

전도성사를 매체로 한 직렬 통신 프로토콜 성능

Performance of Serial Communication Protocols through Conducting Threads

김 나 영*
Nayoung Kim

김 환**
Hwan Kim

김 주 경***
Jukyong Kim

권 영 미****
Youngmi Kwon

요 약

최근 들어 전도성 섬유를 사용한 의료 및 엔터테인먼트 관련 어플리케이션들이 제안되고 있지만, 전도성 섬유를 이루는 전도성사의 성능에 대한 기본 자료는 그 실을 만들어내는 회사가 제시하는 몇 가지 특성 말고는 통신을 위해 필요한 특성이 정립되어 있지도 않고 검증되어 있지도 않은 상태이다. 따라서 전도성사가 통신에 사용될 때 어느 정도의 통신성능을 보이는지 검증하고, 기존의 통신 프로토콜들이 전도성사를 이용한 통신에서도 적용될 수 있을지, 아니면 새로운 프로토콜이 개발되어야 할지 가이드라인이 필요하다. 본 논문에서는 국내 및 국외의 전도성사의 특성을 취합하여 분류해 보고, 가장 간단한 통신 프로토콜인 RS232 등의 직렬 통신 프로토콜들을 이용해 각 전도성사들의 전도 효율성을 실험하여 그 성능을 알아보았다. 국내 및 국외의 6가지 실에 대해 0.5m, 1m, 2m, 3m 길이에 대해 통신 성능을 실험하였으며, 데이터 전송률과 에러율을 측정하였다. 통신 프로토콜로는 RS485가 모든 부류의 전도성사에 대해 데이터를 전송하는 우수한 전도특성을 나타냈으나 거리에 비례하여 에러율이 높아지게 되어 이론상 12km까지 장거리 전송용으로 사용될 수 있는 RS485의 특성을 살릴 수 없었다. 아예 전도 기능을 보이지 않은 실들을 제외한 다른 전도성사들에 대해서는 RS232가 어려 없이 가장 안정적인 처리율을 보였다. USB와 같은 고속 통신 프로토콜도 전도성사를 이용한 데이터 전송에 활용될 수 있음이 확인되었으나, 전송가능 거리가 최대 2m를 넘는 거리에서는 아예 전도성사를 통해 통신이 이루어지지 않았다. 또한 USB 프로토콜은 전원까지 전도성사를 사용해 공급하는 경우 매우 불안한 동작을 보여, 전원공급 문제가 우선적으로 해결되어야 함을 알 수 있었다. 본 연구는 추후 전도성사를 이용하는 통신 프로토콜의 개발과 통신용 전도성 섬유 개발 시 고려해야 할 요구사항의 기본 데이터로 활용될 수 있을 것이다.

ABSTRACT

Recently medical and entertainment applications using conducting textile are suggested, but the data of conducting threads are not characterized, classified and verified. Only the data sheet published by manufacturing companies is available. Thus we need to verify the performances of the threading threads in communication. And we need a guideline if the existing communication protocols can be used for the conducting threads communication or the new specific communication protocols have to be developed for the communication. This paper classifies the characteristics of conducting threads made by domestic and overseas companies. Based on the criteria we classified conducting threads into three classes: class A, class B and class C. Further we carried out experiments to verify the adaptability of existing simple serial communication protocols such as RS232. Six different conducting threads are used in experiments and the length of each thread was 0.5m, 1m, 2m and 3m. The data transmission rate and error rate are collected and analyzed. RS485 is very prone to error due to static electricity from human and environment. So it may not be appropriate as long-distance communication protocol up to 12km which is possible in theory. RS232 shows stable and error-less data transmission ability even though every conducting thread didn't show transmission capability over RS232. USB protocol shows high data rate transmission but the distance cannot be exceeded over 2m. Additionally, USB requires stable power supply. But if the power is supplied through conducting thread, its function is not

* 정 회 원 : 이글루 시큐리티
nykim@igloosec.com

** 준 회 원 : 서울시립대학교 컴퓨터공학과 석사과정
hwnakim@gmail.com

*** 준 회 원 : 충남대학교 정보통신공학과 석사과정
iliwhoth@cnu.ac.kr

**** 정 회 원 : 충남대학교 정보통신공학과 교수(교신저자)
ymkwon@cnu.ac.kr

[2011/06/17 투고 - 2011/06/21 심사 - 2011/07/20 심사완료]

☆ 이 논문은 2008년도 충남대학교 학술연구비의 지원에 의하여 연구되었음

guaranteed. This research would be used as the basic data to devise communication fabric protocols using conducting threads.

