

- dynamic vagal control of heart rate via alpha-adrenergic mechanism. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2004; 287: H860-H865.
18. Kashihara K, Kawada T, Li M, Sugimachi M, Sunagawa K. Bezold-Jarisch reflex blunts arterial baroreflex via the shift of neural arc toward lower sympathetic nerve activity. *Jpn J Physiol.* 2004; 54: 395-404.
 19. Nishimura S, Yasuda S, Katoh M, Yamada KP, Yamashita H, Saeki Y, Sunagawa K, Nagai R, Hisada T, Sugiura S. Single cell mechanics of rat cardiomyocytes under isometric, unloaded, and physiologically loaded conditions. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2004; 287: H196-202.
 20. Akiyama T, Yamazaki T, Mori H, Sunagawa K. Effects of Ca²⁺ channel antagonists on acetylcholine and catecholamine releases in the in vivo rat adrenal medulla. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2004; 287: R161-R156.
 21. Aiba T, Shimizu W, Inagaki M, Satomi K, Taguchi A, Kurita T, Suyama K, Aihara N, Sunagawa K, Kamakura S. Excessive increase in QT interval and dispersion of repolarization predict recurrent ventricular tachyarrhythmia after amiodarone. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2004; 27: 901-909.
 22. Kawada T, Uemura K, Kashihara K, Kamiya A, Sugimachi M, Sunagawa K. A derivative-sigmoidal model reproduces operating point-dependent baroreflex neural arc transfer characteristics. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2004; 286: H2272-H2279.
 23. Uemura K, Sugimachi M, Kawada T, Kamiya A, Jin Y, Kashihara K, Sunagawa K. A novel framework of circulatory equilibrium. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2004; 286: H2376-H2385.
 24. Kawada T, Miyamoto T, Uemura K, Kashihara K, Kamiya A, Sugimachi M, Sunagawa K. Effects of neuronal norepinephrine uptake blockade on baroreflex neural and peripheral arc transfer characteristics. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2004; 286: R1110-R1120.
 25. Sugimachi M, Okamoto H, Hoka S, Sunagawa K. Faster oscillometric manometry does not sacrifice the accuracy of blood pressure determination. *Blood Press Monit.* 2004; 9: 135-141.
 26. Akiyama T, Yamazaki T, Mori H, Sunagawa K. Simultaneous monitoring of acetylcholine and catecholamine release in the in vivo rat adrenal medulla. *Neurochem Int.* 2004; 44: 497-503.
 27. Kamiya A, Michikami D, Shiozawa T, Iwase S, Hayano J, Kawada T, Sunagawa K, Mano T. Bed rest attenuates sympathetic and pressor responses to isometric exercise in antigravity leg muscles in humans. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2004; 286: R844-R850.
 28. Yamamoto K, Kawada T, Kamiya A, Takaki H, Miyamoto T, Sugimachi M, Sunagawa K. Muscle mechanoreflex induces the pressor response by resetting the arterial baroreflex neural arc. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2004; 286: H1382-H1388.

G-2.学会発表

1. Toru Kawada, Toji Yamazaki, Tsuyoshi Akiyama, Atsunori Kamiya, Kenji Sunagawa. Vagal stimulation suppresses ischemia-induced myocardial norepinephrine release. *Experimental Biology* 2004.
2. Kazunori Uemura, Koji Kashihara, Toru Kawada, Masaru Sugimachi, Kenji Sunagawa. A comprehensive physiological model of circulation for automatic piloting hemodynamics in patients with acute heart failure. *Experimental Biology* 2004.
3. Toru Kawada, Kenta Yamamoto, Kazunori Uemura, Atsunori Kamiya, Kenji Sunagawa. Simple summation with threshold explains the interaction between the arterial baroreflex and muscle mechanoreflex in determining sympathetic nerve activity. *Experimental Biology* 2004.
4. Atsunori Kamiya, Toru Kawada, Kenta Yamamoto, Masaru Sugimachi, Kenji Sunagawa. Muscle sympathetic nerve activity parallels cardiac and renal sympathetic nerve activity. *Experimental Biology* 2004.
5. 神谷 厚範、川田 徹、杉町 勝、砂川 賢二 圧反射性交感神経調節の動的静的中枢特性を評価する無侵襲的方法の開発：フェニレフリン・ニトロプルシド法の新展開 第43回日本エム・イー学会大会
6. 宮本 忠吉、稲垣 正司、高木 洋、川田 徹、山元 健太、杉町 勝、砂川 賢二 身体コンディショニングが呼吸化学調節系の運動適応機構に及ぼす影響 第43回日本エム・イー学会大会 医用電子と生体工学
7. 高木 洋、猪野 靖、川田 徹、杉町 勝、砂川 賢二 慢性心不全患者における運動時呼吸異常による予後予測 第43回日本エム・イー学会大会
8. 上村 和紀、柏原 考爾、川田 徹、杉町 勝、砂川 賢二 覚醒・非拘束ラットにおける、Bluetooth 無線を用いた植込み型心室圧容積遠隔測定システム 第43回日本エム・イー学会大会
9. 柏原 考爾、川田 徹、上村 和紀、杉町 勝、砂川 賢二 ニュートラルネットワークによる適応予測制御方式を用いた自動薬剤投与システムの開発 第43回日本エム・イー学会大会
10. 杉町 勝、稲垣 正司、川田 徹、高木 洋、佐藤 隆幸、砂川 賢二 完全植込型のバイオニック治療機器の開発 第43回日本エム・イー学会大会
11. 神谷 厚範、川田 徹、杉町 勝、砂川 賢二 圧反射性交感神経制御の伝達特性を推定する新しい非侵襲的方法：体血圧から交換神経活動を高精度に推定する
12. 上村 和紀、柏原 考爾、川田 徹、杉町 勝、砂川 賢二 血行動態の解析および予測を正確にする、新たな統合的循環平衡の枠組み 第43回日本エム・イー学会大会
13. 田辺 慎一、植村 俊雄、鄭 燦、川田 徹、杉町 勝、砂川 賢二 シリコンシーブ電極の自律神経系への応用 第43回日本エム・イー学会大会
14. 稲垣 正司、杉町 勝、砂川 賢二 超ICD 開発プロジェクト 第43回日本エム・イー学会大会
15. Takeshi Aiba, Wataru Shimizu, Kazuhiro Satomi, Kazuhiro Suyama, Takashi Kurita, Naohiko Aihara, Kenji

