

이질 누화 특성이 개선된 UTP LAN 케이블의 설계

김준형*, 이성준*, 오승기*

Design of UTP LAN Cable With Enhanced Alien Crosstalk Characteristic

June-hyong Kim*, Seong-jun Lee*, Sung-ki Oh*

요 약

본 논문에서는 이질 누화 특성이 개선된 UTP(Unshielded Twisted Pair) LAN(Local Area Network) 케이블의 설계를 제안하였다. 제안된 LAN 케이블은 불규칙적인 돌비 형태의 구조를 갖는 피복과 필요시 특수 제작된 크로스필러가 사용될 수 있게 설계되었다. 피복 내부면에 존재하는 서로 다른 높이와 폭을 갖는 돌비는 특정한 주파수 대역이 아닌 넓은 주파수 대역에 걸쳐 차폐부를 구현시킴으로서 외부의 다른 LAN 케이블에 끼치는 간섭을 줄일 수 있는 구조이다. 본 논문의 구조를 이용함으로써 케이블 피복에 구현되어진 차폐부로 인하여 이질 누화 특성을 향상시킬 수 있다. 또한 제안된 구조는 국제 규격인 ANSI/TIA/EIA-568-B.2-10 등을 만족시킨다.

Key Words : LAN cable, Augmented category 6, UTP cable, High speed communication

ABSTRACT

In this paper, the design of UTP LAN cable with enhanced alien crosstalk characteristic is proposed. Proposed LAN cable is made with jacket of the irregularly corrugation type. If necessary, it is possible to use the special cross-filler. The alien crosstalk characteristic is enhanced by using proposed cable with inner jacket of the irregularly corrugation type in wide frequency band. The design of the cable was based on parameters of the standard EIA/TIA 568-B.2-10.

I. 서 론

복잡해지는 IT 환경에서 데이터 센터의 통합 관리 중요성은 갈수록 증가하고 있다. 다양한 종류의 서버, 인터페이스 등을 하나로 관리해야 함은 물론 세계 각지에 퍼져 있는 데이터 센터의 통합 뿐만 아니라 데이터 센터를 관리하는데 필요한 비용과 시간, 공간 역시 무시할 수 없다. 현재, 이러한 시스템의 구현을 위하여 사용되는 LAN 케이블은 대용량의 정보를 송수신할 수 있어야 하며 케이블 간의 간섭을 최소화 시켜야 하고 미국 통신 산업협회의 통신 규격인 TIA/EIA의 기준에 따라 Category로 정의되는 적용 규격에 기초

하여 설계하는 것이 요구되어진다^{1,2)}.

특히, 일반 가정이나 사무실과 달리 데이터 센터와 같은 곳에서는 단위 시간당 전송 신호의 수를 증가시키기 위해서 400MHz~625MHz 대역에서 신호들의 송수신이 가능한 케이블이 요구된다. 이와 같은 케이블은 주파수 확장에 따른 통신 품질 저하를 예방하기 위하여 케이블 내부의 Pair들에 대한 간섭은 Pair들의 꼬임 조건의 최적화로 특성을 만족시킬 수 있으나 인접하는 케이블 간의 간섭인 이질 누화 특성은 케이블 내 Pair들의 조건 만으로 특성을 만족시키기가 어렵다. 이러한 요구사항들을 만족하는 LAN 케이블의 설계를 위해 케이블 내의 다양한 파라미터들에 대한 최

• 주저자 : 일진전기 전선사업본부 통신개발팀, junehyong.kim@iljin.co.kr, 준회원

* 일진전기 전선사업본부 통신개발팀

논문번호 : KICS2012-08-370, 접수일자 : 2012년 8월 22일, 최종논문접수일자 : 2012년 12월 14일

적화 뿐만 아니라 일부 구조의 변형 등의 다양한 시도들이 전개되고 있다³⁻⁶⁾.