☞ keyword : conducting thread, serial communication protocol, fabric area network, RS485, RS232, USB

1. 서 론

최근 들어 전도성 섬유를 사용한 의료 및 엔터테인먼트 관련 어플리케이션들이 제안되고 있지만 [1-4], 전도성 섬유를 생산하고 있는 국내 및 국외 제조사들은 통신을 위한 전기적 특성 및 기타 물리적 특성에 대한 정보 외에는 통신과 관련한 실제 가능성을 제시하지 않고 있다. 금속전선을 옷감 속에 짜 넣기는 쉬운 일이 아니다. 구리가 가장 일반적인 전기 도체이지만 무거우며, 옷에 부착할 수는 있지만 옷과 일체화시킬 수 없고, 값이 비싸며 세탁 시 전선의 훼손이 우려되고 분리 및 재 부착 시켜야 하는 번거로움이 있다. 이에 반해 전도성 섬유는 가볍고 유연하며 세탁에 대한 문제점을 해결하여 구리를 대체하기에 좋다. 금속으로 코팅된 섬유 여럿을 한데 감으면 가볍고 유연하면서 전기전도성을 갖게 되어 구리보다는 전도성이 떨어지지만 통신에 필요한 전기신호를 보낼 수 있게 된다. 전도성 섬유는 1998년에 전도성 있는 부드러운 직조물 관련한 첫 특허가 미국에서 나온 이후 [5] 2008년의 압력에 견딜 수 있는 전도성 섬유 관련 특허 [6]와 2009년 전선을 갖는 혼합 직물 관련 특허 [7] 등 특허가 계속 출원되고 있다. 또한 재킷이나 조끼와 같은 환자복에 사용되는 등 헬스케어 방면에서 그 활용이 시도되고 있다. 전기를 통과시켜 발열시킴으로써 체온을 유지시켜 주기 위한 단순한 용도 [3]와 달리 전도성사를 의복에서 통신용으로 사용하기 위해서는 전도성사의 특성에 대한 기본 연구, 전도성사의 특성을 해치지 않도록 옷감에 스티칭하기 위한 연구, 전도성사를 이용한 통신용 프로토콜 개발 등 여러 가지 연구들이 선행되어야 한다.

본 논문에서는 통신 프로토콜 중 가장 단순한 프로토콜인 직렬통신 프로토콜에 대해 전도성사를 매체로 했을 때의 전송 성능이 가능한지를 연구하

였다. 현재 개발되어 판매되고 있는 국내의 전도성사들을 그 전기저항의 특성에 따라 3개의 클래스로 분류하였으며 각 클래스의 전도성사에 대해 저속 프로토콜인 full-duplex RS-232, 12km까지 장거리 전송이 가능한 half-duplex RS-485, 그리고 1.1 버전이 12Mbps까지의 고속 전송이 가능한 USB 프로토콜의 성능을 실험하여 fabric area network [8] 프로토콜로서의 적합성을 분석 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 여러 특성을 datasheet로 갖는 전도성사를 통신 용도 시 어떻게 분류할 것인가를 설명하고, 3장에서는 전도성사를 이용한 통신프로토콜의 성능 실험 방법과 결과를 보이며, 4장에서 각 실험의 의의를 분석하고, 5장에서 결론을 맺는다.

