

최적화된 디지털 보청기 DSP 파라미터 피팅 프로그램 개발

장순석, 권유정, 이제형
 조선대학교 정보제어계측공학과

Optimized Digital Hearing Aid DSP Parameter Fitting Program Development

Soon Suck Jarng, You Jung Kwon, Je Hyung Lee
 Dept. of Info, Control & Instrumentation, Chosun University
 ssjarng@chosun.ac.kr

요약

디지털 보청기의 DSP 칩 파라미터들은 보청기 사용자에게 가장 최적의 파라미터들로 구성되어져야 한다. Gennum GB3211과 같은 디지털 보청기용 DSP 칩은 전용 전자 칩으로써 약 90 여개의 제한된 파라미터들을 조합하여 약 47억여개 이상의 거의 무한한 정도의 다양한 경우 수를 대응하도록 제작되었다. 보청기 사용자의 전기-음향 효과를 극대화하기 위해 가장 최적화된 파라미터 피팅 프로그램을 개발하였다. 컴퓨터 입력이 가능한 오디오그램 청력 역치로부터 여러 다른 Formula를 사용할 뿐 만 아니라, 마이크로폰과 리시버의 보정 효과를 모두 포함하는 최적 보청기 피팅 프로그램을 개발하였으며 몇 가지 사례를 적용해 보였다.

그림 2는 GB3211 칩을 사용한 귓속형 보청기 부품 배치도를 보여준다.

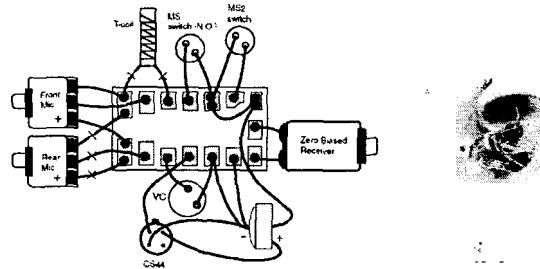


그림 2 GB3211 칩을 사용한 귓속형 보청기 부품 배치도

그림 3은 본 연구를 위해 개발된 디지털 보청기 자동 피팅 프로그램의 초기 메뉴 화면을 보여주며, 그림 4는 본 피팅 프로그램의 전체적인 흐름도를 가리킨다.

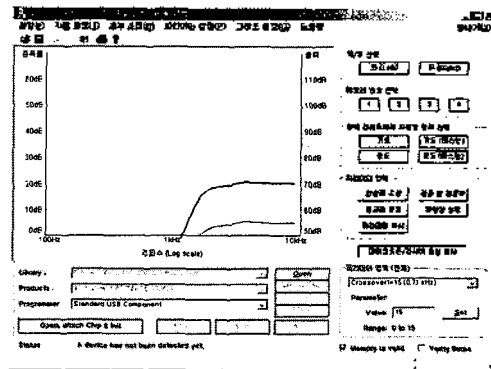


그림 3 디지털 보청기 자동 피팅 프로그램의 초기 메뉴

1. 서론

디지털 보청기용 DSP 칩은 보통 전용 DSP칩과 범용 DSP칩으로 나뉜다. 본 논문에서는 캐나다 Gennum사에서 설계 제조한 전용 DSP칩 (GB3211)을 사용하여 디지털 보청기를 제조한 후, 사용자의 청력 역치에 가장 최적의 DSP칩 파라미터 설정 프로그램을 개발하였다 (그림 1).

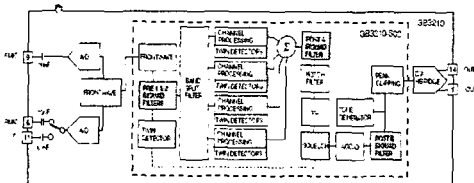


그림 1 GB3211 보청기 DSP 칩의 내부 회로 구성도

다음은 피팅 프로그램의 적용 예를 설명한다. 우선, 사용자의 청력 역치를 컴퓨터 프로그램으로 입력하여 저장한 뒤 피팅 프로그램으로 다시 읽어 들인다 (그림 5). 보청기는 청력 역치에 직접 반비례하여 주파수 별로 증폭하기보다는 기존에 연구된 아날로그 보청기에 적용되

던 피팅 Formula 공식[1]에 의해 주파수에 따른 증폭율을 결정한다. 그림 6은 그림 5의 청력 역치로부터 계산된 피팅 Formula 적용 후의 증폭도를 보여준다 (표 1).

