

平成24年度研究開発成果概要書
「新たな通信媒体を利用したサーフェイス通信技術の研究開発」(137)

(1) 研究開発の目的

面を伝搬する電磁波によって空間と干渉しない高速通信を行い、同時に電力も伝送するサーフェイス通信を実現する。空間への電磁放射を最小限に抑えながら広帯域信号伝送を実現すること、安全性を確保した上でより多くの電力を高効率に伝送すること、低コストで柔軟性を有する通信媒体を実現すること、環境に対する電磁的干渉や人体に対する安全性などを定量的に評価する手法を確立し、電磁的干渉および安全性において優れたサーフェイス通信システムを開発することが目的である。

(2) 研究開発期間

平成20年度から平成24年度(5年間)

(3) 委託先

東京大学<幹事>、日本電気(株)、NECエンジニアリング(株)、(株)セルクロス、帝人(株)

(4) 研究開発予算(百万円単位切上げ)

平成20年度	86(契約金額)
平成21年度	80()
平成22年度	75()
平成23年度	70()
平成24年度	65()

(5) 研究開発課題と担当

課題ア：新たな通信媒体及び高効率インターフェースの開発

課題ア-1：通信媒体の開発(東京大学、帝人ファイバー)

課題ア-1-1：設計手法の確立(東京大学)

課題ア-1-2：通信媒体の開発(帝人ファイバー)

課題ア-2：近接カプラの開発(東京大学、セルクロス)

課題ア-2-1：通信用近接カプラの開発(セルクロス)

課題ア-2-2：電力伝送用近接カプラの開発(東京大学)

課題ア-3：通信性能評価方法の確立(NECエンジニアリング)

課題ア-3-1：通信性能評価方法の検討

課題ア-3-2：通信性能評価

課題ア-4：漏洩電磁界抑制技術の開発(日本電気)

課題ア-4-1：漏洩電磁界の分析と対策検討

課題ア-4-2：漏洩電磁界抑制技術の適用

課題イ：漏洩電磁界測定方法及び安全性評価方法の確立

(NECエンジニアリング)

課題イ-1：漏洩電磁界測定方法及び安全性評価方法の確立

- 課題イ-1-1：電磁界強度測定
- 課題イ-1-2：電磁界シミュレーション
- 課題イ-2：安全性評価方法の確立

(6) これまで得られた研究開発成果

		(累計) 件	(当該年度) 件
特許出願	国内出願	31	9
	外国出願	22	6
外部発表	研究論文	8	0
	その他研究発表	79	20
	プレスリリース	2	2
	展示会	18	5
	標準化提案	2	2

具体的な成果

当初の目標の通り、サーフェイス通信における電力伝送、信号伝送の性質を理解し、安全に伝送できる電力の上限値、信号変調方式に求められる要件を把握することができた。またサーフェイス通信における電力と信号の同時伝送を実現するための伝送シート、カプラ、電磁界漏洩抑制技術、についての各要素技術を、実用化が可能な水準まで高めることができた。またサーフェイス通信を安全に利用するためのガイドラインも示すことができた。

課題ア：新たな通信媒体及び高効率インターフェースの開発

ア-1 通信媒体の開発

ア-1-1 設計手法の確立（東京大学）

環境や接触物体への電磁界漏洩を一定の水準に抑えながら伝送電力を最大化するサーフェイス通信システムの設計法を確立した。スマートデスクトップを実現するための伝送シートの仕様を明らかにし、各者の要素技術開発の共通基盤を与えた。

当初予定の通り、課題ア-3および課題イと効果的に連携し、最終的に実用性の高いサーフェイス通信システムを確立することができた。

ア-1-2 通信媒体の開発（帝人(株)）

開発目標の通信仕様を満たしながら可とう性を有して可搬性に優れ、低コスト材料で実現できる伝送シートを開発した。その量産方法を確立し、100mロールの製造に成功した。伝送シートの厚さは1mmであり、シート内での減衰定数*は 1GHz：-0.676dB/m、5GHz：-1.110dB/m、10.6GHz：-1.717dB/m という良好な特性を有する。