2. 전도성사의 분류

2.1 전도성사의 특성

전도성사에 대해 data sheet에서 제시하는 특성을 분류해 보면 (표 1)과 같이 전기적 특성으로 전기저항, 전도성, 전자파 차폐율이 있고, 재질에 따라 은 함량, 금속도포여부, 사용금속 등이 있으며, 실 자체의 특성으로 yarn number, yarn diameter, metal filament type, filament per yarn, filaments, 인장강도, elongation stretch, dynamic cut 특성 등이 있다. 이외에도 100°C에서 10분 동안의 열수축율, 꼬임 정도 (twist), 끈기 (tenacity) 등의 특성이 있다. 그러나 이들 중 모든 전도성사가 공통으로 제시하고 있는 특성은 yarn number 뿐이며 다른 특성들은 공개되어 있지 않아 일반화시켜 비교할 수 없는 상황이다. 그러나 yarn number는 실의 굵기를 나타내는 지표로서 강도 및 재질과 함께 옷감의 쓰임을 결정하는데 사용되어, 통신을 목적으로 하는 실의 특성을

(표 1) 전도성사 datasheet 특성 분류

전기적 특성	전기저항, 전도성, 전자파 차폐율
재질 특성	은함량, 금속도포여부, 사용금속 종류
Yarn(실) 특성	yarn number, yarn diameter, metal filament type, filament per yarn, filaments, 인장강도, elongation stretch, dynamic cut
기타 특성	100°C에서 10분 동안의 열수축율, 꼬임 정도 (twist), 끈기 (tenacity)

구분하는 지표로는 부족하다. 통신용도로의 각 실들 성능을 비교하기 위해 본 논문에서는 이 중 대부분의 전도성사가 데이터로 제시하고 있는 전기저항을 기준 특성으로 잡았다.

2.2 전기저항에 의한 전도성사의 분류

(표 2)와 같이 전기저항을 기준으로 155mΩ/cm까지의 낮은 저항을 갖는 전도성사를 하나의 클래스로(Class A), 10,000mΩ/cm까지의 중간 저항을 갖는 전도성사 (Class B)와 10,000mΩ/cm 이상의 높은 저항을 갖는 전도성사 (Class C)를 구분하였다. 각 클래스에 해당하는 국내외의 전도성사 중 실험에 사용한 전도성사는 (표 2)에 나타났다. 이 중 Class A인 Amberstrand 사의 실들은 니켈(Ni), 구리(Cu), 은(Ag)을 전도매체로 사용하는 3종류의 실에 대해 실험하였고[9], Class B의 경우는 일반사와 재봉사 [10] 두 가지에 대해 실험하였으며 Class C는 Shieldex사의 실을 실험하였다[11].

3. 전도성사를 이용한 통신 프로토콜의 성능 실험

전도성사는 신체에 접촉하여 통신에 사용되므로 수 미터의 거리 이내에서 통신이 이루어지게 된다. 따라서 본 연구의 실험에서는 전도성사의 길이 50cm, 1m, 3m에 대해 통신성능을 측정하였다. 각 길이의 전도성사에 대해 (표 3)의 특징을 갖는 가장 간단한 시리얼 통신프로토콜들인 RS232, RS485와

(표 2) 실험에 사용된 전도성사 클래스 분류

클래스	전기저항(Ω/cm)	실의 종류
Class A	1.7mΩ/cm ~ 155mΩ/cm	AmberStrand_Cu AmberStrand_Ni AmberStrand_Ag
Class B	10,000mΩ/cm	Ajin_D210 Ajin_D100A
Class C	100,000mΩ/cm ~ 120,000mΩ/cm	SHIELDDEX 44/12dtx

(표 3) 실험에 사용된 직렬전송 프로토콜

통신 프로토콜	특징	전송 가능거리	속도 (bps)	half/full duplex
RS-232	single-ended	15m	9,600 19,200	Full
RS-485	differential	1.2km	2,400 9,600 19,200	half
USB	differential	5m	12 Mbps	half

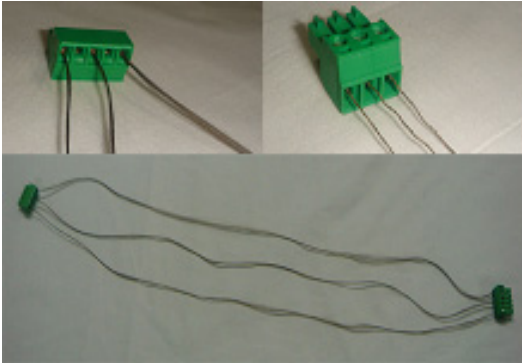
고속프로토콜 USB의 적용가능성을 실험하였다.

