

Decimated Correlation 기법을 이용한 DTV TxID 수신 신호의 효율적인 신호처리 기법에 관한 연구

*손주희 **이용태 **박성익 **김홍묵 **김승원 **이재영 ***차재상[Ⓒ]
*성균관대학교 **한국전자통신연구원 ***서울산업대학교
*pscal2@paran.com ***chajs@snut.ac.kr[Ⓒ]

Efficient Digital Signal Processing of DTV TxID Based On Decimated Correlation Scheme

*Son, Ju-Hee **Lee, Yong-Tae **Park, Seong-Ik **Kim, Heung-Muk
Kim, Seung-Won **Lee, Jae-Young *Cha, Jae-Sang
*Sungkyunkwan University **Electronics and Telecommunications Research Institute(ETRI)
***Seoul National University of Technology

요약

최근 들어 ATSC-DTV의 미래형 핵심기술로 손꼽히고 있는 송신기 식별기술(TxID ; Transmitter Identification)이 새로운 신기술로 대두되고 있으며, 이에 대한 구현성 검증은 현재 활발하게 논의 중인 재생중계기(EDOCR)와 연계된 단일주파수망(SFN; Single Frequency Network)기술의 실용화를 위한 핵심적 역할을 한다고 볼 수 있다. 하지만 종래의 TxID기술은 긴 주기의 워터마킹용 확산코드를 사용하므로 수신기 입장에서 하드웨어 부피가 크게 증가되는 문제점을 갖고 있다.

따라서 본 논문에서는 TxID 수신기 하드웨어 부피를 크게 경감시킬 수 있는 새로운 Decimated Correlation 기법을 이용한 DTV TxID 수신 신호의 효율적인 신호처리 기법을 제시하였으며, 모의실험을 통한 성능평가를 통해 제안한 알고리즘의 유용성을 입증하였다.

1. 서론

현재 ATSC기반의 DTV의 미래형 핵심기술로 손꼽히고 있는 송신기 식별기술(TxID ; Transmitter Identification)은 새롭게 대두되고 있는 신기술[1]이며, 이에 대한 구현성 검증은 현재 활발하게 논의 중인 재생중계기(EDOCR; Equalization Digital On-Channel Repeater)와 연계된 단일주파수망(SFN; Single Frequency Network)기술의 실용화를 위한 핵심적 역할을 한다고 볼 수 있다[2].

이러한 송신기 식별기술은 송신단 또는 중계기 별로 데이터 필드에 상당히 긴 주기의 시퀀스를 이용해 데이터 복조에 영향을 끼치지 않을 정도의 낮은 전력값으로 워터마킹을 행하게 되며, 수신단에서는 상당히 긴 주기의 시퀀스의 상관처리결과 값을 이용하여 송신기 식별을 행하게 된다. 그러나 이러한 송신기 식별기술을 상용화하기 위해서는 상당히 긴 주기의 시퀀스에 대한 수신부의 실시간 상관처리 위한 하드웨어 구성에 대한 논의가 필수적이라고 할 수 있다. 하지만 현재까지의 국제적인 연구[3][4]는 주로 수신부 상관처리의 구조개선 보다는 송신단 파트에 관한 연구가 주로 행해졌으며, TxID 분석을 위한 최적 수신 알고리즘 연구나, TxID 분석기를 위한 수신 H/W 최적 구성안에 관한 연구는 상당부분 미흡했던 것이 사실이다. 그러므로 향후 송신기 식별기술의 상용화를 앞당기고, 기술의 구현성을 검증하기 위해서는 무엇보다도 새로운 TxID용 알고리즘 및 수신 상관처리 H/W에 대한 최적 구성안을 마련하는 것이 절실히 필요하다고 할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 ATSC-DTV의 핵심기술인 TxID기술을 상용

화하기 위하여 상당히 긴 주기를 갖는 워터마킹용 확산코드에 대하여 수신부의 실시간 상관처리 결과를 도출하기 위한 하드웨어 구성 및 최적의 수신 성능 도출을 위한 알고리즘을 제시하고, 이를 모의실험결과를 통해 성능을 검증함으로써 제안기술의 유용성과 실용화 가능성을 명확하게 제시하고자 한다.

