

QPSK 변조를 통한 DSRC Data Rate 향상 방안

Data Rate Enhancement by using QPSK on Physical Layer of Korea Dedicated Short Range Communications

박진영, 김한경, 전왕원

(Park Jin Young, Kim Han Kyoung, Jeon Wang Won)

Abstract : 현재 국내에서 ITS(Intelligent Transport Systems) 통신방식으로 이용되고 있는 DSRC 방식은 TTA(한국정보통신기술협회)의 기술표준으로서 대전시,전주시에 적용되어 BIS(Bus Information Service)에 이용되고 있고,최근 고속도로 ETCS(Electronic Toll Collection System)가 DSRC방식으로 전 국고속도로 Tollgate 에서 2007년 연말에 개통될 예정이다. DSRC 방식은 2000년에 TTA(한국정보통신기술협회)에서 기술표준이 제정되어 현재 1Mbps 의 Data 용량을 가진다. DSRC 방식의 물리링크 변조방식은 ASK(Amplitude Shift Keying)로 ITS 확장 서비스 적용을 위해 변조방식을 QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)로 개선하게 되면 이론적으로 4배의 Data Rate 향상이 이루어진다. 물리적인 RF 변조방식을 ASK에서 QPSK로 바꿔 간단히 Data Rate을 개선하게 되면 회로구현의 경제성이 향상되어 DSRC 응용 서비스가 활성화 될 것이다.

Keywords: DSRC, QPSK, RF-DSRC, ITS

I. 서론

지능형 교통 시스템이라고 하는 ITS(Intelligent Transport Systems)를 이루는 기술에는 다양한 방법이 있다. 지금까지 구현된 방법들의 공통점은 무선이라는 것이다. 그 이유는 달리는 차량과 통신을 하여야 하기 때문에 무선을 통하지 않고서는 통신하는 방법이 사실상 없기 때문이다. 이에 차량 내에서 정보를 받으려면 무선통신방식을 사용하여 데이터를 주고 받아야만 한다.

ITS를 위한 통신방법으로는 IR(Infra Red), DSRC(Dedicated Short Range Communications) 등이 세계적으로 상용화되어 사용되고 있다. 대부분의 추세는 RF방식이라고 할 수 있다.

미국이 주도하고 있는 WAVE 방식 또한 RF의 체계적인 진화라 볼 수 있다. WAVE는 DSRC 주파수 상의 획기적인 변화를 가져올 표준이 될 것이다. 그러나 상용화의 길은 멀게만 느껴진다. 현재 RF 방식의 DSRC 통신방식의 주파수는 5.8 GHz 대역의 40MHz가 할당되어 있으며, DSRC 방식에서는 5.80GHz 와 5.81GHz 대역을 송수신 밴드로 사용하고 있다. 또한 DSRC 통신방식은 국가 표준으로서 산업계의 표준을 만족함과 동시에 대도시에 상용서비스로 사용되고 있다.

DSRC를 이용한 ATIS (Advanced Traveler Information Systems)가 이용되어 BIS(Bus Information Service)등이 제공되고 있다. 그러나 ITS를 목적으로 표준으로 제정되었던 시대적인 Application들의 요구사항이 많이 변화였다. 현재에 와서는 ITS 서비스에서도 많은 부가서비스를 요구하고 있으며, 현재의 DSRC로서는 적절히 대응하지 못하는 표준이 되고 있다. DSRC의 태동기 Zone 영역에서의 짧은 통신을 위하여 마련된 통신이어서 영상 등의 대용량 데이터 처리를 설계하지 않았기 때문이다. 설계 당시의 광대역 의미에서 광대역의 의미 자체도 변화가 되어 현 DSRC의 최대 통신 Data rate인 1Mbps 수준으로는 더 이상 광대역이라는 의미를 부여하기 힘든 상황이다. 교통정보를 처리하는데, 1Mbps로 충분할 것이라고 생각했던 태동기와 달리 영상정보를 처리할 수 있는 정보처리율 또는 그에 상응하는 데이터 처리율을 요구하고 있다. 이를 만족시켜 주기 위해서는 Data Rate 을 올려야 하는데, 현재 할당되어 있는 주파수 내에서 Data Rate 을 올리는 방법

을 강구해야만 하는 것이 과제이다.

기술추세로 볼 때 Radio Frequency를 이용한 통신방식에서는 주파수 효율화가 최선이다. 주파수는 한정되어 있으며 주파수 대역폭 또한 제한이 있다. 그래서 새로운 방식의 표준을 만들 때 가장 선호하는 것이 멀티캐리어나 높은 효율의 변조방식을 이용하는 것이다.