각 프로토콜에 대해 전송률과 에러율을 측정하였는데, 전송률은 에러가 있더라도 정보로 오는 것들을 모두 카운트 한 결과값이며, 에러율은 송신 데이터와 다른 값으로 수신된 비트들을 카운트 한 것이다.

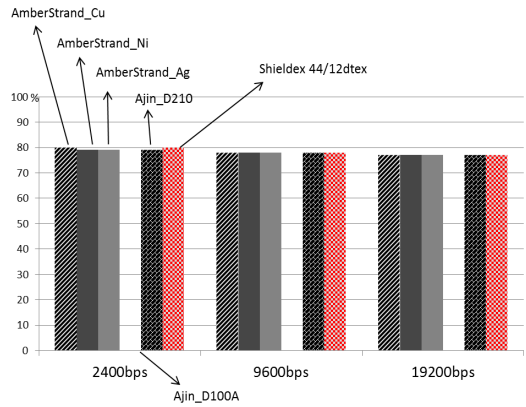
3.1 실험 환경

전도성사를 송수신 프로토콜이 동작하는 시스템에 연결하기 위해 (그림 1)과 같은 커넥터들을 사용했다. (그림 1)은 3개의 라인(Tx, Rx, Ground)으로 동작하는 RS485 통신 매체로 전도성사를 연결한 모습이다.

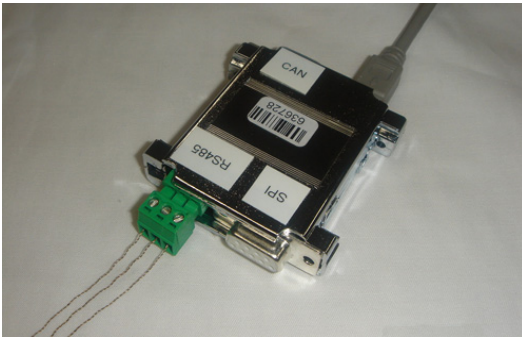
(그림 2)는 전도성사가 연결된 커넥터를 통신 프로토콜 장치에 연결한 모습이다. 그리고 (그림 3)은 사용자 커맨드에 따라 각 프로토콜 별로 송수신 기능을 동작시키고 데이터 처리율 및 에러율을 수집하기 위한 노트북에 RS485 프로토콜 장치를 연결한 모습이다. 전도성사가 옷감에 가공되기 이전의



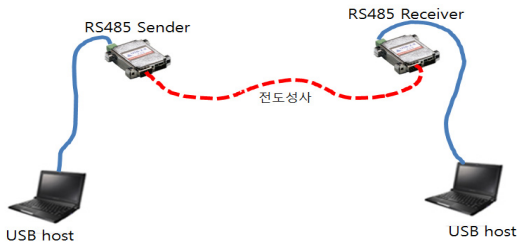
(그림 1) 전도성사 연결을 위한 커넥터



(그림 4) RS232 전송률 실험결과



(그림 2) 커넥터를 통신 프로토콜 장치에 연결



(그림 3) 노트북까지 최종 연결된 실험 환경

순수한 통신 능력을 측정하기 위해 (그림 1)과 같이 면으로 된 천 위에 각 전도성 실을 얹어놓고 실험하였다. RS232와 USB는 직접 host에 연결하여 실험하였다. Host는 RS232와 USB 인터페이스를 갖고 있으며 1.66GHz Intel ATOM N280 프로세서와 DDR2 타입의 1GB 메모리를 갖는다.

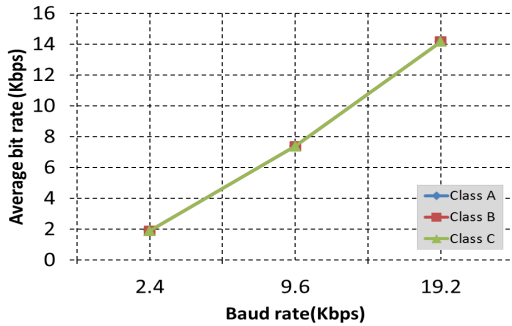
3.2 전도성사에 대한 RS232 프로토콜 성능

RS232 통신은 ground를 기준으로 3V이상의 신호는 논리적으로 0을 나타내며 -3V 이하의 전기적 신호가 들어오면 논리적으로 1을 나타낸다[12].

