

ポスター

ポスター10 ネットワーク・IoT

2018年11月24日(土) 09:00 ~ 10:00 K会場(ポスター、HyperDemo) (2F 多目的ホール)

[3-K-1-3] 漏洩同軸ケーブル（LCX）を用いた無線 LAN環境構築手法の改良

○五十嵐 保裕¹, 鈴木 誠一¹, 小川 大豪², 川本 翼², 長谷川 隼也² (1.戸田建設株式会社, 2.エイチ・シー・ネットワークス株式会社)

近年病院では、電子カルテシステム等の普及により、無線 LANの利用が常識的になっている。特に病棟では、患者のバイタル記録、投薬や注射の際の認証等、ベッドサイドにて電子カルテ等の操作が行われるため、無線 LAN環境は必要不可欠な存在となっている。既報では漏洩同軸ケーブル（以降、LCXと称す）を用いた無線 LANシステムを病院建物に実装し、LCXが院内無線 LANに様々な効果をもたらすことを確認し報告した（第35回医療情報学連合大会3-11-5-4）。一方で、LCX無線 LANでは次のような課題を持っている。・LCXは長さ方向に進むにつれて電波強度が減衰する性質を持っており、特に先端付近では快適な無線通信ができなくなる可能性がある。・LCXは天井裏に配線するため、建物竣工後の配線ルート変更が容易ではなく、室の用途変更が生じた時などに追従性が低い。これらの課題は、LCXの配置設計を入念に行うことにより対処することが理想であるが、時としてLCX実装後に課題として顕在化する場合がある。その場合、LCXを敷設し直す等の対応が求められるが、影響範囲が広く、対処は容易ではない。これらの課題に対処すべく、いくつかの対応策を立案し実証実験を行ったので報告する。これらにより、LCX無線 LANシステムの実装後に生じた通信の不快状況を、大掛かりな工事を必要とせずに改善することが可能になる。

漏洩同軸ケーブル(LCX)を用いた無線 LAN 環境構築手法の改良

五十嵐 保裕*1、鈴木 誠一*1、小川 大豪*2、川本 翼*2、長谷川 隼也*2

*1 戸田建設株式会社、*2 エイチ・シー・ネットワークス株式会社

Improvement of method constructing wireless LAN environment using Leaky Coaxial cable (LCX)

Igarashi Y.*1, Suzuki S.*1, Ogawa H.*2, Kawamoto T.*2, Hasegawa T.*2

*1 TODA corporation, *2 HC Networks, Ltd

The authors have established a method of constructing a wireless LAN using Leaky Coaxial cable (referred to as LCX later) and are promoting introduction of LCX wireless LAN for hospitals.

From authors experiences so far, it has been found that in LCX wireless LAN there is concern that network communication may become unstable due to insufficient radio wave intensity near the LCX edge. As a countermeasure, wiring plan is created by limiting the length per LCX, but it may be longer than plan, due to such as bypassing obstacles in the ceiling or slack of LCX at the time of construction. In the unlikely event that a decrease in throughput due to insufficient radio wave intensity occurs at near the LCX edge, or when it assumed, it is desirable to be able to improve it by simple measures without reprocessing the LCX.

In this paper, the authors examined variable ideas as a method to realize this.

Keywords: Wireless LAN, Leaky Coaxial cable, LCX, MIMO

1. はじめに

筆者らは、漏洩同軸ケーブル(以降 LCX と称する)を用いた無線 LAN システムの構築方法を確立し、LCX による病院内無線 LAN システムの導入を進めている¹⁾。

これまでに4件の病院でLCXの実装を完了している。今回、これらの LCX の実装経験から、LCX 無線 LAN システムの快適性の向上が見込まれるアイデアの試験を実施したため、その結果を報告する。

2. LCX とは

LCX は、内部導体と外部導体からなる同軸ケーブルで、外部導体にスロットと称する穴を設け、ケーブル外の空間に電波を放射させることができる構造をしている。LCX 無線 LAN システムは、無線アクセスポイント(以降 AP と称する)のアンテナとして LCX を用いており、LCX より放射される電波の受信電力は、APからの LCX 延長と LCX から計測点までの離隔距離に応じて減衰する。その結果、LCX の端部で利用する場合には、接続性、スループットの低下が生じる。

