

論 文

확장된 Inverse Chebyshev함수에 관한 연구

正會員 朴 敏 植*, 正會員 辛 烘 圭**,
正會員 申 建 淳***, 正會員 金 東 龍****

A Study on the extended Inverse Chebyshev Function

Min Sheik PARK*, Hong Kyu SHIN**,
Gun Soon SHIN***, Dong Yong KIM**** *Regular Members*

要 約 본 논문에서는 Chebyshev함수로부터 확장된 inverse Chebyshev 함수를 유도하였고, 통과대역 감쇠율 A_p (dB) = 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0과 저지대역 주파수 ω_s (rad/s) = 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6에 따른 n=5, 6의 표준화된 2차식 계수값을 제시하였으며, 그림 3의 (c), (d)에서 보는 바와 같이 inverse Chebyshev 전달함수로부터 구한 저역통과필터는 통과대역에서 최대평탄도플, 저지대역에서 통과상을 가지는 크기 특성을 나타내었다. 또한 실제적인 회로 시뮬레이션을 통하여 크기와 손실 특성을 나타내고 그 소자치도 제시하였다.

ABSTRACT In this paper, the extended inverse Chebyshev functions have been derived from Chebyshev function. We presented normalized biquads coefficients of n=5, 6 for passband attenuation A_p (dB) = 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0 and stopband frequency ω_s (rad/s) = 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6. A designed low-pass filter from extended inverse Chebyshev transfer function produces the magnitude characteristic which is maximally flat in the passband and equal-ripple in the stopband as shown in fig. 3(c), (d). Finally, it showed the magnitude and loss characteristics through realistic circuit simulation, and presented element values.

1. 序 論

電氣·電子필터設計는 現代 技術에 各 方面으로 깊숙히 침투되어 電信, 電話, TV, Radar,

水中 音波 探知機, 人工衛星等 最近의 通信分野 및 信號處理分野에까지도 그 役割이 必須의인 중요한 部品으로 등장하였고^{(1), (2)} 設計時 使用되는 素子는 抵抗, 커패시터, 인덕터, 그리고 電子部品인 Op-Amp 등이 使用되며 特定한 필터 에는 Mechanical, Crystal 과 Switching Devices까지 사용해서 設計된다.

필터 設計時 利用하는 函數는 Butter-Worth, Chebyshev, Bessel, Inverse chebyshev, Elli-

* Gold Star Telecommunication Co. Ltd R&D Centre

** 全北大學校 大學院 電氣工學科

*** 金烏工科大學 電子工學科 專任講師

**** 全北大學校 電氣工學科 副教授

論文番號 : 87-09(接受 1986. 8. 6)

ptic函數等^{(2), (3), (4)}이 있으나 通過帶域에서 最大平坦 特性을, 截止帶域에서 等波狀 特性을 가지며 遷移領域, 群遲延 등의 特性이 좋은 inverse chebyshev函數를 利用한 濾터 設計法은 最近 研究가 進行되고 있는 추세이다.^{(4), (5), (6), (13), (14)}

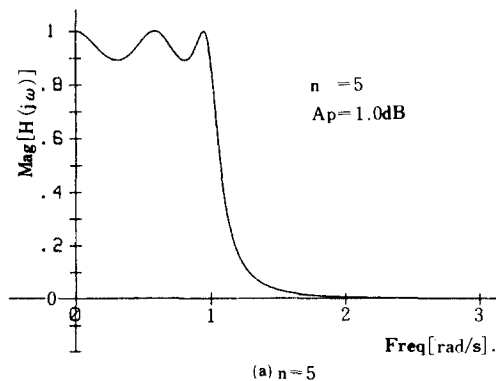
現在까지 inverse chebyshev函數를 利用한 濾터 설계에 對하여 提示되어 있는 微弱한 데이터를 보완하고 실제 회로로 實現시키는데 必要한 software를 개발하여 提示된 資料를 利用하여 시간영역에서 타함수에 비하여 우수한 特性을 가지는 analog 및 digital 濾터 설계를 可能하게 한다.

本 論文에서는 擴張된 inverse chebyshev 函數를 chebyshev函數로부터 유도하였고 通過帶域 減衰率 A_p (dB) = 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0 과 截止帶域 周波數 ω_s (rad/s) = 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6에 따른 $n=5, 6$ 의 規準化된 2차식 係數값을 구하고 이들의 極點과 零點 位置圖와 크기 特性을 調査해 본다. 또한 實際的인 回路 시뮬레이션을 통한 크기와 損失 特性을 알아보고 그 素子값도 提示한다.

2. 擴張된 inverse chebyshev 函數

2-1 Chebyshev 函數^{(1), (5), (6)}

Chebyshev 近似法은 아래와 같다.



$$|H_c(j\omega)|^2 = \frac{1}{1 + \epsilon^2 C_n^2(\omega)} \quad (1)$$

여기서 ϵ 은 通過帶域內的 波狀의 幅을 決定하는 파라미터이며

$$\epsilon = \sqrt{10^{A_p/10} - 1} \quad (2)$$

이고 dB로 表示된다. 파라미터 ϵ 는 常數이고 크기는 항상 1보다 작다.