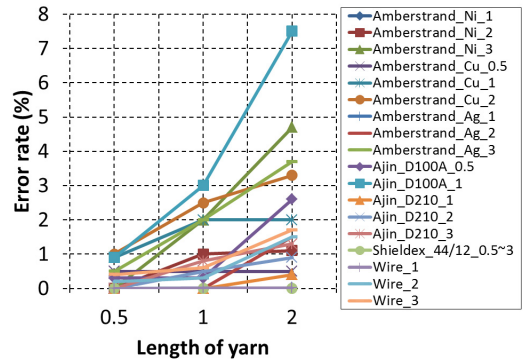
Class A, class B, class C의 전도성사에 대한 RS232 실험 결과는 (그림 4)와 같이 class A는 RS232 baud rate 2.4Kbps에서 평균 1.9Kbps라는 평균 80%의 전송률을 보였고, baud rate 9.6Kbps에서는 평균 7.5Kbps (78% 전송률), baud rate 19.2Kbps에서 평균 14.8Kbps로 평균 77%의 전송률을 보였다. Class B와 Class C에서도 Class A와 비슷한 77% ~ 79%의 평균 전송률을 보였다. 하지만 Class B Ajin_D100A의 경우 baud rate에 따른 0.5m, 1m, 2m, 3m의 모든 실험에서 통신이 불가능 했다. 일반사 (Ajin_D100A)는 일반적인 면사이며, 재봉사(Ajin_D210)는 면으로 되어 있지 않고 미끈미끈하게 제조된다. 재봉사의 경우에는 전송이 잘 되는데, RS232에 대해 일반사는 전송능력을 전혀 보이지 않았다.

3.3 전도성사에 대한 RS485 프로토콜 성능

RS485 통신은 +, -, ground의 3선으로 통신을 하며, +, - 선의 전위차가 0.2V 이상이 되면 논리적으로 1을 나타내고 -0.2V 이하의 전위차가 발생되면 논리적으로 0을 나타낸다[13].



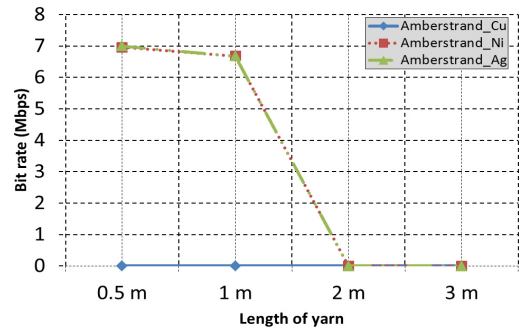
(그림 5) Class A,B,C 전도성사의 RS485 전송률



(그림 6) RS485 에러율 실험결과

(표 4) Ajin_D100A의 RS485 실험결과

Baud Rate (Kbps)	길이 (m)				
	0.5	1	2	3	
2.4	전송률	1.89	1.89	0	0
	에러율	0.3	0.9	99.9	99.9
9.6	전송률	7.52	7.48	0	0
	에러율	0.3	3	99.9	99.9
19.2	전송률	14.87	14.83	0	0
	에러율	2.6	7.5	99.9	99.9



(그림 7) Class A 전도성사의 USB 전송률

Class A, class B, class C의 전도성사에 대한 RS485 실험 결과는 (그림 5)와 같이 class A인 Amberstrand사의 Ni, Ag, Cu와 class B의 Ajin_D100A 일반사와 Ajin_D210 재봉사, class C의 Shieldex사의 44/12의 전송률은 RS485 baud rate 2.4Kbps에서 평균 1.8Kbps의 전송률을 보였고 (75%), baud rate 9.6Kbps에서 평균 7.3Kbps (76%), baud rate 19.2Kbps에서 평균 14.17Kbps (74%)의 비슷한 전송률을 보였다.

