

平成 21 年 5 月 22 日現在

研究種目：基盤研究 (A)
 研究期間：2005～2008
 課題番号：17206040
 研究課題名 (和文) 超広帯域 (UWB) 無線技術に基づく医療センサーネットワークに関する研究
 研究課題名 (英文) Project on Medical Sensor Networks based on Ultra-Wideband Radio Technology
 研究代表者
 河野 隆二 (KOHNO RYUJI)
 国立大学法人横浜国立大学・大学院工学研究院・教授
 研究者番号：90170208

研究成果の概要：

本研究では、遠隔医療 UWB ネットワークと生体内インプラントセンサーネットワークに必要な要素技術の研究を対象とした。両ネットワークに関して、(1)病棟や生活環境の伝搬測定とモデル化、(2)生体への EMC 障害観測、(3)アクセスポイント位置の最適化、(4)ウェアラブル生体センサー・アクチュエータの制御法、(5)既存ネットワークとのソフトウェア無線技術に基づくトランスペアレント接続法、(6)センサー位置測定法、(7)体内外センサー間に適した伝送・測位方式の最適化と臨床実験実証による実現性を明らかにした。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2005 年度	16,000,000	4,800,000	20,800,000
2006 年度	7,500,000	2,250,000	9,750,000
2007 年度	7,500,000	2,250,000	9,750,000
2008 年度	5,600,000	1,680,000	7,280,000
年度			
総計	36,600,000	10,980,000	47,580,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・通信・ネットワーク工学

キーワード：(1)UWB(Ultra Wideband)、(2)超広帯域無線技術、(3)遠隔医療ネットワーク、(4)医療センサーネットワーク、(5)ユビキタス・メディカルシステム

1. 研究開始当初の背景

無線アドホックネットワーク分野において、無線 LAN、無線 PAN(Personal Area Network)、無線センサーネットワークの物理層、MAC 層に対する要求が異なり、伝送速度、信頼度、測位測距能力・精度、消費電力、バッテリー持続時間、法定許容送信電力上限などの主要な要求仕様が大きく異なり、個別に最適化がされ両立することはできなかった。

一方、超広帯域 (UWB: Ultra Wideband) 無線技術は、これらの要求条件を両立し得る信号方式であることに着目した。特に、本研究で対象とする遠隔医療 UWB ネットワークと生体内インプラントセンサーネットワークに

共通に必要な要素技術として UWB 無線技術を導入することは過去にはなく独創性がある。先端技術である UWB 技術などを社会的要請の高いユビキタス高度医療ネットワークの構築に導入し、具体的な成功例として認知されることが期待される。また、同分野での我が国の国際的な先進性を確保し、関連新ビジネスの創生などを通じた産業振興に貢献できる。実用化に必要な電波法などの法制度整備、産業化への標準化に貢献できる。

2. 研究の目的

本研究の大局的な目的は、先端情報通信技術を医療システムの高度化に導入し、進みつ

つある少子高齢化社会の中で医学と工学の融合領域の技術と理論の長期研究とそれに伴う医学・工学の両分野に精通した専門家教育を目指している。

この長期目的の一環として、本研究では、研究代表者が研究、開発、標準化、法制化に注力している超広帯域(UWB: Ultra Wideband)無線技術を中心とする先端情報通信技術を今後の医療環境で求められる膨大な生体情報・環境センシング情報をいつでもユビキタスに切れない高信頼度ネットワークで患者と医師を繋ぎ、人体への電波干渉を防ぎ、遠隔監視すると共に遠隔治療する双方向ブロードバンド高信頼度医療ネットワークの構築に必要な高効率・高信頼度な伝送・ネットワーク技術や高精度測距・センシング技術などの要素技術を構築することを目的とする。

また、患者と医師を結ぶ遠隔医療無線ネットワークばかりではなく、人体内に埋め込まれた複数インプラントセンサー間および体外の間の通信・測位ネットワークを対象としている。