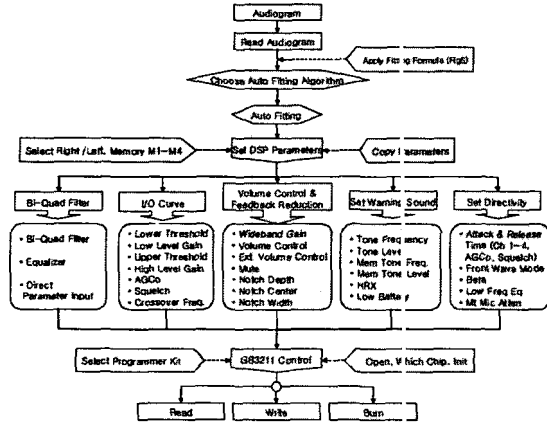


그림 4 보청기 피팅 프로그램의 전체적인 흐름도

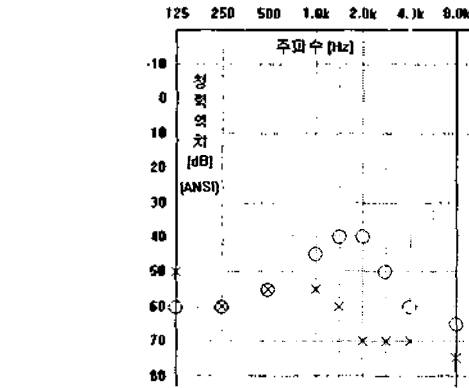


그림 5. 청력 역치도. x(좌), o(우)

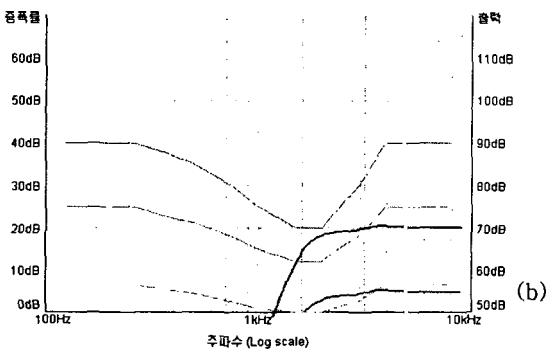
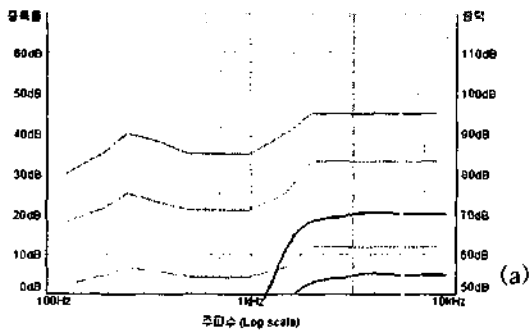


그림 6 청력 역치로부터 계산된 피팅 Formula 적용 후의 증폭도. (a) 좌 (b) 우.

표 1 Nonlinear Fig6-Formula 공식

Input Level (Gi)		
40 dB SPL	0	Hi < 20 dB HL
	Hi - 20	20 ≤ Hi ≤ 60 dB HL
	0.5Hi + 10	60 < Hi dB HL
65 dB SPL	0	Hi < 20 dB HL
	0.6(Hi - 20)	20 ≤ Hi ≤ 60 dB HL
	0.8Hi - 23	60 < Hi dB HL
95 dB SPL	0	Hi < 40 dB HL
	0.1(Hi - 40) ^{1.4}	40 ≤ Hi dB HL

다음 그림 7은 컷속형 보청기에 주로 사용되는 Sonicmicroics사의 EM4346 마이크로폰과 ED3146SAT 리시버의 주파수 특성을 보여준다. 피팅의 최적화를 위해 마이크로폰은 저주파 대역에서 리시버는 고주파 대역에서 주파수 응답을 조절하였다 (그림 7 점선)