현재, LAN 케이블 분야에서 이질 누화 특성을 줄이기 위한 방법으로는 FPCB (Flexible Printed Circuit Board) 등의 차폐용 테이프 소재를 추가하여 차폐를 시키는 방법과 피복 구조를 변형시켜 차폐 구조를 형성하는 방법 등이 있다. 차폐용 테이프를 사용하는 경우 차폐 효과는 좋으나 별도의 소재를 사용해야 하기 때문에 케이블의 무게가 증가하고 제품의 가격이 상승하는 단점을 가지고 있다. 피복 구조를 변형시켜 차폐 구조를 형성하는 방법은 별도의 재료가 요구되지 않으면서 케이블 자체에서 간섭을 줄일 수 있으며 다른 케이블 구조에도 동일하게 적용할 수 있으므로 많은 국내의 제조사들이 특허로서 그 기술을 보호하고 있다.

본 논문에서는 위에서 제시한 특성들을 개선시키는 LAN 케이블의 구조 및 개발을 위해 설계된 다양한 파라미터 및 설계 방법 등을 보인다. 제안된 구조는 Augmented Category 6의 규격이 정의된 ANSI/TIA/EIA 568-B.2-10의 국제 표준을 만족시킨다⁷⁾.

II. Cable Design

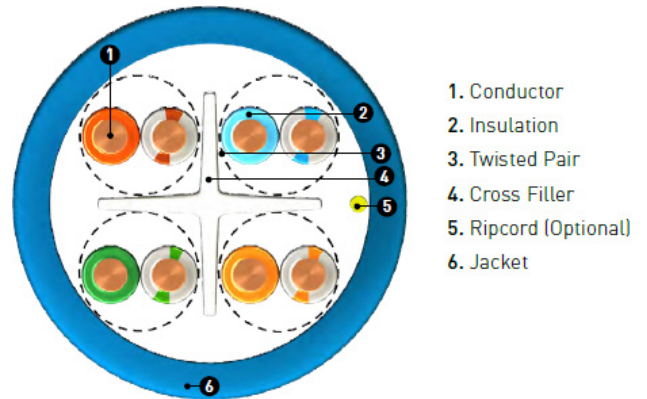
LAN 케이블은 UTP, FTP(Foiled Twisted Pair), STP(Screened Twisted Pair)와 같이 크게 3가지 종류로 분류된다. UTP 케이블은 별도의 차폐부가 없는 케이블이며 FTP 케이블은 케이블의 피복과 집합된 pair들 사이에 차폐부가 형성되어 있는 케이블을 말한다. 또한 STP 케이블은 집합된 Pair들 뿐만 아니라 각각의 pair들 에도 차폐부가 형성되어 있는 케이블이다. 이러한 LAN 케이블은 전송속도 및 용량에 따라 Category로 정의되는 적용 규격에 기초하여 설계되어지고 있다.

표 1. Category별 전송 특성

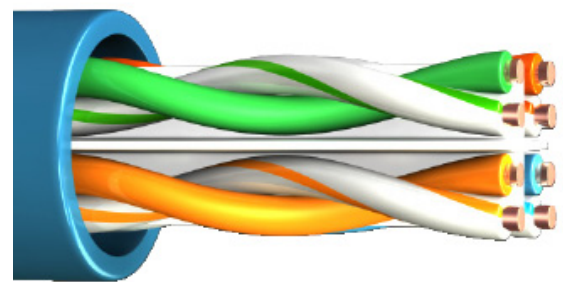
Table 1. Transmission characteristic according to each category

Category	Bandwidth	Data transmission ratio	Application
3	16 MHz	10 Mbps	10 Base-T
4	20 MHz	10 Mbps	10 Base-T
5	100 MHz	100 Mbps	100 Base-T
5E	150 MHz	1 Gbps	100 Base-T
6	250 MHz	10 Gbps	1G Base-T
6A	500 MHz	10 Gbps	10G Base-T

위의 표에 Category별 전송특성을 나타내었다¹¹⁾. 위의 Category 종류 중 5 이하는 현재 유지 보수용으로만 사용되며 Category 5E 규격의 보편화로 거의 사용하지 않는 규격이며 Category 5E와 6가 가장 많이 사용되고 있는 규격이다. Category 5E에서는 반사손실, 삽입손실, 전파지연, 근단누화 관련 전기적인 특성까지 규제하며, Category 6 케이블부터 4 pair 모두 양 방향으로 사용하므로 근단누화 뿐만 아니라 원단에서의 잡음도 영향을 끼치기 때문에 원단누화 특성이 추가된다. 또한 차세대 규격인 Category 6A 케이블부터는 기업체 서버 전산망, 데이터 센터 등에서 좀 더 빠른 속도의 안정적인 데이터 전송을 위해 인접하는 케이블 간의 간섭인 이질 누화 특성을 향상시키는 것이 요구된다.