- Sunagawa, Shiro Kamakura. Clinical implication of body surface potential mapping for predicting reentrant circuits of atrial tachycardia after surgery for congenital heart disease. 25th Annual Scientific Sessions of NASPE – Heart Rhythm Society.
16. Toru Kawada, Toji Yamazaki, Masaru Sugimachi, Kenji Sunagawa. Disruption of cardiac vagal nerve terminal function in the ischemic myocardium. The 81th Annual Meeting of Japanese Physiological Society.
17. Masaru Sugimachi, Kazunori Uemura, Koji Kashihara, Toru Kawada, Kenji Sunagawa. Construction of comprehensive cardiovascular model to guide optimal treatment of acute left heart failure. The 81th Annual Meeting of Japanese Physiological Society.
18. Atsunori Kamiya, Toru Kawada, Masaru Sugimachi, Kenji Sunagawa. Muscle sympathetic nerve activity (SNA) parallels renal and cardiac SNAs in response to baroreflex. The 81th Annual Meeting of Japanese Physiological Society.
19. 佐藤 隆幸、安藤 元紀、李 梅花、鄭 燦、砂川 賢二、山崎 文靖 神経インターフェイス技法を用いた心不全治療と術中血圧制御 第 25 回日本循環制御医学会総会
20. 上村 和紀、川田 徹、柏原 考爾、杉町 勝、砂川 賢二 血行動態の解析および予測を正確にする、新たな統合的循環平衡の枠組み 第 25 回日本循環制御医学会総会
21. 上村 和紀、川田 徹、柏原 考爾、杉町 勝、砂川 賢二 覚醒・非拘束ラットにおける、Bluetooth を用いた埋め込み型心室圧容積遠隔測定システム 第 25 回日本循環制御医学会総会
22. 山元 健太、川田 徹、神谷 厚範、高木 洋、宮本 忠吉、杉町 勝、砂川 賢二 交感神経活動調節における動脈圧反射と筋機械受容器反射との相互作用は閾値付き加算モデルで説明できる 第 25 回日本循環制御医学会総会
23. 道上 大策、川田 徹、神谷 厚範、山元 健太、有海 秀人、杉町 勝、砂川 賢二 低周波鍼刺激は動脈圧反射の中樞弓をシフトさせる 第 25 回日本循環制御医学会総会
24. 李 梅花、鄭 燦、川田 徹、稲垣 正司、佐藤 隆幸、杉町 勝、砂川 賢二 Chronic vagal stimulation therapy exerts beneficial effects on failing hearts through a different mechanism from its adrenergic antagonism 第 25 回日本循環制御医学会総会
25. 有海 秀人、李 梅花、鄭 燦、神谷 厚範、川田 徹、稲垣 正司、佐藤 隆幸、杉町 勝、砂川 賢二 大動脈減圧神経刺激による急性心筋梗塞後生存率の改善 第 25 回日本循環制御医学会総会
26. Masaru Sugimachi, Kazunori Uemura, Toru Kawada, Atsunori Kamiya, Kenji Sunagawa. A comprehensive physiological model of circulation enables automatic piloting of hemodynamics in patients with acute heart failure. Cardiovascular System Dynamics Society, XVI International Congress
27. 有海 秀人、李 梅花、鄭 燦、神谷 厚範、川田 徹、稲垣 正司、佐藤 隆幸、

- 杉町 勝、砂川 賢二 大動脈減圧神経刺激による急性心筋梗塞後救命率の改善 第2回交感神経とアンジオテンシンII研究会
28. 宮本 忠吉、川田 徹、稲垣 正司、高木 洋、杉町 勝、砂川 賢二 心臓交感神経刺激は α アドレナリン作用を介して迷走神経による動的心拍数調節を抑制しない 第5回 Neurocardiology Workshop.
29. Hideyuki Sasaki, Hiroshi Takaki, Yoichi Goto, Kenji Sunagawa. Spontaneous breath-by-breath variations (fast but random) in exercise VO_2 are reduced in patients with chronic heart failure. ESC Congress.
30. Hideyuki Sasaki, Hiroshi Takaki, Yoichi Goto, Kenji Sunagawa. Incidence of symptomatic hypotension after strenuous exercise is reduced after exercise training in patients with acute myocardial infarction. ESC Congress.
31. Hiroyuki Yamamoto, Hiroshi Takaki, Jun Tamai, Yoichi Goto, Kenji Sunagawa. Slow VO_2 oscillations during exercise is attenuated immediately after PTMC even when peak VO_2 did not significantly increased. ESC Congress.
32. Koji Kashihara, Toru Kawada, Kazunori Uemura, Masaru Sugimachi, Kenji Sunagawa. Adaptive predictive control using a neural network in acute hypotension. IFAC Workshop on Adaptation and Learning in Control and Signal Processing, and IFAC Workshop on Periodic Control Systems.
33. Masashi Inagaki, Ichiro Hidaka, Takashi Aiba, Teiji Tatewaki, Kenji Sunagawa, Masaru Sugimachi. High resolution optical mapping of cardiac action potentials in freely beating rabbit hearts. 26th Annual International Conference of the IEEE EMBS.
34. 稲垣 正司、杉町 勝、日高 一郎、野田 崇、相庭 武司、立脇 禎二、砂川 賢二 肺静脈入口部付近の解剖学的構造と心房細動の機序：コンピューター・シミュレーションによる検討 第21回日本心電学会学術集会
35. 日高 一郎、稲垣 正司、杉町 勝、砂川 賢二 多点オーバードライブペーシングを用いた超低電流除細動法の開発 第21回日本心電学会学術集会
36. 宮本 忠吉、山元 健太、砂川 賢二 アスリートの運動時換気昂進抑制機構の解明 第59回 日本体力医学会大会
37. Kenta Yamamoto, Toru Kawada, Atsunori Kamiya, Hiroshi Takaki, Masaru Sugimachi, Kenji Sunagawa. Arterial baroreflex and muscle mechanoreflex mutually change the response range of sympathetic nerve activity in the other reflex. 2004 APS Intersociety Meeting: Integrative Biology of Exercise.
38. 道上 大策、川田 徹、神谷 厚範、杉町 勝、砂川 賢二 鍼刺激の動脈圧反射の動特性に及ぼす影響 第19回生体・生理工学シンポジウム
39. 宮本 忠吉、稲垣 正司、高木 洋、川田 徹、山元 健太、杉町 勝、砂川 賢二 長期運動トレーニングの実施は呼吸

- 化学調節系の制御部と被制御部の適応を引き起こし運動時換気昂進反応を抑制する 第19回生体・生理工学シンポジウム
40. 山元 健太、川田 徹、神谷 厚範、高木 洋、宮本 忠吉、杉町 勝、砂川 賢二 筋機械受容器反射は動脈圧反射の中樞弓における動的ゲインを増加させる 第19回生体・生理工学シンポジウム
 41. 稲垣 正司、平林 智子、久田 俊明、日高 一郎、野田 崇、相庭 武司、立脇 禎二、砂川 賢二、杉町 勝 心臓の機械-電気帰還現象と機械的刺激により誘発される不整脈 第18回日本エム・イー学会秋季大会
 42. Meihua Li, Can Zheng, Toru Kawada, Masashi Inagaki, Toshiaki Shishido, Takayuki Sato, Kenji Sunagawa. Chronic Vagal Stimulation Exerts its Beneficial Effects on the Failing Heart Independently of its Anti- β -Adrenergic Mechanism. American Heart Association.
 43. Takeshi Aiba, Ichiro Hidaka, Wataru Shimizu, Kazunori Uemura, Masashi Inagaki, Masaru Sugimachi, Kenji Sunagawa. Steep Repolarization Gradient is Required for Development of Phase 2 Reentry and Subsequent Ventricular Tachyarrhythmias in a Model of the Brugada Syndrome: High-Resolution Optical Mapping Study. American Heart Association.
 44. Takeshi Aiba, Ichiro Hidaka, Wataru Shimizu, Masashi Inagaki, Kazunori Uemura, Masaru Sugimachi, Kenji Sunagawa. Steep repolarization gradient in the epicardium develops phase-2 reentry and subsequent ventricular tachyarrhythmias in a model of the brugada syndrome. 第69回日本循環器学会
 45. Meihua Li, Can Zheng, Toru Kawada, Masashi Inagaki, Masaru Sugimachi, Takayuki Sato, Kenji Sunagawa. Effects of abdominal vagal nerve activation on hemodynamics of acute myocardial infarction. 第69回日本循環器学会
 46. Meihua Li, Can Zheng, Masashi Inagaki, Toru Kawada, Masaru Sugimachi, Takayuki Sato, Kenji Sunagawa. Chronic vagal stimulation decreased vasopressin secretion and sodium ingestion in heart failure rats after myocardial infarction. 第69回日本循環器学会
 47. Teiji Tatewaki, Masashi Inagaki, Masaru Sugimachi, Kenji Sunagawa. Intravascular parasympathetic cardiac nerve stimulation prevents ventricular arrhythmias during acute coronary ischemia. 第69回日本循環器学会
 48. Toru Kawada, Toji Yamazaki, Tsuyoshi Akiyama, Kazunori Uemura, Toshiaki Shishido, Can Zheng, Meihua Li, Masaru Sugimachi, Kenji Sunagawa. Acute myocardial ischemia causes local glutamate release via retrograde transport of glutamate transporters. 第69回日本循環器学会
 49. Can Zheng, Meihua Li, Takayuki Sato, Masashi Inagaki, Toru Kawada, Masaru Sugimachi, Kenji Sunagawa. Vagal stimulation markedly suppresses arrhythmias in conscious rats with chronic heart failure after