Chebyshev 多項式 $C_n(\omega)$ 은 다음과 같이 定義된다.

$$C_n(\omega) = \begin{cases} \cos(n \cos^{-1} \omega), & 0 \leq \omega \leq 1 \\ \cosh(n \cosh^{-1} \omega), & \omega \geq 1 \end{cases} \quad (3)$$

式(1)에 $j\omega$ 대신 S 를 代入하면 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$H_c(S) H_c(-S) = \frac{1}{1 + \epsilon^2 C_n^2(\omega)} \quad (4)$$

式(4)에서 左半面에 存在하는 極點, 즉 $H_c(S)$ 의 根을 S_k 라 하면

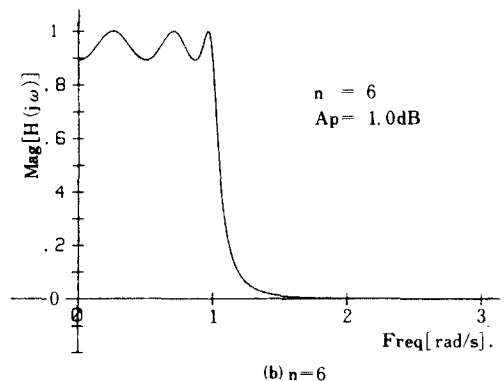


그림 1 Chebyshev 함수의 시역특성과 크기특성($n=5, 6$)
Low-pass magnitude characteristics of chebyshev function($n=5, 6$).

$$\begin{cases} S_k = \sigma_k + j \omega_k \\ \sigma_k = -\sin \frac{(2K-1)}{2n} \pi \sinh \left(\frac{1}{n} \sinh^{-1} \frac{1}{\epsilon} \right) \\ \omega_k = \cos \frac{(2K-1)}{2n} \pi \cosh \left(\frac{1}{n} \sinh^{-1} \frac{1}{\epsilon} \right) \end{cases} \quad (5)$$

式(1), (5)를 利用하여 求한 $n=5, 6$ 인 chebyshev 函數의 低域通過 크기 特性은 그림 1과 같다.

2-2 Inverse Chebyshev 函數^{(2), (5), (7)}

Chebyshev 函數인 式(1)을 利用한 inverse chebyshev 函數는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} |H(j\omega)|^2 &= 1 - |H_c \left(j \frac{1}{\omega} \right)|^2 \\ &= \frac{\sigma^2 C_n^2 \left(\frac{1}{\omega} \right)}{1 + \epsilon^2 C_n^2 \left(\frac{1}{\omega} \right)} \end{aligned} \quad (6)$$

여기에서 inverse chebyshev 函數를 利用하여 필터 設計時 設計條件으로 通過帶域 減衰率 A_p , 阻止帶域 減衰率 A_s , 遮斷 周波數 ω_c , 그리고 阻止帶域 周波數 ω_s 가 주어지게 되는데 이러한 設計條件을 滿足하는 次數는 式(7)을 利用하여 求한다.

$$n = \frac{\cosh^{-1} \sqrt{(10^{A_s/10} - 1) / (10^{A_p/10} - 1)}}{\cosh(1/\omega_c)} \quad (7)$$

式(7)에서 次數를 求한 後 分母式은 chebyshev 函數의 分母式인 式(5)를 inverting 함으로써 求할 수 있고 分子式은 式(8)에 의해 求한다.

$$\omega_k = \sec \left(\frac{K \pi}{2n} \right) \quad (8)$$

$$K = 1, 3, 5, \dots, n$$

式(7), (8)을 利用한 式(6)의 크기 特性은 그림 2와 같다.

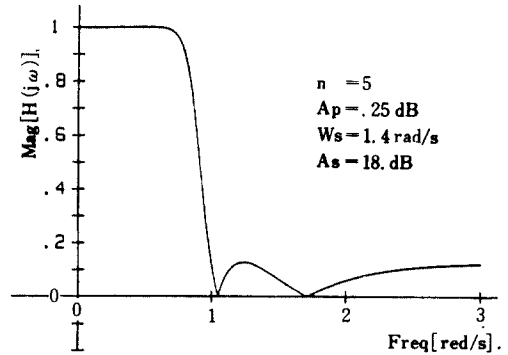


그림 2 Inverse chebyshev 함수의 저역통과 크기특성
Low-pass magnitude characteristic of inverse chebyshev function.

2-3 擴張된 inverse chebyshev 函數

1) 式(6)에서 分子式을 아래와 같이 自乘函數로 놓으면

$$|K \left(\frac{1}{\omega} \right)|^2 = \epsilon^2 C_n^2 \left(\frac{1}{\omega} \right) \quad (9)$$

$|K(\omega)|^2 = 1 / |K \left(\frac{1}{\omega} \right)|$ 라 하면

$$|K(\omega)|^2 = \frac{1}{\epsilon^2 C_n^2 \left(\frac{1}{\omega} \right)} \quad (10)$$

이 된다.