*減衰定数は、幾何学的減衰を伴わずにシート内を伝搬する平面波についての減衰定数

アー 2 近接カプラの開発

当初目標通り、以下の要件をみたす通信／電力伝送用の近接カプラを開発し、当初の目的を達成することができた。

- ・通信媒体表面の任意の位置に設置可能であり、
- ・通信媒体に対して非侵襲であり、
- ・通信媒体と通信用／電力伝送用近接カプラの接触部分については、近接カプラと通信媒体の近接距離変動に対しインピーダンス整合が崩れにくい構造を有する。

以下に通信用／電力伝送用近接カプラそれぞれの開発内容を示す。

アー 2 - 1 通信用近接カプラの開発 ((株)セルクロス)

グループ全体の研究成果に基づいて仕様決定された伝送シートに適合する通信用近接カプラを開発し、当初の目標を達成することができた。

まず伝送シート表面に保護シートを用いない使用状況において 950MHz から 10.6GHz までの各周波数帯において VSWR の目標値を満足する近接カプラを開発することができた。すでに製品化されている近接カプラと比較して、近接カプラと通信媒体の近接距離変動に対する近接カプラの共振周波数の変動は 1/5 に抑えられており、近接距離変動に対しインピーダンス整合が崩れにくい構造が実現できていることを確認した。

さらに電力伝送能力を高めるために表面に保護シートを有する場合に適合する 5GHz 帯近接カプラを開発し、その計測結果から微弱無線局の規定を満たすための条件を明らかにした。

アー 2 - 2 電力伝送用近接カプラの開発 (東京大学)

表面に保護シートを有し、伝送効率と選択性の観点から最適化された仕様を有する伝送シートに適合する電力伝送用カプラ (WRR カプラ) の開発に成功した。

厚さ 4mm の保護シート (比誘電率 1.2) を挟みながら伝送シートとの間で Q 値 250 を超える高 Q 共振を誘起し、伝送シートと選択的に結合する。最大吸収条件下での内部効率 63% を達成し、伝送シートを介した伝送効率の最大値として (RF 入力に対する DC 出力の比において) 40.4% を達成した。

アー 3 通信性能評価方法の確立 (NEC エンジニアリング(株))

アー 3 - 1 通信性能評価方法の検討

新しい通信媒体および近接カプラの通信性能を評価するにあたり、シートの持つ漏洩電磁界および反射波の影響で定量的な測定を行うことが非常に困難であった。このような状況の中、伝送シートの特性、近接カプラの特性を解析しながら、漏洩抑制、反射波抑制の構造改善を行い、通信性能を測定する環境を確立し、新たな通信媒体の有効性を確認することができた。

ア－３－２ 通信性能評価

「課題ア－１」「課題ア－２」で開発した通信媒体、及び通信用近接カプラの評価を行い、最適な周波数帯、変調方式を使って通信速度 800Mbps（理論値）以上の通信機器試作（通信回路自体は開発しない）を完了し、通信確認を完了した。

また、本研究開発を取り巻く環境として、当初期待されていた UWB 無線規格よりも IEEE802.11a(n)の方が市場性において優位な状況となったため、特に 5GHz 帯での通信機器試作に注力し動作確認を行った。「ア－３－１」で確立した評価環境において、通信速度、BERなどを各パラメータ（距離、CNR、変調方式）の依存性をみながら評価し、性能確認を実施した。