ITS에서는 90년 초반부터 시작된 FM 방식과, 2000년을 전후로 상용화된 DSRC 방식이 특별한 발전없이 지속적으로 시장을 점유해 오고 있다. 하지만, DSRC 방식의 획기적 발전이 없음으로 인해, 교통 시스템에 적용되는 통신방식의 발전은 이론적인 단계에서 계속 머물러 있거나 산업계에서의 발전이 지지부진한 형편이다. 현재 미국,유럽을 중심으로 WAVE, ISO-TC204 등의 표준 연구가 진행되고 있다. 현재 국내 연구기관 및 대학들에서도 WAVE 방식을 이용한 교통통신 방식에 많은 연구가 진행되고 있다. WAVE는 차기 방식으로서 충분한 장점을 가지고 있는 것이 사실이다. 하지만 5.8 GHz라는 대역과 WAVE에서 요구하는 Chip이 개발되고 상용화되어 사용하려면 많은 시간이 소요될 것이다. 초기의 DSRC가 상용화되어서도 아직까지도 비약적인 발전을 이루지 못한 것을 볼 때, 신기술의 상용화는 결코 쉬운 일이 아니다. 특히나 ITS같은 국가 기간사업적인 성격일 때는 더욱 그렇다.

최근 u-City와 함께 지능형 교통체계(ITS)의 서비스에서 기술 요구사항 중 높은 데이터 전송률에 대한 요구가 많아지고 있다. 그에 비해 기술의 상용화가 늦어지고 있는 상황이다. 이를 보완해 줄 수단으로서는 현재 기술의 개선이 최적의 방안이 될 수 있다고 생각한다. 신기술에 대한 장점만을 가지고 진행하는 것은 투자 면에서 위험과 개발기간과 안정화에 대한 충분한 시간을 필요로 한다. RF를 이용한 DSRC 방식은 다행히도 물리적 변조방식이 가장 간단한 ASK 방식을 사용하고 있다. 이는 Amplitude 만을 사용한 방식으로서 가장 주파수 사용 효율이 떨어지는 변조방식이라고 볼 수 있다. 이를 좀 더 효율적인 변조방식 QPSK를 사용한다면, 기술적 어려움 없이 쉽게 데이터율을 향상시킬 수 있다. QPSK, QAM, 16QAM, 64QAM 등이 있지만, 현재 RF통신에서 상용화되어

사용되고 있는 QPSK가 가장 비용과 시간적으로 적정하다고 판단되어 QPSK 방식을 채용하고자 한다. 그리고 이는 일본에서 이미 DSRC 방식의 표준으로 채택이 되어 있다.

II. 본론

ITS를 구성하는 하나의 기술로서 DSRC는 세계적으로도 가장 많이 사용되고 있는 기술의 하나이다. DSRC 기술이 가장 보편화된 일본에서도 최근에 DSRC의 활성화가 기대되고 있다. 일본은 올해를 DSRC 서비스의 부흥으로 보고 Smart Highway 사업을 적극적으로 추진하고 있다. 그에 뒤지지 않는 DSRC 기술의 보유국인 한국은 2000년에 일본과 대등한 기술형태의 표준을 채택함으로써 거의 비슷한 표준을 보유하고 있다. 대도시에 망을 구축한 형태로 ATIS서비스가 활성화되어 사용되어지는 것은 국내가 더욱 앞서 있다고 볼 수 있다. 일본이나 한국이나 방식의 차이는 있지만, 거의 유사한 형태의 DSRC서비스라고 볼 수 있다. 일본은 TDMA/FDD방식을 한국은 TDMA/TDD방식을 채용했다. 이는 상호 호환하기는 어려운 점이 있으나 실제 표준을 본다면 거의 대등한 방식으로 구성되어 있다.

2000년 10월에 제정된 국내표준인 TTA DSRC 방식의 규격은 좁은 서비스 지역과 실시간 응용의 필요성은 응용계층(L7), 데이터링크(L2)계층, 물리계층(L1)으로 이루어진 축소된 프로토콜 구조를 가지고 있다.

전체 프로토콜의 구조는 아래 그림 1. 과 같이 되어 있다.