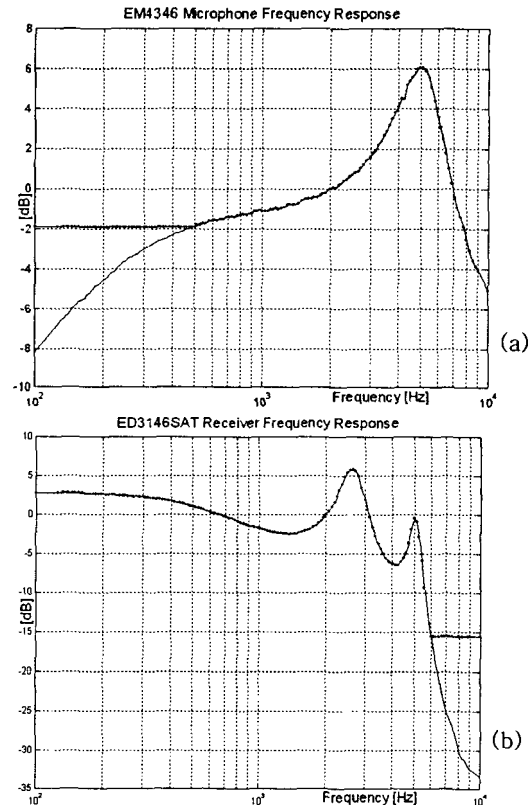


그림 7 EM4346 마이크로폰(a)과 ED3146SAT 리시버 (b)의 주파수 특성.

보청기에 사용되는 마이크로폰과 리시버의 주파수 특성을 DSP 칩에서 보정하기 위해서 마이크로폰과 리시버 각각의 주파수 응답의 역함수를 그림 6의 청력 역치로부터 계산된 피팅 Formula 적용 후의 증폭율에 더한다

(그림 8, 그림 9, 그림 10).

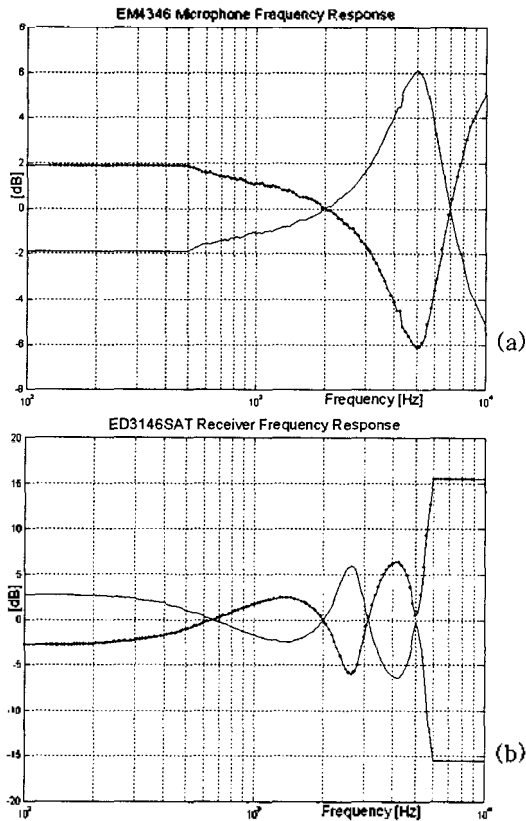


그림 8 EM4346 마이크론(a)과 ED3146SAT 리시버 (b)의 주파수 특성(가는 선)과 역함수 곡선(굵은 점선).

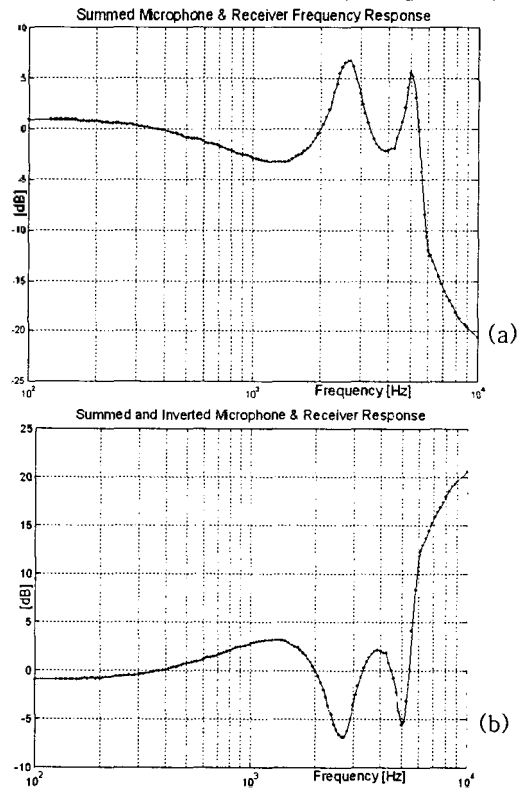


그림 9 그림 8의 마이크론과 리시버 주파수 특성을 합산한 곡선(a)과 각각의 역 함수를 합산한 곡선(b).