式(10)에서 $\omega = \omega_c = \frac{1}{\omega_s}$ 로 計算될 때 擴張된 inverse chebyshev의 自乘 特性 函數는

$$E^2 = \frac{1}{\epsilon^2 C_n^2(\omega_s)}$$

이 된다. 따라서

$$\epsilon = \frac{1}{E C_n(\omega_s)} \quad (11)$$

여기서 E는 chebyshev 函數에서의 파라미터이다.

2) 擴張된 inverse chebyshev 函數의 分子式은 式(3)을 利用한다.

$$\cos\left(n \cos^{-1} \frac{1}{\omega}\right) = 0$$

$$n \cos^{-1} \frac{1}{\omega_K} = (2K-1) \frac{\pi}{2}$$

$$\frac{1}{\omega_K} = \cos \frac{(2K-1)\pi}{2n}$$

$$\omega_K = \frac{1}{\cos \frac{(2K-1)\pi}{2n}} \quad (12)$$

$$K=1, 2, 3, \dots, n$$

3) 擴張된 inverse chebyshev 函數의 分母式은 chebyshev 函數의 分母式인 式(5)를 inverting 함으로써 求할 수 있으며 아래와 같다.

左半面에 存在하는 極點을 S_K 라 하면

$$\left\{ \begin{array}{l} S_K = \alpha_K + j\beta_K \\ \alpha_K = \frac{\sigma_K}{\sigma_K^2 + \omega_K^2} \end{array} \right. \quad (13)$$

$$\beta_K = \frac{\omega_K}{\sigma_K^2 + \omega_K^2}$$

以上에서 式(5), (11), (12), (13)을 利用하여 求한 系数값에 S 대신 S/ω_s 를 代入하면 擴張된 inverse chebyshev 函數를 얻을 수 있으며, 이를 通過帶域 減衰率 A_p (dB)=0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0와 阻止帶域 周波數 ω_s (rad/s)=1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6에 따른 規準化된 2 차식 系数값을 지면 관계상 $n=5, 6$ 인 경우만을 表 1에 나타내었으며 이 函數의 一般式은 다음과 같다.

$$H(S) = K \prod_{i=1}^{n/2} \frac{S^2 + C_i}{S^2 + A_i S + B_i} \quad n \text{ 이 짝수} \quad (14-a)$$

$$H(S) = \frac{1}{S + \sigma} \prod_{i=1}^{(n-1)/2} \frac{S^2 + C_i}{S^2 + A_i S + B_i} \quad n \text{ 이 홀수} \quad (14-b)$$

표 1 확장된 inverse chebyshev 함수의 규준화된 2 차식 계산값(n=5, 6)
Normalized biquads coefficients of extended inverse chebyshev function (n=5, 6).

Pass-band Attenuation $A_p=0.1$ dB

N	ω_s	A_s	A	B	C	σ
5	1.2	5.97	.2015850	1.4773817	1.5920249	.1007925
			1.2374954	3.4642005	4.1679748	
5	1.3	10.88	.2989548	1.5941837	1.8684178	.1494774
			1.6558321	3.3726697	4.8915808	
5	1.4	15.43	.3800117	1.6789834	2.1669230	.1900058
			1.9090793	3.2117965	5.6730774	
5	1.5	19.50	.4463258	1.7434058	2.4875388	.2231629
			2.0613947	3.0756183	6.5124604	
5	1.6	23.14	.5008924	1.7940140	2.8302658	.2504461
			2.1559505	2.9494767	7.4097311	
6	1.2	10.50	.1911239	1.3922646	1.5433874	.1210175
			.8981985	2.3949170	2.8796999	
			4.3844985	8.581398	21.4966034	
6	1.3	17.16	.2699529	1.4780347	1.8113363	.1675278
			1.1870725	2.3789501	3.3799994	
			4.1529312	6.0926189	25.2286489	
6	1.4	22.86	.3318368	1.5402098	2.1007220	.2041375
			1.3741918	2.3346081	3.9200003	
			3.8766537	4.8213081	29.2592687	
6	1.5	27.82	.3812230	1.5877483	2.4115427	.2332181
			1.4998040	2.2863793	4.4999997	
			3.6586099	4.0829229	33.5884115	
6	1.6	32.22	.4213433	1.6252792	2.7437991	.2566957
			1.5875673	2.2414823	5.1199985	
			3.4929719	3.6102691	38.2161744	