3. 研究の方法

本研究では、患者と医師を結ぶ遠隔医療無線ネットワークばかりではなく、人体内に埋め込まれた複数インプラントセンサー間および体外の間の通信・測位ネットワークを対象とし、その構築に必要な要素技術の研究を対象とする。

(1)遠隔医療 UWB ネットワークの要素技術の最適化ならびに統合化

- ①病棟内、生活環境内での UWB 伝搬環境測定とモデル化
- ②生体への EMC 障害レベル観測
- ③アクセスポイント設置位置の最適化
- ④生体情報の伝送容量および、ウェアラブル生体センサー・アクチュエータの制御法
- ⑤UWB 伝送要素技術の考案と性能解析
- ⑥遠隔医療 UWB ネットワークの基本実験プラットフォームのシステム設計
- ⑦ユビキタス医療センサーネットワークに適した伝送方式の最適設計
- ⑧既存ネットワークとのソフトウェア無線技術に基づくトランスペアレント接続、などを理論検討、臨床実験実証

(2)生体内インプラントセンサーネットワークの要素技術の最適化ならびに統合化

- ①生体内での UWB 伝搬測定とモデル化
- ②生体への EMC 障害レベル観測
- ③インプラントセンサー位置の最適化や位置測定法の考案
- ④インプラントセンサー間、体外センサーとの伝送に適した伝送・測位方式の最適設計などの理論検討
- ⑤生体内インプラントセンサーネットワー

クの基本システム設計

⑥生体内インプラントセンサーネットワークの要素技術の統合的最適化と基本実験プラットフォーム構築

(3)遠隔医療 UWB ネットワークと生体内インプラントセンサーネットワークの統合化

4. 研究成果

ユビキタス医療の根幹をなすボディアエリアネットワーク(BAN)の物理層からMAC層、アプリケーション層にわたる要素技術の研究として、UWB無線技術をコアとし、周波数共用するシステムとの与干渉と被干渉のいずれに対する耐干渉性を高め、SARやEMCに関する人体への侵襲性を低減し、ビット誤り率(BER)やパケットのThroughput、場所率(Outage Probability)などの通信品質および、TOA、DTOAによる通信に基づく測位測距精度を向上させるUWB方式や測位アルゴリズムを考案し、病室内、人体近傍、体内における性能解析を行い、システムの最適化を行った。

その成果は、医療ICTに関する国際シンポジウムISMICT2006, 2007, 2009などや、電子情報通信学会医療ICT研究会、全国大会などで発表し、同学会英文論文誌医療ICT特集号などに掲載された。

また、BANの国際標準化(IEEE802.15.6)に横浜国立大学の標準案を平成21年3月と5月の会合において提案発表を行った。今後、他の提案とのマージにより、ウェアラブルBANとインプラントBANに適したUWB方式として標準化に貢献する。

代表的な研究成果として、無線BANの国際標準IEEE802.15.6の要素技術である通信方式、誤り制御方式、通信プロトコル、干渉回避方式を考案し、性能解析を行った。その代表的な成果は下記の通りに分類できる。

(1)通信方式:ウェアラブルボディアエリアネットワークに適したUWB通信方式

(2)誤り制御方式:医療と非医療に適した超広帯域(UWB)無線通信のための誤り制御法

(3)通信プロトコル:生体内センサーネットワークにおける熱を考慮したMACプロトコル

(4)干渉回避方式:Cognitive無線を用いたボディアエリアネットワーク(BAN)のための優先制御に関する研究

(5)測距測位方式:UWB無線通信方式によるTOAやDTOAに基づく測距測位における非見通し伝搬(Non Line-of Sight; NLOS)環境下における測位精度向上の研究