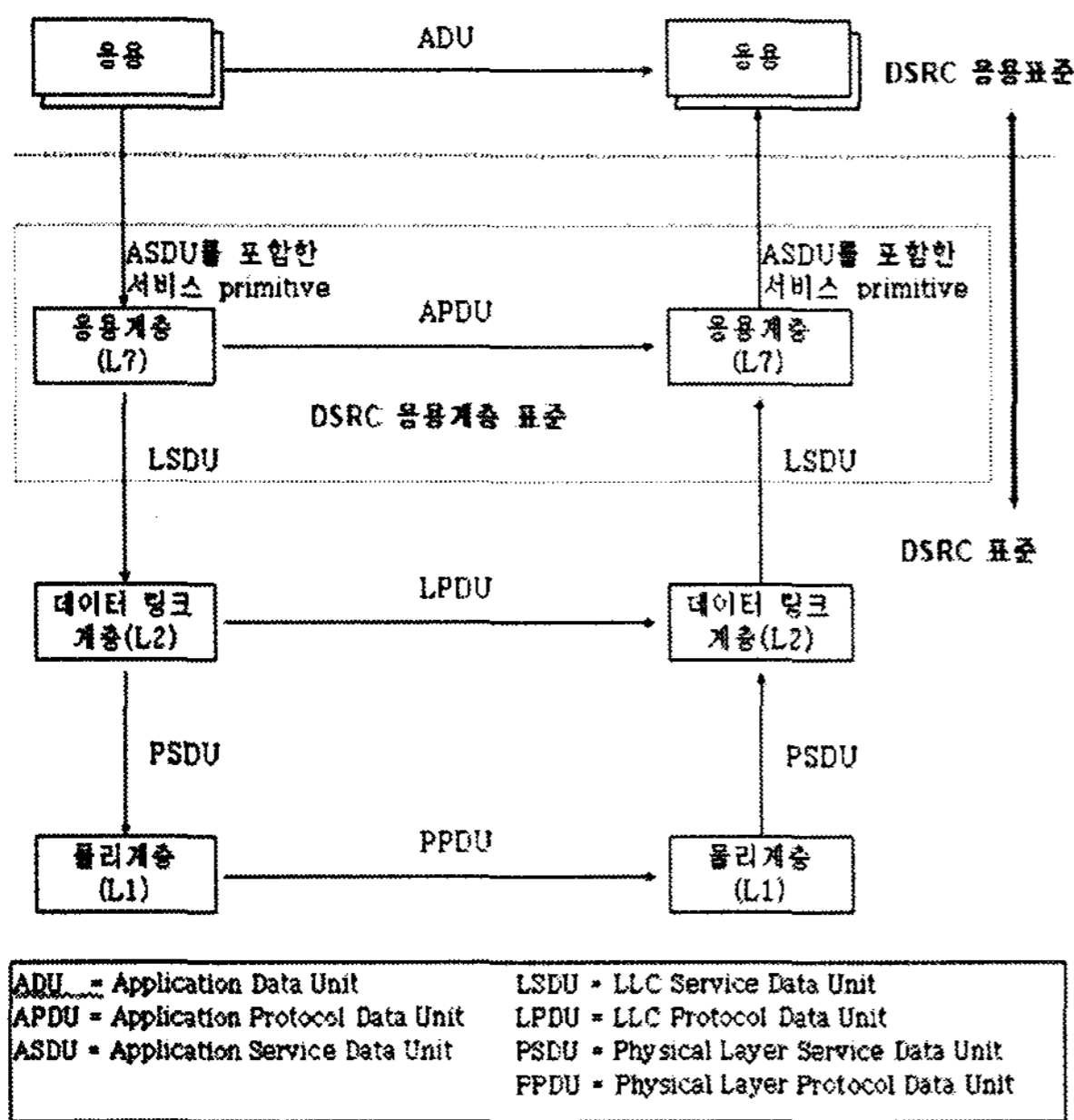


그림 1. DSRC 프로토콜 구조

그 중에서 본고에서 관심을 가지고자 하는 물리 규격내용은 TTA 표준에서 아래와 같이 정의 되어 있다. 상향/하향의 물리특성은 거의 같다. 아래에 대표로 하향 표준 중 주요항목만 표기하였다.

표 1. TTA DSRC하향회선 파라미터 규격

항목	매개변수 (Parameter)	기본 (Default Values)
----	------------------	---------------------

D1(*)	반송파 주파수	5.8GHz 대역
D1a(*)	채널당 대역폭	10MHz
D2(*)	노변장치 송신기 스펙트럼 마스크	(1) 점유대역폭 : 8MHz (2) 인접 채널 전력 : 반송파 전력대비 -40dB 이하 (3) 의사 방사(spurious emission) : 25μW 이내
D3	차량탑재장치 수신기 대역폭	5MHz(전형값)
D6(*)	변조	ASK
D6a	변조 지수	0.75 ~ 1.0
D6b	아이패턴	≥ 80% (시간), ≥ 80% (진폭)
D7(*)	데이터 부호화	Manchester code
D8(*)	데이터 전송 속도(Bit rate)	1.024 Mbps
D8a(*)	비트 클럭의 허용 오차	± 100 ppm
D9	비트 오류율 (BER)	기준값 10 ⁻⁵ 이내
D10	차량탑재장치에서의 기상 과정	정상적인 데이터에 기상
D10a	최대 시작 시간	≤ 1ms
D12	송수신 절체 안 정화 시간	10μs
D13(*)	대기 모드에서의 누설전력	≤ 25μW
D14	의사 응답	5.8GHz 대역내 ≥ 24dB 5.8GHz 대역외 ≥ 18 dB

(*)로 표시한 항목의 매개변수 값은 정보통신부의 사전 승인을 갖추어야 한다.

위 표준에서 기술된 내용과 같이 DSRC 표준규격은 D6,U6 항목 즉 Download, Upload modulation 방식으로 ASK를 사용하고 있다. 기본 방식으로서 ASK는 장점을 가지는데 이는 회로구성 및 판별이 쉽기 때문이다. 그러나, Data Rate 측면에서는 효율이 가장 떨어진다. 최근의 데이터율 고도화 추세와는 맞지 않는 방안이며, 저효율 적이다. 변조방식의 장단점을 비교해 볼 때, 높은 Data Rate을 요구하는 최근의 RF 서비스들을 생각한다면 이는 개선 되어야 할 것이다.