large myocardial infarction. 第69回日本循環器学会

50. Kazunori Uemura, Toru Kawada, Toshiaki Shishido, Takeshi Aiba, Kenji Sunagawa, Masaru Sugimachi. Estimation of preload recruitable stroke work relationship from steady-state hemodynamics without recording ventricular pressure-volume relationship. 第69回日本循環器学会
51. Takashi Noda, Masashi Inagaki, Takeshi Aiba, Ichiro Hidaka, Teiji Tatewaki, Can Zheng, Wataru Shimizu, Kenji Sunagawa, Masaru Sugimachi. Ischemia induced conduction delay plays a key role in predisposing the heart to ventricular fibrillation. 第69回日本循環器学会
52. Tadayoshi Miyamoto, Masashi Inagaki, Hiroshi Takaki, Toshiaki Shishido, Toru Kawada, Kenji Sunagawa, Masaru Sugimachi. Regular exercise training attenuates exercise hyperpnea through desensitization of the respiratory central controller. 第69回日本循環器学会
53. Hideto Ariumi, Toru Kawada, Takayuki Sato, Kenji Sunagawa, Masaru Sugimachi. Aortic depressor nerve stimulation markedly improves the survival rate after acute myocardial infarction in rats. 第69回日本循環器学会

G-3.新聞報道

1. 血圧低下秒単位で回復 バイオニック医療の新装置 2005年10月6日 西日本新聞朝刊

H.知的所有権の取得状況

1. 国際特許出願
心疾患診断システム
出願日 2004年11月18日出願
発明者 上村 和紀、神谷 厚範、杉町 勝、砂川 賢二
出願番号 PCT/JP04/17153
2. 国際特許出願
心疾患治療システム
出願日 2004年11月18日出願
発明者 上村 和紀、神谷 厚範、杉町 勝、砂川 賢二
出願番号 PCT/JP04/17154
3. 国際特許出願
頸部圧力負荷による自律神経治療装置
出願日 2005年1月27日出願
発明者 神谷 厚範、川田 徹、杉町 勝、砂川 賢二
出願番号 PCT/JP05/1143

ナノテクノロジーによる機能的・構造的生体代替デバイスの開発

I バイオニックナノメディスンによる循環調節機能代替デバイスの開発研究

バイオニックナノインプラント・ナノペーシングシステムのための情報通信技術の研究開発

分担研究者 河野隆二（横浜国立大学 教授）

研究要旨

本報告では、ナノテクノロジーを用いた医療の新しい分野であるナノメディスンにおけるバイオニックナノインプラントシステム、バイオニックナノペーシングシステムのための無線情報通信技術の研究成果をまとめた。主に、無線情報通信の設計を行う上で必要不可欠となる通信伝播路としての生体の特徴を明らかにすることを目的とし、理想化したモデルと理論式からの解析及び人体数値ファントムを用いた電磁界解析の双方からの検討を行った。また、その結果を元にして回線設計を行ったので併せて報告する。また、要素技術として期待されるアダプティブアレーアンテナ、Ultra Wide Band(UWB)無線を生体内に応用することにより、特にナノテクノロジーによって実現される体内の装置間の通信、病院の制御装置と体内装置の通信における新たな課題、応用分野に関して研究を続けてきたのでそれに対する成果を報告する。

A.研究目的

A-1.背景

本研究では、ナノテクノロジーを用いた医療の新しい分野であるナノメディスンにおけるバイオニックナノインプラントシステム、バイオニックナノペーシングシステムのための無線情報通信技術の基盤技術を開発することを目的とする。本研究は主に体内通信及び、病院内における無線通信に対して本研究室で進めてきている研究成果をまとめたものである。バイオニックナノメディスンにおける無線通信における通信環境は2つ考えられる。その内の1つである体内通信として仮定しているのは、心臓ペースメーカー等のように体内に装置を複数個置いて、それら装置間の通信を示す。これによって従来に比べて患者の健康を保つこと、または監視することが可能と

なる。また、装置が無線となってそれぞれを線で結ぶ必要が無い。もう1つは体外通信である。これは体内の装置と体外の装置の通信である。これは病院内において患者の様子を常にチェックする上で必要なことと思われる。すなわち、体外装置が複数の患者の体内装置に対して無線アクセスする事でそれぞれの患者を同時に監視することが出来る。これは特に有線における場合と異なり、適応範囲、適応患者数が大幅に増えることが予測される。また、医療用無線通信であることを考慮すると一般の無線に比べてさらに信頼性の高い通信が要求される。

以上の課題に対して従来の無線通信の技術を応用することが比較的簡易なアプローチとして考えられる。本報告書ではこのアプローチを選択する。また、従来の無線通信では空間伝搬路を用いているが、体内での無線通信

を考えた場合では体内伝搬路を用いるため、それらの構築についての検討も行う。また通信メディアに電磁波を用いる場合において、電磁波が人体における影響についての研究も必要である。

B. 研究方法

上記に示した課題に対して本研究は2つの先端通信技術と、体内で行う通信のための伝播路モデルの構築の検討を行う。通信技術としては現在、特に注目されている技術でもあるアダプティブアレーアンテナ (Adaptive Array Antenna : AAA)、Ultra Wide Band (UWB)無線を用いる。これら2つのアプローチが先にとりあげた課題の中でのそれぞれの問題、今後必要と思われる課題に対して有効であることを本報告では示す。また、体内伝搬路を用いて無線通信を可能にするために必要不可欠となる体内伝搬路モデルの構築を行う。よって本報告の構成は2つの超高信頼通信へのアプローチと、体内伝搬路モデルの構築の合わせて3つの項目で構成する。その中でも個別に問題となりうる事項をとりあげその解決策を示していく。

以下にそれぞれ2つのアプローチと体内伝搬モデル構築方法の概略を下記に示す。

AAA はアンテナを複数個用いることで高品質な通信を実現する方法である。具体的にはアレーアンテナの下についている Weight と呼ばれる部分の係数を切り切り替えることでアンテナ指向性を自由にかつ瞬時に切り替えることが可能である。これより、空間的に他局、または遅延波による干渉を削減し、電波の到来方向を探知することを可能とする。

次に UWB 通信であるが、これは最近の無線通信分野において最も注目を浴びている技術である。このメリットとしては超高速伝送が可能であること、非常に性能の高い測距

が可能であること、パルスを用いて通信を行うためハードウェア的に簡素に実現できること、さらにキャリアを用いずにパルスを用いるため低消費電力で通信が可能となる通信方式である。

最後に体内伝搬路モデルの構築は、従来の空間伝搬路を用いた通信と異なり、体内通信体外通信では体内伝搬路を用いるため皮膚や脂肪などの反射や透過、各組織での吸収による減衰が起こる。これらの要素についての考察を理論的解析及び人体数値ファントムを用いた電磁界解析により行う。人体数値ファントムとは人体の電気的特性を3次元データ化したものである。また、解析結果を元にした回線設計を行う。

C. 研究結果

C-1 アダプティブアレーアンテナ

アダプティブアレーアンテナは、複数のアンテナを用いることで高品質な通信を実現する方法である。具体的には、各アレーアンテナの素子アンテナが持っているウェイトと呼ばれる部分で信号の振幅や位相を環境に応じて変化させることでアンテナ指向性を自由にかつ瞬時に切り替えることが可能である。

また、送受信側に複数のアンテナを用い、受信感度のよい受信信号を選ぶことによりダイバーシチ利得が得られる。これらの技術により、空間的に他局や遅延波による干渉を削減し、電波の到来方向を探知することを可能になる。

アダプティブアレーアンテナ技術を用いることにより、複数の干渉が存在する体内・体外通信においてこれらの干渉を除去するための検討と、更に電波の到来方向を推定することにより体内機器の場所をリアルタイムで推定することを目指す。