본 논문의 순서를 기술하면 다음과 같다. 1장에서는 현재 연구가 활발히 진행 중인 ATSC-DTV의 TxID기술의 배경과 문제점에 대해 제시하고 2장에서는 기존의 TxID방식과 본 논문에서 제안하는 TxID 최적 수신 알고리즘인 Decimated Correlation 기법에 대한 간략한 결과 두 기술을 비교분석하며 3장에서는 실제 DTV용 TxID로의 적용으로의 실현 가능성을 검토하기 위하여 8VSB(Vestigial Side Bands) 신호를 포함한 모의실험을 수행하기로 하며 4장에서는 채널 간섭의 영향을 줄이는 Averaging 기법을 통한 성능 분석을 행한다. 끝으로 5절에서 결론을 내리고 본 논문의 끝을 맺는다.

2. 워터마킹 기반 TxID 기술의 변복조 방식

가. 기존의 TxID를 위한 워터마킹 삽입 방식

종래의 워터마킹 기반 TxID 기술은 그림 1에서 처럼 카사미 시퀀스를 이용하여 ATSC-DTV 신호에 워터마킹 시켜 송신기를 인식하는 방식으로 DTV 구조에서 필드 동기용 세그먼트를 제외한 나머지 부분에 송신기 식별용 확산코드가 삽입된다. 이때 필드 동기용 세그먼트를 제외한 한 필드의 길이가 259584(832*312) 심볼이므로 이와 매칭시키

기 위하여 $2^{16}-1=65,535$ 주기를 갖는 카사미 시퀀스 3주기와 639심볼이 절단된 1주기의 카사미 시퀀스가 삽입된다. 또한 카사미 시퀀스의 진폭은 기존의 TxID에서 제안된 방법[5]인 8VSB 전송데이터 전력보다 -30dB 낮은 전력 즉, 0.1502082V 의 진폭으로 삽입 후 데이터를 전송한다.

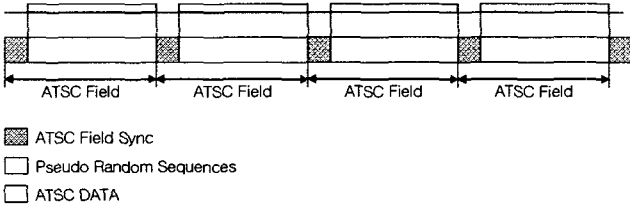


그림 1. 카사미 시퀀스를 이용한 워터마킹 방법

하지만 이 방법은 수신단에서 전송된 데이터를 상관처리 하기 위하여 송신단에서 삽입된 카사미 시퀀스와 같은 시퀀스를 참조 신호로 사용하는데 이는 하드웨어의 복잡도와 전력소비를 증가시키는 주원인이 된다.

따라서 본 논문에서는 종래의 DTV 전송기술에서 사용되는 카사미 시퀀스의 직교성과 통신 QoS를 유지하며 수신 H/W의 부피를 경감시키는 최적 수신 상관 신호처리를 위한 다양한 Decimated Correlation 알고리즘을 제시하고자 한다.

나. 제안하는 Decimated Correlation 방식의 검토 및 분석

본 절에서 제시하는 Decimated Correlation 방식은 기존의 수신단에 포함되어 있는 상관기의 참조신호를 일정 구간 간격마다 0으로 대체시킴으로써 수신기 H/W의 레지스터 및 연산과정을 획기적으로 줄이는 기법이다.

아래의 그림 2는 Decimated Correlation 방식을 위한 고효율 정합 필터의 블록 다이어그램을 나타낸 그림이다[6]. 본 논문에서 제안하는 Decimation Correlation 방식을 위한 상관기는 $\{1, 0, -1\}$ 의 탭 계수를 가지며 탭 계수가 0일 때 합산회로가 소거되어 결론적으로 낮은 소비 전력이 도출된다.