그림 10는 그림 8 (a)와 (b)의 마이크론과 리시버 주파수 특성을 합산한 곡선을 보여준다. 본 프로그램에서는 디지털 DSP 칩뿐만 아니라 마이크론과 리시버의 주파수 특성을 보상하였다 (그림 10).

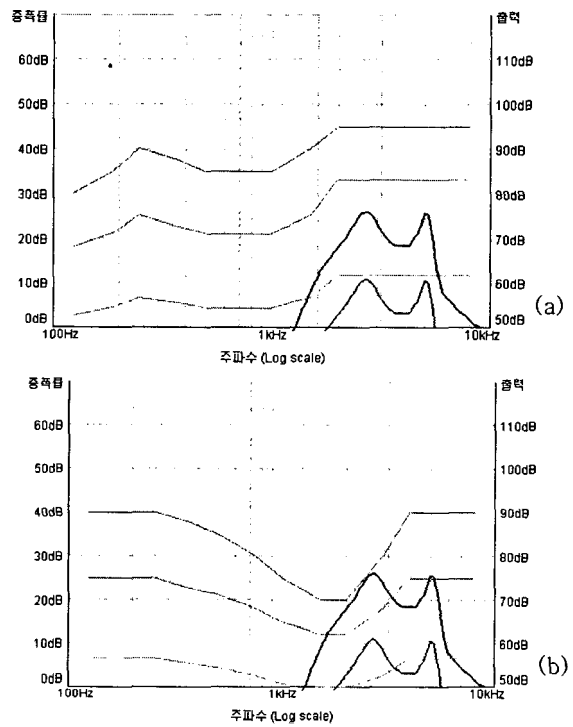


그림 10 앞서 계산된 그림 6에 마이크론과 리시버의 주파수 특성을 보상한 증폭도. (a) 왼쪽귀 (b) 오른쪽귀.

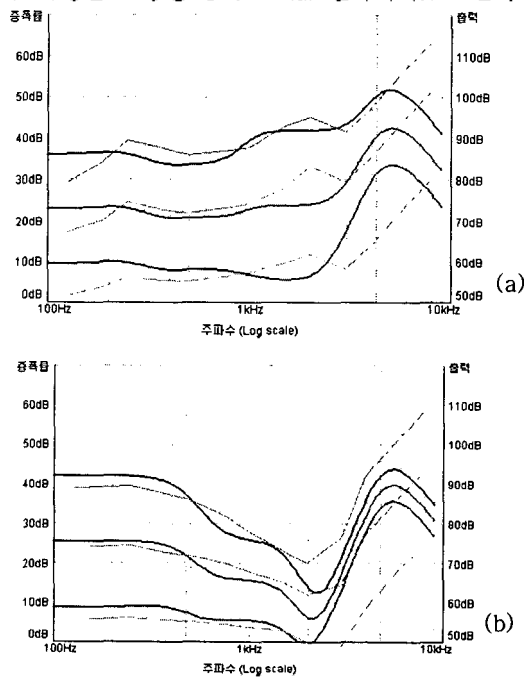


그림 11 Gennum 제공 자동 피팅 결과도. (a) 좌 (b) 우. Blue: 40dB 입력, Green: 60dB 입력, Violet: 80dB 입력.

이렇게 마이크로폰과 리시버의 주파수 특성을 보상한 뒤 Gennum에서 제공한 자동 피팅 프로그램 수행 결과는 그림 11과 같다.

Gennum 디지털 보청기 칩의 동작 원리를 살펴보면 좀더 나은 최적화된 피팅 프로그램이 제안될 수 있다. 그림 6에서 보여주듯이 청력 역치로부터 계산된 피팅 Formula 적용 후의 주파수 특성 곡선을 그림 12의 굵은 붉은 선으로 표현한다면, Gennum 칩은 주어진 주파수 특성을 4 부분(채널)으로 나눈다. 각 채널의 구분은 3개의 Cross Frequency(CF)로 나누고, 각 채널마다 디지털 필터를 적용한다. 채널 1은 LP 필터를, 채널 2와 3은 BP 필터를 그리고 채널 4는 HP 필터를 적용한다.