C-1-1 自由度を超える干渉波への対策

人体内部での送受信を考えると、骨、筋肉、臓器等様々なものに電波が反射して受信機に届くという環境が想定される。空間伝搬においてはビルなどの建造物や山などの地形の変化等様々な障害物がある。そういった伝搬環境では障害物に反射した電波が遅延をもって到来し、受信信号に影響を与えるマルチパスという問題がある。人体内通信においても空間伝搬通信と同様のマルチパス問題があると考えられる。また、固有の問題としては複数の媒質の電気的特性が異なることによる特殊な伝搬路であることが想定される。

空間伝搬においてはこのマルチパス対策としてアダプティブアレーアンテナを用いる方法が採られてきた。一般にアダプティブアレーアンテナでは抑圧できる干渉波の数はアンテナ素子数で決まり、アンテナ素子数に対する干渉波抑制能力（自由度）を超える干渉波到来状況では抑圧することはできない。医療用人体内通信では人の生命に関わる通信であるため、空間伝搬通信よりも信頼性が重要な評価基準となる。また伝搬環境として非常に劣悪なマルチパス環境であることが想定されるため、干渉除去技術が重要となる。

そこで劣悪なマルチパス環境において干渉波を抑圧する方式として階層型アレーアンテナについて検討している。人体内通信伝搬路においてはアンテナ素子数以下の干渉波数であることは少ないという仮定の下に検討を行った。階層型アダプティブアレーアンテナはまず第1階層においてセクタビームを生成し、希望波から離れた干渉波に対して抑圧を行う。第2階層においては、MMSE基準によるビームパターンの形成を行い、第1階層のビームフォーミングにより抑圧できない希望波付近の干渉波を抑圧する。このシステムを適用することで自由度を超える数の干渉波が第1階

層において生成されるセクタビームの外に到来する場合、通信環境の劣化を免れる。

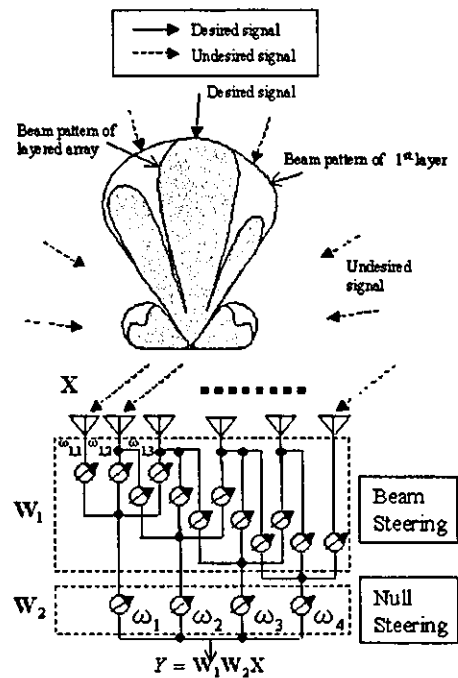


図.1 階層型アダプティブアレーアンテナのシステム

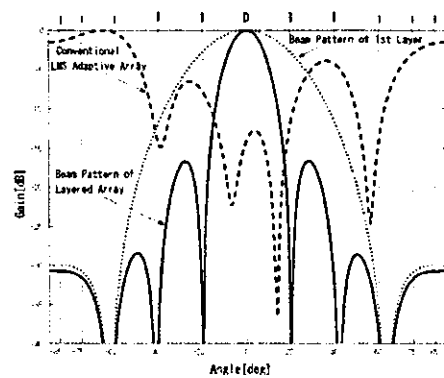


図.2 階層型アダプティブアレーのビームパターン

また、従来の階層型方式では第1階層におけるビーム形成について詳しい検討がなされていなかった。そこでまず第1階層で形成するビーム方向についての検討を行った。具体的には、最尤推定法を用いて到来方向が事前に分からない場合でも収束速度を従来のアレーアンテナより速めることが確認できた。

C-1-2 体内医療機器からの高精度到来方向推定技術

現在、人体の内部からの治療を目的としてナノテクノロジーを用いた超微細の機器を埋め込む治療が検討されている。人体に複数存在する機器に命令を無線通信によって行う場合、外部送信機から送信する。内部に存在する機器の構成を出来るだけ簡単にするためには信号を目的のマシン一つ一つに分けて送信する必要がある。これによって信号の識別機能を削減できる。そのために超高精度のビーム形成が必要であることからアレーアンテナ技術の適用を検討してきた。また、複数の体内に存在する機器からの干渉を抑えるためのアルゴリズムの検討を行ってきた。また、信号を正確に受信するために到来方向を正確に知ることが必要となる。また、体内の機器の位置を推定するために無線通信を行いながらその電波の到来する方向を推定することにより体内における機器のリアルタイムのポジショニングを行う方式の実現を目指して提案を行っている。

消費電力を抑えるために内部からの通信方式として UWB-IR を用いることを考える。UWB-IR は数 ns の非常に短いインパルスを用いて通信する方式である。パルスの時間幅が非常に短いために消費電力を低く抑えることができる。しかし、信号の帯域が非常に広いため従来から考えられてきた到来方向推定法では正確な推定が不可能である。そこで広帯域無線通信における到来方向推定法について検討してきた。

従来から高精度な到来方向推定方式として MUSIC 法がある。UWB-IR 方式ではスペクトル拡散の場合における逆拡散処理と同様に、受信機において SNR を改善するために相関受信を行う。UWB-IR 方式に到来方向推定を適用する際に、相関受信する前の信号で MUSIC

法を行うと雑音電力が信号電力に比べて大きい場合到来方向推定は難しい。したがって、相関フィルタ出力を足し合わせた後の信号をアレーアンテナの新しいステアリングベクトルとして到来角推定を行う。

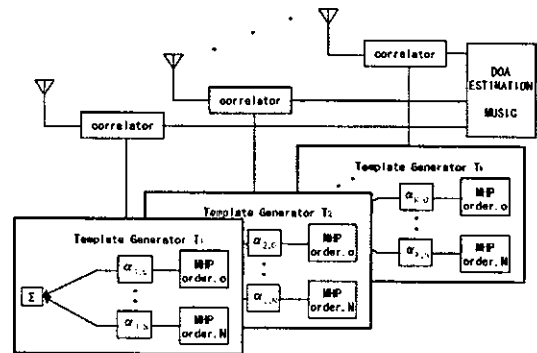


図.3 UWB-IR のための到来方向推定受信機

提案するアレーアンテナを用いた到来角推定では、受信機においてパルス幅の時間内にすべての素子で相関値が出るように素子間隔を決める必要がある。したがって、UWB-IR 方式ではパルス幅が非常に狭いことから、アレーアンテナの素子間隔は非常に狭くなる問題がある。ここで、狭帯域信号の干渉が存在する場合、相関フィルタに受信波形と同じテンプレート波形を用いると、アレーの各素子の相関器出力が互いに相関を持つ。よって、MUSIC 法を用いて到来角推定をすると推定精度が劣化する。この問題の改善策として、アレーアンテナの各素子アンテナにおける相関器のテンプレート波形に直交関数系として MHP を用いる方式を提案する。各相関器のテンプレート波形をそれぞれ異なった直交波形にすると、アレー素子同士の相関出力の相関を打ち消すことができるため到来角推定の精度の改善が期待できる。しかし、この方式では信号波形も直交展開されるために信号電力が小さくなってしまう。さらなる改善策として MHP にアダマール行列により重み付けを

して組み合わせたテンプレート波形を用いることを考える。この方法により、直交性を保ちつつ、相関出力の値を大きくすることができるのでより精度の良い推定が行える。

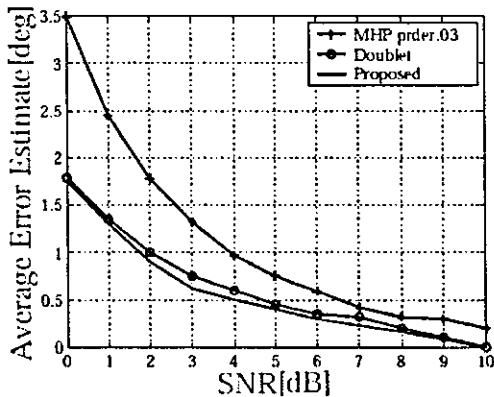


図.4 測角誤差

C-2 UWB を用いた体内無線通信技術構築

医療用の体内・体外通信では、人体への影響を抑えながらも、高品質・高効率の通信を行うことが望まれる。そのような観点から、数 GHz にもわたる超広帯域を使用することで高速伝送を実現する Ultra Wide Band (UWB) 技術の研究を行った。