3. 目的

筆者らのこれまでの LCX 無線 LAN システム構築の経験から、LCX 端部付近での電波強度不足等により、通信が不安定になる可能性が懸念されることが判っている。対策として、LCX 本あたりの長さを制限して敷設計画を行っているが、施工時の天井内の障害物の迂回、LCX のたるみの発生等により、計画時の敷設長さより長くなってしまふことがある。

万が一、LCX 端部付近で電波強度不足によるスループットの低下等が見られた場合、またはそれが想定された場合に、LCX を再敷設せずに応急的な対処により改善できることが望ましい。

これを実現する手法として、以下の 3 アイデアの試験を実施した。

① FHPX 挿入による通信可能エリアの拡大

電波を放射しないスーパーフレキシブル型同軸ケーブル(FHPX)を LCX とアプローチケーブルの間に挿入する。それにより、LCX のみで構成した場合に比べ、AP から LCX 端部までの延長は長くなるが、LCX 端部での電波環境に大きな影響はないことを確認する(図 1)。

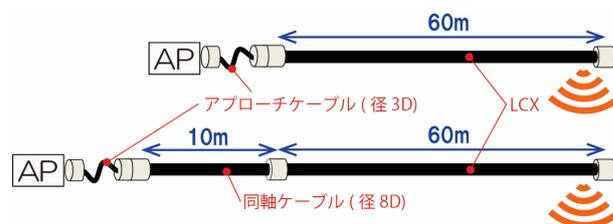


図 1 FHPX 挿入により期待される効果

② LCX 端部の重ね合わせによるスループットの向上

2本の LCX を近接配置することで MIMO 効果が得られることが塚本らの報告²⁾によって既に示されている。今回、LCX 端部付近のみを重ね合わせることで、MIMO によるスループット向上の効果が期待できるかを確認する(図 2)。なお、MIMO (Multiple-input and Multiple-output)とは、複数のアンテナを組み合わせてデータ送受信の帯域を広げる無線通信技術である。

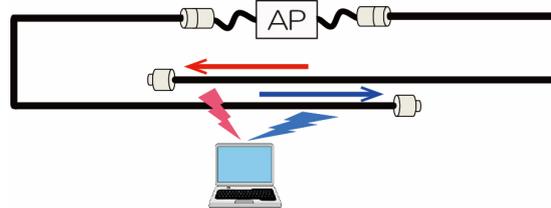


図 2 LCX 端部の重ね合わせによる MIMO 効果

③ LCX 端部の接続によるスループットの向上

単一の LCX を同一の AP から 2 本のアンテナ相当として動作させることで MIMO 効果が得られることが、塚本らの報告²⁾によって既に示されている。今回、2本の LCX 端部を N 型コネクタの J-J 接続することで、MIMO によるスループット向上の効果が期待できるかを確認する(図 3)。

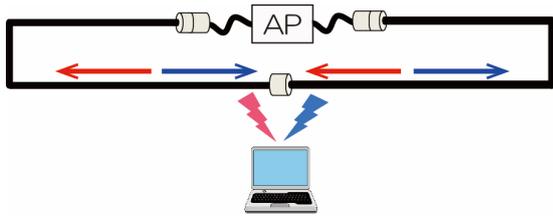


図3 LCX 端部の接続による MIMO 効果

4. 試験概要

4.1 試験環境

今回の試験の目的から、電波暗室などの理想環境ではなく、実環境に近い筆者所属企業の施設内にて、2室の会議室を用いて試験を実施した。2室はそれぞれ AP 設置室、測定室として使用した(図4、図5)。