(a) Sectional view



(b) Cable structure

그림 1. UTP LAN 케이블 구조
Fig. 1. UTP LAN cable structure

그림 1에 일반적인 UTP LAN 케이블 Category 6 구조를 나타내었다. 위의 케이블은 나선형으로 꼬여져 있는 4개의 pair들, 각 pair들을 이격시키는 크로스필러, 피복 구조로 구성되어 있다. LAN 케이블 내부의 pair들은 전기장이 형성된 지역을 케이블이

통과할 때 외부 잡음을 받는 부분이 지속적으로 변하게 되어 간섭률이 낮아지므로 일정한 간격인 피치로 꼬아진 형태를 갖는다. 또한 꼬아서 동심부가 커지게 되면 커지는 동심부 만큼 간섭률이 낮아진다. 필요에 따라 pair간의 혼선 등의 특성을 방지하기 위하여 각 pair들 사이에 십자형 크로스필러가 존재한다. 하지만 Category 6A 규격에서 요구하는 이질 누화 특성을 향상시키기 위해서는 인접하는 케이블 간의 간섭을 줄이기 위하여 케이블 피복부의 변형 등을 통한 차폐부의 구성이 필요하다. 이해를 돕기 위하여 그림 2에 UTP LAN 케이블 간의 이질 누화 현상을 보였다.

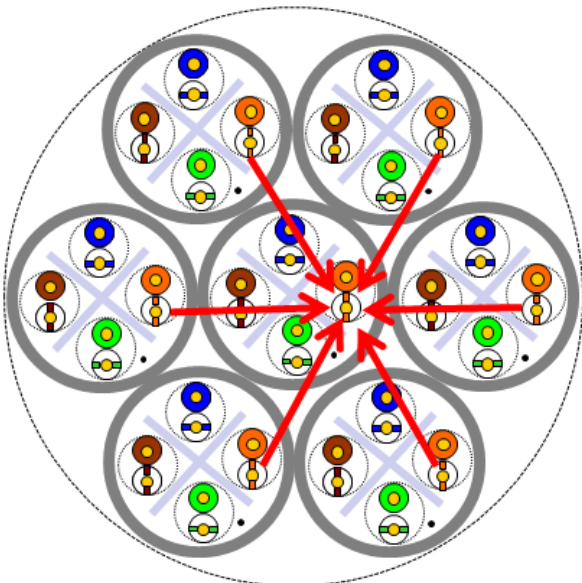


그림 2. UTP LAN 케이블 간의 이질 누화 현상
Fig. 2. Representation of alien crosstalk between two UTP LAN cables

위의 외계 간섭 특성을 향상시키기 위하여 제안된 구조에 적용된 기술은 케이블에 존재하는 표면파를 줄이는 돌비 구조를 피복 내측면에 구현하는 것이다. 표면파는 공기와 도체 표면과 같이 두 개의 서로 다른 유전율을 갖는 매질들 사이로 전파가 통과할 때 발생한다. 이와 같이 발생되어진 표면파는 케이블 간의 간섭을 일으키며 케이블의 특성을 저하시킨다. 이러한 표면파를 줄이기 위하여 1986년 Barlow, Cullen wait와 Kildal 교수 연구팀은 저지 대역을 갖는 주름 구조 형태의 소프트 표면 구조를 구현하여 안테나 등에서 표면파 억제 특성을 향상시킨 연구 결과를 발표하였고 이 후 1980년 대 초 UCLA의 Sievenpiper 연구팀은 고임피던스 전자기 표면에 관한 연구 등을 통하여 아래 그림 3과 같은

주름 구조 형태의 구조가 전파의 저지 특성을 갖는다는 것을 증명해 보였고 그 결과는 표 2와 같다⁸⁾. 인위적으로 구현한 소프트 표면과 하드 표면을 그림 3.(b)와 같이 구현할 경우 경계 조건, 수직 및 수평 편파의 투과, 저지 특성에 따라 표면을 3가지로 정의할 수 있으며 소프트 표면으로 구현 시 표면에서 수평 편파 및 수직 편파를 모두 차단시킬 수 있다는 이론이며, 이러한 기술은 연구 결과 발표 이후로 다양한 분야에 응용이 되어왔다^{9,10)}.