従来の無線通信方式は、その帯域として MHz 以下のオーダーを用いるが、UWB では、その使用帯域を GHz オーダーにまで広げることで大容量通信を実現する。また、UWB 通信は従来の無線方式に比べて消費電力が少なくすむことから、体内の無線機器での課題となる消費電力を減らすことが可能となる。UWB の通信方式の中でも、1ns 以下の時間幅のパルスを用いる UWB-Impulse Radio (UWB-IR) 方式や、チャープ波形を用いる Chirp-UWB 方式などは、送受信デバイスの構成が比較的簡易に作成できることが知られており、ナノテクノロジーへの応用が考えられる。

本研究は、このような UWB 技術をナノメデ

ィスンに適応するにあたって、通信測距・被干渉低減・符号化方式・多値化方式・受信機構成という観点から研究を行った。以下では、その研究成果について述べる。

C-2-1 チャープ波形を用いた UWB 通信測距の研究

生体内でのナノマシンが複数存在する状況において、各ナノマシン同士の通信および測距は不可欠である。UWB 技術を用いることで通信と同時に高精度の測距が可能となり、ナノマシンを正確にコントロールすることができる。

超広帯域な信号を用いた方式として、パルス波形を間欠的に送信する UWB-IR 方式がある。非常に時間幅の短いパルスを用いるために、そのパルスの位置を正確に推定することができ高精度の測距が可能になる。しかし UWB-IR 方式はパルス性の信号を用いるため、測距可能距離をあげようとした場合、瞬時ピーク電力の増加が問題となる。また、複数のデバイスが混在する状況では各デバイスを識別する必要がある。我々はこのような問題に対して、パルスではなく超広帯域なチャープ波形を利用する方式を提案する。

チャープ波形は時間とともに周波数に変化する信号であり、その周波数変化が線形であるものを線形掃引型チャープ波形とよび一般的にレーダ等に用いられている。各デバイスが同じ線形掃引型チャープ波形を用いてしまうと識別ができないので、提案方式では周波数の変化が各ユーザ毎に異なるものを割当てることにより解決した。すべての時間で全ユーザは異なる周波数を用いているので相互の干渉を低減することができ、かつ使用帯域幅は等しいので全ユーザが正確な測距を行うことが可能となる。UWB-IR 方式では、各ユーザは割当てられた系列によってパルスを送信することにより多元接続が可能となる。しかし

他デバイスからのパルスと衝突した場合に干渉となり性能が劣化する。シミュレーションにより両方式を比較した結果を図5および6に示す。図より、デバイス数が多い場合に提案方式が優れた性能を示していることがわかる。

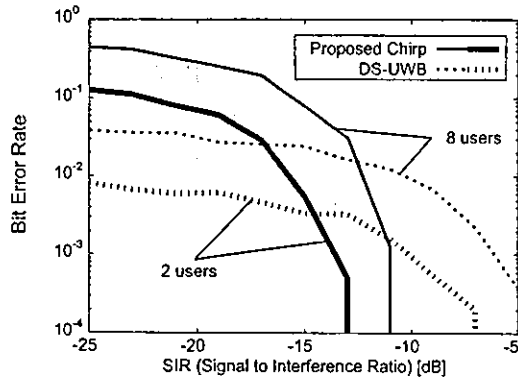


図5 多元接続時のビット誤り率特性

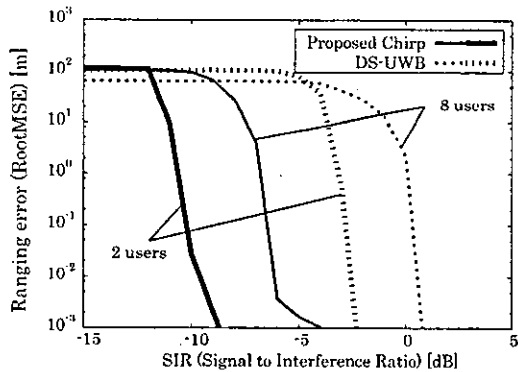


図6 多元接続時の測距誤差

C-2-2 UWB 受信機の設計に関する研究

体内体外通信に UWB 通信を適用するにあたって、信号検波のための受信機設計が非常に重要なものとなる。組み込み型デバイスは一度体内に取り入れてしまうと、その受信システムを後から変化させることは難しいため、あらかじめ検出したい UWB 信号を想定して受信機を設計する必要がある。しかし、一般に無線通信の伝搬路は時変であり、環境によって UWB 信号の受信波形は大きく異なる。

従って、受信機において検出したい信号を適応的に変化できるシステムが求められる。そのような背景のもと、通信環境や要求仕様によって検出したい信号波形を変化させることが可能な受信機構造を検討した。

具体的には、受信機で相関検波をするために生成される相関波形を、複数の要素波形の線形和によって合成する。個々の要素波形は互いに直交しており、UWB 信号の直交基底に相当する。どのような UWB 信号も、直交展開によって直交基底の重み付け加算の形で表すことができるため、要素波形の数や重みを制御してやることで、様々な UWB 信号に対応した相関波形を近似的に合成することが可能となる。

また、一般に UWB の受信信号波形は通信路によって大きな波形歪が生じる。従来方式では、歪を考慮せずに相関検波を行うために、受信特性が劣化してしまう。提案方式では、パイロット信号を用いて伝搬環境を推定し、受信機での相関波形合成に適用することにより、受信信号の波形歪を補償することが可能となる。従来方式に対して、2つ、3つ、4つの要素波形を用いて相関波形を合成した場合の BER 特性を図7に示す。波形歪を生じる伝搬路において、提案方式は従来方式よりも優れた特性を示すことが確認できる。その特性改善効果は、相関波形合成に用いる要素波形の数を増やすほど顕著になる。

また、UWB 信号が時間遅延をもって到来するマルチパス環境下においては、Rake 受信機が有効であるが、従来の Rake 受信機では、波形歪の補償が行えないために十分な特性が得られない。提案方式では、波形歪みの影響が少ないため、Rake 受信機における相関器の数（フィンガー数）を増やすほど、より特性改善が見込める。その様子を図8に示す。従来方式に比べ、提案方式ではフィンガー数を

増やすことにより更なる特性改善が達成されていることが確認できる。

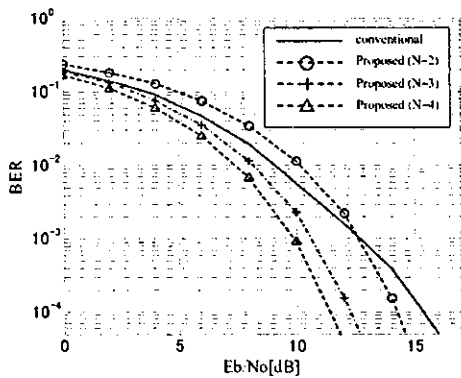


図.7 近似相関波形を用いた場合の BER 特性

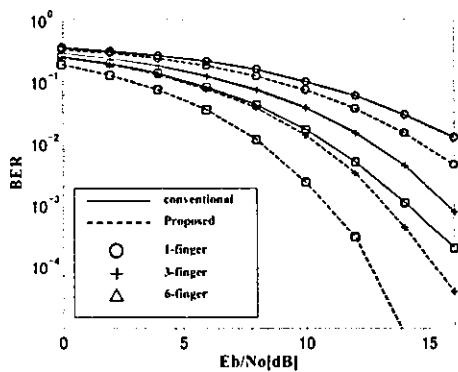


図.8 Rake 受信機の BER 特性比較

C-3 体内伝搬路構築

生体内における無線通信システムを設計するためには、まず生体内における伝搬路モデルを構築する必要がある。

生体は損失のある媒質であるため、電磁波が伝搬する場合大きな減衰を伴う。さらに、様々な組織により構成されているため、各組織の境界において反射・散乱が起こり多重波伝搬環境（マルチパス）になることが予想される。また、損失のある媒質にアンテナを埋め込む場合、アンテナの近傍電磁界を無視することができないという問題が存在する。