위의 표준에서 보여지는 채널 대역폭이 10MHz 이다. 이는 Data Rate로 간단히 계산한다면 1Hz당 1bit로 계산시에는 10Mbit 가 나온다. 현재 1Mbps의 10배가 된다는 이야기이다.

단순 계산으로도 10배의 용량을 가질 수 있다는 것을 알 수 있다. 그리고 수신대역폭을 볼 때 5MHz를 받을 수 있다고 되어 있다. 이 또한 5Mbit를 처리할 수 있다는 말과 동일하다. Hz 당 1bit를 처리한다고 할 때 이야기이며, 1Hz당 2bit

를 처리한다면 또 이는 상향되어야 할 것이다.

상당히 저효율로 사용되고 있는 것이 DSRC 방식이다. RF에서 주파수 효율을 향상시키기 위하여 주로 사용하는 방법이 QPSK 방식과 QAM 방식이다. 물론 멀티캐리어 방식인 OFDM 방식을 사용하는 것이 주파수 효율을 향상시키는 데는 가장 효율적이며, 이것과 변조방식이 복합되면 최선이라 볼 수 있지만 DSRC 물리방식의 근간을 흐트러트리지 않기 위해서 이 방식은 언급하지 않는다. 변조기술들의 상용화 내용으로 볼 때 QPSK 방식은 주로 RF 방식에서 CDMA, 위성통신 등 여러 분야에서 많은 채용을 하고, QAM 방식은 유선에서 많은 채용을 하고 있다. 대역폭과 비트효율적인 측면에서는 QAM이 약간의 우수성을 띠고 있지만, RF에서는 QPSK가 더 신뢰를 받고 있고 실제 적용되고 있다.

RF-DSRC에 대해 변조방식을 고도화 한다면 비용과 표준 변경이 최소한으로 일어날 수 있는 QPSK 방식이 가장 적당하다. 일본에서도 표준으로 적용이 되었으며 QPSK 방식은 현 상용화 및 표준과 변화를 최소화하면서 적용하기 쉬운 것이다. QPSK 방식은 위상편이를 이용하여 2bit/Hz를 전송할 수 있다. 물리적인 회로 구성과 RF 에러부분을 수정하고, Application에서 최소한의 표준을 수정한다면, 손쉽게 현재의 1Mbps의 DSRC 수준을 4Mbps의 Data Rate 수준으로 구현할 수 있게 된다.

Data Rate 향상이 어떻게 가능한지는 ASK 방식과 QPSK 방식의 변조방식의 이론으로 간단히 확인해 보면 알 수 있다. ASK 방식은 진폭편이 변조방식으로 디지털 신호의 0과 1의 값에 따라 반송파(Carrier)의 진폭을 변화시키는 방식이다. 디지털 신호가 0과 1로 변함에 따라 미리 약속된 2가지 진폭의 정현파를 수신측에 전송하면 수신측에서는 원래의 0 또는 1로 복원시켜주는 방식이다. 이는 0과 1의 1bit 전송방식이다.

ASK 송신기는 아래와 같이 구성되어 진다.

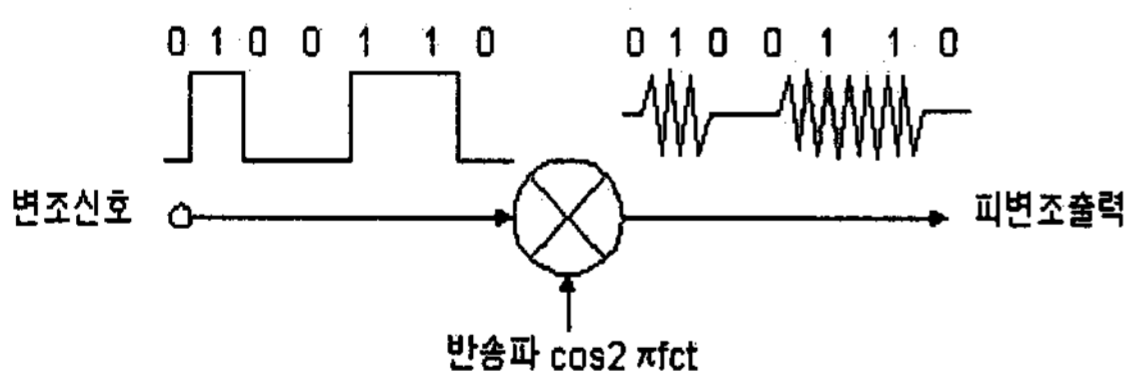


그림 2. ASK 송신기의 구성원리

$S(t) = U(t) \cos(2\pi fct + \theta)$ 식에 가진다. 단, f_c 는 반송파 주파수, θ : 임의의 위상, $U(t)$ 는 베이스밴드 신호이다.

