

전력선 버스를 이용한 제어 시스템의 통신모뎀 수신기 구현에 관한 연구

論 文

48A - 3 - 22

Realization of the Receiver of Communication Modem for Control Systems using Power-Distribution Circuit

鄭昌京* 朴瑛哲** 姜正碩***

(Chang-Kyung Chung · Young-Chull Park · Jeong-Seok Kang)

Abstract - Up today, nationally published research results on the methods used in HA modems have studied and shown the major methods; the ASK method and the DS/SS method. In this paper, we applied the DPSK reception method on the PSK method so that solved the acquisition and tracking problem of the signal synchronization which is the defect of PSK. Also, it has been designed to fit in the CISRP and CENELEC specification so that make sure of no effects on other part of the system.

Key Words : ASK, PSK, DPSK, CENELEC

1. 서 론

근간에 들어서서 각광을 받고 있는 공장자동화(FA), 사무자동화(OA), 가정자동화(HA) 등은 각기 특성에 맞는 방법과 기술 개발로 인해 많은 발전을 이루어 왔다. 그러나 그 중에서도 FA나 OA 등의 분야에 비해 HA는 그 기반 기술 및 표준화 기술이 부족한 것이 현실이다. 현재의 HA 기술 개발의 방향은 주로 효율적인 가사 생활을 하기 위한 관리 측면에서 이루어 지고 있다. 그러나 HA 시스템을 보다 효율적으로 관리하기 위한 데이터의 전송 및 이용에 관한 기술 개발은 미진한 형편이다. HA 시스템을 이루는 모든 제어기기 및 계측기기간의 데이터 전송로를 HBS(Home-Bus System)라고 하며, 이러한 HBS의 기술적인 표준화가 시급하다. 이러한 HBS를 구성하는데는 많은 연구와 그 효율도에 따른 전송로의 선정이 중요할 것이다. 현재의 주택 및 빌딩에는 전력을 공급해 주는 전력선, 음성신호를 전송하는 전화선, TV 등의 영상신호를 전달하는 동축선, 인터넷 등의 홈방재 시스템을 구성하는 전용선 등 많은 종류의 배선이 되어져 있으며, 저마다 용도에 맞는 기능을 수행하고 있다. 전력선은 주택 및 빌딩의 모든 공간에 자리하고 있으며, 다른 배선과는 달리 건축과 동시에 배선이 이루어지게 된다. 기존의 HA 기기들은 제어판넬을 통하여 제어신호를 전용 콘센트에 전송하는 방식을 이용하여 HA 시스템을 구성하였

다. 이러한 방식은 각 기기들과 전용 콘센트를 연결하는 또 다른 배선을 요구한다. 이에 본 논문에서는 별도 배선의 추가없이 기존의 전력선만을 이용하여 HA기기들을 제어할 수 있는 기술의 개발을 목적으로 한다. 지금까지 국내에서는 HA 모뎀의 경우 진폭천이키잉(ASK : Amplitude Shift Keying) 방식을 이용한 방법[1]과 직접대역확산(DS/SS : Direct Sequence/Spread Spectrum) 방식을 이용한 방법[2][3][4]이 연구 발표되어 있다

본 논문에서 적용한 데이터 통신 방식은 차동위상천이키잉(DPSK : Differential Phase Shift Keying)의 수신 방식의 개념을 위상천이키잉(PSK : Phase Shift Keying) 방식에 적용함으로써 PSK 방식의 문제점인 동기신호의 포착 및 유지의 문제를 해결하였다. 또한 CISRP(국제무선장애훈합위원회)의 규정 및 CENELEC(Comite Europeen de Normalization Electrotechnique)의 규정에 맞추도록 설계 및 구현하여 기타 기기에 대한 영향이 없음을 확인하였다.

2. 전력선의 통신 조건과 규제

전력선을 이용한 모뎀은 전력선을 통신선로로 사용하지 만, 본래의 전력선은 상용전력을 수송하기 위한 수단으로 설계, 설치되었기 때문에 통신선로로서의 고려는 이루어지지 않았다. 따라서 전력선은 고주파수에 대한 통신의 품질을 보증할 수가 없다. 즉, 전력선의 유도성부하와 부하에 의한 용량성부하에 의하여 공진회로가 형성되어 특정 주파수에서 손실이 발생할 수 있다.[5][6] 이러한 것이 전력선을 통신선로로 이용하는데 가장 큰 문제점이다.