Pass-band Attenuation $A_p=0.2$ dB

N	ω_s	A_s	A	B	C	σ
5	1.2	8.43	2420351	1.4200892	1.5920249	.1210175
			1.4121649	3.1648092	4.1679748	
5	1.3	13.76	.3350558	1.5030730	1.8684178	.1675278
			1.7445540	2.9893184	4.8915808	
5	1.4	18.43	.4082751	1.5612187	2.1669230	.2041375
			1.9268765	2.8144236	5.6730774	
5	1.5	22.53	.4664363	1.6044540	2.4875388	.2332181
			2.0306063	2.6679974	6.5124604	
5	1.6	26.19	.5133916	1.6378710	2.8302658	.2566957
			2.0924540	2.5498323	7.4097311	
6	1.2	13.36	.2183880	1.3380840	1.5433874	.1210175
			.9983488	2.2389698	2.8799999	
			4.1739368	6.8525629	21.4966034	
6	1.3	20.18	.2918987	1.3998859	1.8113363	.1675278
			1.2434995	2.1828175	3.3799994	
			3.8542881	4.9528732	25.2286489	
6	1.4	25.91	.3478256	1.4437494	2.1007220	.2041375
			1.3953326	2.1199183	3.9200003	
			3.5851274	3.9873772	29.2592687	
6	1.5	30.87	.3916425	1.4767525	2.4115427	.2332181
			1.4948151	2.0630832	4.4999997	
			3.3863552	3.4215951	33.5884115	
6	1.6	35.28	.4267725	1.5024743	2.7437991	.2566957
			1.5632415	2.0144105	5.1199985	
			3.2907223	3.0555110	38.2161744	

Pass-band Attenuation $A_p=0.5\text{dB}$

N	ωS	A_s	A	B	C	σ
5	1.2	12.16	.2916609 1.5714705	1.3242953 2.7254457	1.5920249 4.1679748	.1458304
5	1.3	17.77	.3739464 1.7888141	1.3686376 2.5007854	1.8684178 4.8915808	.1069731
5	1.4	22.52	.4352841 1.8953853	1.3981016 2.3253493	2.1669230 5.6730774	.2176420
5	1.5	26.65	.4825063 1.9512389	1.4192176 2.1922059	2.4875388 6.5124604	.2412530
5	1.6	30.32	.5198200 1.9820139	1.4350770 2.0900354	2.8302658 7.4097311	.2599099
6	1.2	17.36	.2506787 1.0999629 3.8145981	1.2549684 2.0156026 5.1170168	1.5433874 2.8799999 21.4966034	
6	1.3	24.28	.3155335 1.2873273 3.4707212	1.2893355 1.9253988 3.8000793	1.8113363 3.3799994 25.2286489	
6	1.4	30.03	.3632252 1.3977621 3.2282362	1.3128631 1.8492184 3.1265211	2.1007220 3.9200003 29.2592687	
6	1.5	35.00	.3997820 1.4799954 3.0570841	1.3300881 1.7876945 2.7253175	2.4115427 4.4999997 33.5884415	
6	1.6	39.41	.4286252 1.5153036 2.9319186	1.3432257 1.7381306 2.4619312	2.7437991 5.1199985 38.2161744	

Pass-band Attenuation $A_p=1.0\text{dB}$

N	ωS	A_s	A	B	C	σ
5	1.2	15.29	.3243825 1.6316483	1.2376740 2.3823090	1.5920249 4.1679748	.1621912
5	1.3	21.00	.3962502 1.7765093	1.2577808 2.1539106	1.8684178 4.8915808	.1981251
5	1.4	25.78	.4480924 1.8391120	1.2700360 1.9913714	2.1669230 5.6730774	.2240461
5	1.5	29.91	.4871923 1.8690746	1.2782521 1.8731289	2.4875388 6.5124604	.2435961
5	1.6	33.58	.5176380 1.8832664	1.2810943 1.7811622	2.8302658 7.4097311	.2588189
6	1.2	20.59	.2719291 1.1533988 3.5209284	1.1835017 2.0156026 5.1170168	1.5433874 2.8799999 21.4966034	
6	1.3	27.54	.3294131 1.2095801 3.1930251	1.2000935 1.7329590 3.1169419	1.8113363 3.3799994 25.2286489	
6	1.4	33.30	.3707249 1.2827233 2.9754586	1.2108378 1.6530299 2.6039977	2.1007220 3.9200003 29.2592687	
6	1.5	38.27	.4019020 1.4343338 2.8241534	1.2183747 1.4915577 2.2942872	2.4115427 4.4999997 33.5884415	
6	1.6	42.67	.4262178 1.4684508 2.7146549	1.2239301 1.5434613 2.0887775	2.7437991 5.1199985 38.2161744	