위 원리도의 출력은 반송파의 단속이므로 ook(on-off keying)이라고도 볼 수 있다.

즉, $S(t) = A \cos 2\pi fct$: 1인 경우
 $= 0$: 0인 경우

대역폭은 변조과정에서 두 배가 되므로 대역폭 효율이 1bps/Hz가 된다. 이에 따라서 ASK 방식의 심볼 전송속도는 1bit/Hz임을 알 수 있다. 이는 Hz 당 효율이 1에 지나지 않는다는 의미이다.

다음으로, QPSK의 효율에 대해서 이론을 확인한다

면, QPSK (quadrature phase shift keying)는 위상편이 변조 (PSK)의 하나로 전송하고자 하는 두 값 (0 또는 1)의 전송 신호를 반송파의 0 위상과 π 위상의 2 위상에 대응시켜서 전송하는 2진 위상 편이 변조 (BPSK : binary PSK)와는 달리, 두 값의 디지털 신호의 0과 1의 2bit를 모아서 반송파의 4 위상에 대응시켜서 전송하는 방식을 말한다.

즉, 예를 들면 0 위상에 (0, 0), $\pi/2$ 위상에 (0, 1), π 위상에 (1, 0), $3\pi/2$ 위상에 (1, 1)을 대응시켜서 전송한다. 반송파의 위상 변화를 90도 간격으로 취하여 하나의 부호 (1 Symbol)로 1bit를 전송하는 2진 위상 편이 변조와는 달리 하나의 부호로 2bit를 전송하는 방식이다. 직교 위상 편이 변조를 4 위상 편이 변조 (quadrature PSK)라고도 한다. 4 위상 편이 변조파는 2 위상 편이 변조파와 같은 주파수 대역폭에서 2배의 정보를 전송할 수가 있다. CDMA 음성 신호의 전송이나 위성통신에서 널리 사용되고 있다. 주파수 효율적인 측면을 볼 때 2bit/Hz의 효율이 가능한 것이다.

그리고, QPSK를 적용시 중요한 사항은 180도의 급격한 위상변조가 일어나지 않도록 하는 것이 중요하다. Main Robe 및 Side Robe의 변화에서 급격한 위상변화는 대역폭과 RF 회로적인 손실이 많이 발생시키기 때문이다. 가장 최선의 방법인 $\pi/4$ -QPSK를 이용하는 것이 좋다. 이에 대한 이론들은 익히 알려져 있다. 아래 그림 3.은 참고용으로 $\pi/4$ -QPSK 위상 배치도이다.

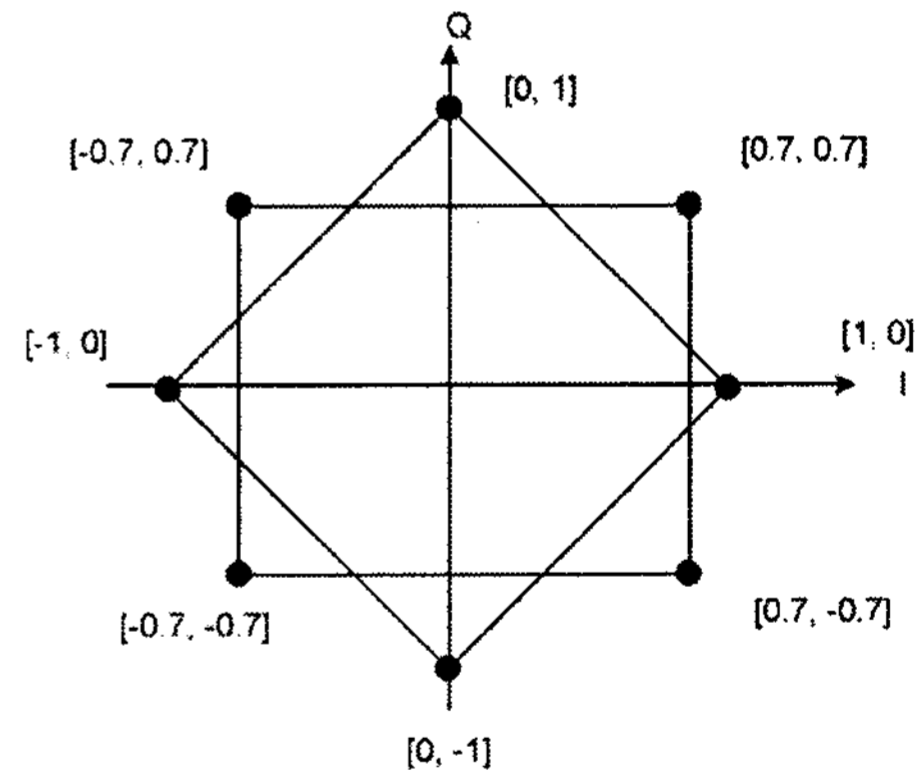


그림 3. $\pi/4$ -QPSK Phase 배치도

위에서 간단하게 ASK와 QPSK의 비교를 통해 QPSK의 장점을 확인하였다. 이를 실제 시스템에 적용시키려면, DSRC 프로토콜이 사용되고 있는 RSE(Road Side Equipment)와 OBE(On Board Equipment)에 QPSK를 적용하여야 한다. 이는 이미 상용화된 장비들과는 달리 적용이 RF ASIC이 새로이 개발 적용되어야 하는 과제는 남을 것이다.

