

Multi-mode용 저전력 Digital Down Conversion filter 설계

*김도한, 허은성, 장영범
 상명대학교 정보통신공학과
 e-mail : doha0801@smu.ac.kr, heaven81@smu.ac.kr, ybjang@smu.ac.kr

Low-power Digital Down Conversion filter design for Multi-mode

*Do-Han Kim, Eun-Sung hur, young-Beom Jang
 Department of Information and Telecommunication Engineering,
 Sangmyung University

Abstract

이 논문에서는 IS-95와 WCDMA의 Multi-mode로 동작하는 Multi-mode용 저전력 DDC filter 구조를 제안한다. 기존의 DDC구조의 경우 CIC의 통과대역 특성을 향상시켜 주지만, 저지대역의 감쇠특성은 오히려 나빠지는 문제점을 안고 있었다. 제안된 구조는 CIC 테시메이션 필터의 통과대역 특성은 더욱 향상시켜주며, 저지대역의 감쇠특성도 같이 향상시키는 특징을 가진다. 또한 제안된 필터는 각 필터의 면적을 감소시키기 위해 IS-95와 WCDMA의 각각의 모드에 대해 한 개의 필터를 설계한 후 각 모드에 따라 필터 탭 수를 달리하여 동작하는 Multi-mode의 저전력 구조로 구현하였다.

I. 서론

SDR은 IMT-2000 이후의 대명제인 유무선 통합을 실현하기 위한 차세대 핵심 기반 기술인 동시에, 하나의 단말기로 모든 기능을 통합할 수 있는 기반 기술로써 매우 큰 주목을 받고 있다. SDR이 하나의 단말기로 여러 가지 모드의 동작을 수행할 수 있는 개념이기 때문에 SDR 단말용 디지털 RF 단에 사용되는 DDC filter가 다중모드로 구현되면 SDR 조기 상용화에 큰 기여를 할 것으로 기대한다. 기존의 DDC의 경우 필터구현시 전력 소모와 구현면적이 문제를 해결하기 위해서 CIC filter, HBF의 다단계 구조로 설계되었고 CIC 필터의 특성^[1]을 향상시키기 위해 여러 가지 구조가 제안되고 있다.^{[2]-[4]}

본 논문에서는 필터 전체의 저지대역 감쇠 특성을 향상시키면서 동시에 통과대역의 특성을 보간 하여 주는 4차 보간 필터(IFOP)를 사용하여 DDC를 구현하였으며 이를 Multi-mode용 DDC에 적용하여 IS-95와 WCDMA의 동작을 동시에 만족하여 수행하는 저전력 구조를 제안하고자 한다.

II. 본론

2.1 Interpolated Fourth-Order Polynomials

CIC의 통과대역의 리플을 보간 하여 주며 동시에 저지대역의 감쇠 또한 향상시켜주는 4차 보간필터 IFOP(Interpolated Fourth-Order Polynomials)는 다음 전달함수로 표현된다.

$$P_I(z) = \frac{1 + p_1 z^{-I} + p_2 z^{-2I} + p_1 z^{-3I} + z^{-4I}}{2 + 2p_1 + p_2}$$

위 식에서 분모의 절대값은 IFOP의 DC이득을 1로 맞추기 위한 스케일링 값이며, I는 보간 인수가 된다, 이들을 제외한 후 식을 간단히 하면 다음과 같다.

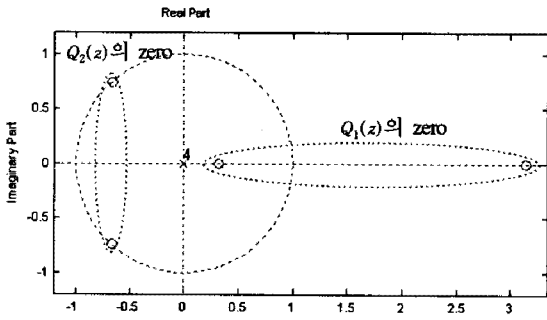
$$P(z) = 1 + p_1 z^{-1} + p_2 z^{-2} + p_1 z^{-3} + z^{-4}$$

위의 필터는 다음과 같이 두 개의 필터로 인수분해 된다.

$$P(z) = Q_1(z)Q_2(z) = (1 + q_1 z^{-1} + z^{-2})(1 + q_2 z^{-1} + z^{-2})$$

위의 수식들에서 다음의 관계가 있음을 알 수 있다.

$$p_1 = q_1 + q_2, \quad p_2 = q_1 q_2 + 2$$



q_1 은 필터의 zero가 위 그림과 같이 z 평면상의 실수 축 위에 놓이도록 조정해주며, q_2 는 필터의 zero가 단위원 안에 놓이도록 조정한다. 상단의 그림에서 보듯이, q_1 은 CIC 필터의 저하된 통과대역 특성을 향상시키는 용도로 사용되며, q_2 저지대역의 감쇠특성을 향상시키는 용도로 사용된다. 저지대역의 특성감쇠 향상을 위해 먼저 q_2 를 결정하며, q_2 를 고정시킨 상태에서 통과대역의 리플을 최소화하기 위해 q_1 을 결정한다.

