

論文93-30A-8-4

다중경로 전파환경에서 텔레비전 이동수신시의 화상품질 열화요인 이동측정법

(A Mobile Measurement Technique of Picture Quality Impairing Factor in Mobile Television Reception under Multipath Propagation Environments)

河 德 鎬*

(Deock Ho Ha)

要 約

본 논문에서는 텔레비전 이동수신시 발생하는 ghost-flutter 현상의 이동측정에 대하여 검토하였다. Ghost-flutter 는 다중경로 전파전파환경에서 주파수 선택성 페이딩에 의한 텔레비전 수평동기 펄스의 시간적 변동으로부터 발생하므로 수평동기 펄스의 동적인 타이밍 변동을 측정하므로써 검출할 수 있다. 특히, 본 논문에서는 고안정도의 원자시계로부터의 기준신호를 이용하여 ghost-flutter 의 원인이 되는 수평동기 펄스의 타이밍 변동을 이동측정하는 기술을 개발하였다.

Abstract

This paper presents a mobile measurement technique of the ghost-flutter caused in mobile television reception. The ghost-flutter is caused by timing variation of the television horizontal synchronizing pulse due to frequency selective fading in a multipath propagation environment. The ghost-flutter can be detected by measuring the dynamic timing variation of horizontal synchronizing pulse. Especially, in this paper, a technique for measuring horizontal synchronizing timing fluctuations which cause the ghost-flutter is developed, using a Rubidium oscillator as a time standard with high stability.

1. 서론

도시내 도로상에서의 이동수신정보는 주위의 건물에 의한 다중경로 간섭페이딩으로 통신품질이 크게 열화되며, 특히 동기신호를 포함하는 광대역 화상신호 전송의 경우에는 보다 심한 수신장애를 받게 된다.

이로 텔레비전 방송의 이동수신에 의한 화질열화는 고정수신의 경우와 전혀 다른 상황을 나타내며 이동과 함께 시시각각 복잡하게 변화한다. 금후 고도정보화사회에서는 텔레비전 이동수신을 비롯하여 광대역의 각종 문자 및 화상정보의 이동수신 서비스가 예상된다. 따라서 이들 서비스를 위한 각종 기술개발에 대한 평가나 난시청지역 등을 정의하기위해서라도 화상품질의 정량적(定量的) 평가법이 새로이 확립되어야 한다. 그러기 위해서는 무엇보다도 화상열화의 정량적 검출이 가능해야 하고, 특히 시가지 도로상에서의 열화의 이동측정법이 개발되어야 한다.

* 正會員, 釜山水産大學校 情報通信工學科
(Dept. of Telematics Eng., Nat'l Pusan
Fisheries Univ.)

接受日字: 1992年 10月 15日

본 논문에서는 텔레비전 이동수신에 의한 화질열화의 원인 중에서 ghost-flutter 가 시각적(視覺的)으로 가장 큰 영향을 끼친다고 생각하여 이를 전기량으로 검출하였다. 또한 이를 광범위한 시가지 도로상에서도 이동측정할 수 있도록 고안정도(高安定度)의 기준신호를 이용한 이동측정법에 대하여 검토하였다.

Ghost-flutter 는 화상신호에 포함되어 있는 수평 동기 타이밍 펄스에 의해 검출이 가능하지만, 그러기 위해서는 기준신호가 필요하다. 기준신호를 얻기 위해 기준안테나를 건물 옥상에 설치하고, 그 신호를 기준신호로 할 수도 있지만 이동측정 범위가 제한되어 시가지의 넓은 범위의 측정에는 적절치 못하다. 본 논문에서는 수평동기 펄스의 시간적 변동의 측정 방법으로 기준안테나 대신에 안정도가 높은 원자시계(原子時計: Rubidium oscillator)에 의한 신호를 기준으로 하는 이동측정법을 개발하였다.