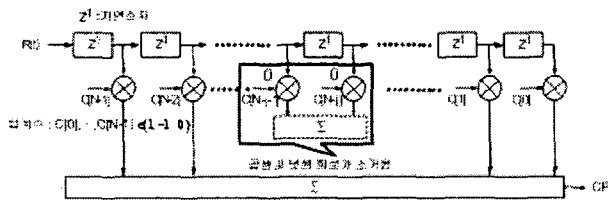


그림 2. Decimated Correlation 기법을 위한 블록도

그림 2의 블록도를 통하여 얻을 수 있는 참조신호의 예를 다음의 그림 3에서 나타내었다. 이는 기존의 TxID의 워터마킹 신호에서 사용하는 65,535 칩의 카사미 시퀀스를 기반으로 총 4구간의 8,192개의 0을 갖는 탭 계수에 해당하는 참조신호이다.

Decimated Correlation 기법을 적용하였을 때 발생하는 그림 3과 같은 참조신호와 종래의 카사미 시퀀스와 상관을 취했을 경우 다음의 그림 4의 ACF(Auto Correlation Function)와 그림 5의 CCF(Cross Correlation Function)결과가 도출되었다.

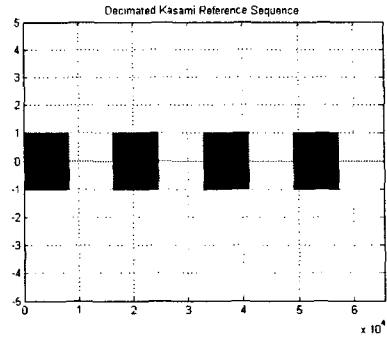


그림 3. Decimated 알고리즘을 적용한 카사미 시퀀스의 예

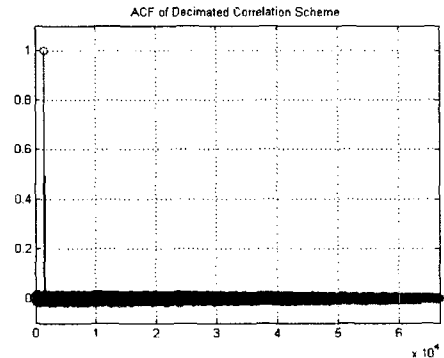


그림 4. 제안한 기법을 적용한 ACF 결과

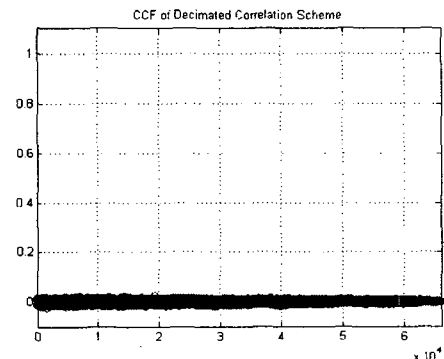


그림 5. 제안한 기법을 적용한 CCF 결과

위의 그림 4의 결과에서 종래의 카사미 시퀀스의 상관값을 비교하였을 때 0을 제외한 나머지 감소된 칩 길이만큼 ACF의 피크치가 기존 방식의 ACF 피크치보다 0.5배 감소하였으며 우수한 PMSR(Peak Sidelobe to Mainlobe Ratio)을 가진다. 또한 그림 5는 송신단의 카사미 코드 셋의 나머지 코드 중 임의의 코드와의 CCF 특성을 나타낸 그림으로 그림 4~5의 결과로 카사미 시퀀스의 직교성이 유지됨을 확인할 수 있다.

본 절에서 제안하는 Decimated Correlation 방식의 성능을 입증하기 위하여 다음의 표 1에 정리하여 나타내었다.

