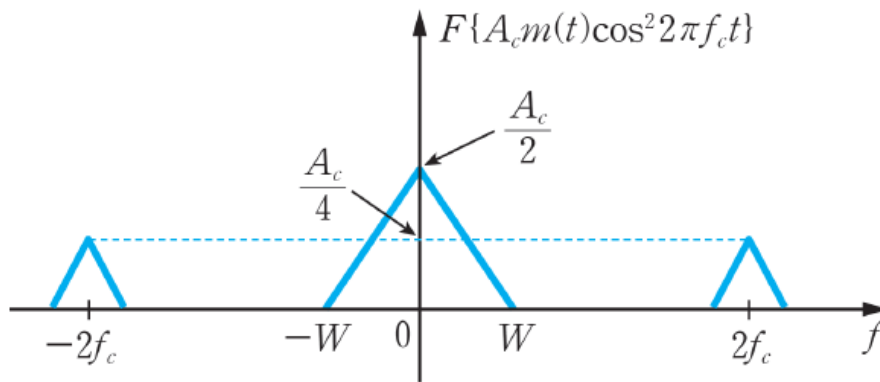
⇒ 변조된 신호 $x(t)$ 의 대역폭이 메시지 신호 $m(t)$ 의 2배

- **DSB의 복조과정: $\cos 2\pi f_c t$ 곱한 후 low pass filtering**

$$\begin{aligned}
 r(t) \cdot \cos 2\pi f_c t &= A_c m(t) \cos 2\pi f_c t \cdot \cos 2\pi f_c t \\
 &= A_c m(t) \frac{1 + \cos 4\pi f_c t}{2} \\
 &= \frac{A_c}{2} m(t) + \frac{A_c}{2} m(t) \cos 4\pi f_c t
 \end{aligned} \tag{2.5}$$

로우패스 필터링으로 제거

DSB 복조과정 (주파수영역)

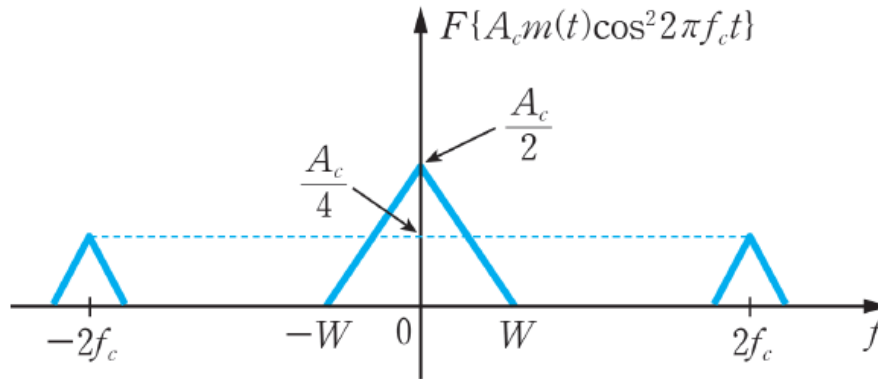


(b) 로우패스 필터링 후

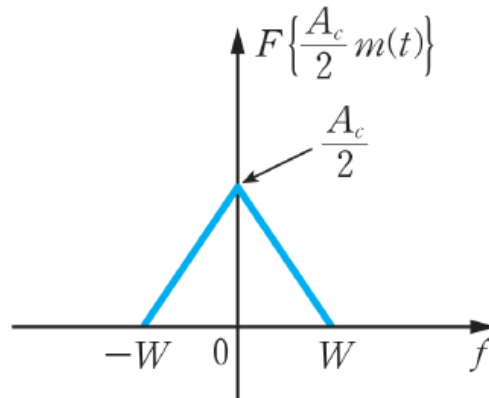
- 수신신호에 $\cos 2\pi f_c t$ 곱한 후의 스펙트럼
- Low pass filtering 후의 스펙트럼

DSB 복조과정 (주파수영역)

- 수신신호에 $\cos 2\pi f_c t$ 곱한 후의 스펙트럼



- Low pass filtering 후의 스펙트럼



(b) 로우패스 필터링 후

DSB의 동기식 복조

- 동기식 복조 (coherent demodulation)

: 수신단에서 위상 동기를 정확히 맞추어야 하는 복조

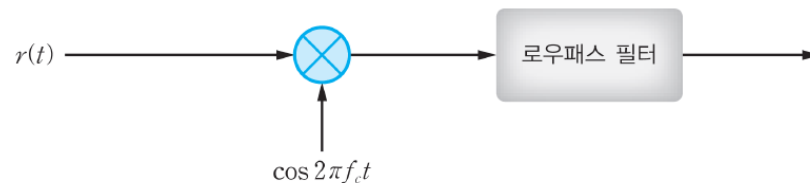
(Ex. DSB 복조)

- ▣ 위상동기가 맞지 않는 $\cos 2\pi f_c t$ 곱한 경우

$$\begin{aligned} r(t) \cdot \cos(2\pi f_c t + \theta) &= A_c m(t) \cos 2\pi f_c t \cdot \cos(2\pi f_c t + \theta) \\ &= \frac{A_c}{2} m(t) \{ \cos \theta + \cos(4\pi f_c t + \theta) \} \end{aligned} \quad (2.6)$$

- ▣ Lowpass filtering 하면

$$\frac{A_c}{2} m(t) \cos \theta$$



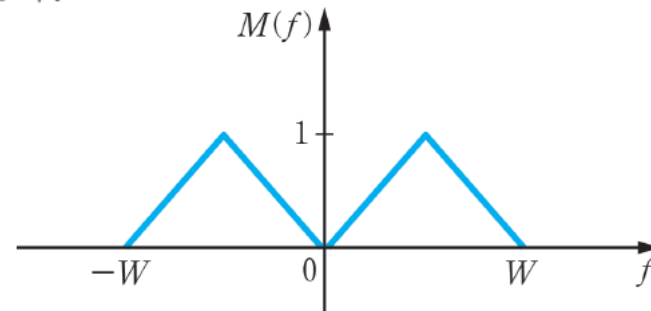
[그림 2-5] DSB 복조기

DSB의 동기식 복조

예제 2-3

메시지 신호 $m(t)$ 의 스펙트럼 $M(f)$ 가 [그림 2-6]과 같을 때, 다음 물음에 답하시오.