제안된 구조에서는 외계 간섭을 차단하는 역할을 수행 할 수 있도록 피복 내측면에 주름 구조와 같은 소프트 표면 기술을 적용한 돌비 구조를 구현하였다. 돌비는 높이 및 간격을 불균일하게 형성되도록 하였다. 이러한 구조의 구현으로 케이블 피복의 내측면을 타고 흐르는 전류들에 의해 발생하는 표면파를 억제시키는 차폐부가 형성되고 피복 표면에서 수평 편파 및 수직 편파를 동시에 차단시켜 외부 케이블 간의 간섭을 줄이는 것이 가능하다. 또한 일반적으로 균일하게 구현된 돌비 구조에 의하여 특정 주파수에서 구현되는 차폐 특성이 제안된 불균일한 돌비부를 갖는 구조를 구현함으로써 그림 3(a)에서 $\lambda/4$ 의 길이 등의 변화를 갖는 각 돌비부에서의 다른 차폐 특성을 보이게 하였고, 다른 차폐 특성을 보이는 대역이 서로 겹치면서 균일한 구조보다 폭 넓은 대역에서 차폐 특성을 나타낸다¹¹⁾.

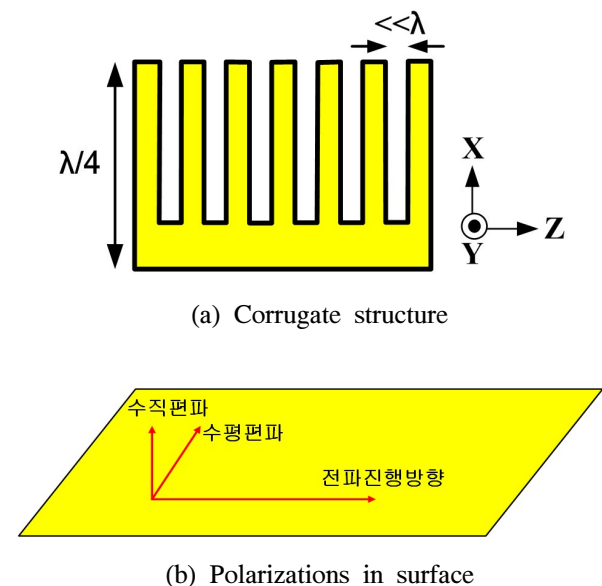


그림 3. 주름 구조
Fig. 3. Corrugate structure

표 2. 경계 조건에 따른 표면 분류
Table 2. Surface classification according to boundary condition

Surface type	Boundary condition	Horizontal polarization in surface	Vertical polarization in surface
Conductor surface	$E_H = 0$ $\partial E_V / \partial n = 0$	Stop	Pass
Soft surface	$E_H = 0$ $E_V = 0$	Stop	Stop
Hard surface	$\partial E_H / \partial n = 0$ $\partial E_V / \partial n = 0$	Pass	Pass

TIA/EIA 국제 표준의 Category 6A 관련 전기적 특성을 만족시키는 LAN 케이블 구조의 설계를 위하여 각 제작 공정상 파라미터들의 최적화된 설계가 요구된다. 아래에 각 제작 공정에서 고려되는 파라미터들과 설계 방법을 나열하였다.

1. 절연 : 전체 LAN 케이블의 주요 특성이 대부분 결정되는 가장 중요한 공정이다. 절연 공정의 주요 파라미터들에는 재료(도체, PE 등), 편심율, 신율, 압출기 온도, 니플 & 다이스 등이 있다. 규격에 따른 도체는 22AWG - 24AWG의 사이즈를 갖도록 설계되어야 하는데 23AWG가 추천되어진다. 이러한 도체경을 만족시키기 위해서 절연 공정 내 신선에 배치하는 적절한 개수와 크기를 갖는 다이스의 선택이 중요하다. 도체경의 허용 오차는 $\pm 0.0015\text{mm}$ 를 유지하도록 하며 18-25% 내의 신율을 갖도록 해야 한다. 이렇게 준비되어진 도체를 압출기를 통과시키며 절연을 실시하는데 임피던스 값을 유지시키면서 포피효과 등의 특성을 고려한 설계가 요구된다. 또한 공정상 선속이 1300-2000mpm 정도로 빠르게 생산되지만 도체가 정중앙에 위치되도록 편심율 96% 이상을 유지하며 생산되도록 해야 한다. 편심율이 일정하지 않고 한쪽으로 치우쳐질 경우 각 pair간의 도체가 가까워져 케이블 내부 및 외부의 혼선을 야기하게 된다.