Pass-band Attenuation $A_p=2.0\text{dB}$

N	ωS	A_s	A	B	C	σ
5	1.2	18.75	.3521891 1.6512420	1.1375566 2.0371957	1.5920249 4.1679748	.1780945
5	1.3	24.52	.4122837 1.7103965	1.1373997 1.8234227	1.8684178 4.8915808	.2061418
5	1.4	29.31	.4543576 1.7594726	1.1357558 1.6799424	2.1669230 5.6730774	.2271787
5	1.5	33.45	.4854712 1.7694213	1.1338098 1.5784574	2.4875388 6.5124604	.2427356
5	1.6	37.12	.5093536 1.7713263	1.1319139 1.5035184	2.8302658 7.4097311	.2546768
6	1.2	24.11	.2904589 1.1872065 3.2182374	1.1026945 1.6497123 3.2737179	1.5133874 2.8799999 21.4966034	
6	1.3	31.08	.3399051 1.2947922 2.9200850	1.1036980 1.5388775 2.5406256	1.8113363 3.3799994 25.2286489	
6	1.4	36.84	.3746479 1.3535514 2.7287250	1.1035376 1.4593179 2.1536555	2.1007220 3.9200003 29.2592687	
6	1.5	41.81	.4004610 1.3889017 2.5971227	1.1029871 1.4002097 1.9167049	2.4115427 4.4999997 33.5884415	
6	1.6	46.21	.4203601 1.4116495 2.5016971	1.1023157 1.3549483 1.7578094	2.7437991 5.1199985 38.2161744	

Pass-band Attenuation $A_p=3.0\text{dB}$

N	ωS	A_s	A	B	C	σ
5	1.2	21.04	.3659674 1.6395466	1.0706220 1.8320711	1.5920249 4.1679748	.1829836
5	1.3	26.82	.4185324 1.6925904	1.0602708 1.6329844	1.8684178 4.8915808	.2092661
5	1.4	31.62	.4546940 1.7005751	1.0518436 1.5026319	2.1669230 5.6730774	.2273469
5	1.5	35.76	.4811187 1.7013254	1.0450504 1.4115529	2.4875388 6.5124604	.2405593
5	1.6	39.43	.5012252 1.6975682	1.0395274 1.3447917	2.8302658 7.4097311	.2506126
6	1.2	26.41	.3000554 1.1975248 3.0339112	1.0490382 1.5324471 2.8421378	1.5433874 2.8799999 21.4966034	
6	1.3	33.38	.3413784 1.2834375 2.7571034	1.0417686 1.4210899 2.2318127	1.8113363 3.3799994 25.2286489	
6	1.4	39.14	.3750938 1.3289273 2.5815492	1.0359652 1.3434386 1.9101614	2.1007220 3.9200003 29.2592687	
6	1.5	44.12	.3976944 1.3555677 2.4611826	1.0313072 1.2866814 1.7101526	2.4115427 4.4999997 33.5884415	
6	1.6	48.52	.4149916 1.3722808 2.3739595	1.0275197 1.2436700 1.5749862	2.7437991 5.1199985 38.2161744	

2-4. 實 例
1 5次 低域通過

$A_p = 1.0\text{dB}$, $A_s \geq 29\text{dB}$ 이고 $\omega_s = 1.5\text{rad/s}$ 인
條件을 滿足하는 擴張된 inverse chebyshev 函
數의 低域通過 크기 特性을 알아보자. 이 條件
을 滿足하는 擴張된 inverse chebyshev 函數의

次數는 表 1에서 $n = 5$ 임을 알 수 있다.

式 (14-b)를 利用하면 傳達函數는 다음과 같
다.