II. 화상품질의 열화요인 및 열화의 검출

1. 다중경로 전파전파모델과 텔레비전 방송과의 이동수신

시가지 도로상에서의 다중경로 전파모델로서는 다수의 평면파가 여러 각도로부터 같은 확률로 도래한다고 하는 랜덤모델이 페이딩의 통계적 성질을 표현하는데 널리 사용되고 있다.^[1,2] 그러나 실제 도시내의 도로상에서는 특정의 방향으로부터 정상적으로 도래하는 회절파나 반사파와 같은 기하광학적인 전파가 우세한 경우가 많아서 기하광학 모델(Ray model)이 타당하다는 보고 사례도 있다.^[3,4,5] 본 논문에서는 이 기하광학 모델을 단순화한 2파 모델(Two-ray model)을^[6] 다중경로 전파모델로 가정하여 실험을 행하였다. 2파 모델은 본래 Rummler^[7] 에 의해 제안된 전파모델로서 다중경로 전파전파해석 및 디지털 이동통신방식의 연구에 널리 이용되고 있다.^[8,9]

지금까지 고정수신에 있어서 건물반사에 의한 ghost 에 대해서는 매우 상세한 연구가 행해져 왔다. 그러나 도시내 도로상에서의 이동수신에서는 ghost 의 영향은 훨씬 복잡한 형태로 된다. 텔레비전 이동수신에 의한 화상품질열화는 다중경로 전파에 의한 주파수 선택성 페이딩에 기인한다. 광대역에 분포하는 진폭변조된 영상신호의 에너지는 이동과 함께 변화하는 포락선 페이딩(envelope fading)에 의해서 손실되어 복잡한 화상품질열화를 나타낸다.^[10,11] 도시내 이동수신에 의하면 여러 형태의 화상품질열화 중에서 시각적(視覺的)으로 가장 큰 영향을 주는것은 ghost 화상이 텔레비전 화면 좌우로 심하게 흔들리는

flutter 현상 (이하 ghost-flutter 라 부른다) 이라고 생각된다. 실제로 도시내의 도로상에서 관측되는 다중경로파의 통로차는 100 ~ 수 백 m 정도이고 장소에 따라서 수 Km 정도가 되는 것도 있다.^[8,12,13] 따라서 도로상에서는 μ sec 정도 이상의 ghost 가 항상 존재하며, 더욱이 다중경로파는 이동과 더불어 반파장 정도의 주기로 포락선이 변화하는 레일레이 페이딩을 발생하기 때문에, 이것이 ghost-flutter 의 발생원인이라고 생각된다.

2. 열화요인

시가지에서의 열화모양은 그림 1에 표시된 바와 같이 지연시간이 다르고 신호강도가 레일레이 분포를 갖는 2파 모델의 의사회로(擬似回路)에 의해서 실내에서 재현될 수 있다. 즉, 2파간의 위상차, DU 비, 지연시간(이하, 다중경로 파라미터라고 부른다)을 여러 조합으로 변화시켜, 각종 전파로특성과 정적(靜的) 및 동적(動的)인 화상품질열화 모양을 실현할 수 있다.^[10] 이 시뮬레이션 실험계에서 페이딩의 변화속도(이동체의 속도에 대응한다)를 느리게 변화시키면 동기상실이 두드러지게 관측되고, 빠르게 변화시키면 ghost-flutter 가 시각적(視覺的)으로 크게 영향을 주어서 시가지에서의 열화와 아주 흡사한 상황을 나타낸다. 이 실험계에서는 시가지 도로상의 평균적인 ghost 의 지연을 고려하여 1.3μ sec 의 지연 케이블을 사용했고, 감쇠기(attenuator) 및 이상기(phase shifter)에 의해 DU 비와 위상차를 변화시키므로써 시가지에서 실측되는 ghost-flutter 및 기타 열화모양을 잘 재현시킬 수 있다. 이와같은 기초적인 고찰로부터 시가지에서 텔레비전 이동수신으로 인해 발생하는 화상품질열화의 요인은 다양한 다중경로 파라미터 조합에 의해 구성되어지는 다중경로 전파현상임을 확인할 수 있었다. 특히 ghost-flutter 현상이 다중경로 전파전파특성에 잘 대응하여 발생하고 있는 것을 확인할 수 있었다.