- 메시지 신호 $m(t)$ 의 대역폭은 얼마인가?
- 변조된 신호 $x(t) = m(t) \cos 2\pi f_c t$ 의 스펙트럼 $X(f)$ 를 그리시오.
- 변조된 신호 $x(t)$ 가 베이스 밴드인지 패스밴드 신호인지 구분하시오.
- 변조된 신호 $x(t)$ 의 대역폭은 얼마인가?
- $x(t) \cos 2\pi f_c t$ 의 스펙트럼을 그리시오.
- $x(t) \cos 2\pi f_c t$ 를 로우패스 필터링하여 메시지 신호를 복원할 때, 로우패스 필터의 통과대역폭은 어느 범위 안에 있어야 하는가?



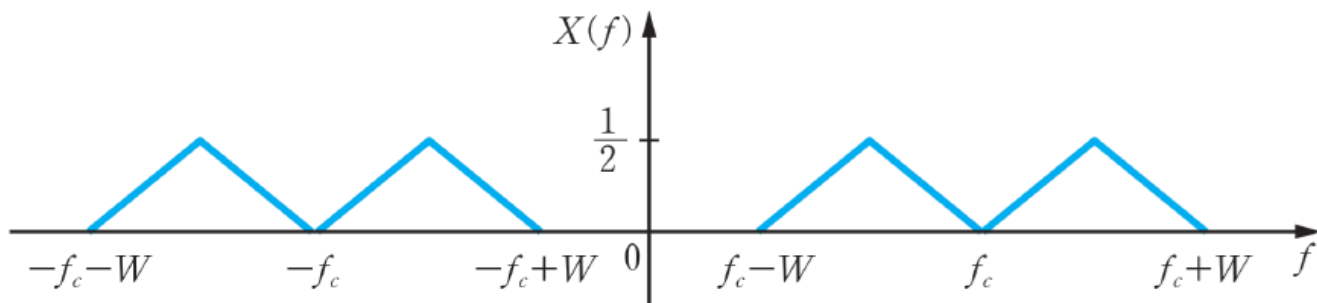
[그림 2-6] [예제 2-3]에서 메시지 신호의 스펙트럼 $M(f)$

DSB의 동기식 복조

풀이

(a) 대역폭은 주파수가 양수인 구간 가운데 스펙트럼 $M(f)$ 가 존재하는 구간의 폭이다. 따라서 메시지 신호 $m(t)$ 의 대역폭은 W 이다.

(b) $X(f) = F\{m(t) \cos 2\pi f_c t\} = \frac{1}{2}\{M(f-f_c) + M(f+f_c)\}$ 이므로, $x(t)$ 의 스펙트럼은 $M(f)$ 를 왼쪽과 오른쪽으로 f_c 만큼 이동시킨 후 $\frac{1}{2}$ 을 곱한 것이다.



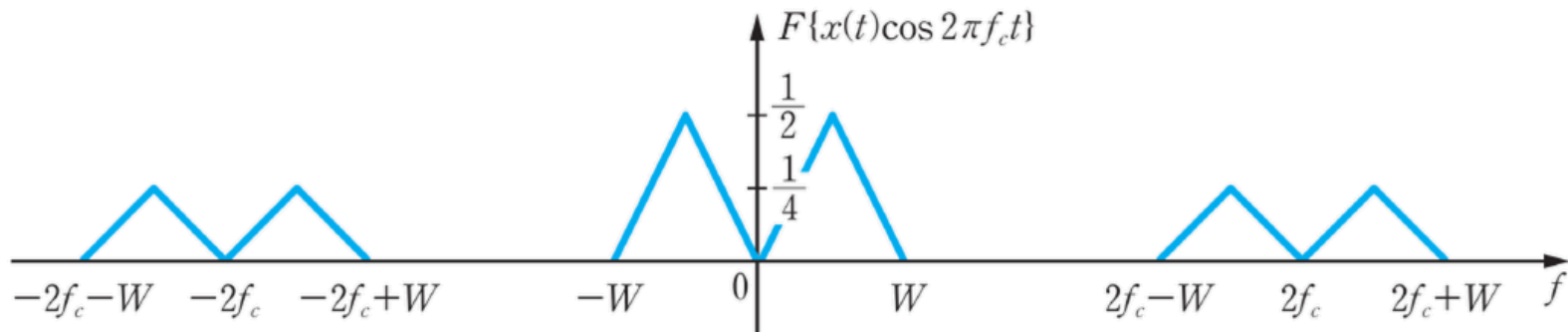
[그림 2-7] [예제 2-3]의 변조된 신호 $x(t) = m(t) \cos 2\pi f_c t$ 의 스펙트럼 $X(f)$

(c) 변조된 신호는 중심 주파수가 f_c 인 패스밴드 신호이다.

DSB의 동기식 복조

풀이

- (d) 변조된 신호 $x(t)$ 의 대역폭은 $2W$ 이다.
- (e) $x(t) \cos 2\pi f_c t$ 의 스펙트럼은 $x(t)$ 의 스펙트럼을 왼쪽과 오른쪽으로 f_c 만큼 이동시킨 후 $\frac{1}{2}$ 을 곱한 것이다.