$$H(S) = \frac{1}{S + \sigma} \cdot H_1(S) \cdot H_2(S)$$

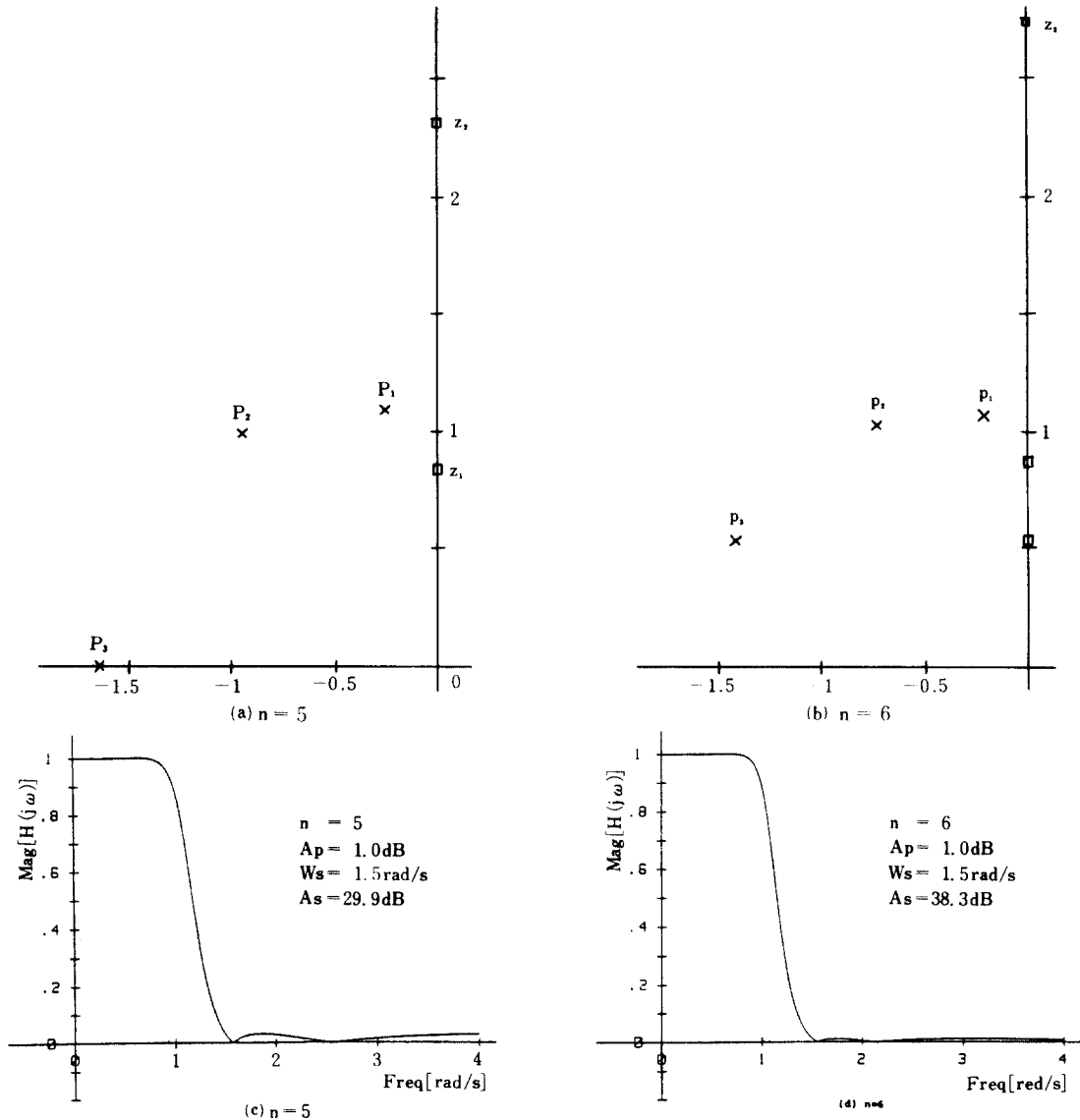


그림 3 (a), (b) 확장된 inverse chebyshev 함수의 극점과 영점 위치도($n=5, 6$)
 (a), (b) Pole-Zero location of extended inverse chebyshev function($n=5, 6$).
 (c), (d) 확장된 inverse chebyshev 함수의 저역통과 크기 특성($n=5, 6$)
 (c), (d) Low-pass magnitude characteristics of extended inverse chebyshev function($n=5, 6$).

$$\frac{1}{S+\sigma} = \frac{1}{S+1.6215436} \quad K=0.2396613$$

$$H_1(S) = \frac{S^2+2.4875388}{S^2+0.4871923S+1.2782521} \quad Q_1=2.3206406$$

$$H_2(S) = \frac{S^2+6.5124604}{S^2+1.8690746S+1.8731289} \quad Q_2=0.7332463$$

확장된 inverse chebyshev 5次 低域通過函數의 極點과 零點 位置圖 및 크기 特性은 各各 그림 3 (a), (c)와 같다.

2) 6次 低域通過

$A_p=1.0\text{dB}$, $A_s \geq 38\text{dB}$ 이고 $\omega_s=1.5\text{rad/s}$ 인 條件을 滿足하는 擴張된 inverse chebyshev 函數의 低域通過 크기 特性을 알아보자. 이 條件을 滿足하는 擴張된 inverse chebyshev 函數의 次數는 表 1에서 $n=6$ 임을 알 수 있다.

式 (14-a)를 利用하면 傳達函數는 다음과 같다.

$$H(S) = K \cdot H_1(S) \cdot H_2(S) \cdot H_3(S)$$

$$H_1(S) = \frac{S^2+2.4115427}{S^2+0.4019020S+1.2183747} \quad K=0.0122055 \quad Q_1=2.7464418$$

$$H_2(S) = \frac{S^2+4.4999997}{S^2+1.4343338S+1.5915577} \quad Q_2=0.8795508$$

$$H_3(S) = \frac{S^2+33.5884415}{S^2+2.8244534S+2.2942872} \quad Q_3=0.5362774$$

擴張된 inverse chebyshev 6次 低域通過 函數의 極點과 零點 位置圖 및 크기 特性은 各各 그림 3 (c), (d)와 같다.

表 1에서 보는 바와같이 擴張된 inverse chebyshev 函數는 阻止帶域 周波數의 調整이 可能하고, A_p 가 增加함에 따라 ω_s 가 작아지며 相對的으로 A_s 가 減少하게 됨을 알 수 있다. 그림 1에서 보는 바와같이 chebyshev 函數는 n 이 홀수일 때와 짝수일 때 $|H(0)|$ 의 값이 달라 始作點 (Starting Point)이 다르지만 擴張된 inverse chebyshev 函數는 n 이 홀수이거나 짝수를 不問하고 始作點이 恒常 一定하여 通過帶域에서 最大 平坦 特性을, 阻止帶域에서 等波狀 特性을 가진을 그림 3으로 부터 알 수 있다.