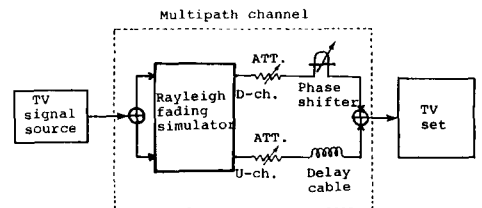


그림 1. 레일레이 분포하는 2파모델의 모형도
Fig. 1. Schematic diagram of Rayleigh-distributed two-ray model.

3. 열화의 검출

시가지 실험 및 실내 시뮬레이션 실험결과로부터 텔레비전 이동수신에서 발생하는 화상품질열화 중에서 가장 중대한 열화는 1 μ sec 정도 이상의 지연시간을 갖는 ghost-flutter 임을 확인할 수 있었다. 따라서 그 발생빈도와 변동의 크기를 표현할 수 있다면, 그것이 텔레비전 이동수신에 의한 화상품질열화의 평가로 연결될 수 있다고 생각한다. 즉 ghost-flutter 를 이동측정할 수 있다면 그 통계량이 열화척도가 될 수 있다고 생각된다.

시가지에서의 텔레비전 이동수신에서는 다중경로파에 의한 주파수 선택성 페이딩에 의해 영상신호에 포함되어 있는 수평동기신호의 파형왜곡이 발생하여, 그로부터 만들어지는 수평동기신호의 타이밍 시각(時刻)은 왜곡된 동기파형의 변화와 함께 변화한다.^[14] 이 타이밍 시각의 변화에 따라서 ghost-flutter 가 발생하므로 이것을 검출하려면 수평동기 펄스의 타이밍 변화를 정량적으로 측정하면 된다.

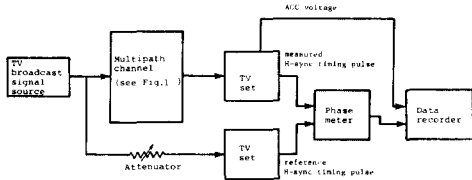


그림 2. 수평동기 타이밍 변동의 검출 시스템 블록도

Fig. 2. Block diagram of detecting system of timing variations.

수평동기 펄스의 타이밍 변화는 기준신호에 대한 시간차 또는 위상차로 검출된다. 그림 2에 표시된 측정계를 이용한 실내 실험을 통하여 다중경로 파라미터에 대한 수평동기펄스 타이밍의 변화특성을 검토했다. 그림 3은 위상차계의 구성도를, 그림 4는 위상차계의 입출력 특성을 나타낸다.

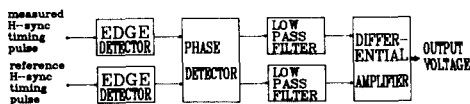


그림 3. 위상차계의 블록도

Fig. 3. Block diagram of phase meter.

우선 다중경로 파라미터에 대한 정적인 수평동기 타이밍의 변화를 조사한 결과, 그림 5에 나타난 바와

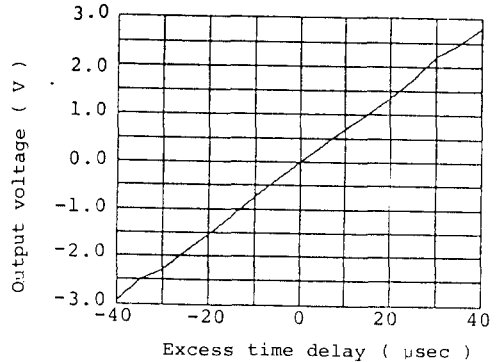


그림 4. 출력전압 대 위상차계의 지연시간
Fig. 4. Output voltage vs. excess time delay for phase meter.

같이 수평동기 펄스의 타이밍은 DU 비에 크게 의존하며 2 파간의 위상차에 의해서도 영향을 받는 것을 알 수 있다. 이는 이론적 해석으로부터도 확인된 바 있다.^[14] 또 타이밍의 최대변화는 지연의 크기 범위 내에 거의 억제되며, DU 비가 +15 dB 이상이면 D 파에 또 -15 dB 이하에서는 U 파에 동기한다. 이것도 지금까지의 기초적 실험에 의해 확인된 바 있다.^[10, 11]