그리고, 또한 현재 DSRC의 표준에도 QPSK가 추가 선택할 수 있는 옵션 또는 개선된 표준이 개정되어야 할 것이다.

이런 단순한 RF의 개선만으로 Data Rate을 향상하는 것이기는 하나 이는 많은 장점을 가진다. 서비스 측면에서 가용도가 엄청나게 증가하는 것이다. ITS에서 가능한 서비스가 아주 많다. 64개 정도의 서비스가 정의되어 있기는 하지만 이는 앞으로 더욱 늘어날 수 있고, 변화할 수 있다. 이런 서비

스들을 모두 수용하려면 점점 더 프로토콜에도 대역폭 또는 여러 가지 요구사항들이 반드시 발생할 것이다. 그 중 최근 서비스들의 요구사항에서 시급한 과제가 바로 대역폭을 확장하는 것이다. 이 대역폭을 확장하기 위해서 상위 영역은 그대로 사용하고 RF 변조방식만을 고도화시켜서 QPSK를 채용한다면, 동시처리에 있어서 performance 가 4배로 증가한다. 다만 물리적인 회로구조처리에 있어, 이를 구성하는 부분을 적용하여야 할 것이다.

그럼 현재 DSRC를 구성하기 위한 물리층의 회로구조도를 살펴보고, 어떤 부분이 개선되어야 할 부분인지 살펴보고록 한다.

아래의 그림 4는 DSRC의 물리층을 구현하기 위한 하드웨어 블록도이다. 기본 ASK 방식의 변복조가 구현되어 있다. 아래 그림 4,5는 RSE/OBE 에서 구현되어 있다고 보면 된다.

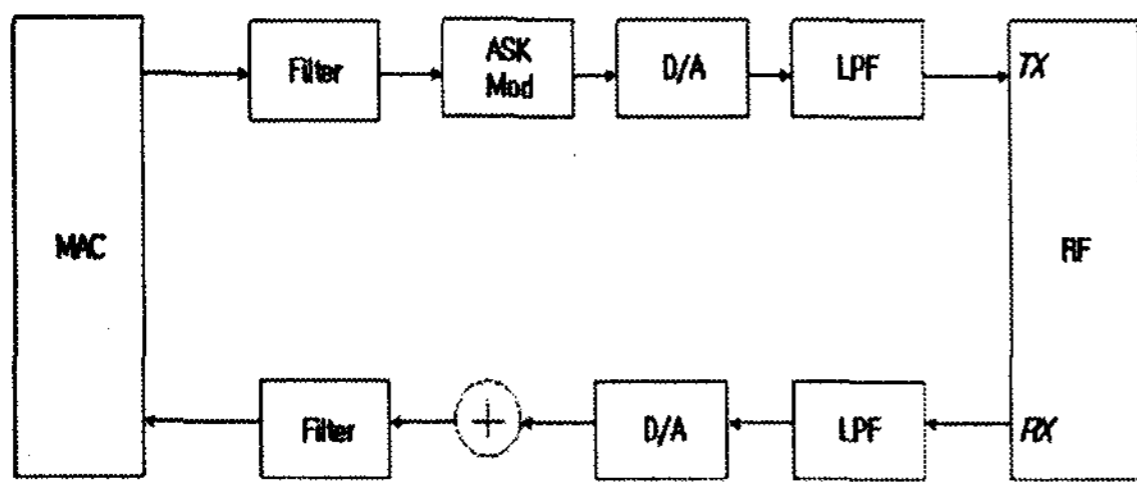


그림 4. DSRC ASK 물리층 변복조 구현 블록도

위의 그림은 ASK를 이용한 일반적인 형태의 구조이다. MAC계층에서 RF 까지의 구성이 나열되어 있으며 변복조 과정이 하나의 모듈에 구성되어 있음을 알 수 있다.

그 다음으로 그림 5. 는 ASK방식과 함께 QPSK 방식을 수용한 블록도이다. 이는 QPSK의 하드웨어 구조를 ASK와 복합 적용한 것이 지나지 않는다.