또한 전력선에 연결되어 있는 전기기기에서는 스위치의 on-off 등과 같은 동작에서 발생하는 단발성 잡음, 모터 등과 같은 기기가 연속적으로 동작하는 경우에 발생하는 연속성 잡음, 형광등의 안정기 등과 같은 기기에서 발생하는 주

* 正 會 員 : (주)비케이시스템 代表理事 · 工博

** 正 會 員 : 靑江文化産業大學 移動通信科 副教授 · 工博

*** 正 會 員 : 중앙소프트웨어(주) 主任研究員

接受日字 : 1998年 4月 11日

最終完了 : 1999年 1月 28日

기성 잡음 등 여러 가지 형태의 잡음이 동시에 존재하기 때문에 데이터 신호에 대한 주변 잡음의 영향이 상당하다고 할 수 있다. 아울러 전력선에 반송파를 인가하는 행위도 기타의 전기기기에서 보면 잡음의 일종으로 간주되므로 그 레벨이 제한된다. 따라서 전력선 버스를 이용한 통신에 있어서 높은 주파수를 가지는 전송신호가 기타 기기에 미치는 악영향을 고려해 전송전력과 대역폭이 규제되고 있다. 유럽 지역의 표준인 CENELEC에 의하면 94~148.5[kHz]의 주파수가 통신용으로 허용되며, 최대 전송전력은 일반 통신인 B급의 경우 116[dB μ VRMS]로 제한되어 있다. 또한 상호 간섭을 방지하기 위하여 고주파 레벨에 대하여도 규제하고 있는데, 150[kHz]와 30[MHz] 사이의 대역에서 신호 준피크값(quasi-peak value)의 제한 전압은 표1과 같다.[5][7]

표 1 150[kHz]에서 30[MHz]의 주파수 영역에서의 제한 전압

Table 1 Limits of main terminal disturbance voltage in the frequency range 15[kHz] to 30[MHz]

주파수 범위[MHz]	제한 전압[dB μ V]	
	준피크값	평균
0.15 - 0.50	66~56	56
0.50 - 5.0	56	46
5.0 - 30.0	66	50

전력선에서 전송신호의 주파수 변화에 따른 신호 감쇠는 부분적으로 용량성부하와 전송선 효과에 의해 발생한다. 한 연구 결과에 보면 100[kHz] 이하의 주파수에서는 비교적 일정한 감쇠를 보이며, 100[kHz]와 200[kHz] 사이에서는 감쇠가 0.25[dB/kHz]의 기울기로 선형적으로 감쇠됨을 알 수 있다.[5][7] 100[kHz] 이하에서의 전력선의 등가회로를 그림1에 나타내었다.

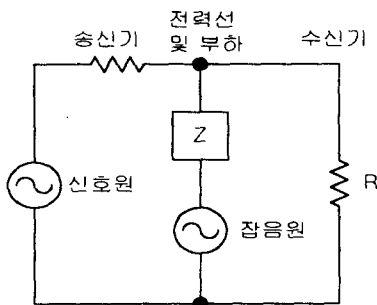


그림 1 100[kHz] 이하에서 단순화된 전력선의 회로 모델
Fig. 1 Simple model for an electric power distribution circuit below 100[kHz]

그림1에서 임피던스 Z는 모든 네트워크 부하의 병렬 임피던스를 나타내며, 전력선 자체는 낮은 직렬 임피던스를 가지므로 무시한 것이다. 전력선에 연결된 부하는 보통 10[Ω] 정도의 병렬 임피던스를 가지는데 송신기의 출력 임피던스와 수신기의 입력 임피던스는 수신된 통신신호 레벨을 가능

한 크게 하기 위하여 작게 하며, 결과적으로 출력 신호대 잡음 레벨을 최대로 할 수 있다.

전력선 채널 특성을 비교한 연구 결과에 의하면 수신된 신호대 잡음비는 변화가 심하고 예측이 불가능한 평균 잡음 레벨에 의하여 시변인 특성을 갖는다.[2][4][5][7][8][9][10][11] 수신신호의 레벨은 전체 네트워크에 입출력되는 신호 전력의 결합과 네트워크에서의 감쇠에 따라 변하며, 수신기의 잡음 레벨은 주로 인접한 부하의 영향을 받게 된다.