[그림 2-8] [예제 2-3]의 $x(t) \cos 2\pi f_c t$ 의 스펙트럼 $F\{x(t) \cos 2\pi f_c t\}$

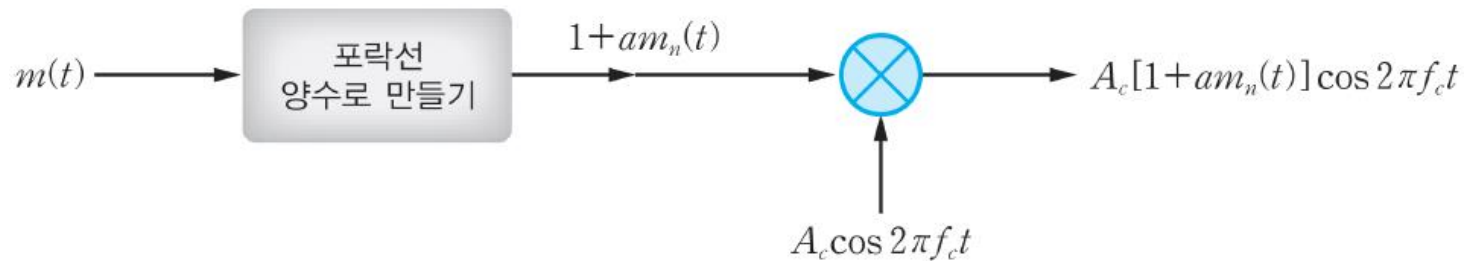
- (f) 로우패스 필터링 통과대역폭은 W 보다 크고, $2f_c - W$ 보다 작아야 한다. 즉 로우패스 필터가 W 이하의 주파수 성분은 통과시켜야 하고, $2f_c - W$ 이상의 주파수 성분은 제거시켜야 한다.



2.3 AM

AM 변조

• AM 변조 과정



[그림 2-9] AM 변조기

• AM 변조된 신호

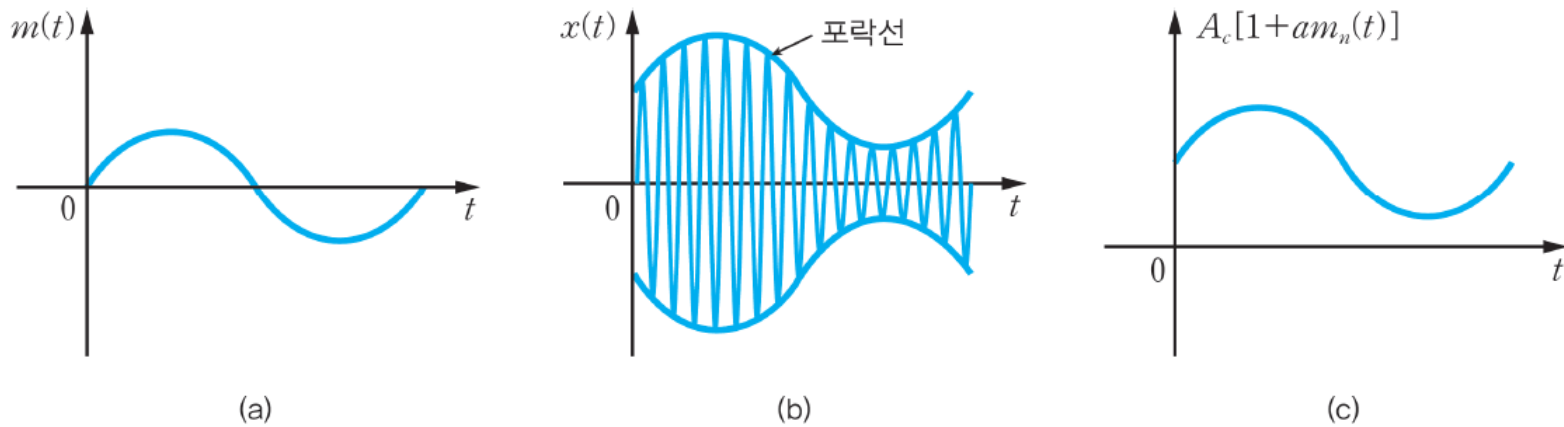
$$x(t) = A_c [1 + am_n(t)] \cos 2\pi f_c t \quad (2.7)$$

$$m_n(t) = \frac{m(t)}{|\min m(t)|} \quad \begin{aligned} m_n(t) &\geq -1 \\ 0 < a &\leq 1 \quad (a: \text{변조지수}) \end{aligned} \quad (2.8)$$

$$1 + am_n(t) \geq 0$$

AM 변조

• AM 변조된 신호



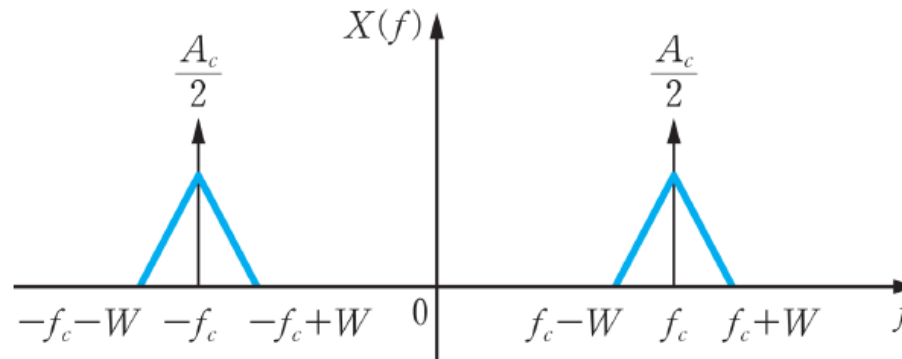
[그림 2-10] (a) 메시지 신호 $m(t)$, (b) AM 변조된 신호 $A_c[1 + am_n(t)] \cos 2\pi f_c t$, (c) 포락선 $A_c[1 + am_n(t)]$