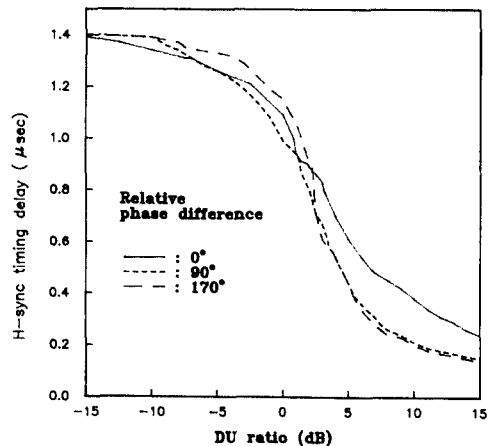


그림 5. 수평동기 타이밍 지연 대 DU 비
Fig. 5. H-sync timing delay vs. DU ratio.

다음으로 그림 2에 나타난 측정계를 이용하여 다중경로 채널의 레일레이 페이딩 시뮬레이터에 의해서 DU 비 및 2 파간의 위상차가 불규칙적으로 변할 때의 동적인 수평동기 펄스의 타이밍 변동을 조사하였

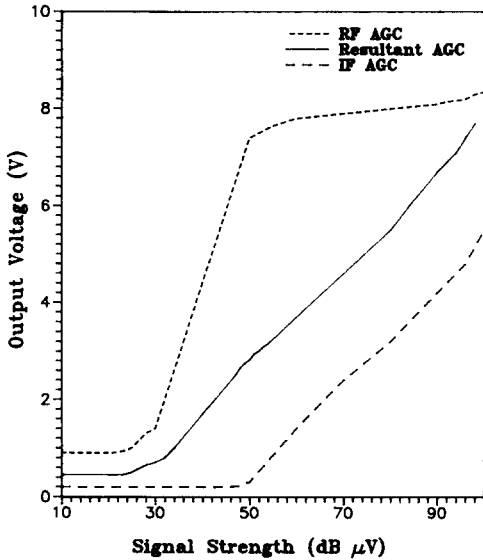


그림 6. 출력 합성 AGC 전압 대 입력신호강도
 Fig. 6. Output resultant AGC voltage vs. input signal strength.

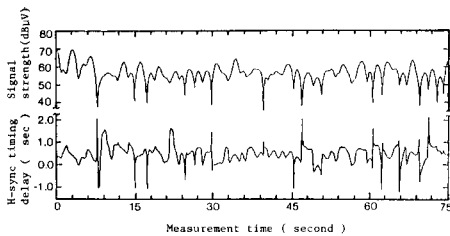


그림 7. 수평동기 타이밍 변동의 측정에
 Fig. 7. Example of measured H-sync timing variations.

다. 본 측정에서 평균 DU 비는 ghost-flutter 가 가장 발생하기 쉬운 0 dB 에, 페이딩 속도(최대 Doppler 주파수)는 $f_D = 0.5 \text{ Hz}$ 로 설정했다. 이때 수신신호의 포락선 변동도 함께 관찰하기 위하여 텔레비전 수송기의 AGC 전압(수신신호강도)을 동시에 기록했다. AGC 전압은 텔레비전 수송기회로의 RF AGC 및 IF AGC 신호를 추출합성하는 간단한 회로의 조합으로 검출이 가능하다. 그림 6에 추출된 합성 AGC 전압의 입력력 특성을 나타낸다. 그림 7은 그 측정결과(고정 안테나로부터의 기준신호를 이용한 경우)이다. 수평동기 타이밍은 신호강도와 대응하여 불규칙하게 변화하고 거의 $1.4\mu \text{ sec}$ 이내에서 변화하고

있음을 알 수 있다. 그림 중의 타이밍의 급격한 변화는 동기상실을 나타낸다. 본 측정에서 텔레비전 화면에 나타나는 ghost-flutter 도 함께 관측해 본 결과, 수평동기 펄스의 타이밍 변동은 ghost-flutter 와 잘 대응하며 그 발생빈도도 정확히 나타났음이 확인되었다.

이상 ghost-flutter 는 텔레비전 수상기에서 만들어지는 재생 수평동기 펄스의 타이밍 변동량으로서 측정이 가능하며, 그 변동량은 화상품질열화의 평가 척도의 하나가 될 수 있다고 생각된다.