다만, (표 4)에 보인 것과 같이 class B의 Ajin_D100A 일반사는 2m 이상부터 전혀 전송이 이루어지지 않았다.

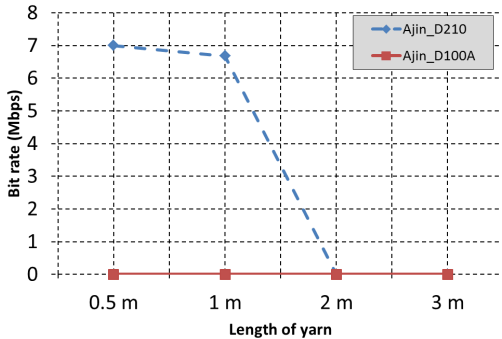
RS485 프로토콜에서는 데이터 전송에 에러가 생겼는데, (그림 6)과 같이 class C의 Shieldex사 전도성사를 제외하고는 모든 전도성사에서 에러가 발생하였다. 이 에러율은 전도성사의 길이와 RS485 baud rate에 따라 함께 증가하는 실험 결과를 보였다. 3m 이내의 실험에서 이와 같이 거리에 비례하

는 에러를 보이므로, 이론상으로는 12km 정도의 긴 거리까지 통신이 가능하다는 RS485 프로토콜이지만 전도성사를 매체로 사용할 경우는 전송가능 거리가 매우 짧게 제한된다고 볼 수 있다.

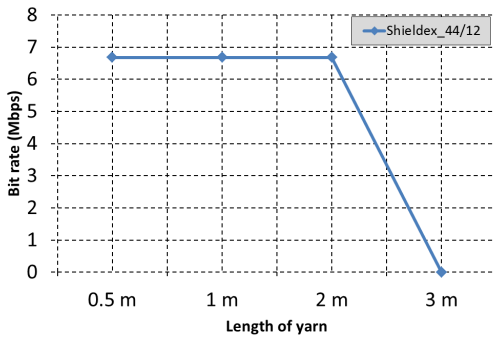
3.4 전도성사에 대한 USB 프로토콜 성능

본 실험에서는 USB 장치에 안정적인 전원 공급을 위하여 전원 공급선인 V_{bus} 에는 전도성사가 아닌 일반 wire를 사용했으며, 데이터 전송을 위한 통신선 D+와 D-에는 전도성사를 사용하였다[14].

USB 통신 실험에서 class A에 속하는 Amberstrand_Ni와 Amberstrand_Ag는 (그림 7)과 같이 0.5m인 경우 6.955Mbps, 1m인 경우 6.674Mbps의 높은 전송률을 보였지만 2m와 3m인 경우 통신이 불가능 했다. 또한 통신이 가능하다 해도 전도성사의 길이가 길



(그림 8) Class B 전도성사의 USB 전송률



(그림 9) Class C 전도성사의 USB 전송률

어질수록 전송 속도가 낮아지는 현상을 보였다. Class A중 Amberstrand_Cu는 0.5m, 1m, 2m, 3m의 모든 실험에서 통신이 불가능 했다.

Class B의 경우, Ajin_D100A는 통신 능력을 보이지 못했다. Ajin_D210의 경우만 class A와 비슷한 결과를 냈을 뿐이다. Class C의 경우는 2m까지 통신이 가능하였고 통신거리가 길어져도 전송률이 떨어지지 않고 일정하게 유지되는 안정성을 보였다. 하지만, 2m 보다 긴 거리에 대해서는 아예 전송에 사용될 수 없다.

4. 직렬통신 프로토콜의 성능 분석

전체적인 실험 결과를 살펴보면, RS232 통신 프로토콜을 이용한 전도성사 실험인 경우 Class B의

Ajin_D100A 일반사(통신 불가)를 제외하고 다른 전도성사들은 RS232 Baud rate에 따라 매우 안정적인 통신 전송률을 보인다. RS232 baud rate가 2.4Kbps인 경우 평균 2Kbps, baud rate가 9.6Kbps인 경우 평균 7.5Kbps, baud rate가 19.2Kbps인 경우 평균 14.5Kbps의 전송률을 갖는다. 낮은 data rate의 어플리케이션을 구현 시 RS232는 새로운 매체를 수용할만한 프로토콜이라 할 수 있다.