• AM 변조된 신호의 스펙트럼

$$\begin{aligned}
 X(f) &= F\{A_c[1 + am_n(t)] \cos 2\pi f_c t\} \\
 &= A_c[F\{\cos 2\pi f_c t\} + F\{am_n(t) \cos 2\pi f_c t\}] \\
 &= \frac{A_c}{2} [\delta(f - f_c) + \delta(f + f_c)] + \frac{A_c a}{2} [M_n(f - f_c) + M_n(f + f_c)]
 \end{aligned} \tag{2.9}$$

2.3 AM 변조

- AM 변조된 신호의 스펙트럼



[그림 2-11] AM 변조된 신호의 스펙트럼 $X(f)$

- AM = Double SideBand with Large Carrier (DSB-LC)

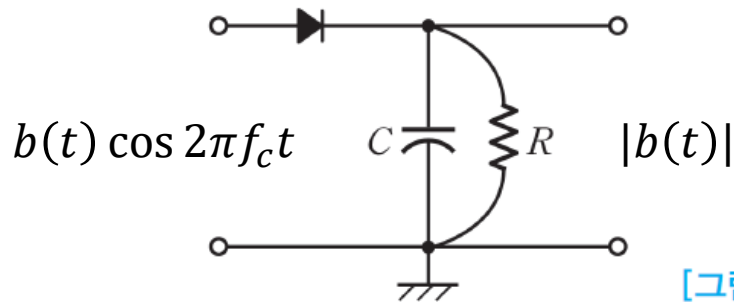
$$A_c [1 + am_n(t)] \cos 2\pi f_c t = A_c \cos 2\pi f_c t + A_c am_n(t) \cos 2\pi f_c t$$

반송파 성분

정보 성분
(양측파대 성분)

AM 복조

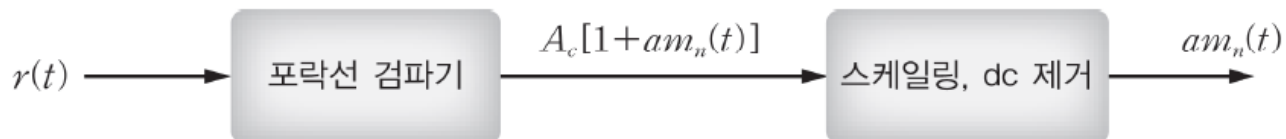
- 비동기식 복조: 포락선 검파 (envelope detection)



[그림 2-12] 포락선 검파 회로

□ $x(t) = A_c[1 + am_n(t)] \cos 2\pi f_c t$ 의 포락선

$$|A_c[1 + am_n(t)]| = A_c[1 + am_n(t)]$$



[그림 2-13] AM 복조기

AM 복조

- AM 신호의 동기식 복조

- $\cos 2\pi f_c t$ 곱한 후 low pass filtering

$$\begin{aligned}
 r(t) \cdot \cos 2\pi f_c t &= A_c [1 + am_n(t)] \cos 2\pi f_c t \cdot \cos 2\pi f_c t \\
 &= A_c [1 + am_n(t)] \frac{1 + \cos 4\pi f_c t}{2}
 \end{aligned} \tag{2.10}$$

$$= \frac{A_c}{2} [1 + am_n(t)] + \frac{A_c}{2} [1 + am_n(t)] \cos 4\pi f_c t$$

Low pass filtering으로 제거

전력 효율

$$E_{eff} = \frac{\text{정보 성분의 평균 전력}}{\text{전체 평균 전력}} \quad (2.11)$$

- 전체 평균 전력은 $x^2(t)$ 의 평균 $\langle x^2(t) \rangle$ 를 구하면 된다.

$$\begin{aligned} \langle x^2(t) \rangle &= \langle A_c^2 [1 + am_n(t)]^2 \cos^2 2\pi f_c t \rangle \\ &= \left\langle A_c^2 [1 + am_n(t)]^2 \frac{1}{2} \right\rangle \end{aligned} \quad (2.12a)$$

$$\begin{aligned} &= \frac{A_c^2}{2} \langle 1 + 2am_n(t) + a^2 m_n^2(t) \rangle \\ &= \frac{A_c^2}{2} \langle 1 + a^2 m_n^2(t) \rangle \end{aligned} \quad (2.12b)$$

$$= \frac{A_c^2}{2} \{1 + a^2 \langle m_n^2(t) \rangle\} \quad (2.12c)$$

전력 효율

- AM 변조된 신호의 정보 성분 $A_c a m_n(t) \cos 2\pi f_c t$ 의 평균 전력

$$\begin{aligned} \langle A_c^2 a^2 m_n^2(t) \cos^2 2\pi f_c t \rangle &= A_c^2 a^2 \langle m_n^2(t) \cos^2 2\pi f_c t \rangle \\ &= \frac{A_c^2 a^2}{2} \langle m_n^2(t) \rangle \end{aligned} \quad (2.13)$$

$$\begin{aligned} E_{eff} &= \frac{\text{정보 성분의 평균 전력}}{\text{전체 평균 전력}} \\ &= \frac{\frac{A_c^2 a^2}{2} \langle m_n^2(t) \rangle}{\frac{A_c^2}{2} \{1 + a^2 \langle m_n^2(t) \rangle\}} \\ &= \frac{a^2 \langle m_n^2(t) \rangle}{1 + a^2 \langle m_n^2(t) \rangle} \end{aligned} \quad (2.14)$$

※ 전력 효율은 변조지수가 증가함에 따라 증가

전력 효율

예제 2-4

메시지 신호 $m(t) = \text{sinc}t$ 를 AM을 이용하여 보내려고 한다. 다음 물음에 답하시오.

- (a) 메시지 신호 $m(t)$ 의 스펙트럼 $M(f)$ 를 구하시오.
- (b) 메시지 신호 $m(t)$ 의 대역폭을 구하시오.
- (c) AM 변조된 신호 $x(t) = (2 + \text{sinc}t) \cos 2\pi f_c t$ 의 스펙트럼 $X(f)$ 를 그리시오.