III. 화상열화의 이동측정법

1. 측정계의 구성

그림 8 에 기본 측정계의 구성도를 표시한다. 원자시계와 주파수합성기(frequency synthesizer)에 의해서 수평동기신호와 같은 주파수의 신호를 발생시켜 기준신호로 취한다. 측정에는 수평동기신호의 원진(原振)으로 Rubidium 발진기를 이용하여 송신된 방송파를 수신한다. 미리 지향성 안테나로 지연이 없는 파를 분리수신하여, 기준 수평동기신호의 주파수와 위상을 수신신호에 맞추어 놓는다. 이 기준신호와 텔레비전 수상기내에서 만들어지는 수평동기 펄스와의 위상차(시간차)를 위상차계에 의해서 검출한다. 위상차계의 출력전압을 주행 2.6 cm 마다 발생하는 거리 펄스(distance pulse)에 해당하는 구형파 펄스(sampling pulse)와 함께 데이터 레코더에 기록하고, 이를 샘플링 펄스로 하여 A/D 변환후 시간차(時間差)로 환산한다.

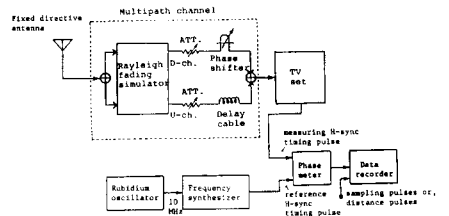


그림 8. 원자시계의 기준신호를 이용한 수평동기 타이밍 측정 시스템의 모형도

Fig. 8. Schematic diagram of measuring system for H-sync timing using a Rubidium oscillator as a time standard.

본 측정에서의 수평동기 펄스의 타이밍은 이동에

따른 전파로장(傳播路長)의 변화와 함께 변화하고 여기에 페이딩에 의한 타이밍 변동이 중첩된다. 이 전파로장에 의한 전파시간의 변화는 송신소와 이동체간의 전파의 입사각을 고려하여 이동에 따른 기하학적 전파시간차를 계산에 의해서 보정(補正)한다.

2. 기준신호의 안정도와 측정정도

본 측정에서의 오차의 원인에는 Rubidium 발진기의 단기 주파수변동과 주파수합성기의 주파수 설정오차가 있다. 전자는 불규칙한 변동이고 후자는 한 방향으로 변화하는 드리프트이다.

측정하는 타이밍 변동은 1 sec 정도의 주기가 많기 때문에 Rubidium 발진기의 1 sec 동안의 단기 안정도가 오차에 영향을 준다. 주파수 변동에 의한 위상오차 $\Delta\theta$ 는,

$$\Delta\theta = 360 \alpha f_H t \text{ (deg)} \quad (1)$$

여기서, α 는 단기 주파수안정도, f_H 는 수평동기 주파수, t 는 측정시간(이 경우 1 sec)이다. 사용한 Rubidium 발진기는 $\alpha = 33 \times 10^{-11}/\text{sec}$ 이하(규격치)이며, 방송측의 Rubidium 발진기도 같은 정도라고 생각하면 종합안정도는 $4.2 \times 10^{-11}/\text{sec}$ 이하로 된다. 따라서 (1)식으로부터 위상오차는 $2.4 \times 10^4 \text{ deg}$. 시간으로 환산하면 $4.2 \times 10^2 \text{ ns}$ 이하로 sec 정도의 ghost 에 대하여 충분히 무시 가능하다.

한편, 주파수합성기의 주파수 설정오차 Δf_D 에 의한 위상오차는 측정시간 T 에 비례해서 다음과 같이 된다.

$$\Delta\theta = 360 \Delta f_D T \text{ (deg)} \quad (2)$$

1회의 측정시간은 오차에 따라서 제한된다. Rubidium 를 이용하여 송신하는 방송파에서도 방송프로가 변화할 때마다 위상이 5 deg(시간으로는 $0.88 \mu \text{ sec}$) 이상 변화하는 일이 있으므로, 측정시간을 1 개의 방송프로(통상, 30 min 정도)이내로 하는 것이 바람직하다. 주파수합성기의 주파수는 $1 \times 10^6 \text{ Hz}$ 까지 설정할 수 있고, 최대 $0.5 \times 10^6 \text{ Hz}$ 의 설정오차에 의한 30 분간의 위상흐름은 (2)식으로부터 0.33 deg. 시간으로 하면 58 ns 로 된다. $\mu \text{ sec}$ 정도의 변동성분에 대해서 수 % 정도이며 따라서 30 분간의 측정을 충분히 정확하게 할 수 있다.