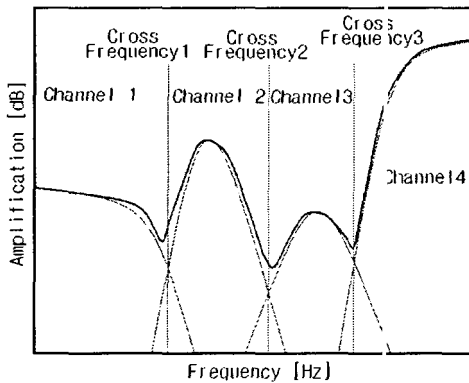


그림 12 Gennum 칩의 주파수 특성 진폭 응답 곡선 형성을 위한 4개 채널 분류와 채널 당 디지털 필터 응답 곡선.

표 2 Gennum 칩의 Cross Frequency(CF) 3개 파라미터에 할당된 상수 [단위 kHz].

CF1	0.3	0.315	0.335	0.355	0.375	0.4	0.425	0.45	0.475	0.5	0.53	0.56	0.6	0.63	0.67	0.71			
CF2	0.71	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1	1.06	1.12	1.18	1.25	1.33	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
CF3	2	2.12	2.24	2.37	2.5	2.65	2.8	3	3.15	3.35	3.55	3.75	4	4.25	4.5	4.75	5		

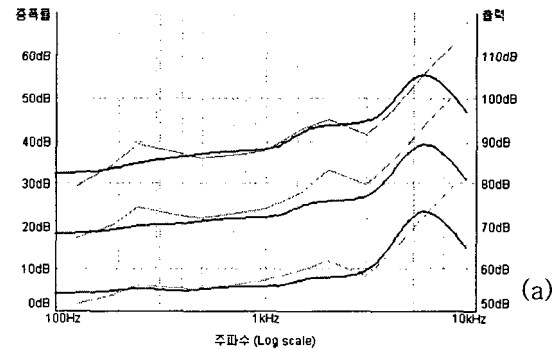
이 같은 방식으로 원하는 주파수 응답 곡선을 형성하려면 3개의 CF와 4개의 채널별 임계 레벨 증폭치(LLG)가 필요해진다. 따라서 Gennum 칩은 7개의 변수 파라미터를 사용하게 되는데, 각 파라미터마다 자유로운 변수 설정이 아닌 제한된 개수의 변수가 설정되도록 설계되었다. CF1은 16개, CF2는 19개, CF3는 17개의 여러 다른 주파수를 선택하면 되고, LLG1-LLG4는 각각 31

개의 증폭치 범위를 데시벨 단위로 선택하도록 하였다. 따라서 16x19x17x31x31x31x31=47억개의 다양한 경우 수가 가능해진다. Gennum 칩에는 그 외에도 Bi-Quad 필터를 별도로 4개를 제공하고 있어 거의 무한한 개수의 다양한 경우 수가 가능해진다.

표 3 Gennum 칩의 4개 채널에 의한 주파수 특성 구현을 위해 구성된 14개 파라미터에 할당된 변수 [단위 dB].

LTH2	30 + 2n	(n=0 to 35)
LTH3	30 + 2n	(n=0 to 35)
LTH4	30 + 2n	(n=0 to 35)
LLGAIN1	-18 + 2n	(n=0 to 30)
LLGAIN2	-18 + 2n	(n=0 to 30)
LLGAIN3	-18 + 2n	(n=0 to 30)
LLGAIN4	-18 + 2n	(n=0 to 30)
UTH1	40 + 2n	(n=0 to 35)
UTH2	40 + 2n	(n=0 to 35)
UTH3	40 + 2n	(n=0 to 35)
UTH4	40 + 2n	(n=0 to 35)
HLGAIN1	-18 + 2n	(n=0 to 30)
HLGAIN2	-18 + 2n	(n=0 to 30)
HLGAIN3	-18 + 2n	(n=0 to 30)
HLGAIN4	-18 + 2n	(n=0 to 30)

그림 13은 본 연구에서 파라미터 최적화에 의해 계산된 파라미터들로 재현된 주파수 특성 곡선을 보여준다. 마이크로폰과 리시버의 특성 보정도 함께 고려되었다.