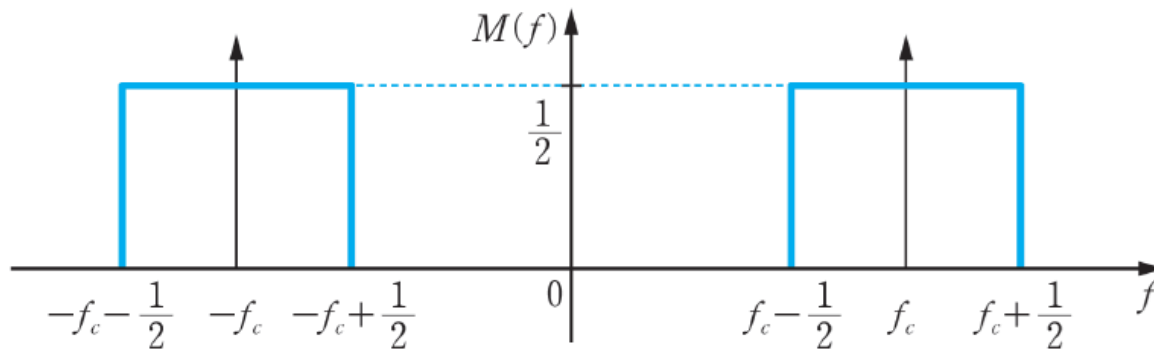
풀이

- (a) $\text{sinc}t$ 의 푸리에 변환은 $\Pi(f)$ 이므로 $M(f) = \Pi(f)$ 이다.
- (b) $M(f) = \Pi(f)$ 의 대역폭은 $\frac{1}{2}$ 이다. 대역폭을 계산할 때 주파수의 양수 부분만을 고려해야 한다.

전력 효율

풀이

(c) $X(f) = \delta(f-f_c) + \delta(f+f_c) + \frac{1}{2}[\Pi(f-f_c) + \Pi(f+f_c)]$ 를 그리면 [그림 2-14]와 같다.

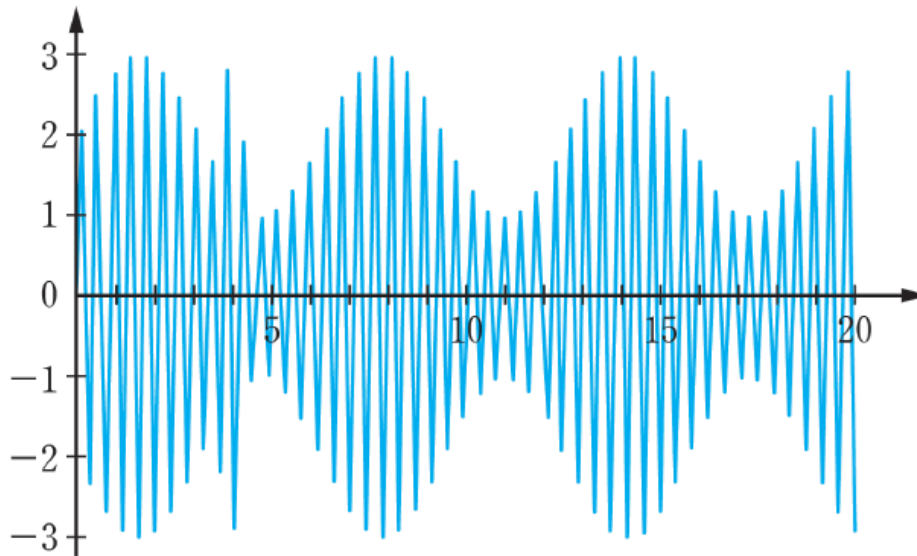


[그림 2-14] [예제 2-4]에서 AM 변조된 신호 $x(t) = (2 + \sin ct) \cos 2\pi f_c t$ 의 스펙트럼 $X(f)$

전력 효율

예제 2-5

[그림 2-15]와 같이 AM 변조된 신호 $x(t) = A_c [1 + am_n(t)] \cos 2\pi f_c t$ 의 파형이 있다. 이 신호의 AM 변조 지수 a 를 구하시오.



[그림 2-15] [예제 2-5]의 AM 변조된 신호 $x(t) = A_c [1 + am_n(t)] \cos 2\pi f_c t$ 의 예

전력 효율

풀이

$m_n(t)$ 의 최댓값은 1, 최솟값은 -1 이다. 포락선의 최댓값은 $A_c[1+a]=3$, 포락선의 최솟값은 $A_c[1-a]=1$ 이므로 $\frac{1+a}{1-a}=3$ 이다. 따라서 변조 지수는 $a=\frac{1}{2}$ 이다.

일반적으로 AM 변조에서 포락선의 최댓값이 M , 최솟값이 m 일 때 변조 지수 a 는 다음과 같다.

$$a = \frac{M-m}{M+m}$$

★ 핵심 포인트 ★

- AM 변조 : 포락선을 만든 다음 코사인 곱하기(단, 포락선은 0 이상)
- AM 복조 : 대부분 비동기식 복조인 포락선 검파 이용. 단, 동기식 검파도 가능
- DSB-SC보다 AM을 사용하는 이유 : 수신단이 비동기식 복조로 간단해지기 때문