ここでは、まず体内の電磁界解析によって伝搬路の特性付けを行った結果及び埋め込み型アンテナからの放射特性の理論解析結果を

示す。さらに、解析結果に基づき、体内通信に UWB 通信を適用した場合の性能評価及び回線設計を行った結果について示す。

C-3-1 基本形状モデルによる伝搬特性解析

ここでは、生体組織を多層平板状に近似した場合の伝搬特性について示す。

組織の境界における透過・反射を考慮し、各層の電界を層内における透過波と反射波の層数分の連立方程式を解くことにより求めた結果を図 9 に示す。ここでは皮膚 3mm - 脂肪 5mm - 筋肉 28mm - 肺 92mm - 筋肉 24mm - 脂肪 5mm - 皮膚 3mm の順に平面波が伝搬することを仮定している。組織に入射した電磁波が大きく減衰することが理解できる。また、高周波ほど大きな減衰を示すため、通信に使用する周波数帯域を決める際に周波数の違いによる減衰率の違いを考慮しなければならないと言える。

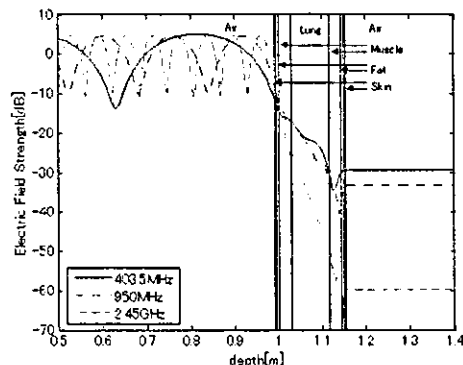


図.9 多層平板モデルにおける伝搬特性

C-3-2 埋め込み型アンテナからの放射特性

通常、アンテナからの放射電磁界は受信側が十分遠方である（遠方界）という仮定のもと、近似的に表現される。しかし体内間通信では送受信間が極めて近いことと組織内で吸収損失があることから、アンテナ近傍の電磁界（近傍界）を考慮する必要があると考えられる。ここでは近傍界を考慮に入れた場合の伝搬損失について述べる。

アンテナ近傍 ($d < \lambda/2\pi$) 及び遠方 ($d > \lambda/2\pi$) における伝搬損失 P_{NF} 、 P_{FF} はそれぞれの領域における電界から求めた SAR (Specific Absorption Rate) をそれぞれの領域全体について積分することにより表すことができる。受信電力は、自由空間中の伝搬式であるフリスの公式における送信電力 P_T から P_{NF} 、 P_{FF} を差し引いたものとなり、次式で表される。

$$P_R(FF) = (P_T - P_{NF} - P_{FF}) G_t G_r \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2$$

ここで G_t 、 G_r はそれぞれ送信アンテナ利得、受信アンテナ利得である。周波数に対する放射電力と受信電力の比を求めた結果を図 10、図 11 に示す。図より平面波の場合と異なり、受信電力が最大となる周波数が存在することが分かる。 $d = 20\text{mm}$ においては 1GHz で最も受信電力が大きくなっており、距離が伸びるにつれてピークとなる周波数は低くなること分かる。

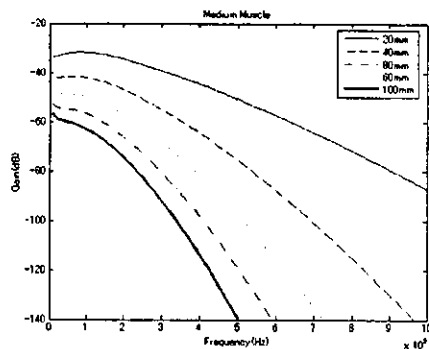


図.10 近傍界を考慮した伝搬損失 (媒質: 筋肉)

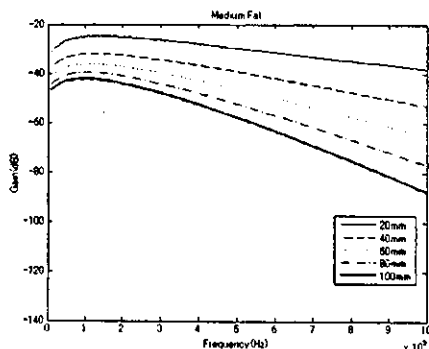


図.11 近傍界を考慮した伝搬損失 (媒質: 脂肪)

C-3-3 FDTD 法を用いた伝搬特性解析

体内における多重波伝搬環境を評価するためには遅延時間領域での特性評価が必要となるため、FDTD (Finite - Difference Time - Domain) 法を用いて時間領域における評価を行った。

FDTD 法はマクスウェルの方程式を差分近似し時間領域において直接解いていく電磁界解析手法であるため、伝搬路の時間応答を求めることができる。ここでは、MRI 画像を元に作成された人体数値ファントムモデル上において FDTD 解析を行い、遅延スプレッド及び相関帯域幅を求めた結果について示す。解析対象としては AFRL (Air Force Research Laboratory) により開発された人体数値ファントムの胸部データを用いた (図 12)。

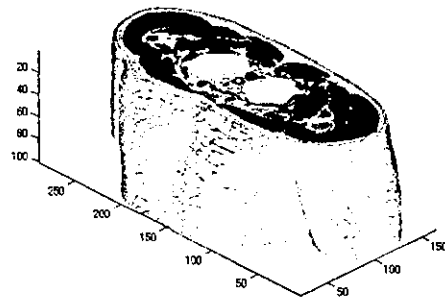


図.12 人体数値ファントム (胸部データ)

体の正面 72mm の地点にパルス波源を置いた場合の、体表より 100mm の体内の位置における遅延プロファイルを図 13 に示す。マルチパスにより時間的に広がりを持った受信波形となっている。また、同地点での周波数相関特性を求めた結果を図 14 に示す。

相関係数が 0.5、0.7 ないし 0.9 となる帯域幅を相関係数と定義すると数十～数百 MHz オーダーとなり、通常自由空間中と比べ非常に広いことが分かる。体内の各地点における遅延スプレッドと相関帯域幅を図 15 に示

す。体内深部においては、遅延スプレッドは小さく相関帯域幅は広くなることから、遅延波の影響が少なく周波数応答が一様とみなせる帯域幅が広いことが分かった。これにより、体内通信において広帯域無線通信が有効であることが示された。

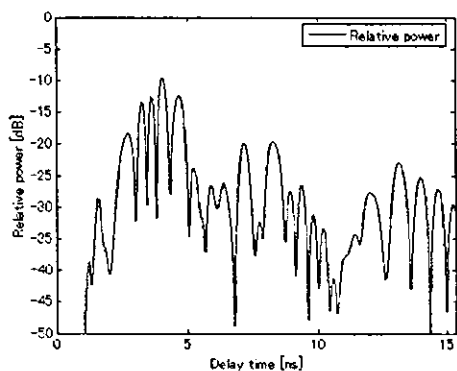


図.13 遅延プロファイル

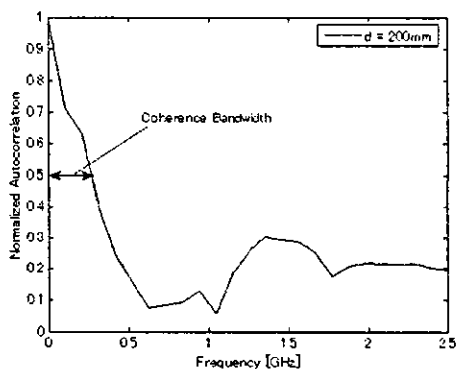


図.14 周波数相関特性

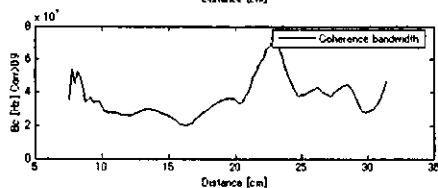
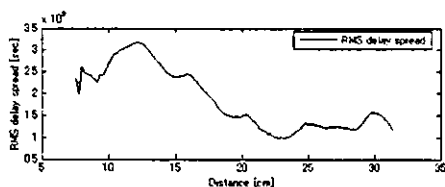