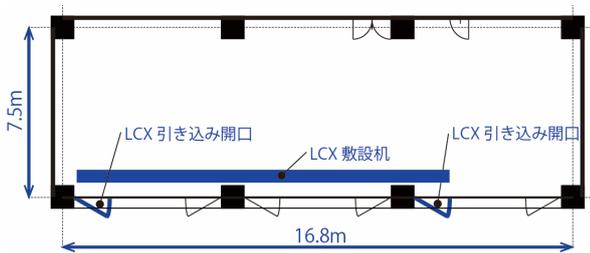


図4 測定室レイアウト



図5 測定室内 LCX 敷設状況

4.2 使用機器

試験に使用した機器を下記に示す。筆者らのこれまでの LCX 無線 LAN システム構築の経験から、快適に無線 LAN を使用するためには、LCX 延長の上限は 50m を目安とすることが望ましい。今回は LCX 端部付近での電波環境の改善手法を試験するため、通常よりも電波強度等が低下する 60m の LCX を用いた。なお、周波数帯は、2.4GHz 帯及び 5.2GHz 帯の混合波を用いた。

- ・AP: アルバネットワークス社製 IAP-304
- ・LCX: 日立金属社製 F-8D-LCX 60m
- ・アプローチケーブル: 日立金属社製 RG-58 (3D) 1m
- ・スーパーフレキシブル型同軸ケーブル:
日立金属社製 FHPX (8D) 10m
- ・測定端末: パナソニック社製 CF-SZ5

4.3 測定方法

評価は、電波強度及びスループットの測定により行った。測定に用いたソフトウェアは、以下の通りである。

- ・電波強度測定: ネットスカウシステムズ社製 Air Magnet
- ・スループット測定: NLANR/DAST 製 iPerf

測定室における測定箇所は、LCX からそれぞれ 1.5m、3m、4.5m の距離において 4m 間隔とした計 12 点を設定した(図6)。なお、測定回数は各測定ポイントにおいて 1 回とした。

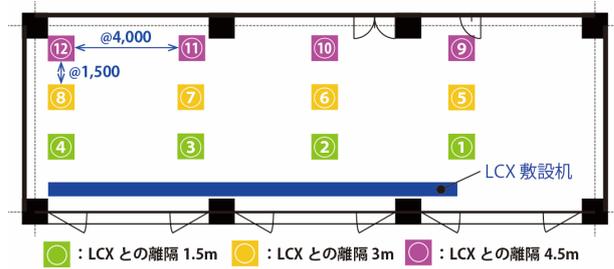


図6 測定ポイント

4.4 配置

4.4.1 対照試験

対照試験として、測定室に LCX 48~60m 間が出露されるように敷設した(図7)。なお、48m より手前側の LCX は金属管で覆い、また、AP は他室 (AP 設置室) に設置することで、測定エリア以外から放射される電波の影響が最小限となるよう配慮した。