아래의 표 1의 항목에서 칩구간 d_{chip} 과 0구간 d_{zero} 는 수신단의 참조신호가 각각 i 개의 카사미 코드와 j 개의 0이 반복되어 구성되는 것을 나타내며 d_{chip} 과 d_{zero} 의 길이에 따라 f_{ms} 각각의 ACF와 CCF의 성능을 수치화하여 비교 분석하였다.

최적의 저 소비전력 수신기 H/W를 설계하기 위한 참조신호를 얻

기 위하여 수식 (1)을 통해 각 방식의 시퀀스별 PSMR을 구하였다.

$$PSMR = \frac{\max\{V_{ACFsidelobe\ peak} \text{ or } V_{CCFsidelobe\ peak}\}}{V_{ACFmainlobe\ peak}} \quad (1)$$

여기서 $V_{ACFmainlobe\ peak}$ 는 도출된 ACF 결과값 중 가장 큰 값이며 $V_{ACFsidelobe\ peak}$ 와 $V_{CCFsidelobe\ peak}$ 는 $V_{ACFmainlobe\ peak}$ 를 제외한 나머지 사이드러브 값 중 가장 큰 값이다.

또한 기존의 카사미 시퀀스와의 성능[7]을 비교하기 위하여 65,535 칩의 카사미 시퀀스의 ACF의 PSMR인 0.01238 값을 1로 정규화 시킨 후 각 조건별 비례하는 값을 계산하여 나타내었다. 즉 아래의 표 1의 PSMR 정규화 항목의 값이 1에 가까울수록 기존의 카사미 시퀀스의 ACF의 main peak값과 sidelobe 최대 값 비율에 가까운 성능을 가진다.

표 1. 제시한 알고리즘 성능 비교

칩 구간	0 구간	ACF		CCF Sidelobe Peak	PSMR	
		Main Peak	Sidelobe Peak		기본값	정규화
24,576	8,192	49,152	774	840	0.0157	0.7885
16,384	16,384	32,768	678	681	0.0208	0.5952
8,192	8,192	32,768	704	758	0.0215	0.5758
8,192	24,576	16,384	500	506	0.0305	0.4059

3. 제안 방식의 성능분석

가. 8VSB 데이터를 포함한 제안 방식의 성능분석

본 절에서는 본 논문에서 제안한 Decimated Correlation 방식의 실제 DTV용 TxID로의 적용으로의 실현 가능성을 검토하기 위하여 본 논문에서 제안한 Decimated Correlation 방식을 기반으로 현재 ATSC DTV 방송 신호인 8VSB 신호와 잡음 채널을 삽입하여 모의실험을 수행하였다. 성능분석을 위한 파라미터는 아래의 표 2에 나타내었다.

표 2. 성능분석을 위한 파라미터

분 류	내 용
상관기 종류	Digital Matched Filter
PN Code, Code Period	※ 16-bit 카사미 시퀀스 (Large Set) SF(Spreading Factor) = $2^{16}-1=65,535$ 칩
Decimated Correlation 주기	1. 24,576 칩 ($d_{zero} : 8,192$) 2. 8,192 칩 ($d_{zero} : 24,576$)
TxID 정보 데이터	BPSK
위터마킹 레벨	-30dB (0.1502082V)

그림 6은 24,576 칩을 적용하여 수신신호와 상관 취했을 경우 도출된 ACF 특성으로, 육안으로도 구분이 가능할 정도로 확연하게 TxID 정보데이터[1 -1 -1]이 수신됨을 확인 할 수 있다.

반면에 8,192 칩을 참조신호로 수신신호와 상관을 취했을 경우의

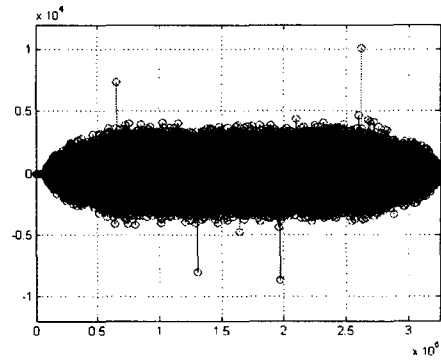


그림 6. 8VSB 데이터를 포함한 시뮬레이션(24,576칩)