3. 디지털 위상변조 신호의 복조

3.1. PSK 변조신호의 복조

PSK 시스템에서는 정보신호가 PSK 신호의 위상에 의하여 전송되므로 시스템은 반드시 동기식이어야 한다. 따라서 국부 반송파의 발생이 반드시 필요하며, 수신기의 국부 반송파 신호인 $\cos(\omega_c t)$ 의 주파수와 위상을 송신기의 반송파와 정확히 일치시켜야 하는 어려움이 있다. PSK 신호의 동기 검파기의 블록도를 그림2에 나타내었다. 표본기까지의 동작은 양측파대 진폭변조 시스템과 동일하나 대역통과필터 대신에 정합필터를 사용하는 것이 다르다. 정합필터는 표본기의 검파시간에서 출력의 신호대 잡음 전력비가 가능한 최대가 되게 하는 선형 필터이다. PSK 시스템은 주파수나 진폭을 이용한 다른 어떤 시스템보다 성능이 우수하다.[12]

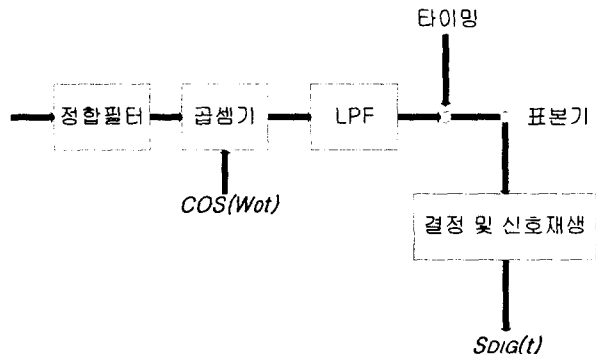


그림 2 PSK 시스템의 수신기
Fig. 2 PSK receiver

3.2. DPSK 변조신호의 복조

DPSK 시스템에서는 정보신호가 사전처리된 후에 PSK 변조되므로 수신기에서는 국부 반송파의 발생이 필요없으며 복조 과정은 수신된 신호만을 사용하여 완전하게 수행한다. 그림3과 그림4에 DPSK 시스템의 송수신기 블록도를 입의의 정보신호에 대한 사전처리 및 복구 과정을 나타내었다. 그림4에서 알 수 있듯이 정보신호의 복구시 $s_i(t)$ 와 $s_i(t-T)$ 의 위상이 동일하면 $s_d(t)$ 가 양의 전압이 되며, π [rad]의 차이가 나면 $s_d(t)$ 가 음의 전압이 된다.