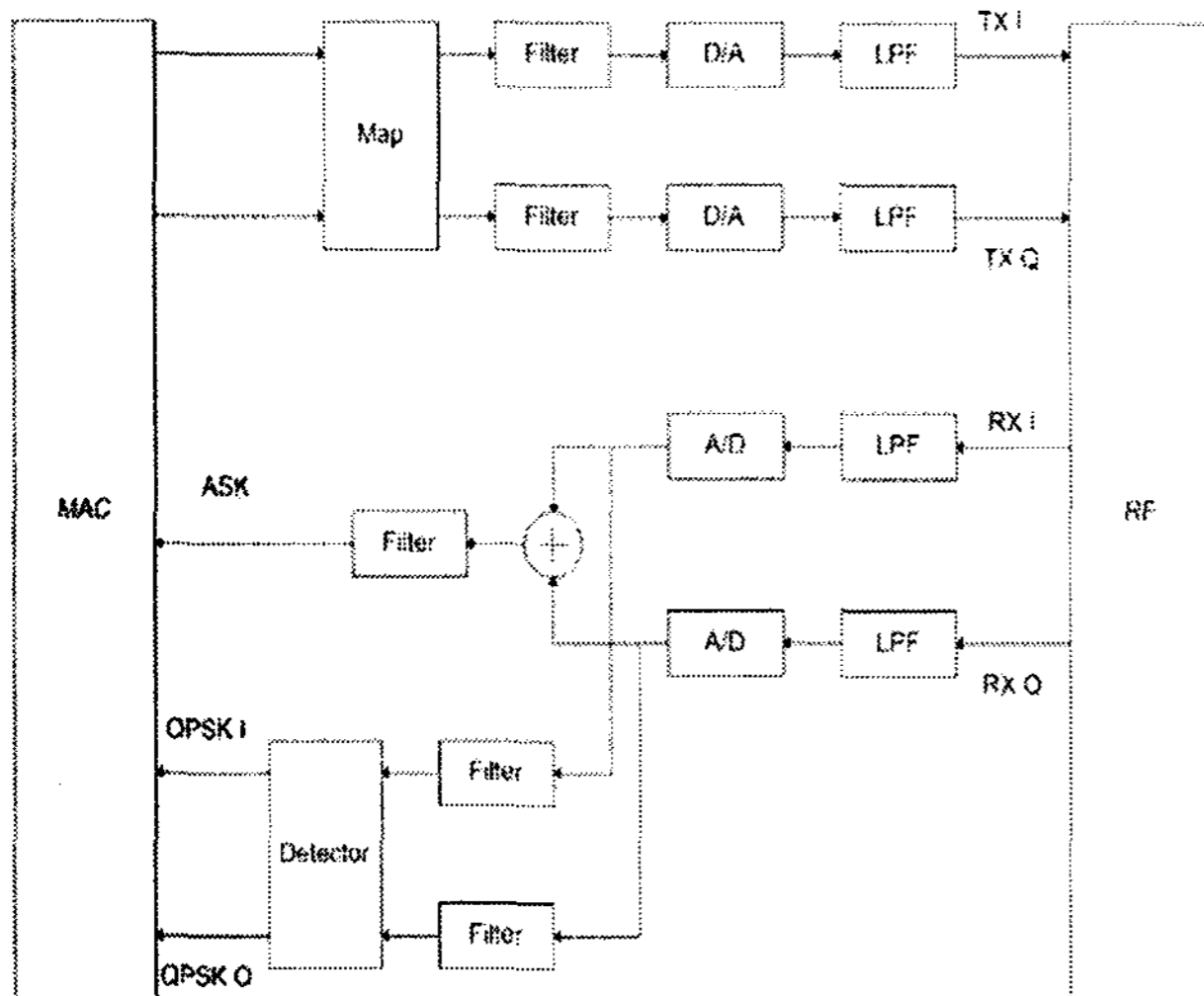


그림 5. DSRC ASK/QPSK 복합 물리층 변복조 블록도

QPSK시스템의 신뢰성은 많은 타 자료에서 찾아 볼 수 있다. 여기서는 생략하기로 한다.

그림 5.는 ASK/QPSK 듀얼 구조를 블록도로 구현한 것이다.

송신은 QPSK 단일구조이다. 복조시에는 ASK신호가 들어올 때 ASK로 QPSK 일 경우에는 QPSK 복조 수행을 하는 형태이다.

현 표준의 DSRC를 개선하기 위해서는 DSRC 물리계층을 개선하는 것 이외에도 추가 개선을 동반하여야 하는 부분들이 발생한다. 변복조의 구조의 변화는 에러 체크와 패킷들의 처리 시퀀스에 영향을 주기 때문이다. 하지만 그에 대한 것들은 상위계층을 유동적으로 수용함으로써 처리할 수 있다. 이는 물리적으로 대역을 넓혀주게 될 때의 다음 고려사항이라고 보여진다.

중요한 것은 현재 상용으로 구축된 망의 수용방안이다. 현재 표준을 따른 ASK방식의 RSE 또는 OBE 를 함께 수용해 주어야 한다는 것인데, 이는 서비스 방식에 따라 선택적 모뎀을 구현한다면 수용이 가능하다.

또, 서비스에 따라서 현재의 모든 RSE/OBE 가 수용할 필요는 없는 것이다. 점진적으로 QPSK를 수용해서 천이시켜 나가면 된다. 이는 마치 CDMA 1X 진화체계와 비슷하다고 볼 수 있다.