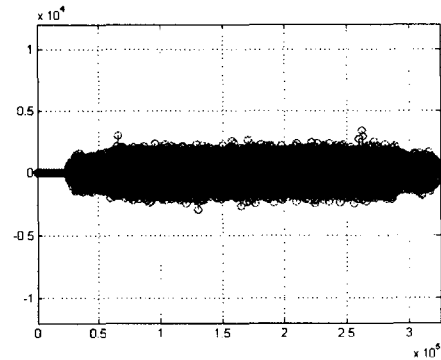


그림 7. 8VSB 데이터를 포함한 시뮬레이션(8,192칩)

상관 결과를 나타낸 그림 7은 잡음과 TxID 신호의 관점에서는 간섭으로 간주되는 8VSB 전송 신호의 영향을 받아 ACF 특성이 도출되지 않았다. 따라서 원활한 DTV TxID를 위한 수신기(상관기)의 참조신호로써 8,192칩의 카사미 시퀀스와 24,576개의 0으로 이루어진 부분신호는 적합하지 않음을 알 수 있다.

나. 데이터 반복전송시의 수신단의 Averaging에 의한 영향 검토

상기 절에서 언급하였듯이 TxID용 확산코드를 이용한 데이터 전송 기술은 8VSB 신호에 확산코드를 위터마킹하여 전송하며, 이 때 TxID의 데이터 관점에서 8VSB는 간섭 성분으로 존재한다. 이러한 8VSB 신호의 간섭을 제거하기 위해 현재 제안된 데이터 전송 기술에서는 데이터를 반복 전송하여 Averaging을 취하는 기법을 적용하고 있다[8]. 따라서 본 절에서는 데이터 전송 성능에 미치는 Averaging 기법의 효과를 검증하고 데이터 반복 전송에 따른 데이터 전송 효율을 증가시키기 위한 방안을 제시하고자 한다.

본 절에서는 표 2의 파라미터를 이용하여 전송된 8VSB 위터마킹 데이터를 본 논문에서 제안한 방식을 기반으로 수신단의 정합필터에서 상관을 취한 후 얻은 ACF를 얻은 후 20번의 Averaging을 통해 잡음과 간섭의 영향을 제거시켜 더 효율적인 PSMR을 도출시키고자 한다. 아래의 그림 8은 앞 절의 Averaging 기법을 적용하지 않았을 때의 결과인 그림 6보다 8VSB의 간섭과 잡음의 영향이 감소됨을 알 수 있다. 이는 TxID 데이터 신호 관점에서는 8VSB 신호가 랜덤하게 발생하는 AWGN과 같이 평균전력은 0이 되기 때문이다.

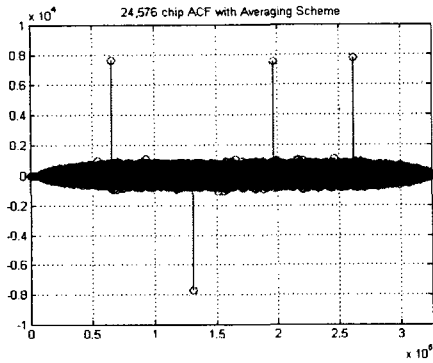


그림 8. ACF측면에서의 Averaging 효과(32,767칩)

아래의 그림 9는 8,192칩과 24,576의 0으로 이루어진 구간이 반복 되었을 시의 참조신호를 수신신호와 상관시킨 결과이다. 상기 절의 그림 7의 간섭의 영향을 받아 도출된 ACF 상관 값보다는 높은 MPSR을 얻지만 여전히 상관값이 낮아 다중 경로나 페이딩의 영향이 있는 채널의 경우 간섭의 효과를 제거하지 못할 것으로 판단된다.