2.4 SSB

2.4 SSB

- **Single SideBand (SSB) Modulation**

반송 주파수 f_c 보다 크거나 작은 하나의 대역만을 차지하는 변조

- **상측파대 SSB**

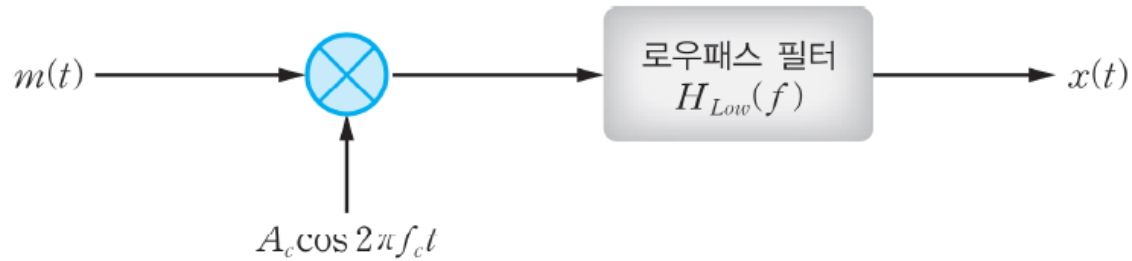
반송 주파수 f_c 보다 큰 대역만을 차지하는 변조

- **하측파대 SSB**

반송 주파수 f_c 보다 작은 대역만을 차지하는 변조

2.4 SSB

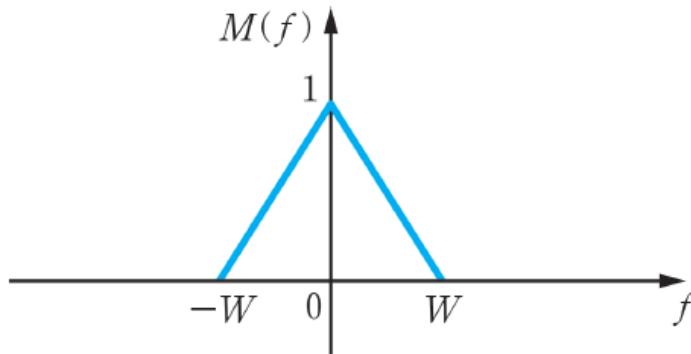
- 하측파대 SSB 변조기



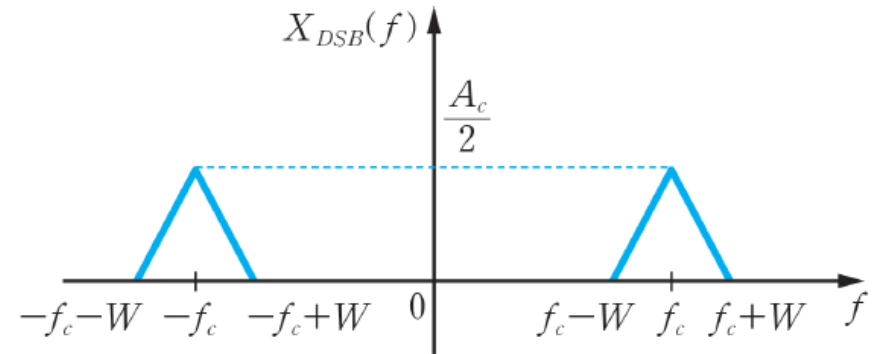
[그림 2-16] 하측파대 SSB 변조기

$$X_{SSB-L}(f) = H_{Low}(f)X_{DSB}(f) \quad (2.15)$$

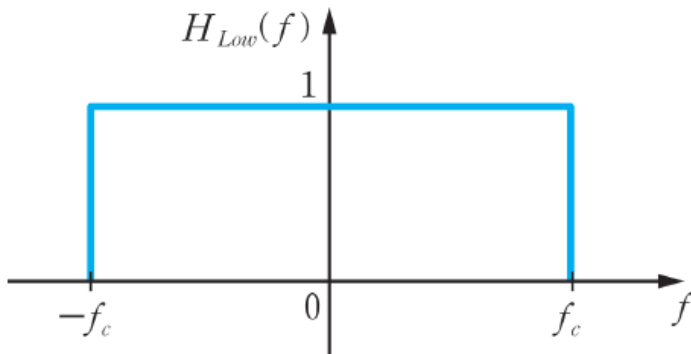
하측파대 SSB 변조의 스펙트럼 분석



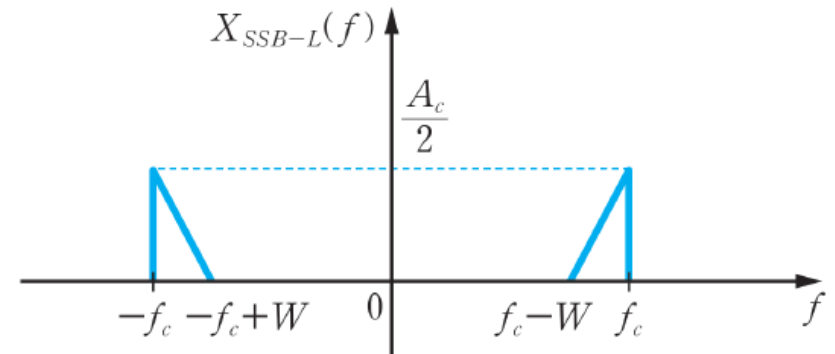
(a) 메시지 신호 $m(t)$ 의 스펙트럼 $M(f)$



(b) 메시지 신호 $m(t)$ 에 $A_c \cos 2\pi f_c t$ 를 곱한 DSB 변조된 신호의 스펙트럼 $X_{DSB}(f)$



(c) 로우패스 필터의 주파수 응답 $H_{LOW}(f)$



(d) 하측파대 SSB 변조된 신호의 스펙트럼 $X_{SSB-L}(f)$

[그림 2-17] 하측파대 SSB 변조 과정

힐버트 변환

- 힐버트 변환의 주파수 응답

$$H(f) = -j \operatorname{sgn}(f) \quad (2.16) \quad \operatorname{sgn}(f) = \begin{cases} 1, & f > 0 \\ 0, & f = 0 \\ -1, & f < 0 \end{cases}$$

- 힐버트 변환의 임펄스 응답

$$h(t) = \frac{1}{\pi t} \quad \frac{1}{\pi t} \xleftrightarrow{F} -j \operatorname{sgn}(f)$$