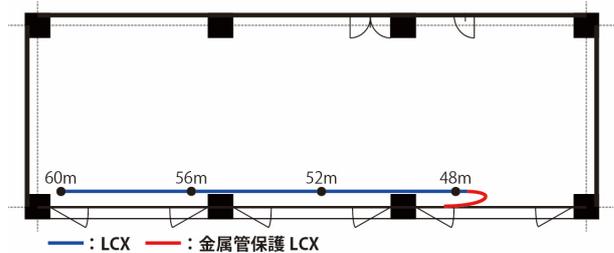


図7 対照試験時の配置図

4.4.2 FHPX 接続時の影響

測定室の LCX 配置は図7同様である。AP 設置室において、アプローチケーブルと LCX 間に FHPX 10m を挿入した。

4.4.3 LCX 端部の重ね合わせによる MIMO 効果

測定室に 2 本の LCX それぞれの 48~60m 間を重ねて設置した(図8)。

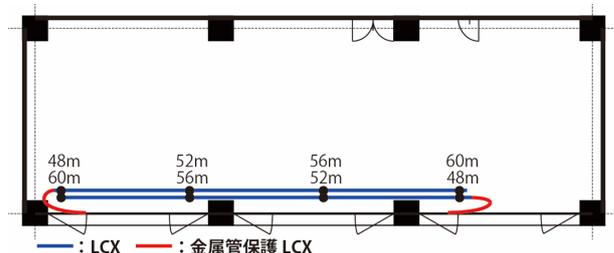


図8 LCX 端部の重ね合わせによる MIMO 効果試験時の配置

4.4.4 LCX 端部の接続による MIMO 効果

測定室に LCX 1 本の 48~60m を配置し、60m 地点でもう 1 本の LCX と接続した(図9)。

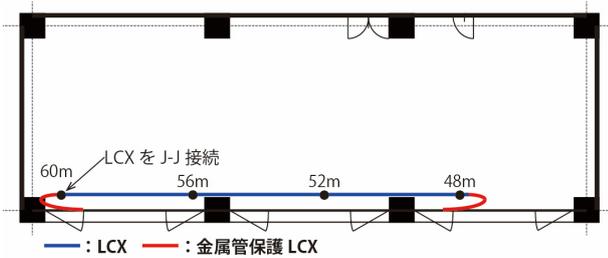


図9 LCX 端部の接続によるMIMO 効果試験時の配置

5. 試験結果

5.1 FHPX 挿入時の影響

FHPX 挿入時の影響を試験するにあたって、図6中の測定箇所①～⑫、電波強度は①～⑫、スループットは①～④、⑨～⑫の測定を実施した。

FHPX(8D)における電波強度の標準減衰量は2.4GHz帯で2.2dBm/10m、5.2GHz帯で3.5dBm/10mとなっている。対照試験に比べ、FHPX挿入時では、2.4GHz帯の測定ポイント⑨～⑫のように電波強度がむしろ上昇している箇所も見られた(表1、表2)。しかしながら、他の測定ポイントで共通の傾向が必ずしも現れていないため、これらは測定誤差の影響が大きく、FHPX挿入による減衰への影響は軽微であると考えられた。また、スループットについては、2.4GHz帯の測定ポイント⑨～⑫のようにFHPX挿入による減衰の影響が見られている箇所もあるが、5.2GHz帯の測定ポイント⑨、⑩のようにむしろ向上している箇所もあり、電波強度同様に測定誤差の範囲内であると考えられた。

表1 2.4GHz帯におけるFHPX挿入時の電波環境変化

測定ポイント	LCX長さ(m)	LCXとの離隔(m)	2.4GHz帯			
			対照試験		+FHPX 10m	
			電波強度(dBm)	スループット下り(Mbps)	電波強度(dBm)	スループット下り(Mbps)
①	48	1.5	-63	46.3	-64	43.3
②	52		-62	58.5	-53	40.1
③	56		-62	39.3	-62	36.1
④	60		-72	10.2	-69	38
⑤	48	3	-63	53.4	-68	未測定
⑥	52		-61	40.1	-62	未測定
⑦	56		-64	28.9	-59	未測定
⑧	60		-70	31.3	-61	未測定
⑨	48	4.5	-67	46.4	-63	37.3
⑩	52		-59	51.4	-56	29
⑪	56		-70	28	-65	26.7
⑫	60		-73	39.9	-68	27.3

表2 5.2GHz帯におけるFHPX挿入時の電波環境変化

測定ポイント	LCX長さ(m)	LCXとの離隔(m)	5.2GHz帯			
			対照試験		+FHPX 10m	
			電波強度(dBm)	スループット下り(Mbps)	電波強度(dBm)	スループット下り(Mbps)
①	48	1.5	-63	42	-65	39.2
②	52		-58	44.1	-59	30.5
③	56		-66	21.2	-59	35.6
④	60		-69	29.6	-73	19.4
⑤	48	3	-63	11.1	-72	未測定
⑥	52		-64	15.6	-65	未測定
⑦	56		-68	11.1	-62	未測定
⑧	60		-70	15.5	-70	未測定
⑨	48	4.5	-66	10.4	-64	30.1
⑩	52		-59	20.4	-56	32.1
⑪	56		-66	29.9	-69	28
⑫	60		-71	18.4	-72	14.3

5.2 LCX 端部の重ね合わせによるMIMO 効果

LCX 端部の重ね合わせによるMIMO 効果を試験するにあたって、図6中の測定箇所①、②、⑤、⑥、⑨、⑩のスループット測定を実施した。これらの測定箇所を対象とすることで、1本目のLCXの48m、52m地点に、減衰の大きい2本目のLCXの60m、56m地点を重ね合わせた際のMIMO 効果を実験した。