以下に(1)-(3)を説明する。

4.1 ウェアラブルボディアエリアネットワークに適したUWB通信方式の研究

体表につけたノード同士で通信を行うウェアラブルボディアエリアネットワーク環境

下において、現在 UWB 無線方式を用いることが検討されている。既存方式として DS-UWB 方式や Chirp-on-UWB 方式が考えられている。しかし、DS-UWB 方式は干渉波の電力が大きい場合に特性が Chirp on UWB(CoU)方式劣化する遠近問題がある。また、Chip on UWB 方式は使用周波数帯が重なってしまうような user が近くにいる場合特性が劣化するという弱点が挙げられる。これらを考慮して、提案方式として DS-UWB でのそれぞれのパルスにおいて、使用周波数帯を変化させて、その周波数帯内で時間で周波数に変化していくという Pulsed Chirp UWB 方式を提案した。

既存方式と比較して遠近問題に耐性を持たせることができた。また、既存方式を用いた場合と比較して BER(Bit Error Rate) の点で特性が改善されることを確認した。

提案の Pulsed Chirp UWB 方式では、非同期で同一領域で動作する複数の BAN の間の干渉を低減するために、占有帯域を複数のサブバンド(480MHz 単位)に分け、BAN 毎に異なる Hopping パターンでサブバンド間をホップし、更に、時間軸で DS 系列により BAN 識別を行う。

医療用の場合には、図 4.1 のように、BAN 毎に 1 つの Hopping パターンを割り当て用いるのに対して、非医療用の場合には、1BAN に複数 (例:3) の Hopping パターンを割り当て、高速(3 倍速)伝送を実現する。

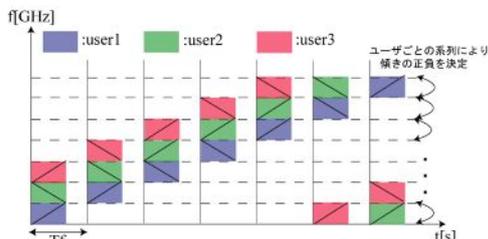


図 4.1 提案方式: Pulsed Chirp UWB 方式

以上のように、提案方式は BAN の国際標準 IEEE802.15.6 の要求である医療用と非医療用 BAN に共通に応用でき、それぞれの異なる要求に対応できることが明らかになった。

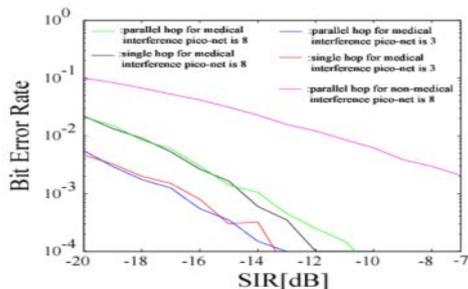


図 4.2 提案方式(医療用 3 Parallel Hopping: 1Mbps)の BER (BAN 共存数 3 と 8 の場合)

4.2 医療と非医療に適した超広帯域(UWB)無線通信のための誤り制御法

医療と非医療における要求について、医療用は誤作動はあってはならないので高品質な通信が求められ、非医療用は画像などの大容量データを取り扱うことから、遅延の小さい通信が求められる。したがって、送信器は同一のまま誤り制御法を切り替える事によって、それぞれの要求に応える。

誤り制御法の提案を行なうにあたり、基本的な誤り制御法として、冗長ビットを付加し、誤り検出や訂正を行なう FEC (Forward Error Correction) と、誤りが生じるときに限って情報の再送を行なう ARQ(Automatic Repeat reQuest)がある。それぞれ欠点があるが、この2つを併用する事で、その欠点を補う Hybrid ARQ を応用する。

本研究ではこの Hybrid ARQ Type2 インクリメンタルリダンダンシ法を用いる。なぜなら、医療と非医療の要求を見ると、品質を優先する場合はある程度の遅延が許容できるからである。したがって、医療の場合の通信は ARQ を行なうことが可能であり、非医療は遅延が小さい事が優先され、品質はある程度保たればよいことから、ARQ を行なうのは適切ではない。解決法として、送信器は同一のまま、誤り制御の方法を切り替えは医療用は Hybrid ARQ、非医療用は再送機能を持たない FEC のみを行なうことで、実現できる。