3. 실내 시뮬레이션에 의한 이동측정

본 측정장치를 이용하여 VHF 대의 텔레비전 방송

파를 수신하여 예비실험을 행하였다. 실제 시가지에서의 이동측정과 똑같은 상황을 재현하기 위하여, 그림 2 에서의 기준 수상기 대신에 Rubidium 발진기와 주파수합성기를 삽입한 그림 8 의 측정계를 이용하였고 거리펄스 대신에 pulse generator 로부터 주행속도에 상당하는 구형펄스를 인가하였다. 그림 9 에 측정된 수평동기 타이밍의 변동을 나타낸다. 그림의 데이터는 수상기의 평균입력신호가 $60 \text{ dB}\mu \text{ V}$. 지연이 $1.3 \mu \text{ sec}$ 및 $f_D = 0.5 \text{ Hz}$ 일 때 평균 DU 비를 변화시켰을 때의 측정량이다. 동기상실을 나타내는 타이밍의 급격한 변화를 제외하면 반파장 이상의 주기로 불규칙하게 변화한다. 이는 이론적 해석으로부터도 확인된 바 있다.^[4] 또 DU 비가 크게 될 수록 변화량은 작게 되고 DU 비가 20 dB 이상이 되면 ghost-flutter 가 거의 일어나지 않는 것을 알 수가 있다. 이는 실제로 관측되는 화질로부터도 확인 되었다. 이와 같이 본 측정계를 이용하면 페이딩과 함께 수평동기 타이밍이 복잡하게 변화하는 모양을 정밀하게 측정할 수가 있다.

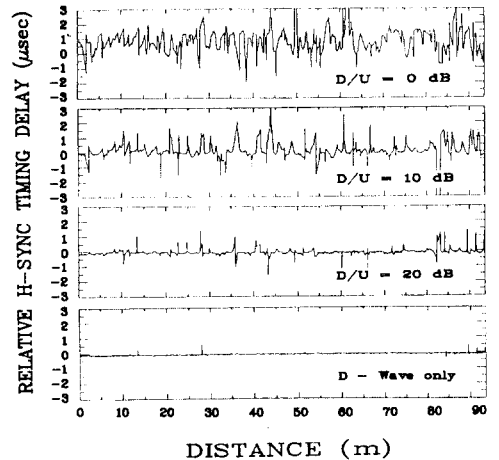


그림 9. 실내 시뮬레이션 실험에 의한 수평동기 타이밍 변동의 측정결과

Fig. 9. Measured H-sync timing variations in laboratory simulation test.

IV. 결론

본 논문에서는 별도의 원자시계를 기준신호로 이용한 고정도의 ghost-flutter 이동측정 시스템을 개발하여, 시가지에서 장소의 제약없이 ghost-flutter 를

이동측정할 수 있음을 밝혔다. 텔레비전 이동수신시 화상품질열화를 대표하는 ghost-flutter 는 수평동기 타이밍 변동량으로부터 검출되며, 그 정량적 측정결과는 텔레비전 이동수신에서 발생하는 화상품질열화의 평가법 연구에 있어 하나의 평가척도가 될 수 있다는 것을 밝혔다. 또 측정되는 수평동기 타이밍의 변동폭은 다중경로 전파의 대략적인 지연(delay profile)을 나타낼 수 있고, 그 타이밍 변동의 발생빈도가 다중경로 전파전파의 열악 정도를 직접적으로 나타내는 양이므로 시가지 전파전파구조(電波傳播構造)의 해석에도 많이 응용될 수가 있다고 생각된다. 특히 동기 타이밍 펄스의 변동량을 측정하는 기술은 금후 동기신호를 포함하는 광대역 각종 문자 및 화상정보의 디지털 이동통신 서비스의 기술개발에 있어 유용한 기초자료를 제공해줄 수 있으리라 생각된다.