図.15 遅延スプレッド・相関帯域幅

C-3-4 体内用 UWB 通信の検討

医療用の体内・体内外通信では、人体への影響を抑えながらも、高品質・高効率の通信を行うことが望まれる。そのような観点から、数 GHz にもわたる超広帯域を使用することで高速伝送を実現する Ultra Wide Band (UWB) 通信方式、特にパルスを用いる UWB-Impulse Radio (UWB-IR) 方式についての生体内通信への適用を検討した。

UWB-IR は送受信デバイスの構成が比較的簡易に作成できることが知られており、ナノテクノロジーへの応用が考えられる。

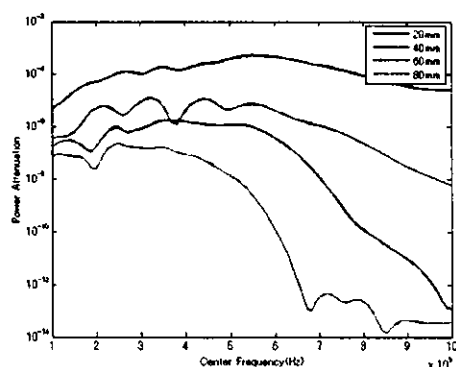


図.16 電力スペクトル

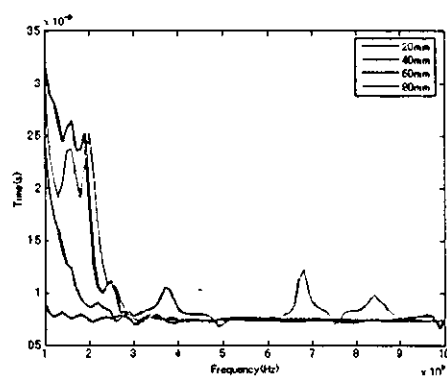


図.17 遅延スプレッド

生体内で UWB-IR 通信を行う場合、受信信号を劣化させるものとして、受信電力の減衰と信号波形の歪みが挙げられる。歪みは遅延スプレッドに起因するものである。FDTD 法による解析結果より導出した中心周波数に対

する電力スペクトル及び遅延スプレッドを図16、図17に示す。低周波帯では電力が大きく、高周波帯では遅延スプレッドが小さいことが分かる。この結果を元にし、計算機シミュレーションを行うことにより、ビット誤り率を評価基準評価とした最適中心周波数を導出した。例として帯域幅500MHz、通信距離4cmの場合の中心周波数に対するビット誤り率を図18に示す。中心周波数2.5GHzにおけるビット誤り率が最も小さくなっていることがわかる。

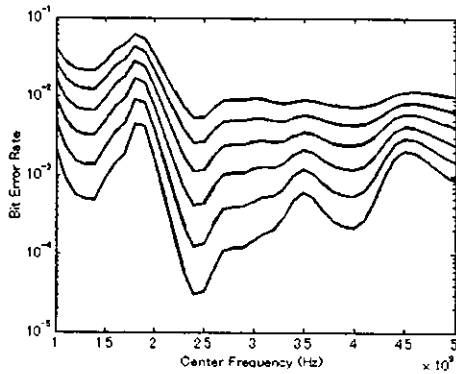


図18 中心周波数に対するビット誤り率

C-3-5 回線設計

実際に通信を行う場合、送信電力や受信機雑音電力を考慮しなければならない。そこで生体内 UWB 通信を行うことを想定した場合の回線設計及びリンクマージンの導出を行った(表1)。リンクマージンは電力的な余裕を表す指標であり、余裕分の電力は消費電力の削減や通信距離の拡大に費やすことが可能である。例としてリンクマージン全てを給電電力に費やすと、給電電力は-19.9dBm(10.2μW)となる。また、リンクマージンを伝送距離の拡大に費やすことで、生体内での最大伝送可能距離は8cmとなる。また、体外1mの距離にある機器との通信を行う場合、埋め込み深さを3cm以下にする必要があると言える。

表1.回線設計表

	自由空間中 UWB	体内間 UWB	体内一体外 UWB
通信距離	2m	5cm	1m(深さ3cm)
通信速度	1Mbps	1Mbps	1Mbps
帯域幅	500MHz(3.1~3.6GHz)	500MHz(2.25~2.75GHz)	500MHz(2.25~2.75GHz)
給電電力	-10.0dBm	-10.0dBm	-10.0dBm
パルス繰返し回数	10	10	10
アンテナ利得	0dBi	0dBi	0dBi
空気中相当減衰	-50.5dB	-20.0dB	-38.4dB
生体内相当減衰	0dB	-34.9dB	-26.3dB
受信信号電力	-50.5dBm	-54.1dBm	-64.7dBm
雑音電力	-76.7dBm	-76.7dBm	-76.7dBm
必要S/N	12.7dB	12.7dB	12.7dB
リンクマージン	14.3dB	9.9dB	-0.7dB

C-3-6 電波による人体への影響

生体内に通信装置を埋め込む時に懸念されるのが人体への影響である。高周波帯での電磁界暴露による生体作用・健康影響としては、大別して次に示す3種類の現象が報告されている。

- ・ 熱作用(加熱によるストレス、眼球の加熱など)
- ・ 刺激作用(誘導電流による神経刺激、接触電流による刺激など)
- ・ その他の作用(エネルギー代謝への影響、DNA損傷など)

刺激作用は今回検討する数MHz帯から数GHz帯での影響は小さくほとんど無視でき、その他の作用については追試により影響が大きいと判断され実際に指針が得られている現象は殆どない。そこで熱作用のみに現象を絞って検討を行う。

高周波電磁界における熱的作用の評価指標として、SAR(Specific Absorption Rate/比吸収率)が用いられている。

SARは体重1kg当たりの吸収電力で定義される量であり、人体への熱影響を直接的に表すことができる。

わが国における SAR を指標とする強制規格指針として電波防護指針が策定されている。これは電波防護における国際的な指標である ICNIRP(国際非電離放射線防護委員会)による指針に基づくものである。

アンテナを生体内に埋め込む場合、波源を中心とする極近傍領域において SAR は最大となる。これは電波のエネルギーが波源から球状に広がって伝播していくことによる。出力が 2mW の場合の波源近傍 10g あたり各における周波数に対する平均 SAR、及び電波防護指針による SAR 規制値を図 19 に示す(米 FCC ではライセンスなしで人体に接触させて用いる無線機器の出力は 2mW 以下に規制している)。

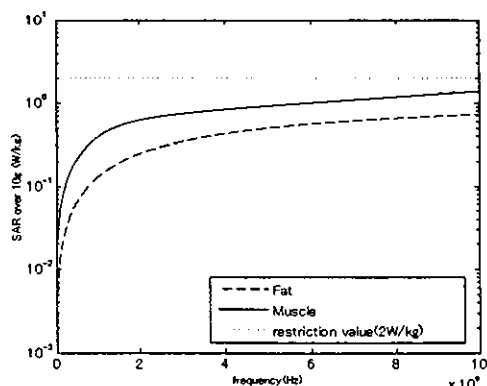


図 19 波源近傍 10g における平均 SAR(入力電力 2mW)

例えば、媒質が筋肉、中心周波数が 2.5GHz の場合の SAR は 0.7W/kg である。高周波帯ほど SAR は大きくなっているが、いずれの周波数帯においてもその値は 2W/kg 以下であり規格を満たしていることが分かる。さらに、実際のアンテナは被覆されること、心臓は生体内で最も動く臓器であり、熱の移動が激しいこと、埋め込みデバイスのため低消費電力が求められることを考えると、実際の影響はさらに小さくなるため、生体への熱影響の面においては問題がないと考えられる。