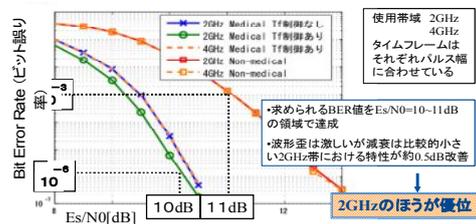


図 4.3 提案 Hybrid ARQ(医療用)+FEC (非医療用)方式の BER 特性

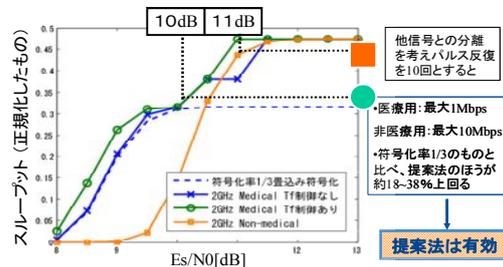


図 4.4 提案 Hybrid ARQ(医療用)+FEC (非医療用)方式の Throughput 特性

提案方式は、医療用にも非医療用にも共通の誤り制御符号化を適応し、受信端で非医療用では FEC の復号により誤り訂正を行うだ

けに対して、医療用では誤り検出した場合には再送要求 ARQ して信頼性を高めることができる。

4.3 生体内センサネットワークにおける熱を考慮した MAC プロトコルの研究

インプラント型ボディエリアネットワークにおける通信モデルの設計を行った。

提案する MAC プロトコルに対応した手順を設計した。クラスタを形成する際に端末数を認識し、リーダーが各端末にバックオフ情報を伝える。また、消費電力軽減のために sleep も取り入れ、リーダーをふたつの端末間で切り替えることで熱影響も軽減する。

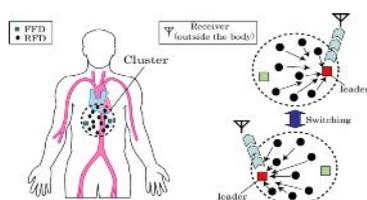


図 4.5 体内温度上昇(SAR)を制限する Cluster 切り替え型 MAC プロトコル提案

通信の効率化を図るために、端末数に応じたバックオフ時間適応 MAC プロトコルを提案した。シミュレーションにより端末ごとに最も効率よく通信を行えるバックオフ係数という値を予め計算し、データを保持。実際の端末数に応じて、そこから選択した係数をもとにバックオフ時間を決定する。cluster 型ネットワークモデル衝突回避プロトコル。—医療アプリに必須となる緊急時対策 (Alarm mode) を MAC プロトコルに導入した。

異常を検知した端末が alarm 信号をリーダーに送信。リーダーはそれを受信後、優先的に通信を行えるように、その端末に対してバックオフ時間を更新し、迅速に異常を体外に通知する。計算機シミュレーションによる性能評価を行った。上記の提案したプロトコルにおいて、消費電力・熱影響という点で既存の MAC プロトコル (ALOHA, CSMA/CA) との比較を行い、どちらも軽減できていることを確認した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 19 件)

(1) K. Sodeyama, K. Ishibashi, R. Kohno, “An Analysis of Interference Mitigation Capability of Low Duty-Cycle UWB Communications in the Presence of Wideband OFDM System,” *Wireless Personal Communication Journal* (accepted)、査読有