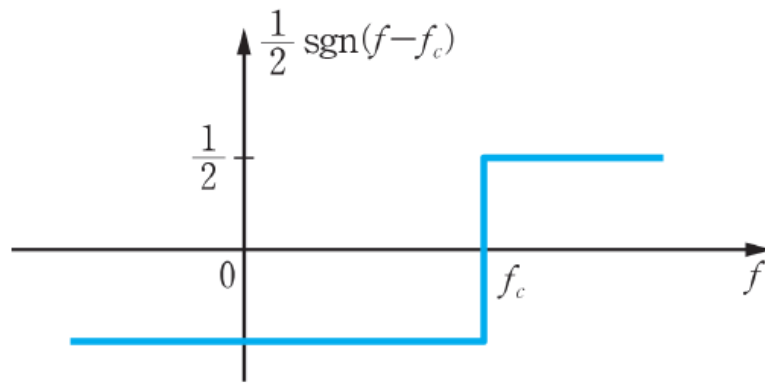
- $x(t)$ 의 힐버트 변환

$$\hat{x}(t) = \frac{1}{\pi t} * x(t)$$

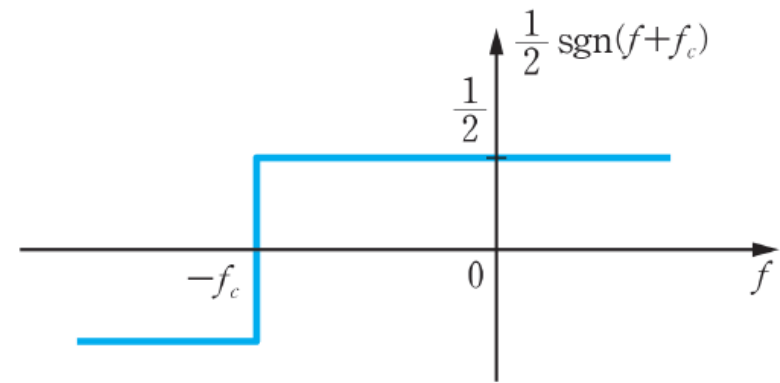
$$\hat{X}(f) = -j \operatorname{sgn}(f) X(f)$$

힐버트 변환

$$H_{Low}(f) = \frac{1}{2} \{ \text{sgn}(f + f_c) - \text{sgn}(f - f_c) \} \quad (2.17)$$



(a)



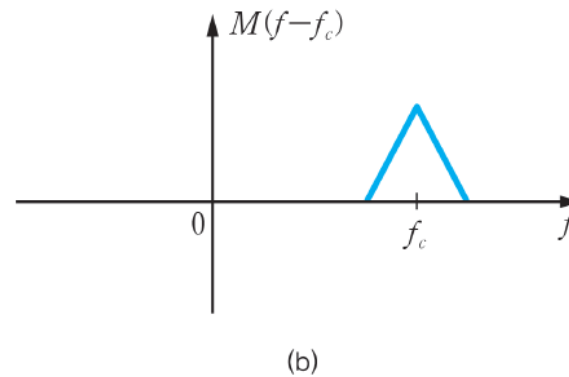
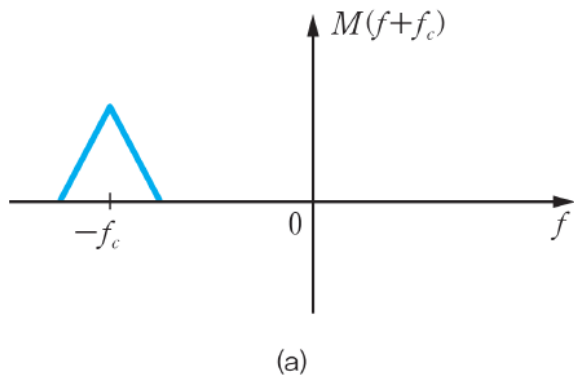
(b)

[그림 2-18] (a) $\frac{1}{2} \text{sgn}(f - f_c)$, (b) $\frac{1}{2} \text{sgn}(f + f_c)$

- ▣ 주파수 영역에서 날카롭게 자를 때 $\text{sgn}(f)$ 가 필요
 ➡ 시간 영역에서 힐버트 변환 필요

하측파대 SSB 변조된 신호의 스펙트럼

$$\begin{aligned}
 X_{SSB-L}(f) &= \frac{A_c}{2} \{M(f-f_c) + M(f+f_c)\} H_{Low}(f) \\
 &= \frac{A_c}{2} \{M(f-f_c) + M(f+f_c)\} \cdot \frac{1}{2} \{ \text{sgn}(f+f_c) - \text{sgn}(f-f_c) \} \\
 &= \frac{A_c}{4} \{ M(f-f_c) \text{sgn}(f+f_c) - M(f-f_c) \text{sgn}(f-f_c) \\
 &\quad + M(f+f_c) \text{sgn}(f+f_c) - M(f+f_c) \text{sgn}(f-f_c) \}
 \end{aligned}$$



[그림 2-19] (a) $M(f+f_c)$, (b) $M(f-f_c)$

하측파대 SSB 변조된 신호의 시간영역 기술

$$X_{SSB-L}(f) = \frac{A_c}{4} \{ M(f - f_c) + M(f + f_c) - M(f - f_c) \operatorname{sgn}(f - f_c) \\ + M(f + f_c) \operatorname{sgn}(f + f_c) \}$$

$$\frac{1}{2} A_c m(t) \cos 2\pi f_c t \quad \xleftrightarrow{F} \quad \frac{A_c}{4} \{ M(f - f_c) + M(f + f_c) \}$$

$$\frac{1}{2} A_c \hat{m}(t) \sin 2\pi f_c t \quad \xleftrightarrow{F} \quad \frac{A_c}{4} \{ M(f + f_c) \operatorname{sgn}(f + f_c) - M(f - f_c) \operatorname{sgn}(f - f_c) \}$$

$$x_{SSB-L}(t) = \frac{1}{2} A_c m(t) \cos 2\pi f_c t + \frac{1}{2} A_c \hat{m}(t) \sin 2\pi f_c t$$