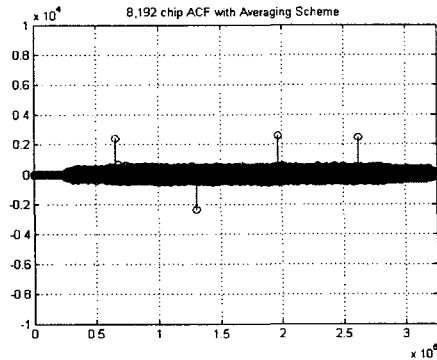


그림 9. ACF측면에서의 Averaging 효과(8,192 칩)

결론적으로 그림 8~9를 통해서 TxID용 확산코드를 이용한 데이터 전송 시에 데이터의 전송 성능을 높이기 위해 Averaging 기법을 적용할 경우, TxID 데이터 신호에 8VSB 신호의 영향을 제거할 수 있음을 확인하였다. 그러나 현재 제안된 Averaging 기법을 적용하기 위해서는 동일한 데이터의 반복 전송이 필요하므로 데이터 전송 효율이 떨어지는 문제점을 갖는다. 따라서 이를 해결할 수 있는 방법에 대한 연구가 절실히 필요하다.

5. 결론

본 논문에서는 TxID 최적 수신 알고리즘 구성안에 관한 연구로써, 차세대 ATSC-DTV의 핵심기술인 송신기 식별(TxID) 기술을 상용화하기 위하여 상당히 긴 주기를 갖는 워터마킹용 확산코드에 대하여 수신부의 실시간 상관처리 결과 도출과 최적의 수신 성능 도출을 위한 알고리즘을 제안하였다. 또한 본 논문에서 제시한 TxID용 최적 상관처리를 위한 수신 알고리즘을 모의실험결과를 통해 성능을 검증함으로써 제안기술의 유용성과 실용화 가능성을 명확하게 제시하였다.

본 논문에서 제시한 알고리즘을 적용한 수신 H/W의 설계에 관한 연구가 추후 연구과제로 진행되어야 하며 이로 인해 최적 수신 상관처리 기법을 갖는 새로운 DTV TxID시스템이 적용될 수 있으리라 기대

한다.

본 연구내용의 일부는 한국전자통신연구원(ETRI)의 2006년 TxID 수신 H/W 최적 구성안에 관한 연구과제에 의해 수행된 결과물임.

References

- [1] 디지털TV 해외실태조사 결과보고서, 방송위원회·정보통신부, 2004년 1월
- [2] 차재상, 최성진, 이선희, 이광직, 이용태, 박구만, "ATSC-DTV의 송신기 식별을 위한 워터마킹용 확산코드에 관한 연구", 방송공학회 논문지, 제11권 제1호, 2006년 3월
- [3] Soon-Cham Kwon, Yong-Tae Lee, Jong-Soo Seo, "A Novel Transmitter Identification Technique for use in Distributed 8VSB DTV system", VTC 2006-Spring 63rd, Vol. 5, pp. 2211-2215
- [4] ATSC, ATSC Standard A/110: Synchronization Standard For Distributed Transmission, Mar. 2003.
- [5] Xianbin Wang, Yiyang Wu, Jean-Yves Chouinard, "Robust Data Transmission Using the Transmitter Identification Sequences in ATSC DTV Signals", IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 51, No. 1, Feb. 2005
- [6] Jae-sang Cha, Sang-yule Choi, Jong-wan Seo, Seung-youn Lee and Myung-chul Shin, "Novel ternary ZCD codes with enhanced ZCD property and power-efficient MF implementation", Proc. IEEE ISCE'02, Vol.1, ppF117-122, 2002
- [7] T.Kasami, "Weight distribution formula for some class of cyclic codes, Coordinated Sci. Lab., Univ. Illinois, Urbana, IL, Tech. Rep. R-285(AD 632574), Apr. 1966
- [8] Xianbin Wang; Yiyang Wu; Chouinard, J.-Y., "A new position location system using ATSC TxID signals", VTC 2005 Spring, 2005 IEEE 61st Volume 5, 30 May-1 June 2005 Page(s):2815 - 2819 Vol. 5