RS485는 유일하게 모든 전도성사가 통신기능을 보인 프로토콜이다. 하지만 주변 환경에서 들어오는 garbage 값으로 인해 데이터 에러가 쉽게 발생하였다. 그 이유는 RS485 프로토콜이 0.2V 전위차 또는 -0.2V의 매우 낮은 전위차로 데이터를 0이나 1로 판별하기 때문이다. 따라서 실험 시 인체에서 발생하는 미세한 정전기 등의 garbage 값에 매우 민감하게 반응해 데이터 에러를 발생 시켰다. 또한 RS485의 에러율은 전도성사의 길이와 RS485의 baud rate에 따라 에러율이 증가하는 실험 결과를 보였다. 일반 통신 프로토콜로는 1.2km 먼 거리간 통신도 가능한 RS485 프로토콜이지만, 인체에 닿아야 하는 의류 등에 활용하기에는 너무 민감해 적당하지 않은 프로토콜로 판단된다.

USB 통신 프로토콜에 전도성사를 매체로 사용하는 경우, 통신이 가능한 전도성사에서는 평균 6.5Mbps의 높은 전송률을 보였다. 하지만 전도성사의 길이 증가에 따라 평균 0.4Mbps 정도의 전송률 감소를 보였다. USB 통신인 경우 class A인 Ni, Ag와 class B인 D210 재봉사가 0.5m, 1m에서 통신이 가능하였고, class C인 44/12가 0.5m, 1m, 2m까지 통신이 가능하였다. 다른 모든 프로토콜에서는 통신 기능을 보였던 class A의 Amberstrand 구리(Cu) 전도성사가 USB 프로토콜에서 전혀 반응을 보이지 않은 것은 특이한 결과라 하겠다.

5. 결 론

전도성사는 앞으로 열을 발생시켜 환자의 특정 부위를 따뜻하게 하는 등의 단순한 전도성 의류

제작 용도에 그치지 않고, 간단한 버튼 등으로만 들어져 MP3 플레이어나 PMP 등의 사용자 개인용 기기를 의류에서 제어할 수 있게 하는 등 그 응용 범위가 확대되어 사용될 것이다. 이를 위해서는 전도성사의 특성을 알고 이를 효율적으로 통신에 이용할 수 있도록 섬유 자체에 대한 연구도 이루어져야 할 것이며, 전도성 섬유에 특화된 PHY 및 MAC 프로토콜 개발도 함께 이루어져야 할 것이다. 목적하는 어플리케이션에 따라 통신은 저속용 또는 고속용으로 이루어지게 될 텐데, 새로운 프로토콜이 개발되기 앞서, 본 연구는 현재의 직렬통신 프로토콜을 전도성사에 적용할 수 있을지에 대한 성능을 실험으로 분석하였다. 본 연구에서는 전도성사를 시스템에 통신매체로 연결하기 위한 방안을 마련했으며, 저속과 고속의 프로토콜을 이용하여 전송률과 에러율을 측정할 수 있는 송수신 프로그램을 작성하였다.

전도성사를 매체로 하는 통신 시스템은 너무 낮은 전위차를 이용한 방법은 지양하는 것이 좋은 것으로 나타났다. RS485 프로토콜은 다른 직렬통신 프로토콜에 비해 모든 전도성사에 대해 통신이 가능하다는 장점을 보였으나, 0.2V의 매우 작은 전위차를 이용하는 특성으로 인해, 주변의 미세한 정전기 등에 많은 영향을 받아 에러율이 높아지는 단점을 보였다. RS232 프로토콜은 가장 안정적인 전송 특성을 보였으나 낮은 전송률을 갖는 프로토콜이라는 제한이 있다. USB 프로토콜은 통신이 되지 않는 전도성사도 있었으며, 통신이 가능한 전도성사에서는 6.5Mbps의 평균 전송률을 보여 고속의 어플리케이션에 사용할 수 있을 것으로 예상된다. 그러나 USB 프로토콜의 경우 전원까지 전도성사를 통해 공급받는 경우 매우 불안정한 통신 특성을 보였으므로 전원공급은 별도로 하도록 고안되어야 할 것이다.