2. 2개연 및 집합 : 2개연 공정에서는 절연된 선재들을 꼬아 pair를 구현하는 공정이며 집합 공정은 4개의 pair를 하나로 모아 전체를 꼬아주는 공정이다. 이 공정에서 주요 파라미터들은 2개연 및 집합 피치, 장력, 백트위스트 비율 등이 있다. 2개연 공정에서 피치는 각 Pair간 간섭을 줄이기 위하여 서

로 다른 값의 적절한 피치를 갖도록 하는 것이 중요하며 선재에 스트레스를 주는 행위를 줄이기 위하여 700-1000g 사이의 적절한 장력으로 선재가 리드되어야 한다. 피치가 비슷한 선재가 인접할 경우 내부 및 외부 혼선을 야기한다^[1]. 또한 선재가 반듯이 리드되는 경우보다 스트레스를 감소시키기 위하여 약간의 뒤틀림을 갖도록 백트위스트 비율 (15-30%)을 조절하여 꼬는 공정이 진행되도록 해야 한다. 집합 공정에서는 청-백청, 등-백등, 녹-백녹, 갈-백갈 순으로 시계 방향의 배열을 유지하며 4개의 Pair가 적절한 장력과 함께 하나로 모아지도록 한다. 이 경우 각 Pair들간의 간섭을 감소시키기 위하여 크로스필러를 이용할 수도 있다. 또한 하나로 모아진 선재는 인접한 케이블 사이의 간섭을 줄이기 위하여 80-120mm 사이의 값으로 무작위로 변경되는 집합 피치 값을 갖도록 하여 생산하도록 한다.

3. 피복 : 집합된 선재를 외부 충격으로부터 보호하기 위하여 PVC 등과 같은 재료로 피복을 하는 공정으로 Category 6까지는 CM, CMR, CMP 등의 난연 특성 및 비중, 인장 등의 피복에서 요구하는 특성을 만족시키는 재료의 선택, 집합된 선재에 달라붙지 않도록 하는 것 외에 전기적인 특성에 크게 영향을 주는 요소는 없었으나 Category 6A부터는 인접하는 타 통신 케이블 또는 기타 전자 장비로부터 발생하는 전자파에 의한 이질 누화를 차단하는 역할을 수행 할 수 있도록 제안된 구조에서는 피복 내측면에 11~13개 내의 돌비를 구현하였다. 이러한 돌비는 폭과 높이, 간격은 각각 1~2mm내로 불균일하게 형성되도록 하였다. 그 이유는 피복 내측면의 불균일한 돌비의 구현을 통하여 주름 구조가 형성된다. 이러한 구조는 내측면을 타고 흐르는 전류들에 의해 발생하는 표면파를 억제시키는 차폐부를 형성시키고 각 차폐 특성은 돌비부에서 발생하는 고조파성분에 의해 차폐를 형성하는 특정 대역 주파수의 2배, 3배 등의 기생 주파수 대역에서 차폐특성을 나타내게 되어 일반적인 피복 내측면의 돌비 크기가 균일한 구조보다 폭 넓은 대역에서 차폐 특성을 나타낸다. 제안된 구조는 이러한 돌비를 내측면에 구현함으로써 이질 누화 특성을 향상시킨다. 이렇게 피복된 케이블은 외경이 국제 표준 규격에 기재된 것처럼 9mm 이내에서 생산되었다.