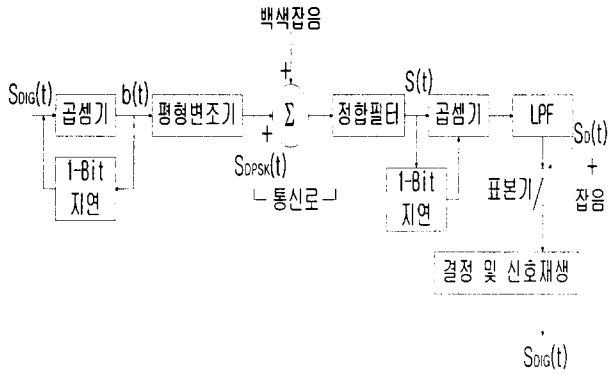


그림 3 DPSK 시스템의 블록도
Fig. 3 Block diagram of a DPSK system

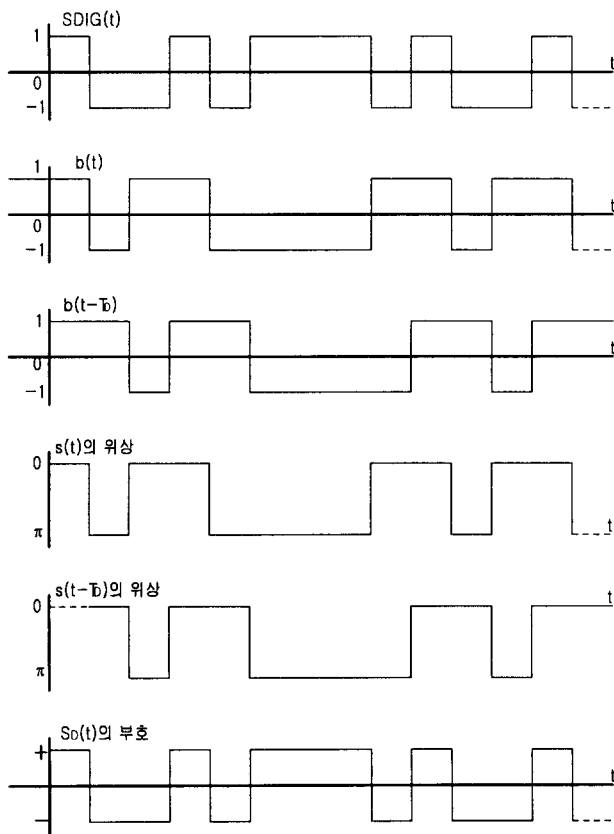


그림 4 DPSK 신호의 발생 및 재생
Fig. 4 DPSK signal generation and recovery

디지털 신호의 차동 부호화는 PSK 시스템이 복잡하여지나 정확한 국부 반송파를 발생시켜야 하는 중요한 문제가 해결된다. 많은 국부 반송파의 발생장치는 π [rad] 정도의 위상오차가 발생하게 된다. 즉, 초기에 반송파의 동기가 이루어 지더라도 많은 원인에 의하여 위상은 π [rad] 정도 벗어나게 되며, 결과적으로 복구된 디지털 신호의 부호가 바뀌게 된다. 그러나 차동 부호화를 하면 PSK 시스템에 비하여

약 1dB의 신호전력이 손실되나 정확한 국부 반송파를 발생시킬 필요가 없다.

4. 수신기의 구현

4.1 실험 및 고찰

실험 환경은 일반적인 전기기기들이 사용되고 있는 환경이었으며, 전송부와 수신부는 5~40[m]의 거리에 위치한 각기 다른 콘센트를 이용하여 데이터를 송수신하였다. 반송파는 120[kHz], 200[mV]로 선택하였는데 이는 CISRP 및 CENELEC의 규격[13]에도 적합하도록 적용된 것이다.

본 논문에서 구현된 전력선 모델은 전형적인 PSK 방식의 구조에서 벗어난 PSK 방식과 DPSK 방식의 절충안이라고 할 수 있다. DPSK 방식은 PSK 방식에 비하여 1dB 정도의 전력 손실이 있다. 그러나 동기된 국부 반송파의 발생이 필요없으므로 PSK 방식에 비하여 회로의 복잡성이 덜하다는 잇점이 있다. 따라서 두 방식의 장단점을 서로 보강할 수 있는 새로운 방식을 본 논문에서 제안하였다.

DPSK 방식에서는 사용하지 않는 기준 반송파 신호를 발생시켜 수신된 신호와 함께 AND 연산을 한 후에 포락선 검파기를 데이터 복구에 이용하였다. 이로 인하여 신호를 복구할 때 동기회로의 사용없이 데이터를 완전하게 복구할 수 있었다.

4.2 수신기 구조

인텔 8051 마이크로프로세서를 이용하여 모델의 전체를 제어하였으며, 원거리상의 콘센트에 모델을 접속시켜 실제 전력선상에서 데이터를 송수신하는 방법을 선택하였다. 그림5가 본 논문에서 구현한 전력선을 이용한 모델의 수신부의 회로도이다.

TOKO사의 트랜스포머 'TOKO-707VX-T1002N'을 통해 얻어진 신호는 시그네틱사의 IC 'NE5050'을 통과시켜 고역통과필터와 대역통과필터를 거치는 효과를 얻었다. 이 신호를 OP-AMP를 이용하여 증폭시키고, 증폭된 신호는 슈미트형 인버터를 이용하여 레벨이 조정되고 안정된 구형파로 변환된다. 이 신호는 수신기의 '8254'를 이용해 수정발진기에서 발생된 12[MHz]의 신호를 100분주한 120[kHz]의 신호와 함께 AND 연산되고, RC 필터를 이용한 저역통과필터의 적분회로를 거쳐 포락선 검파가 가능하도록 변형된다. 이 때의 신호는 적분회로를 거치며 상승시간과 하강시간이 늘어남 것에 대하여는 슈미트형 인버터를 이용하여 다시 레벨 조정되고 안정한 구형파가 발생하도록 한다. 이 신호로부터 마이크로프로세서 8051을 이용하여 데이터값을 결정한다. 그림6은 소프트웨어의 플로우 차트를 나타낸 것이다.