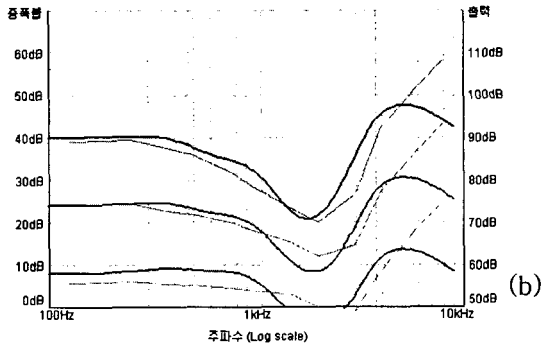


그림 13 DSP 칩의 최적 파라미터 피팅 프로그램 결과. (a)좌 (b)우. Blue: 40dB 입력, Green: 60dB 입력, Violet: 80dB 입력.

그림 13은 마이크론과 리시버의 특성 보정을 고려하여 최적화된 DSP 칩의 주파수 특성 곡선이다. 그림 13에 다시 마이크론과 리시버의 특성을 모두 합산한 결과는 그림 14에 보여진다.

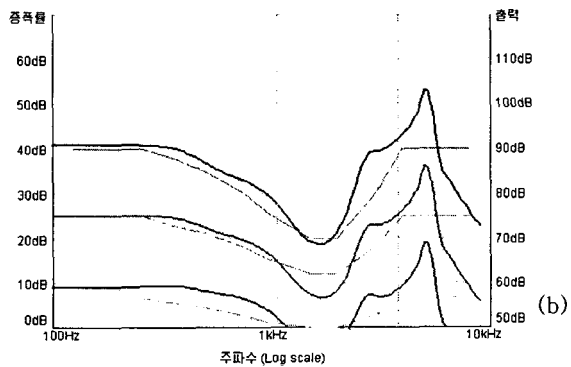
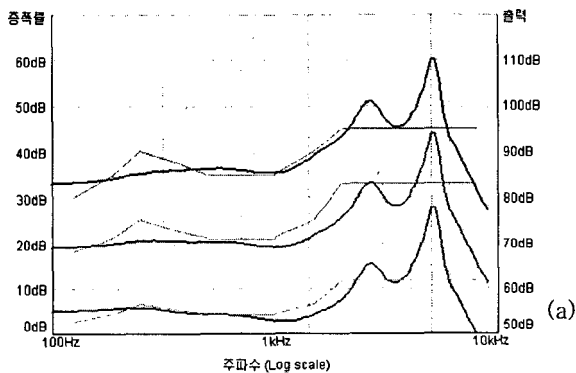


그림 14 최적 파라미터 피팅 프로그램 결과에 마이크론과 리시버 특성도 함께 출력될 때의 증폭률. (a)좌 (b)우.

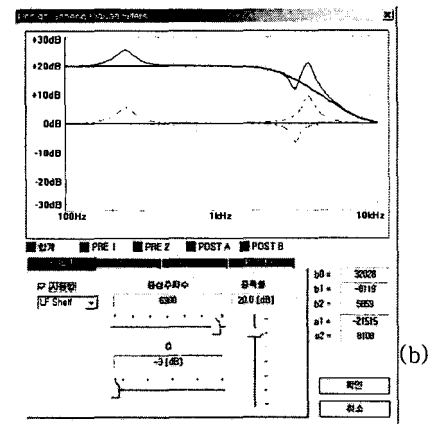
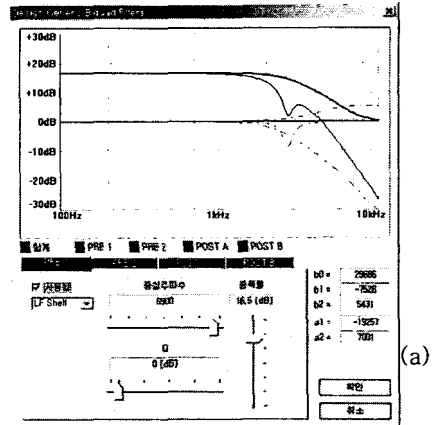
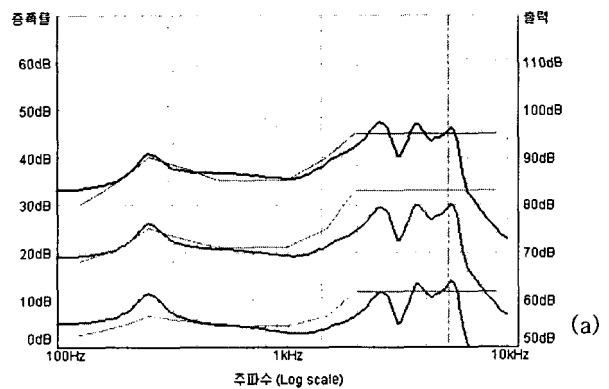


그림 15 그림 14를 더욱 섬세하게 조정하기 위해 첨가하는 4개 Bi-Quad 필터 응답 곡선. (a)좌 (b)우.