3. 回路 시뮬레이션 및 檢討

3-1 Computer 시뮬레이션

擴張된 inverse chebyshev 函數를 利用하여 回路 시뮬레이션을 하고 6次 低域通過의 크기 와 損失 特性을 考察하기 爲하여 使用된 Computer는 HP-9816이며 Program은 紙面 關係上 省略한다.

設計例 :

$A_p=1.0\text{dB}$, $A_s \geq 38\text{dB}$, $F_c=10\text{KHz}$, 그리고 $F_s=15\text{KHz}$ 인 設計 條件을 滿足하는 inverse

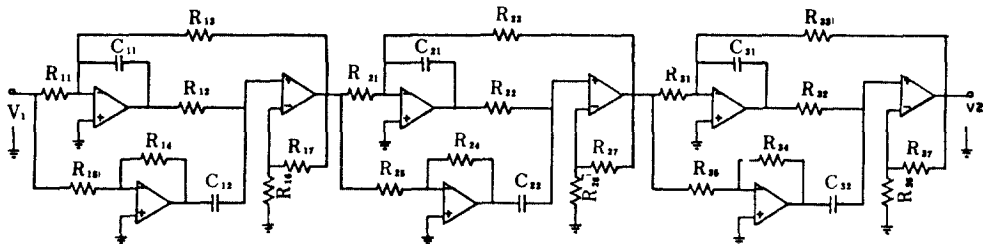


그림 4 회로도
Circuit.

chebyshev 低域通過 필터를 設計하는데 表 1 을 利用하면 上記 條件을 滿足하는 次數는 6次임을 알 수 있으며 이들 規準化된 係數값으로부터 周波數 伸縮에 依해 素子값을 求하여 表 2에 提示하였고 그 回路는 그림 4에 보였다. 또한 表 2에 提示한 素子값으로부터 回路 解釋을 한 後 回路 시뮬레이션한 結果 크기와 損失 特性을 各 各 그림 5 (a), (b)에 나타내었다.

표 2 소자값
Element values.

R11=8451 [Ω]	R21=9510 [Ω]	R31=23484 [Ω]
R12=39600 [Ω]	R22=5548 [Ω]	R32=5635 [Ω]
R13=8451 [Ω]	R23=9510 [Ω]	R33=23484 [Ω]
R14=4942 [Ω]	R24=6413 [Ω]	R34=2742 [Ω]
R15=15915 [Ω]	R25=24111 [Ω]	R35=43379 [Ω]
R16=20090 [Ω]	R26=18043 [Ω]	R36=19445 [Ω]
R17=12595 [Ω]	R27=5882 [Ω]	R37=3861 [Ω]
C11= 1 [μF]	C21= 2 [μF]	C31= 1 [μF]
C12= 1 [μF]	C22= 2 [μF]	C32= 1 [μF]

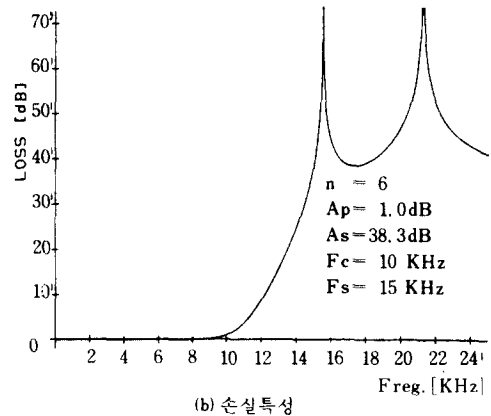
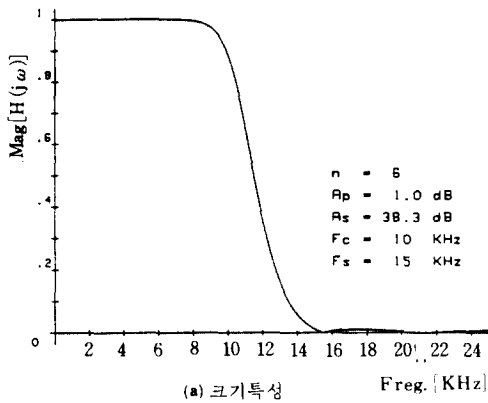


그림 5 회로 simulation에 의한 확장된 inverse chebyshev 함수의 저역통과 크기와 손실 특성
Low-pass magnitude and loss characteristics of extended inverse chebyshev function by circuit simulation.

3-2 檢 討

本 論文에서 提示한 設計 條件으로부터 回路 시뮬레이션을 通하여 求한 그림 5(a)의 크기 特性은 그림 3(d)의 크기 特性에 近似함을 알 수 있었다.

能動 필터는 Op-Amp의 周波數 特性으로 因해 數 10KHz에서 만이 可能하다¹⁹⁾.

이러한 理由로 해서 本 論文에서는 Fc = 10 KHz에서 比較하였다.