- (2) N. Katayama, K. Takizawa, T. Aoyagi, J. Takada, H. B. Li, R. Kohno, “Channel Model on Various Frequency Bands for Wearable Body Area Network,” *IEICE Trans. Commun.*, Vol. E92-B, No. 2, pp. 418-424 (2009)、査読有
- (3) K. Y. Yazdandoost, R. Kohno, “Body Implanted Medical Device Communications,” *IEICE Trans. Commun.*, Vol. E92-B, No. 2, pp. 410-415 (2009)、査読有
- (4) C. Li, H. B. Li, R. Kohno, “Reservation-Based Dynamic TDMA Protocol for Medical Body Area Networks,” *IEICE Trans. Commun.*, Vol. E92-B, No. 2, pp. 387-395 (2009)、査読有
- (5) M. Hamalainen, A. Taparugssanagorn, J. Linatti, R. Kohno, “Exploitation of Wireless Technology in Remote Care Processes,” *IEICE Trans. Commun.*, Vol. E92-B, No. 2, pp. 373-378 (2009)、査読有
- (6) A. W. Astrin, H. B. LI, B. Zhen, R. Kohno “Standardization for Body Area Networks,” *IEICE Trans. Commun.*, Vol. E92-B, No. 2, pp. 366-372 (2009)、査読有
- (7) M. Kawasaki, R. Kohno, “Position Estimation Method of Medical Implanted Devices Using Estimation of Propagation Velocity inside Human Body,” *IEICE Trans. Commun.*, Vol. E92-B, No. 02, pp. 403-409 (2009)、査読有
- (8) B. Zhen, H. B. LI, and R. Kohno, “Networking Issues in Medical Implant Communications,” *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering*, Vol. 4, No. 1, pp. 23-38 (2009)、査読有
- (9) T. Matsumoto, R. Kohno, “A Combined Coding and Modulation to Support Both Coherent and Non-coherent Ultra-Wideband Receivers,” *IEICE Trans. Fundamentals*, Vol. E90-A, No. 6, pp. 1252-1256 (2007)、査読有
- (10) I. Dotlic, R. Kohno, “Design of the Family of Orthogonal and Spectrally Efficient UWB Waveforms,” *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, Vol. 1, No. 1, pp. 21-30 (2007)、査読有
- (11) 谷口健太郎, 河野隆二, “TDOA 型センサネットワークにおける階層型粒子フィルタを用いた位置推定法,” *電子情報通信学会論文誌 A*, Vol. J89-A, No. 12, pp. 1068-1078 (2006)、査読有
- (12) B. Zhen, H. B. Li, R. Kohno, “Clock Offset Compensation in Ultra-Wideband Ranging,” *IEICE Trans. Fundamentals*, Vol. E89-A, No. 11, pp. 3082-3088 (2006-11)、査読有
- (13) K. Takizawa, H. B. Li, I. Nishiyama, J. Takada, R. Kohno, “Overview of