參考文獻

[1] M.J. Gans, "A power-spectral theory of propagation in the mobile-radio," *IEEE Trans. on Vehicular Technology*, vol. VT-21, no.1, pp.27-38, Feb. 1972.

[2] M. Schwartz, W.R. Bennett, and S. Stein, *Communication Systems and Techniques*, McGraw Hill, New York, pp.469, 1962.

[3] F. Ikegami, S. Yoshida and M. Takahama, "Analysis of multipath propagation structure in urban area by use of propagation time measurement," *Proc. of ISAP*, Sendai, Japan, A-5-4, Aug. 1978.

[4] F. Ikegami, S. Yoshida, "Analysis of multipath propagation structure in urban mobile radio environments," *IEEE Trans. on Antenna & Propag.*, Vol.AP-28, pp.531-537, July 1980.

[5] F. Ikegami, S. Yoshida, "Discussions on propagation model in urban area," (in Japanese) *Papers of Technical Group on Antenna & Propag., IECE Japan*, AP81-94, Nov. 1983.

[6] D.H. Ha, "Models and characteristics of multipath propagation on mobile radio in an urban area," *韓國通信學會 論文誌*, 第14卷 第 4號, pp.293-306, 1989年

8月.

[7] W.D. Rummler, "A new selective fading model: Application to propagation data," *Bell Syst. Tech. J.* vol.58, no.5, pp.1037-1071, May-June 1979.

[8] W.D. Rummler, "Time- and frequency-domain representation of multipath fading on line-of-sight microwave paths," *Bell Syst. Tech. J.*, vol.59, no. 5, pp.763-796, May-June 1980.

[9] S. Ariyavistakul et al., "Fractional-bit differential detection of MSK: A scheme to avoid outages due to frequency-selective fading," *IEEE Trans. on Vehicular Technology*, vol. VT-36, no.1, pp.36-42 Feb. 1987.

[10] D.H. Ha, et al., "Measurements of television picture impairments in urban mobile reception," (in Japanese) *Papers of Technical Group on Antenna & Propag., IECE Japan*, AP83-40, pp.29-34, 1983.

[11] D.H. Ha, et al., "Picture impairments due to multipath propagation in mobile TV reception," *IEEE EMC Inter. Sympo., EMC '84 Tokyo, Japan*, vol.2, pp.697-701, Oct. 1984.

[12] D.C. Cox, "Correlation bandwidth and delay spread multipath propagation statistics for 910 MHz urban mobile radio channels," *IEEE Trans. on Communications*, vol. COM-23, no.11, pp.1271-1280, Nov. 1975.

[13] H. Fuse et al., "Analysis of urban multipath propagation structure based on frequency correlation characteristics (II)," (in Japanese) *Papers of Technical Group on Antenna & Propag.*, AP82-132, pp.35-38, Jan. 1983.

[14] D.H. Ha, "An analysis of the SYNC timing fluctuations in mobile visual communication under urban multipath propagation environments," *韓國通信學會 論文誌* 第14卷 第 5號, pp.472-486, 1989年 10月.

— 著 者 紹 介 —



河 德 鎬(正會員)

1954年 2月 18日生. 1972年 3月 ~ 1979年 2月 한양대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1982年 4月 ~ 1984年 3月 일본 경도대학 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 1984年 4月 ~ 1987年 3月 일본 경도대학 대학원 전자공학과 졸업(공학박사). 1974年 2月 ~ 1976年 11月 공군복무(레이다 정비). 1978年 11月 ~ 1981年 1月 (주) 금성사 중앙연구소 근무. 1987年 3月 ~ 1987年 8月 (주) 일본 마쯔시다 전기 무선연구소 연구원. 1990年 8月 ~ 1991年 8月 미국 University of California (at Davis) 방문연구원. 1987年 9月 ~ 현재 국립 부산수산대학교 정보통신공학과 조교수. 주관심분야는 이동통신, 안테나 및 전파전파, 무선통신, 디지털 통신시스템 등임.