각 전도성사의 제조사가 공표하는 data sheet 값은 실제 실험에서는 그대로 성능으로 나타나지 않는 것으로 나타났다. 따라서 전도성사의 통신 시스템을 디자인할 때는 실제 실험을 통해 가장 현실적으로 가능한 매체를 검증하여 선택해야 할 필요가

있는 것으로 보인다. 인체에서 발생하는 정전기 등 여러 요인에 대한 연구 분석도 추후 함께 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Rita Paradiso, Giannicola Loriga, Nicola Taccini, and Brunello Ghelarducci, "WEALTHY-a wearable healthcare system: new frontier on e-textile", Journal of Applied Polymer Science, vol. 101, pp1252-1256, 2006.
- [2] N. Wilson, "The electrostatic behavior of clothing fabrics containing electrically conducting threads," Electrostatic Problems During Material Handling, IEE Colloquium on, 1994.
- [3] Larry Bowie, "Smart Shirt headed to Smithsonian Institution," The Whistle, vol.27, no.19, 2002.
- [4] O. Kayacan, E. Bulgun and Ozge Sahin, "Implementation of Steel-based Fabric Panels in a Heated Garment Design," Textile Research Journal, vol. 79(16), pp.1427-1437, 2009.
- [5] Chiou, et al. Conducting Yarn, USA Patent No 5881547, 1998.
- [6] S. s. Swallow and A. P. Thomson, Conductive Pressure Sensitive Textile, USA Patent No 7365031, 2008.
- [7] Ming-Ming Chen, Protective Sleeve Fabricated with Hybrid Yarn Having Wire Filaments and methods of Construction, USA Patent No 7576286, 2009.
- [8] A.P.J. Hum, "Fabric area network - a new wireless communications infrastructure to enable ubiquitous networking and sensing on intelligent clothing", Computer Networks, vol. 35, pp. 391-399, 2001.
- [9] AmberStrand, <http://www.amberstrand.com/>

- [10] AjinElectron, <http://www.ajinelectron.co.kr/> html
- [11] Shieldex, <http://www.shieldextrading.net/>
- [12] RS232 Data Interface, <http://www.arcelect.com/rs232.htm>
- [13] Quick Reference for RS485, RS422, RS232 and RS423, <http://www.rs485.com/rs485spec.html>
- [14] Device Class Definition for Human Interface Devices (HID) Firmware Specification Version 1.11, USB Implementer's Forum 2001, http://www.usb.org/developers/devclass_docs/HID1_11.pdf

◎ 저 자 소 개 ◎

김 나 영



2010년 충남대학교 정보통신공학과 석사
2010년~현재 Igloo Security 근무
관심분야 : 보안시스템, 무선센서네트워크, 저전력 MAC
E-mail : nykim@igloosec.com

김 환



2010년 충남대학교 정보통신공학과 학사
2010년~현재 서울시립대학교 컴퓨터공학과 석사과정
관심분야 : 컴퓨터네트워크, 네트워크 프로그래밍
E-mail: hwnakim@gmail.com

김 주 경



2010년 충남대학교 정보통신공학과 학사
2010년~현재 충남대학교 정보통신공학과 석사과정
관심분야 : WSN, Embedded Systems, Wireless LAN/MAN/PAN
E-mail : iliwhoth@cnu.ac.kr

권 영 미



1986년 서울대학교 컴퓨터공학과 학사
1988년 서울대학교 컴퓨터공학과 석사
2006년 서울대학교 컴퓨터공학과 박사
1993년~1995년 ETRI 연구원
1996년~2002년 목원대학교 컴퓨터공학과 조교수
2006년~2007년 Indian Statistica Institute 객원연구원
2002년~현재 충남대학교 공과대학 정보통신공학과 교수
관심분야 : Internet Protocols, WSN, WPAN, Embedded Systems
E-mail : ymkwon@cnu.ac.kr