위 공정들에 대한 특성에 가장 큰 영향을 끼치는 주요 파라미터들을 소개하였지만 실제적으로 개발 및 양산시 고려해야 할 특성은 무수히 많으며 이들

에 대한 전체적인 최적화가 UTP LAN 케이블 Category 6A에 대한 특성을 보증한다. 각 공정에서 주요한 파라미터들의 최적화를 통하여 제작된 UTP LAN 케이블 Category 6A 구조를 아래의 그림 4 (a), (b)에 나타내었다. 또한 제안된 구조와 그림 4 (c)에 보인 일반적인 Category 6의 구조 특성을 LAN 케이블의 전기적 특성을 측정하기 위해 사용되는 DCM 케이블 측정 장비로 측정한 결과를 표 3에 나타내었다. 이 결과는 기존의 Category 6 구조에서 24AWG의 도체를 사용하던 것과 달리 23AWG를 사용함으로써 선재의 절연 두께도 조금 늘어났으며 이로 인하여 내부 Pair간 간격이 증가하여 내부 간섭 특성이 기존의 Category 구조보다 평균 22dB정도 개선된 결과를 보였다. 또한 제안된 돌비 형태의 구조가 적용된 피복 구조를 이용하여 표 3에서 보여진 것과 같이 외부의 간섭 특성이 평균 10dB 정도 향상된 특성을 나타냄을 확인하였다. 이와 같은 결과를 통하여 제안된 구조는 기존의 Category 6 케이블보다 더욱 향상된 특성을 보이며 국제 표준 규격을 동시에 만족시킴을 확인할 수 있다.



(a) Jacket of proposed cable



(b) Proposed LAN cable



(c) General category 6 cable

그림 4. 이질 누화 특성이 개선된 UTP LAN 케이블
Fig. 4. UTP LAN cable with enhanced alien crosstalk characteristic

표 3. 제작된 UTP LAN 케이블 샘플의 특성
Table 3. Characteristic of fabricated UTP LAN cable sample

Frequency [MHz]	Return loss [Min. dB]			NEXT [Min. dB]		
	Spec.	Typ.	Prev.	Spec.	Typ.	Prev.
1	20.0	29.0	25.0	74.3	94.0	77.0
4	23.0	31.0	24.9	65.3	89.0	68.0
8	24.5	33.0	24.9	60.8	85.0	62.0
10	25.0	35.0	24.8	59.3	83.0	59.0
16	25.0	36.0	24.6	56.2	80.0	58.0
20	25.0	36.0	24.5	54.8	78.0	57.0
25	24.3	35.0	24.2	53.3	77.0	56.0
31.25	23.6	34.0	24.0	51.9	76.0	55.0
62.5	21.5	33.0	23.8	47.4	70.0	50.0
100	20.1	32.5	23.0	44.3	68.0	47.0
155	18.0	31.0	22.0	39.8	65.0	45.0
200	17.3	30.5	21.0	38.3	62.0	42.0
300	16.8	29.0	19.6	37.1	61.0	40.0
350	16.3	28.0	17.5	36.1	60.0	36.0
400	15.9	27.0	16.1	35.3	59.0	34.0
450	15.5	26.5	15.3	34.5	58.0	33.0
500	15.2	26.0	14.9	33.8	57.0	32.0
625	14.5	25.0	13.8	32.4	53.0	31.0

Frequency [MHz]	PSNEXT [Min, dB]			ELFEXT [Min, dB/100m]		
	Spec.	Typ.	Prev.	Spec.	Typ.	Prev.
1	72.3	92.0	74.0	67.8	92.0	80.0
4	63.3	84.5	65.0	55.8	80.0	73.0
8	58.8	80.0	59.0	49.7	75.0	65.0
10	57.3	77.0	56.0	47.8	72.0	61.0
16	54.2	74.0	55.0	43.7	68.0	60.0
20	52.8	73.0	54.0	41.8	65.0	59.0
25	51.3	71.0	53.0	39.8	63.0	57.0
31.25	49.9	70.0	52.0	37.9	62.0	53.0
62.5	45.4	65.0	47.0	31.9	56.0	48.0
100	42.3	62.0	44.0	27.8	52.0	45.0
155	37.8	58.0	41.0	21.8	48.0	42.0
200	36.3	56.0	39.0	19.8	44.0	39.0
300	35.1	55.0	37.0	18.3	42.0	35.0
350	34.1	54.0	35.0	16.9	41.0	33.0
400	33.3	53.0	33.8	15.8	40.5	31.0
450	32.5	52.0	31.7	14.7	40.0	29.8
500	31.8	51.0	30.5	13.8	39.0	25.0
625	30.4	50.0	29.8	11.8	36.0	20.5