2.4GHz帯に比べ減衰の大きい5.2GHz帯において、測定ポイント⑤、⑥、⑨、⑩でスループットが改善する傾向が見られた(図10)。他の測定ポイントで同様の結果が現れていない原因として、5.2GHz帯に比べ減衰の小さい2.4GHz帯を用いた場合やLCXからの離隔距離が近い測定ポイント①②ではMIMO 効果が明確に検出されなかったのではないかと考えられた。

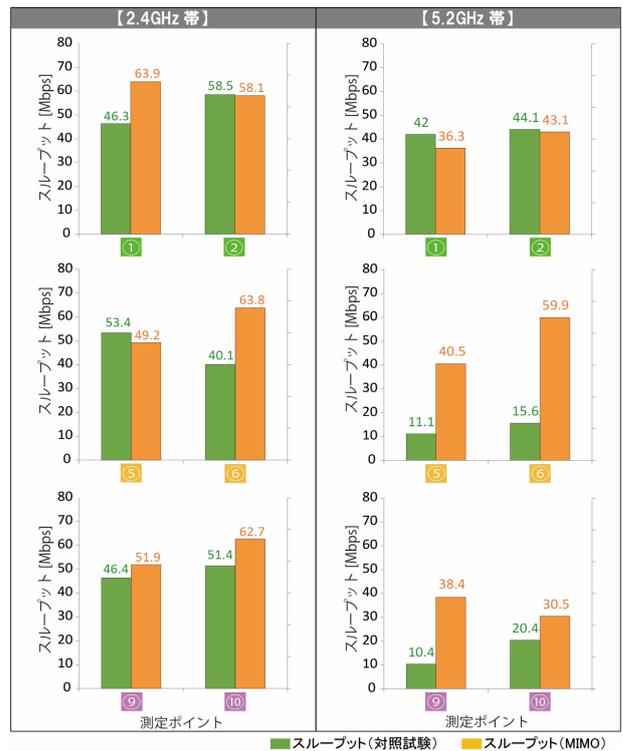


図10 LCX 端部の重ね合わせによるスループットの変化

5.3 LCX 端部の接続によるMIMO 効果

LCX 端部の接続によるMIMO 効果を試験するにあたって、図6中の測定箇所①～⑫のスループット測定を実施した。

対照試験に比べ、LCX 端部接続時では、5.2GHz帯の測定ポイント⑤～⑧等、スループットが改善している箇所も見られた(表3、表4)。しかしながら、他の測定ポイントで共通の傾向が必ずしも現れていないため、これらは測定誤差の影響が大きく、LCX 端部の接続によるMIMO 効果は検出できていないと考えられた。

表 3 2.4GHz 帯における LCX 端部の接続時の電波環境変化

測定ポイント	LCX長さ (m)	LCXとの離隔 (m)	2.4GHz帯			
			対照試験		LCX端部を接続	
			電波強度 (dBm)	スループット下り (Mbps)	電波強度 (dBm)	スループット下り (Mbps)
①	48	1.5	-63	46.3	-58	40.2
②	52		-62	58.5	-54	41.5
③	56		-62	39.3	-61	42
④	60	3	-72	10.2	-61	50.4
⑤	48		-63	53.4	-56	38.6
⑥	52		-61	40.1	-63	36
⑦	56	4.5	-64	28.9	-64	47.3
⑧	60		-70	31.3	-66	38.4
⑨	48		-67	46.4	-64	43.9
⑩	52		-59	51.4	-56	66.6
⑪	56		-70	28	-63	44.1
⑫	60		-73	39.9	-66	38.2

表 4 5.2GHz 帯における LCX 端部の接続時の電波環境変化

測定ポイント	LCX長さ (m)	LCXとの離隔 (m)	5.2GHz帯			
			対照試験		LCX端部を接続	
			電波強度 (dBm)	スループット下り (Mbps)	電波強度 (dBm)	スループット下り (Mbps)
①	48	1.5	-63	42	-60	21.1
②	52		-58	44.1	-55	36.4
③	56		-66	21.2	-60	13.3
④	60	3	-69	29.6	-65	12.7
⑤	48		-63	11.1	-64	17.9
⑥	52		-64	15.6	-59	26
⑦	56	4.5	-68	11.1	-63	16.7
⑧	60		-70	15.5	-64	18
⑨	48		-66	10.4	-62	13.1
⑩	52		-59	20.4	-58	31.9
⑪	56		-66	29.9	-60	11.1
⑫	60		-71	18.4	-68	5.19