ア－４ 漏洩電磁界抑制技術の開発（日本電気(株)）

ア－４－１ 漏洩電磁界の分析と対策検討

通信システムからの電磁界漏洩が、主に、通信媒体辺縁部と、通信媒体と近接カプラの結合部から発生していることを明らかにし、それぞれの漏洩を抑える手法を開発した。通信媒体辺縁部からの漏洩は、端部を金属で封止し、可変メッシュ（メッシュ導体の幅を変化させる）を適用する。この手法を適用した通信媒体は、1W/cmの電力伝送時に、漏洩する電磁界が免許不要局（小電力無線）と同程度となることを確認した。また、通信媒体と近接カプラ結合部からの漏洩は、近接カプラ周囲に EBG 構造を配置することで抑制を行う。EBG 構造は課題ア－２のカプラの設計にも貢献した。関連規制について、対応すべき規制を明らかにした。安全性は局所 SAR で評価を行い、不要な電磁界の放射は ISM 機器の規格である CISPR11 に準拠、電力伝送を行う周波数では同じ周波数帯を利用する無線機器や電子レンジの電界強度レベルを参考とし、実際の影響については既存の無線機器での干渉評価を行うことが必要である。

ア－４－２ 漏洩電磁界抑制技術の適用

ア－４－１で開発した漏洩抑制手法を、課題ア－１、ア－２で開発された電力伝送用通信媒体、近接カプラに適用して試作評価を行った。その結果、通信媒体辺縁部をショート端とすることで 10dB 以上漏洩が低減、可変メッシュを適用することで 4GHz 以上の周波数でさらに 2-3dB 低減することを確認した。4mm 角の小型単位構造の EBG をカプラに適用することで 2.4GHz 帯での漏洩を 10dB 以上低減できることを確認した。また、60cm 角の通信媒体に複数箇所から給電することで 10W 供給した場合において、一般環境での局所 SAR の基準を満たす安全性が確保できることを確認した。電磁界の放射は、通信媒体のみの場合、小電力無線や電子レンジ(600W)出力と同程度で、狭帯域の放射であるため電子レンジよりも無線機器への影響は小さいことを確認した。また、無線 LAN での干渉評価を簡易的に行ったところ、電力伝送周波数を 11b の 14ch の帯域で 2.490GHz~2.497GHz の範囲に設定すれば 2.4GHz 帯 OFDM 無線 LAN への干渉は生じないことを確認できた。

課題イ 漏洩電磁界測定方法及び安全性評価方法の確立(NEC エンジニアリング(株))

イー1 漏洩電磁界測定方法の確立

「イー1-1 電磁界強度測定」においては当初の目標の通り、被測定対象の電磁界分布に与える干渉を最小限に抑えつつ、通信システム周囲の電磁界強度を測定するための環境を確立することができた。また「イー1-2 電磁界シミュレーション」においても、サーフェイス通信の3次元モデルでの解析を実行し、システム的设计にフィードバックすることができた。より詳細には以下の通りである。

周囲の電磁環境の影響を受けにくい微細で高精度な近磁界プローブを使用し、近傍磁界分布を測定することによって、伝送シート表面からの漏洩電磁界やシート上で発生する定在波の様子を観測することが可能となり、この測定手段が課題ア-1、ア-2、ア-4で開発された伝送シートおよび近接カプラの漏洩電磁界の特性評価に有効であることを確認した。

また、サーフェイス通信システムから発生する漏洩電磁界が周囲に与える影響について、CISPRに基づいた測定方法の中で伝送シートサイズやシート上への搭載物など様々な測定条件における測定を行い、それぞれの条件が測定結果に与える影響を検証し、測定条件について一定の指針を示した。

さらに、課題ア-1、ア-2、ア-4で開発された伝送シートおよび近接カプラのシミュレーションモデルを作成し、3次元電磁界シミュレータによって放射電界強度ならびにシート上での近傍電磁界強度分布をシミュレーションにより解析し、電磁界シミュレーションによる解析が有効であることを示した。

イー2 安全性評価方法の確立

サーフェイス通信システムの安全性を評価する手段として SAR 試験を採用し、既存の SAR 試験設備で試験が可能となる試験方法を確立した。その試験方法により課題ア-1、ア-2、ア-4で開発された伝送シートおよび近接カプラの SAR 試験を実施し、安全性を確保できる使用条件をガイドラインとして明確にした。

(7) 研究開発イメージ図