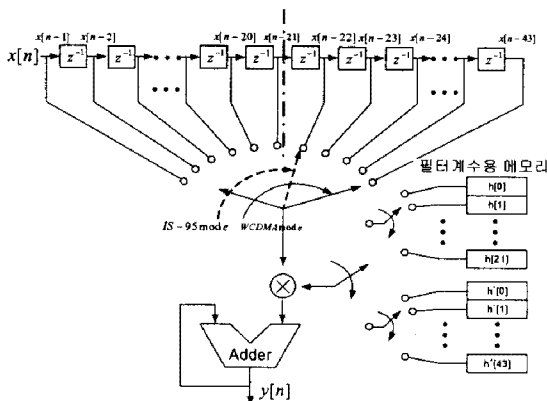
2.2 IS-95와 WCDMA의 DDC필터

IS-95와 WCDMA의 각각의 사양은 다음과 같다

	샘플링주파수	통과대역 주파수	통과대역 리플	저지대역 주파수	저지대역 감쇠
IS-95	19.6608MHz	0.03205	-0.1dB	0.0625	40dB
WCDMA	61.44MHz	0.03335	-0.1dB	0.0489	40dB

위의 IS-95와 WCDMA를 일반 FIR 필터로 구현 시 탭 수는 각각 70탭, 137탭으로 나타내어진다. 이와 같은 면적과 전력소모의 증가를 감소시키기 위해 CIC, HBF, 그리고 IFOP로 이루어지는 다단계 DDC구조로써 각 모드를 설계하고 각 모드의 스펙을 동시에 만족하면서 하나의 필터로 두 가지 모드가 동작하도록 구현한다.

III. 구현



면적과 소비전력의 감소를 위해 공용필터로 IS-95와 WCDMA를 Multi-mode로 구성하고 이를 위해 다음

그림과 같이 스위칭 동작으로 각 모드를 수행하는 HBF와 IFOP를 구현하였다. 제안된 구조로 설계한 IS-95와 WCDMA의 스펙을 살펴보면 다음 표와 같다.

	통과대역리플	저지대역감쇠	탭 수
IS-95(기존FIR)	-0.1dB	-40(dB)	70
IS-95(제안구조)	-0.09017dB	-59.29(dB)	22
WCDMA(기존FIR)	-0.1dB	-40(dB)	137
WCDMA(제안구조)	-0.0914dB	-59.4(dB)	44

위 표와 같이 공용필터인 44탭짜리 DDC 필터하나로 70탭으로 구성되었던 IS-95와 137탭으로 구성되었던 WCDMA를 모두 동작시킴으로써 면적과 소비전력의 감소를 실현한 Multi-mode용 DDC를 구현하였음을 확인 할 수 있다.

IV. 결론 및 향후 연구 방향

제안된 필터는 CIC와 HBF, 그리고 저지대역의 취약한 감쇠지점을 목표로 설정하여 감쇠를 향상시키며 동시에 통과대역의 리플도 더욱 보간 해주는 IFOP의 다단계 구조로 설계되었다. 일반적인 FIR필터 하나로 IS-95와 WCDMA를 각각 구성하는 것보다 제안된 다단계 필터로 구현하는 것이 면적과 비용면에서 월등함을 보인다. 또한 모드신호에 따라 공용필터가 각 모드에 맞는 필터계수를 스위칭 하여 동작하기 때문에 서로 다른 별도의 필터를 구성할 필요 없이 공용필터만으로 두 가지 모드의 수행이 가능하게 된다. 따라서 제안된 다단계 공용 필터는 다중모드로 동작하는 SDR 단말용 DDC에 가장 적합하며 다른 스펙을 요구하는 유사 시스템에서도 사용가능한 효율적인 구조이다.

감사의 글

※본 연구보고서는 정보통신부 출연금으로 MIC/IITA/ ETRI, SoC산업진흥센터에서 수행한 IT SoC 핵심설계인력양성사업의 연구결과입니다.

참고문헌

- [1] E. B. Hogener, "An economical class of digital filters for decimation and interpolation," *IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing*, vol. ASSP-29, pp. 155-162, April 1981.
- [2] A. Y. Kwentus, Z. Jiang, and A. N. Willson, Jr., "Application of filter sharpening to cascaded integer-coeff decimation filters," *IEEE Trans. Signal Processing*, vol. 45, pp. 457-467, Feb. 1997.
- [3] J. Kaiser and R. Hamming, "Sharpening the response of a symmetric nonrecursive filter by multiple use of the same filter," *IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing*, vol. ASSP-25, pp. 415-422, Oct. 1977.
- [4] H. J. Oh, S. Kim, G. Choi, and Y. H. Lee, "On the use of interpolated second-order polynomials for efficient filter design in programmable downconversion," *IEEE Journal on selected areas in communications*, vol. 17, pp. 551 - 560, April 1999.