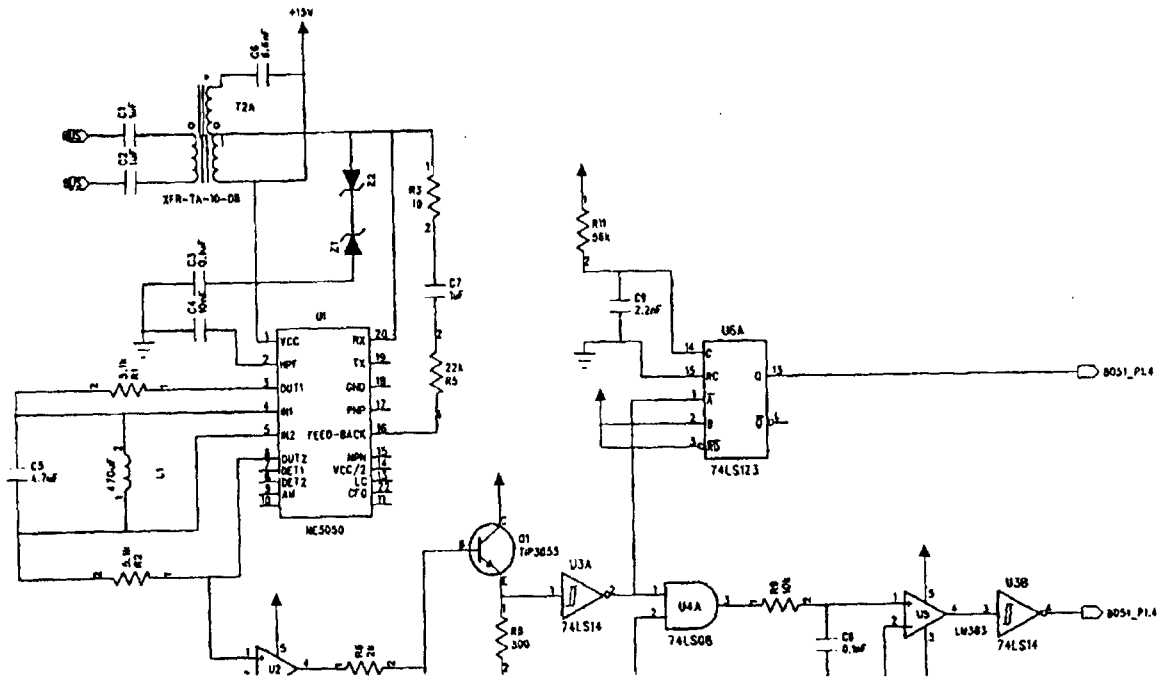


그림 5 수신부 회로도
Fig. 5 Receiver circuit diagram

5. 실험 결과

그림7은 수신부에서 수신된 신호를 대역통과필터를 통과시켜 FFT를 이용하여 전력 스펙트럼으로 나타낸 것이다. 120[kHz]의 신호 성분이 가장 크게 나타나고 다른 주파수의 신호 성분은 필터를 거치며 그 값이 많이 억제되었음을 알 수 있다.

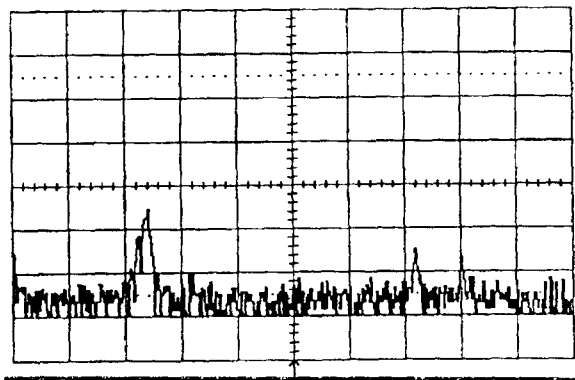


그림 7 수신된 신호의 대역통과 필터링 후의 스펙트럼
Fig. 7 Spectrum of received signal through BPF on receiver

그림8에서 첫번째 파형은 송신기에서 전송된 파형이며, 두번째 파형은 수신부에서 수신된 파형을 증폭하여 나타낸 신호이다. 또한 세번째 파형은 증폭된 신호를 레벨 변환과 함께 안정적인 구형파로 만들기 위한 회로를 거친 후의 파형이다.