- Research, Development, Standardization, and Regulation Activities in NICT UWB Project,” IEICE Trans. Fundamentals, Vol. E89-A, No. 11, pp. 2996-3005 (2006)、査読有
- (14) H. Harada, R. Kohno, “Interference Reduction Using a Novel Pulse Set for UWB-CDMA Systems,” IEICE Trans. Fundamentals, Vol. E89-A, No. 11, pp. 3050-3058 (2006)、査読有
- (15) T. Matsumoto, R. Kohno, “Performance of Super-Orthogonal Convolutional Coding for Ultra-Wideband Systems in Multipath and Multiuser Channels,” Wireless Personal Communications Journal, Kluwer Academic Publishers, Vol. 40, Issue 3, pp. 355-370 (2006)、査読有
- (16) R. Kohno, K. Takizawa, “Soft-Spectrum Adaptation for Detection and Avoidance of UWB Interference to Existing Radio Systems,” International Journal “Frequenz” in Germany, Vol. 60, No. 5-6, pp. 88-91 (2006)、査読有
- (17) C. Mitchell, G. Abreu and R. Kohno, “Adaptive RAKE Receivers with Subspace-based Hadamard-Hermite Template Design for UWB Communications,” IEICE Trans. Fundamentals, Vol. E88-A, No. 9, pp. 2327-2338, (2005)、査読有
- (18) K. Takizawa, R. Kohno, “Low Complexity Viterbi Equalizer for MBOK DS-UWB Systems,” IEICE Trans. Fundamentals, vol. E88-A, No. 9, pp. 2350-2355 (2005)
- (19) K. Taniguchi, R. Kohno, “Design and Analysis of Synthesized Template Waveform for Receiving UWB signals,” IEICE Trans. Fundamentals, vol. E88-A, No. 9, pp. 2299-2309 (2005)、査読有
- [学会発表] (計 27 件)
- (1) K. Enda, R. Kohno, “Routing Algorithm to Decrease Transmission Delay and Traffic Quantity using Priority Area in Sensor Network of Hospital,” The Third International Symposium on Medical Information & Communication Technology (ISMICT2009), Montreal, Canada (2009. 2. 25)
- (2) H. Mochizuki, M. Kawasaki, S. Nagamine, I. Dotlic, R. Kohno, “Performance Analysis of Pulsed Chirp UWB Schemes used Hopping Sequence for Wearable Wireless Body Area Network,” ISMICT2009, Montreal, Canada (2009. 2. 24)
- (3) S. NAGAMINE, R. Kohno, “Design of Communication Model Suitable for Implanted Body Area Networks,” ISMICT2009, Montreal, Canada (2009. 2. 24)
- (4) M. Kawasaki, R. Kohno, “A TOA based Positioning Technique of Medical Implanted Devices,” ISMICT2009, Montreal, Canada (2009. 2. 24)
- (5) Y. Kashiwabara, K. Taniguchi, R. Kohno, “Positioning and Tracking Algorithm Using Node Selection Method in Wireless Sensor Networks,” IEEE International Symposium on Information Theory & its Applications 2008 (ISITA2008) Auckland, New Zealand, pp. 944-949 (2008. 12. 9)
- (6) K. Enda, R. Kohno, “Iterative Delay Compensation Algorithm to Mitigate NLOS Influence for Positioning,” ISITA2008, Auckland, New Zealand, pp. 370-375 (2008. 12. 8)
- (7) Y. Kashiwabara, K. Taniguchi, H. Ochiai, R. Kohno, A. Fujii, H. Sekiguchi, M. Asai, S. Kurashima, “Impulse Radio UWB Positioning System,” The 2nd International Symposium on Medical Information and Communication Technology (ISMICT07), Oulu, Finland (2007. 12. 13)
- (8) M. Kawasaki, H. Harada, R. Kohno, “Position Estimation Method of Medical Implanted Devices using Estimation of Propagation Velocity Inside the Human Body,” ISMICT07, Oulu, Finland, (2007. 12. 13)
- (9) S. Nagamine, H. Harada, R. Kohno, “Novel MAC Protocols Considering Thermal Influence in an Implanted Body Area Network,” ISMICT07, Oulu, Finland, (2007. 12. 13)
- (10) I. Dotlic, R. Kohno, “Design of Robust Compensation Filters for UWB Medical Imaging,” ISMICT07, Oulu, Finland, (2007. 12. 13)
- (11) M. Hernandez, R. Kohno, “Ultra Low Power UWB Signal Design for Body Area Networks,” ISMICT07, Oulu, Finland, (2007. 12. 13)
- (12) M. Hämäläinen, R. Kohno, “Prospects for Wireless Technology in Remote Care Processes,” ISMICT07, Oulu, Finland, (2007. 12. 13)
- (13) K. Tai, H. Harada, R. Kohno, “Novel implant position estimation algorithm using the matching method,” ISMICT07, Oulu, Finland, (2007. 12. 12)
- (14) B. Zhen, H. B. Li, R. Kohno, “Applying IEEE802.15.4 For Medical Implant Communication,” ISMICT07, Oulu, Finland, (2007. 12. 12)
- (15) Y. Kashiwabara, K. Taniguchi, R. Kohno, “Localization Using Adaptive Node Selection Method in a Sensor Network,” The 10th International Symposium on Wireless Personal