6. 考察

LCX からの受信電力は LCX 末端に向かい低下するため、筆者らが病院に LCX 無線 LAN システムを計画する際は、LCX1 本あたりの延長が 50m 以下となることを目安としている。AP 付近は受信電力が強いため、一部の LCX を FHPX に代えて敷設しても快適な電波環境を維持することが可能となると考えている(図 11)。



図 11 FHPX を用いた LCX 配線計画例

LCX 敷設完了後に、LCX 末端付近の通信環境を改善したい場合、図 11 同様、AP に近い側の LCX の一部を FHPX に置き換えることで実現が可能となる。ただし、LCX の切断、成端、FHPX の新たな敷設を行うので、その作業が可能なエリアを選定する必要がある。また、FHPX に置き換えた範囲は、電源が放出されないことから、その影響が少ないエリアを選定する必要がある。

LCX 端部の重ね合わせによる MIMO 効果について、2.4GHz 帯に比べ電波の減衰の大きい 5.2GHz 帯では、スループットが改善する傾向が見られた。LCX 配線計画時に、同一の AP に接続する LCX 端部を重ね合わせる、または近づけることで、LCX 端部付近のスループット向上を図ることができると考えている。

LCX 敷設完了後の対処で活用する場合は、LCX 端部に 5 ~ 10m の LCX をつなぎ合わせ、他方と寄り添わせることで LCX 末端付近の通信環境の改善を実現できると考えている(図 12)。

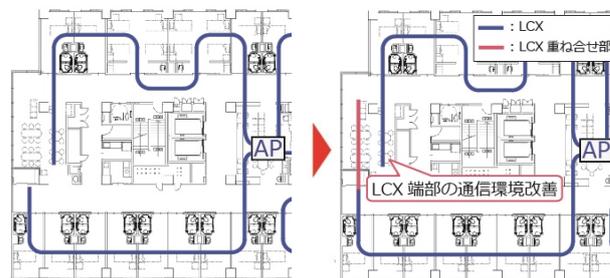


図 12 LCX 重ね合わせによる MIMO 活用例

今回、LCX 端部を接続した場合のスループット向上の効果を検出することはできなかった。今回の試験は、電波強度が弱い LCX 端部のスループット改善を目的として実施していたため、試験条件の電波強度が弱すぎたことにより、スループット向上が検出できなかった可能性もあると考えている。

7. 結論

これまでに筆者らが実施してきた LCX の実装経験から、LCX 配線計画において最も注意を要するのは、LCX 延長に伴う電波強度の低下であると考えている。

今回の試験より、病院への LCX 無線 LAN システム実装後に LCX 端部での電波環境を改善するための手法として、AP に近い側の LCX の一部を FHPX に置き換える手法と 2 本の LCX の端部を近接させて MIMO 効果を発揮させる手法が有効であることを確認することができた。これらの手法は、LCX 無線 LAN システムの計画時にも活用することができる手法であり、今後の計画に活用していきたいと考えている。

LCX 端部の接続による MIMO 効果は、その有効性を確認することはできなかった。筆者らは LCX 端部を N 型コネクタで J-J 接続するだけでも MIMO 効果は期待できると考えており、LCX の長さも考慮に入れ引き続き検討を進めていく。

8. 参考文献

- 1) 鈴木誠一. 漏波同軸ケーブルを用いた院内無線 LAN システムの構築. 医療情報学連合大会, 2015 ; 35 : 964-967
- 2) 塚本悟司, 侯亜飛, 鈴木文夫, 丹羽敦彦. LCX(漏えい同軸ケーブル)を用いた無線 LAN システム. 通信ソサイエティマガジン No.38, 2016 : 86-91