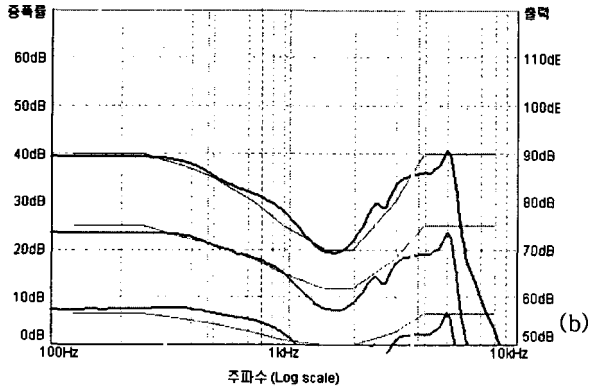


그림 16 그림 14에 별도의 4개 Bi-Quad 필터 효과를 첨가한 후의 최종 출력 증폭률. (a)좌 (b)우.

Gennum DSP 칩에는 앞서 언급된 4 채널의 디지털 필터 외에도 별도의 4개 Bi-Quad 디지털 2차 필터를 내장하고 있다. 이들 Bi-Quad 필터들을 그림 14에 첨가하면 더욱 섬세하게 조정된 최종 출력 증폭도를 얻을 수 있다. 그림 15는 그림 14를 더욱 섬세하게 조정하기 위해 첨가하는 4개 Bi-Quad 필터 응답 곡선을 보여주고 그림 16은 그 결과로 나타난 최종 출력 증폭률이다.

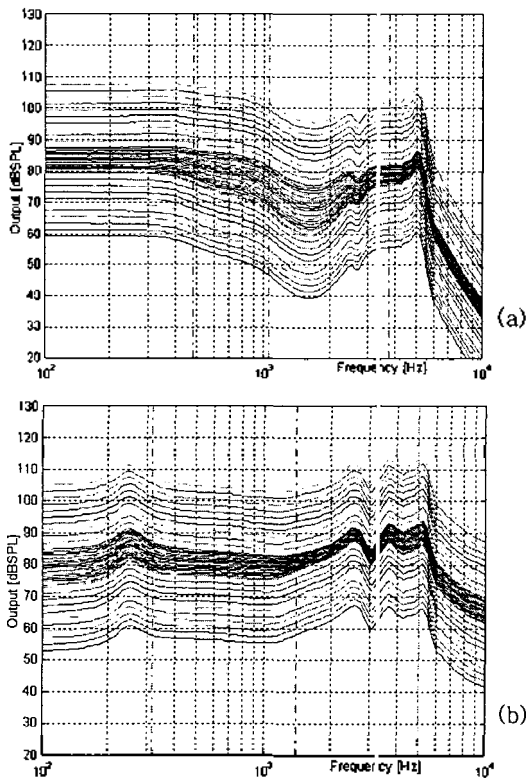


그림 17 입력 레벨에 대비한 출력 레벨의 주파수에 따른 비선형적인 변화율. (a)좌 (b)우.

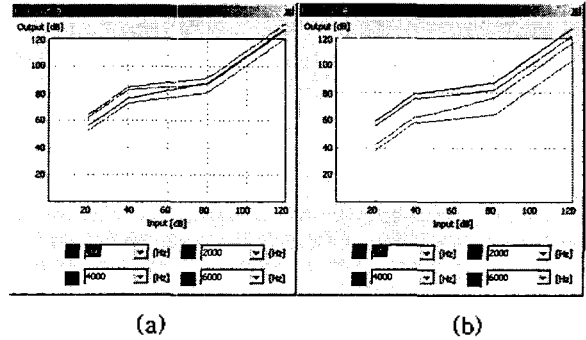


그림 18 I/O 함수관계를 보여주는 곡선. (a)좌 (b)우.

그림 17은 입력 신호 레벨에 대비한 출력 레벨을 주파수에 따른 함수로 보여주고 있으며 그림에서처럼 압축트 비선형적인 변화율.

감사의 글

본 연구는 2003년도 광주전남 테크노파크 신기술연구 개발사업의 연구비 지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

1. Harvey Dillon, "Hearing Aids", Printed by Thieme, pp:253, 2001.