III. 결 론

본 논문에서는 이질 누화 특성을 향상시키는 UTP LAN 케이블 Category 6A 구조를 제안하였고 그 구조의 설계 방법에 대하여 상세한 설명을 하였다. 제안된 구조는 기존의 Category 6에서 사용되었던 도체 사이즈인 24AWG에서 23AWG로 사이즈를 크게 하고 이에 맞게 특성을 최적화하여 내부 간섭 특성 등을 개선시켰으며, 불균일한 돌비를 피복 내측면에 구현함으로써 케이블 간에 영향을 끼치는 이질 누화 특성을 향상시킬 수 있었다. 또한 제안된 구조는 Augmented Category 6의 규격이 정의된 ANSI/TIA/EIA 568-B.2-10의 국제 표준을 만족시키며 우수한 특성을 나타냄을 확인하였다. 제안된 구조는 케이블 내부의 배열 구조를 달리하거나 다른 형태의 LAN 케이블 구조에도 동일하게 적용될 수 있다.

References

[1] ANSI/TIA/EIA-568-B, *Telecommunications Industry Association standard for telecommunications cabling in commercial building.*

[2] M. J. Ryu and S. T. Seo, "Giga-bit ethernet of UTP cable alliance : 1000BASE-T,"

Information and communications Magazine (KICS), vol. 13, no. 12, pp.112-120, Dec. 1999

[3] R. Tanaka, "Special design for augmented LAN cable," in *Proc. Int. Wire and Cable Symposium,* pp. 135-140, Nov. 2006.

[4] C. Kuniyoshi, D. Scheiner, and H. Durigan, "Jacketing properties and the influences in LAN UTP cables," in *Proc. Int. Wire and Cable Symposium,* pp. 157-163, Nov. 2010.

[5] N.A. Strakhov, "Crosstalk on multipair cable - theoretical aspects," *National Telecommunications Conference Record,* Nov. 1973.

[6] A. Gonçalves, C. Kuniyoshi, and D. Scheiner, "Optimization of twisting lay length using genetic algorithm on LAN cables," in *Proc. Int. Wire and Cable Symposium,* pp. 512-515, Nov. 2010.

[7] ANSI/TIA/EIA-568-B.2-1, Commercial building telecommunications cabling standard" Balanced Twisted Pair Cabling Components, Transmission Performance Specifications for 4-Pair 100Ω Augmented Category 6 cabling.

[8] P. S. Kildal, E. Lier, and J. A. Aas, "Artificially soft and hard surface in electromagnetics and their application," in *Proc. IEEE Int. Symp. Antenn. Propag.,* vol. 2, no. 8, pp. 832-835, Jun. 1988.

[9] P-S Kildal, "Artificially soft and hard surface in electromagnetics," in *Proc. IEEE Trans. Antenn. Propag.,* vol. 38, no. 10, pp. 1537-1544, Oct. 1990.

[10] E. Rajo-Iglesias, M. Caiazzo, L. Inclán-Sánchez and P. S. Kildal "Comparison of bandgaps of mushroom-type EBG surface and corrugated and strip-type soft surfaces," in *Proc IET Microw. Antenn. Propag.,* vol. 1, no 1, pp. 184-189, Feb. 2007.

[11] J. H. Kim and H. M. Lee, "Compact ultra-wideband chip antenna using square spiral slot," in *Proc. APMC 2009,* pp. 1898-1901, Dec. 2009.

김 준 형 (June-hyong Kim)



2009년 경기대학교 전자공학과 공학사

2011년 경기대학교 대학원 전자공학과 공학석사

2011년~현재 일진전기 통신개발팀 사원

<관심분야> 전자공학, 전파공학, 유무선 통신시스템, 광통신 및 광가입자망 구축, 케이블 및 접속재

이 성 준 (Seong-jun Lee)



2006년 건국대학교 전자공학과 공학사

2008년 건국대학교 대학원 전자정보통신공학과 공학석사

2011년~현재 일진전기 통신개발팀 대리

<관심분야> 전자공학, 통신공학, 광/동통신 공학

오 승 기 (Sung-ki Oh)



1996년 전남대학교 공업화학공학과 공학사

2007년~2009년 일진전기 신기술 연구소 소장

2009년~현재 일진전기 통신개발팀 팀장

<관심분야> 전파공학, 광전송공학, 광섬유, UC