4. 結 論

本 論文에서는 擴張된 inverse chebyshev 函數의 規準化된 2차식 係數값을 求하고 이를 利用하여 크기 特性을 考察한 結果 通過帶域에서

最大 平坦 特性을, 阻止帶域에서 等波狀 特性을 가지며 阻止帶域 周波數의 調整이 可能함을 알 수 있었다. 또한 設計 條件을 滿足하는 回路를 設計하고 素子값을 求하여 回路 시뮬레이션을 한 結果 크기와 損失 特性에서 좋은 結果를 얻었다.

그러므로 本 論文에서 提示한 擴張된 inverse chebyshev 函數를 電氣-電子 필터의 設計時 利用하면 信號處理分野에 有用하게 使用될 것이다. 그러나 回路를 構成할 경우 正確한 素子값을 求하기가 어렵기 때문에 回路 시뮬레이션 結果에 얼마만큼 近接시킬 수 있는냐가 問題點으로 擡頭되지만 필터用 IC를 製作하게 되면 별 問題가 되지 않을 것이다. 앞으로 擴張된 inverse chebyshev 函數를 利用한 Digital 필터와 Switched Capacitor 필터 回路로 구성이 可能할 것이다.

參 考 文 獻

- (1) 김형갑, 회로망 합성론과 필터 설계, 사단법인 대한전기학회, 1983.
- (2) M. E. Van Valkenburg, Analog filter design, Holt-Saunders, New York, 1982.
- (3) L. P. Huelsman and P. E. Allen, Introduction to the theory and design of active filters, McGraw-Hill Book Co., New York, 1980.
- (4) Harry. Y-F. Lam, Analog and digital filters: Design and realizations, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1979.
- (5) A. S. Sedra and P. O. Brackett, Filter theory and design: Active and Passive, Portland OR: Matrix Publishers, Inc., 1978.
- (6) R. W. Daniels, Approximation methods for electronics filter design, McGraw-Hill Book C., New York, 1974.
- (7) Gobind Daryanani, Principles of active network synthesis and design, John Wiley and Sons, 1976.
- (8) Aram Budak, Passive and active network analysis and synthesis, Houghton Mifflin Co., Boston, 1974.
- (9) David E. Johnson, Introduction to filter theory, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1976.
- (10) G. E. Jobey, J. G. Graeme, and L. P. Huelsman, Operational Amplifiers design and applications, McGraw-Hill Book Co., New York, 1971.
- (11) H. P. Moore, D. E. Johnson, and J. R. Johnson, "An active circuit for elliptic-type filters", IEEE Trans. Circuits and Systems, vol. CAS-27, pp. 328-331, April, 1980.
- (12) D. E. Johnson, J. R. Johnson, and H. P. Moore, A handbook of active filters, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1980.
- (13) Saramaki, T.I, "Design of digital filters with maximally flat passband and equiripple stopband magnitude", Int. J. Circuit Theory and Appl. vol. 13 pp. 269-278, JULY, 1986.
- (14) Gazsi, L., "Explicit Formulas for lattice wave digital filters", IEEE Trans. Circuit and System, vol. CAS-32, pp. 68-88, JAN, 1985.



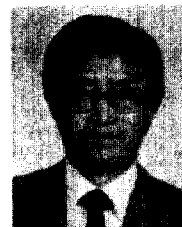
朴 敏 植 (Min Sheik PARK) 正會員
 1961年 2月 9日生
 1983年 2月 : 全北大學校 電氣工學科 卒業 (P. S) B
 1985年 2月 : 全北大學校 大學院 電氣工學科 卒業 (M. S)
 1985年 2月 : 全北大學校 大學院 電氣工學科 卒業 (M. S.)
 1985年 8月 : 특수전문요원 입대
 1986年 2月 : 전 역
 1986年 9月 ~ 現在 : 金星通信研究所 研究員



辛 焜 圭 (Hong Kyu SHIN) 正會員
 1953年 12月 26日生
 1975年 2月 : 全北大學校 電氣工學科 (工學士)
 1980年 9月 : 全北大學校 電氣工學科 (工學碩士)
 1983年 3月 ~ 現在 : 圓光大學校 電子工學科 助教授
 1984年 3月 ~ 現在 : 全北大學校 電氣工學科 博士課程



申 建 淳 (Gun Soon SHIN) 正會員
 1944年 8月 8日生
 1972年 3月 : 漢陽大學校 電氣工學科 卒業.
 1983年 8月 : 全北大學校 大學院 電氣工學科 卒業.
 1987年 4月 現在 : 金烏工科大学 電子工學科 專任講師.



金 東 龍 (Dong Yong KIM) 正會員
 1945年 7月 31日生
 1967년 : 전북대학교 전기공학과 졸업
 1974년 : 전북대학교 대학원 전기공학과 (석사)
 1985년 : 캐나다 마니토바 대학교 전기공학과 (박사)
 1983. 10 : 전북대학교 전기공학과 부교수
 1986. 10 : 전북대학교 전자계산소장