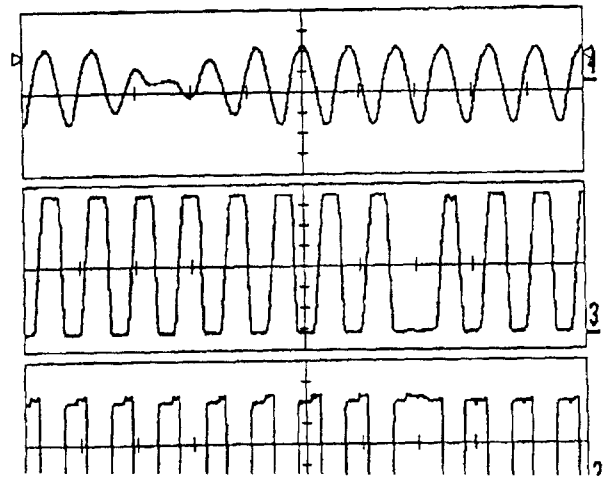


그림 8 송신신호와 수신된 파형 및 레벨 트리거 시킨 파형

Fig. 8 Waveforms of transmitted signal, received signal, and level triggered signal

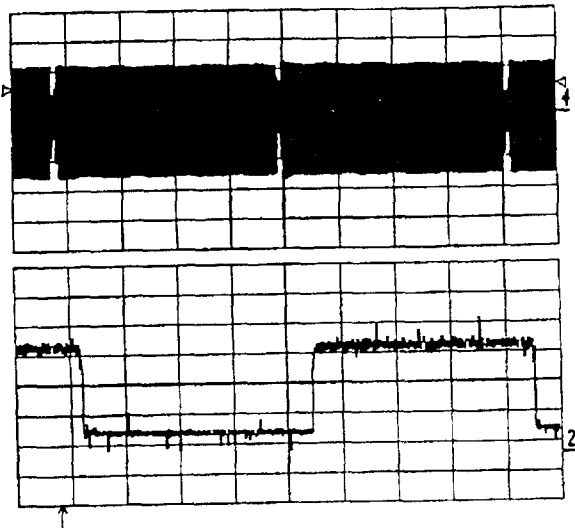


그림 9 송신기의 변조신호와 수신된 데이터의 파형
 Fig. 9 Waveforms of modulated signal, and data on receiver

6. 결 론

주변 잡음이 심한 상태에서 전력선을 이용하여 데이터를 수신한 결과 수신된 데이터는 완벽하게 복구됨을 알 수 있다. 아울러 수신회로의 각 처리과정을 거치는 동안 시간지연이 발생하였으나 데이터를 판별하는데는 지장이 없을 정도의 전체 신호에 대한 그룹 지연이 발생하였다. 이는 실용화할 경우 전기기기의 동작에는 아무런 영향을 주지 않는다고 볼 수 있다. 또한 전력선에 인가한 반송파의 레벨값은 CIRSP 및 CENELEC의 규정에 맞도록 116[dB μ VRMS]로 제한하여 설계하였으므로 다른 주변 기기에 대한 영향은 없을 것으로 사료된다. 또한 상호 간섭을 방지하기 위하여 고조파 레벨에 대하여도 표1의 기준을 만족하였다.

본 논문에서 구현한 전력선 모뎀 수신기에서는 대역통과 필터의 대역폭이 다소 넓게 설계되어 수신된 전력선 신호에서 반송파만을 추출하고자 하는 목적에는 미흡하였으나 1200bps 속도의 데이터 수신에서는 오류가 거의 없었다. 그러나 성능이 보다 우수하고 통과시 지연시간이 덜 발생하는 수신 시스템의 구현으로 더욱 안정적인 데이터 수신 및 판별이 요구된다. 또한 전력선을 이용한 데이터 전송에 실제로 사용되기 위해서는 본 논문에서 구현한 1200bps급의 전송 속도보다 빠른 속도의 데이터율을 가지는 모뎀이 필요할 것으로 사료된다.