D.考察

D-1 アダプティブアレーアンテナ

アダプティブアレーアンテナを用いて空間的な干渉除去について階層型の構成でウェイトをコントロールすることにより複数のパスが存在する環境下において C-2-1 のアルゴリズムを用いることにより高速かつ最適なウェイトのコントロールについて検討を行った。これにより複数のナノマシンからの信号の干渉成分を抑え、かつ高速で通信を行うことを可能とする。今後は受信だけではなく、送信にアダプティブアレーアンテナを用いた検討を行う。また、UWB 通信を行った場合の到来方向推定について C-1-2 で検討を行った。UWB 通信を適応すると仮定した場合 C-1-2 で検討したアルゴリズムを用いることにより体内のナノマシンの位置推定を行う。そのためには体内伝搬モデルの解析(屈折率等)とリンクさせ、検討を行う必要がある。

D-2 UWB 無線通信技術

将来的には体内にナノマシンが多数存在し、それらが相互に情報をやりとりする状況が考えられる。この場合、各デバイスの信号を識別する技術、デバイスの位置を正確に推定する技術、またデバイス間の連携による体外への情報伝送技術が必要とされる。高い信頼性を得るためには、ナノマシン間の高品質な通信や高精度な測距を行える必要がある。また各ナノマシンからの送信波の高精度な識別を行うために、各送信波を精度よく分離する技術も必要となる。

D-3 体内伝搬路構築

電波による通信を行う場合、距離に対する電力減衰が非常に大きい。高速で高品質な通信を行う場合は、ナノマシン間でネットワークを形成することにより、体表に近いナノマシンが情報を集めて体外に情報を送る必要があると考えられる。この場合ナノマシンネッ

トワークにおける通信ルート構築アルゴリズムを検討する必要がある。

また、装置小型化の可能性などの点から UWB-IR についての検討を行ったが、他の方式(MB-OFDM 方式、DS 方式など)についても検討も行い、通信性能、人体影響、装置の小型化の総合的な側面からの比較を行う必要がある。

E. 結論

E-1 アダプティブアレーアンテナ

アダプティブアレーアンテナを用いて空間的な干渉除去と UWB 通信を行った場合の到来方向推定について検討を行った。これにより、空間的な干渉除去技術と到来方向推定を可能とし、通信だけではなくリアルタイムでのポジショニング技術やモニタリング技術への応用することができる。

E-2 UWB 無線通信技術

高性能な測距と高品質な通信を同時に実現するために、チャープ波形を用いた UWB 通信測距方式を用いることが有効である。非線形挿引チャープ波形を用いることで、UWB-IR で問題となっていた瞬時ピーク電力の問題が解決でき、また多数のナノマシンが存在する状況下においても、高精度な送信波識別と測距が行えるようになる。これにより、複数のナノマシンによる高度な連携作業や遠隔治療が可能になると考えられる。

また UWB 受信機において、相関波形を要素波形の適応的合成によって生成することにより、通信路で生じた波形歪みを補償することが可能となる。

E-3 体内伝搬路モデル構築

生体内と生体内及び生体内と生体外の無線通信を実現するためには、まず体内における

伝搬路モデルを考える必要がある。そこで、まず簡単なモデルにおける電磁波に振る舞いについての解析を行った。さらに、人体の各組織の電氣的組成を数値化した人体数値ファントムを用いて FDTD 法による電磁界解析を行うことにより、遅延時間領域での多重波伝播特性の評価を行った。

また、生体内で UWB 通信を行う場合の計算機シミュレーションによるビット誤り率を評価基準とした最適中心周波数は 2.5GHz となった。その結果を元にして回線設計を行うことにより、最小給電電力は $10.2\mu\text{W}$ 、最大通信可能距離は 8cm となる。また、1m の距離にある体外機器との通信を行う際の最大埋め込み可能深さは 3cm となる。

生体に対する影響として、熱効果を表す指標である SAR を基準とした評価を行い、出力 2mW、中心周波数 2.5GHz の場合の平均 SAR の最大値は 0.7W/kg となり、わが国における規制基準 2.0W/kg を下回ることがわかった。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

G-1. 論文

1. Kenichi Takizawa and Ryuji Kohno, " Combined Iterative Demapping and Decoding for Coded MBOK DS-UWB Systems," IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, vol. E87-A, No. 10, pp. 2621-2629 (2004-10)
2. Yuko Rikuta and Ryuji Kohno, " Characteristics of Dual Frequency Planar Monopole Antenna for UWB System," IEICE Transactions on

- Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, vol.E87-A, No.10, pp.2607-2614 (2004-10)
3. Giuseppe Thadeu Freitas de Abreu, Hideki Ochiai, Ryuji Kohno, "Linear Maximum Likelihood Decoding of Space-Time Block Coded OFDM Systems for Mobile Communications," IEE Proceedings on Communications - Special Issue on WLAN Systems and Internetworking, Vol. 151, No. 5, pp. 447-459(2004-10)
 4. Craig Mitchell, Giuseppe Abreu and Ryuji Kohno, "Adaptive RAKE Receivers with Subspace -based Hadamard-Hermite Template Design for UWB Communications," IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences - Special Issue on UWB 2005
 3. Giuseppe Thadeu Freitas de Abreu, Takashi Uefuji and Ryuji Kohno, "Parameter Estimation of UWB-IR Signals Using Array Antennas with Hermite- Hadamard Orthogonal Filters," The Seventh International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications 2004 (WPMC2004), Abano Terme (Italy), pp. v2-288-292(2004-09)
 4. Kentaro Ikemoto and Ryuji Kohno, "Maximum Likelihood Estimation of Trellis Encoder and Modulation Transition Utilizing HMM for Adaptive Channel Coding Technique," International Symposium on Information Theory and its Applications (ISITA2004), Parma (Italy), pp.1244-1249 (2004-10)
 5. Kouji Ishii, Ryuji Kohno, "Serial Concatenated Coding Schemes over the Space-Time-Frequency Domain for OFDM transmission," International Symposium on Information Theory and its Applications (ISITA2004), Parma (Italy), pp. 856-861 (2004-10)

G-2.学会発表

G-2-1.査読付き国際会議論文

1. Koji ISHIBASHI, Hideki OCHIAI, and R. KOHNO, "On the Performance of Bit-interleaved Coded DAPSK over Rayleigh Fading Channels," IEEE International Conference on Communications 2004 (ICC' 04), Paris (French), CT14-4(2004-06)
2. Alex CARTAGENA GORDILLO, Giuseppe Thadeu FREITAS DE ABREU and Ryuji KOHNO, "Band-Limited Frequency Efficient Orthogonal Pulse Shape Modulation for UWB Communications," The 2004 IEEE International Symposium on Spread Spectrum Techniques and

G-2-2.研究会・国内シンポジウム論文

1. 原田浩樹、池本健太郎、河野隆二、
"UWB 多元接続システムにおけるシステム間干渉低減のための送信波形成形に関する検討,"第 27 回情報理論とその応用シンポジウム (SITA2004) 、 pp. 543-546 (2004-12)
2. 井田隼平、土井啓佑、河野隆二、
"DS-UWB 方式および Chirp 変調方式のマルチユーザ環境における通信と測距の性

能評価、”第27回情報理論とその応用シンポジウム (SITA2004)、pp. 479-482 (2004-12)

3. 谷口健太郎、河野隆二、“UWB-IR 通信における相関波形の適応的合成法、”第27回情報理論とその応用シンポジウム (SITA2004)、pp. 539-542 (2004-12)
4. 佐藤正知、河野隆二、“等間隔円形アンテナの到来方向推定法の一検討、”第27回情報理論とその応用シンポジウム (SITA2004)、pp. 451-454 (2004-12)

G-3.新聞報道

なし

H.知的所有権の取得状況

「なし」