SSB의 복조

- **SSB의 복조: 동기식 복조만 가능**
 - $\cos 2\pi f_c t$ 곱한 후 low pass filtering
- **변조된 신호의 대역폭 비교 (메시지 신호의 대역폭 = W)**
 - DSB (DSB-SC) : $2W$
 - AM (DSB-LC) : $2W$
 - SSB : W

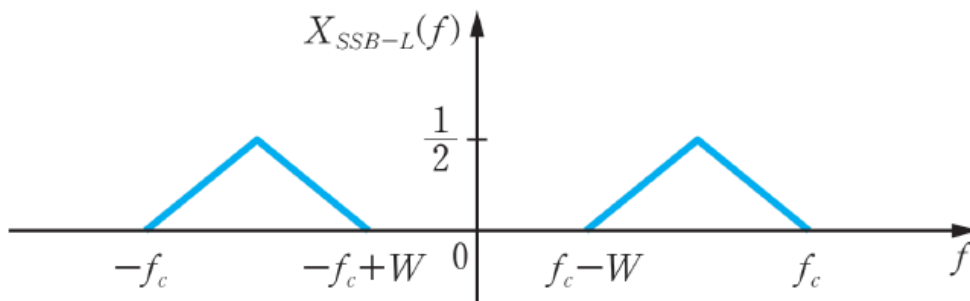
SSB의 복조

예제 2-6

DSB-SC 신호를 만든 다음 로우패스 필터를 이용하여 SSB 신호를 만들려고 한다. DSB-SC 신호의 스펙트럼이 [그림 2-7]과 같을 때, 로우패스 필터링으로 하측파대 SSB 신호를 만들었다. 하측파대 SSB 신호의 스펙트럼 $X_{SSB-L}(f)$ 를 그리시오.

풀이

[그림 2-7]의 DSB 스펙트럼에서 하측파대 SSB를 만들 때는 $-f_c$ 와 f_c 사이에 있는 성분만을 남겨 놓으면 된다.



[그림 2-20] [예제 2-6]의 하측파대 SSB 신호의 스펙트럼 $X_{SSB-L}(f)$

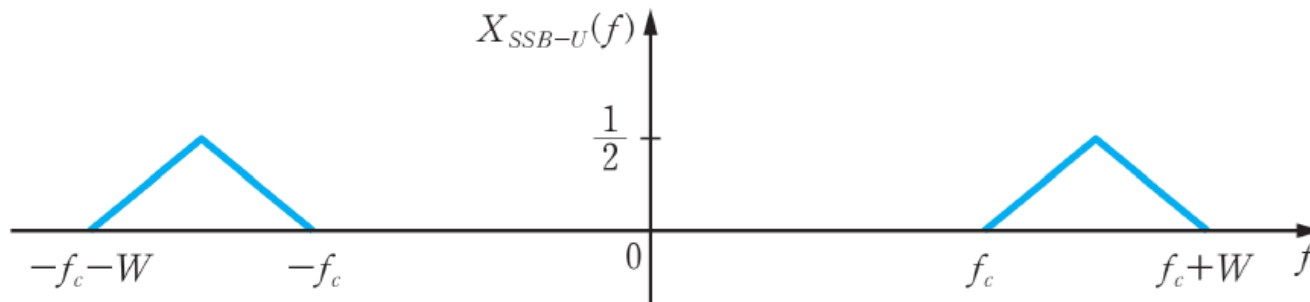
SSB의 복조

예제 2-7

DSB-SC 신호를 먼저 만든 다음 하이패스 필터를 이용하여 SSB 신호를 만들려고 한다. DSB-SC 신호의 스펙트럼이 [그림 2-7]과 같을 때, 하이패스 필터링으로 상측파대 SSB 신호를 만들었다. 상측파대 SSB 신호의 스펙트럼 $X_{SSB-U}(f)$ 를 그리시오.

풀이

[그림 2-7]에서 주파수 $[-f_c, f_c]$ 구간의 신호를 하이패스 필터를 통해서 제거하면 상측파대 SSB 신호의 스펙트럼 $X_{SSB-U}(f)$ 는 [그림 2-21]과 같다.



[그림 2-21] [예제 2-7]의 상측파대 SSB 신호의 스펙트럼 $X_{SSB-U}(f)$

★ 핵심 포인트 ★

SSB는 DSB, AM과 비교하여 $\frac{1}{2}$ 의 대역폭을 사용한다.



2.5 VSB

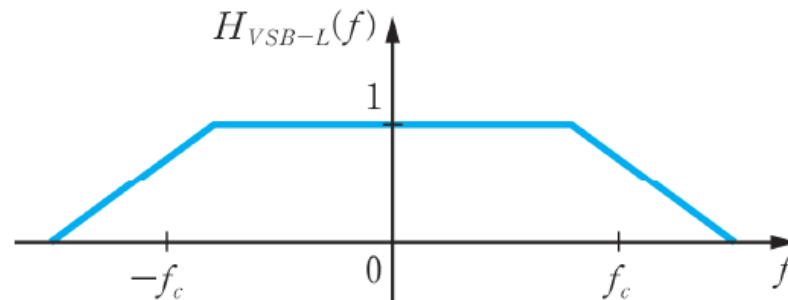
2.5 VSB

- **Vestigial SideBand (VSB) modulation**

대역폭이 SSB보다 크고 DSB보다는 작은 변조

- 상측파대 VSB, 하측파대 VSB로 구분
- 하측파대 VSB 변조된 신호의 스펙트럼

$$X_{VSB-L}(f) = H_{VSB-L}(f)X_{DSB}(f) \quad (2.19)$$





Q & A

수고하셨습니다.