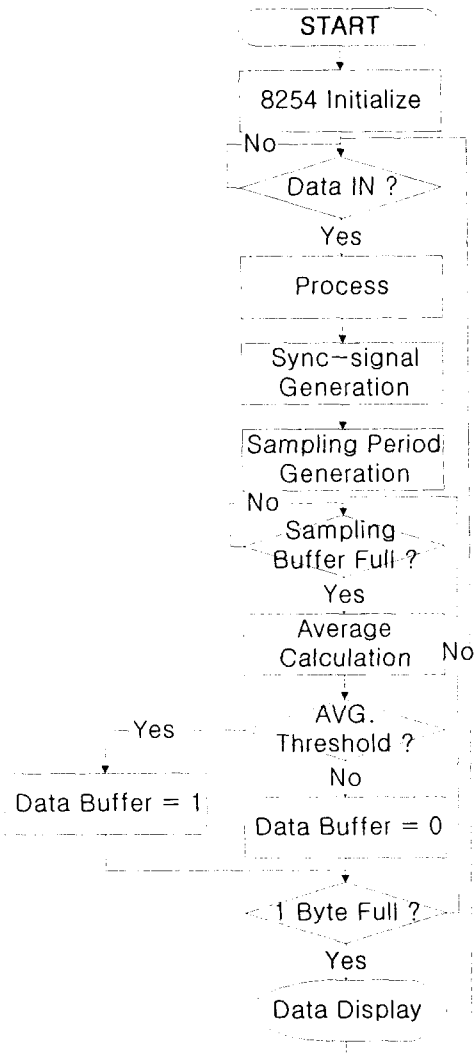


그림 6 소프트웨어 플로우 차트
 Fig. 6 Software flow chart

참 고 문 헌

- [1] 사공석진, 송문규, "전력선을 이용한 ASK 통신 모뎀에 관한 연구," 한국통신학회논문지, 1992
- [2] 송문규, 김대우, 사공석진, 차균현, "직접대역확산 기법을 적용한 전력선 모뎀의 구현," 한국통신학회논문지, 1993
- [3] 최태섭, 이영호, 이성배, 사공석진, "디지털 정합필터를 이용한 DS/SS 전력선 통신 시스템 구현에 관한 연구," 대한전자공학회 추계학술대회 논문집, 1994
- [4] Yasumitsu Miyazaki, Akira Iida, Kenji Kobayashi, & Bataro Horosaki, "Power Line Data Transmission using Spread-spectrum Signal in Power Transmission Parallel Pair Line," CS85-89
- [5] Peter K. Van Gracht, & Robert W. Donaldson, "Communication using Pseudonoise Modulation on Electric Power Distribution Circuit," IEEE Transactions

- on Communications, 1985
- [6] P. Burrascano, S. Cristina, M. D'Amore, & M. Salerno, "Digital Signal Transmission on Power Line Carrier Channels : An Introduction," IEEE Transactions on Power Delivery, 1987
- [7] Peter K. Van Gracht, & Robert W. Donaldson, "Pseudonoise Signalling for Power Line Carrier Applications," IEEE Transactions on Power Delivery, 1986
- [8] Jin-Der Wang, & H Joel Trussell, "Adaptive Harmonic Noise Cancellation with an Application to Distribution Power Line Communications," IEEE Transactions on Communications, 1988
- [9] Morgan H. L. Chan, & Robert W. Donaldson, "Attenuation of Communication Signal on Residential and Commercial Intra-building Power-Distribution Circuit," IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, 1986
- [10] Approved Revision to IEEE Standard No. 487-1992, "Recommended Practice for the Protection of Wire Line Communications Facilities Serving Electric Power Stations," IEEE Transactions on Power Delivery, 1993
- [11] Dennis R. Morgan, Gordon H. Danielson, & Samuel E. Craig, "Adaptive Interference Cancellation for Power Line Communication Systems," IEEE Transactions on Power Delivery, 1991
- [12] Peyton Z. Peebles, Jr., Communication System Principles, Addison-Wesley Publishing Company, 1976
- [13] CENELEC, Signalling on Low-Voltage Electrical Installations, European Standard, March, 1989

저 자 소 개



정창경(鄭昌京)

1951년 10월 10일 생. 1974년 고려대 물리학과 졸업. 1987년 동 대학원 전자공학과 졸업(공학박). 1981년~1995년 명지대 전기공학과 교수. 1995년~현재 (주)비케이 시스템 대표이사



박영철(朴瑛喆)

1958년 7월 27일 생. 1981년 고려대 전자공학과 졸업. 1993년 동 대학원 전자공학과 졸업(공학박). 1991년~1996년 동서울대학 전자통신과 조교수. 1997년~현재 청강문화산업대학 이동통신과 부교수



강정석(姜正碩)

1972년 1월 30일 생. 1994년 명지대 전기공학과 졸업. 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년~1998년 내외반도체(주) 연구원. 1998년~현재 중앙소프트웨어(주) 주임연구원