- Multimedia Communications (WPMC07), Jaipur, India, (2007.12.4)
- (16) K. Taniguchi, R. Kohno, "Layered Particle Filter for Tracking in UWB-Based Wireless Sensor Networks," WPMC07, Jaipur, India, (2007.12.4)
- (17) K. Tai, H. Harada, R. Kohno, "Channel modeling and signaling of medical implanted communication systems and a step to medical ICT." 16th IST Mobile and Wireless Communications Summit, Budapest, Hungary, (2007.7.3)
- (18) H. Harada, M. Hernandez, R. Kohno, "Multi-Channel UWB System Design based on Wavelet Packets," 7th International Symposium on Communications and Information Technologies (ISCIT07), Sydney, Australia, (2007.10.19)
- (19) T. Yamamoto, R. Kohno, A. Chiba, T. Sakamoto, T. Kawanishi, "Ultra Wideband Light Source Using 136-WavelengthsSSB Frequency Sweep Technique for Optical Coherence Tomography," IEEE Microwave Photonics (MWP2007), Victoria, Canada, (2007.10.4)
- (20) T. Matsumoto, R. Kohno, "Optimization of Code Rate and Spreading Sequence for TH-UWB Systems with Near-Far Problem", IEEE Wireless Communications and Networks (WCNC2007), Hong Kong (2007.3.12)
- (21) T. Yamamoto, R. Kohno, A. Chiba, T. Sakamoto, T. Kawanishi, "Ultra Wideband Light Source for Optical Coherence Tomography Using Optical SSB Frequency Sweep Technique" CPT2007, Kanda, Japan (2007.1.10)
- (22) R. Kohno, "Medical ICT Project and Its Innovation," 2006 International Symposium on Medical Information and Communications Technology (ISMICT2006), Yokohama, (2006.12.1)
- (23) H. Harada, M. Hernandez, R. Kohno, "Multiuser Channel Estimation in Wavelet Packet-UWB Systems," IEEE Vehicular Technology Conference 2006 Fall (VTC2006Fall), Montreal, Canada (2006.9.26)
- (24) M. Hernandez, R. Kohno, "Wavelet Packet Based Multiple Access for UWB Transmissions Asynchronous DS-UWB Transmission Systems," IEEE ICUBW 2006, Massachusetts, USA (2006.9.23)
- (25) R. Kohno, K. Takizawa, "Detection and Avoidance Based on Soft-Spectrum Adaptation of UWB Interference to Existing Radio Systems," 2006 IEEE International Symposium on Spread Spectrum and Its Applications (ISSSTA2006)

- Manaus (Brazil) (2006.8.28)
- (26) R. Kohno, "Next Direction of Information and Communication Technology that is Medical ICT," 2006 International Conference on Telecommunications (ICT2006), Madeira (Portugal) (2006.5.9)
- (27) T. Matsumoto, R. Kohno, "Performance of Super-Orthogonal Convolutional Coding for Ultra-Wideband Systems in Multipath and Multiuser Channels," International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications 2005 (WPMC2005), Alborg, Denmark, pp955-959 (2005.9.18)

[図書] (計 2件)

- (1) M. Ghavami, L. B. Mitchell, R. Kohno, "Ultra Wideband Signals and Systems in Communication Engineering," John Wiley & Sons, Version 2, 247 ページ (2006-01)
- (2) 河野隆二共著, ユビキタス技術 センサネットワーク、オーム(社), 43 ページ (2006-07)

[産業財産権]

○取得状況 (計 1件)

出願番号: 特願 2004-568782, 特許第 3785542 号, 発明の名称: パルス波形の生成方法

6. 研究組織

(1) 研究代表者

河野 隆二 (KOHNO RYUJI)

国立大学法人横浜国立大学・

大学院工学研究院・教授

研究者番号: 90170208

(2) 研究分担者

落合 秀樹 (OCHIAI HIDEKI)

国立大学法人横浜国立大学・

大学院工学研究院・准教授

研究者番号: 20334576

朽久保 修 (TOCHIKUBO OSAMU)

横浜市立大学

大学院医学研究科・教授・

研究者番号: 30046099

辻 宏之 (TSUJI HIROYUKI)

独立行政法人情報通信研究機構・

横須賀無線通信研究センター・主任研究員

研究者番号: 80358952

(H19→H20: 連携研究者)

(3) 連携研究者