2007년도에 전국화되는 ETC서비스는 ASK방식으로 수용이 된다. 이런 서비스는 지속적으로 수용해 줄 수 있다는 의미이다. 이를 위한 모뎀을 그림5. 에서 제안된 것처럼 두 변조방식을 수용하는 dual mode로 개발하면 된다. 이 모뎀을 채용한 OBE는 QPSK를 이용하는 RSE를 만났을 경우 QPSK 변조방식을 수용하고, ASK RSE를 만났을 경우 ASK방식을 수용하면 되는 것이다. 이는 회로적으로 구현이 가능하다. 왜냐하면 듀얼 모드 동시처리에서 어느 변조방식이건 응용에서 수용하여 답변을 주면, 그 방식으로 프로토콜이 진행된다 되기 때문이다.

이는 실제 시스템 구현에 있어서 고민할 일이다.

III. 결론

최근의 정보통신 시장은 격변기에 있다. 수많은 사업영역이 만들어지고 사라지고 있다. 그 중 u-City는 정보통신과 건설사업의 Convergence 분야라고 볼 수 있으며 모두가 이 분야는 발전가능성이 아주 높다고 평가하고 있다. 이 분야 중에서 빼 놓을 수 없는 분야가 u-Transportation 이며, 이 영역을 구현하는 방법으로 ITS가 적용되고 있다. 그 중 RF를 이용한 방법은 많은 ITS구현방법 중 가장 최적의 Solution으로 평가받고 있다. 조금은 늦었지만, 시장에서 좀더 적극적인 대응을 하기 위해서는 Data Rate 을 올리는 방법이 가장 현실적으로 타당하다. 현재 많은 기술개발이 진행되고 있는 WAVE 기반의 표준의 최종완성과 기술검증에는 많은 시간이 소요된다. 본문에서 제안한 QPSK 방식을 채용한다면 많은 비용을 줄이면서도 짧은 기간내에 적절한 Data Rate 로 최적의 개선된 DSRC를 구현할 수 있을 것이라 생각한다.

그리고, QPSK를 구현한다고 하더라도 Backward Compatibility를 구현해 주는 것은 매우 중요하다. 이 부분의 Dual mode 구성은 회로적인 구현으로서 완전 새로운 chip을 설계하는 것보다는 훨씬 경제적이고, 쉬울 것으로 판단된다.

즉 QPSK RSE/OBE 를 구현하더라도 기존의 ASK 방식을 기술적으로 수용이 가능하다. 수용방법에 대한 여러 방안이

다음 과제가 될 것이다.

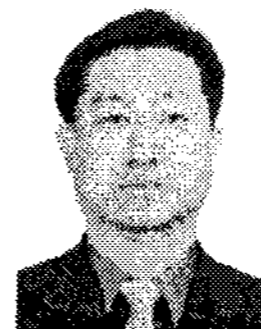
마지막으로 한가지 의견은 교통에 대한 통신망이 국가 전체 통일성을 가져가야 할 것이라는 점이다. 각 지자체 별로 ITS의 구현방식이 다르고 이를 모두 상위 관리망 수용하기에는 부가적인 낭비가 발생하는 것은 자명하기 때문이다. 이를 위해 DSRC만이라도 현재 ASK망을 포함하는 QPSK 망으로 점진 개선을 하는 것이 어떨까 하는 것이 본 논고에서 제안하는 방안이다. 이것이 WAVE로의 진행을 방해하는 것이 아니라 시기 적절한 시스템 구현이 비용측면과 기술에서의 최선안이라 생각하기 때문이다.

참고문헌

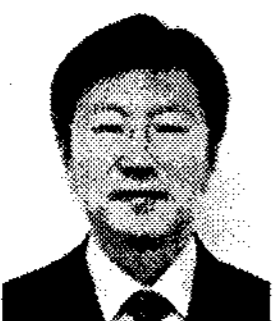
- [1] 정보통신 단체표준 TTAS.KO-06.0025
- [2] ARIB STD T75
- [3] TTA 저널 제 104 호 2006. 3.4
- [4] Y. MATSUMOTO, S. Kubota, M. Morikura and S. KATO “ $\pi/4$ -shift QPSK Coherent Detection Demodulator for TDMA/TDD systems”
- [5] J.Webber , N. Dahnoun “Implementing a $\pi/4$ -shift QPSK Baseband Modem” TI(Texas Instrument)
- [6] Akihisa Yokoyama , Hiroshi Harada “Implementation of a Multi Channel Modem for DSRC system on a Signal Processing Platform for Software Defined Radio”
- [7] 김동현 “DSRC를 위한 ITS활성화 방안”



박진영
 1997년 성균관대학교 전자공학(공학사)
 2007년 현재
 LG-Nortel R&D Center 재직 중
 관심분야는 ITS, u-City



김한경
 2007년 현재
 LG-Nortel R&D Center
 Network Engineering Dept.
 Leader of System Engineering Team



전왕원
 2007년 현재
 LG-Nortel R&D Center
 Head of Network Engineering Dept.