

UHF 帯テレビ放送受信波を用いたヒト検知システムの提案

西 正博^{†a)} 川口 立朗[†] 高橋 茂[†] 吉田 彰顕[†]

Proposal on Human Detection System Using UHF Band TV Receiving Wave

Masahiro NISHI^{†a)}, Tatsuro KAWAGUCHI[†], Shigeru TAKAHASHI[†],
and Teruaki YOSHIDA[†]

あらまし 本論文では新たに UHF 帯テレビ放送受信波を用いたヒト検知システムを提案する。本システムでは、電波送信源を既存のテレビ放送電波とすることで受信機のみでシステムを構築することができる。また本システムでは、屋内にて必然的に生じる電波のマルチパス環境を積極的に利用することで、ヒトに起因したマルチパスフェージングやシャドーイングによる受信レベル変動から、ヒトの有無を検知することが可能である。本研究では、実際に屋内環境にてテレビ放送電波を受信し、ヒトの有無の状態を考慮して受信レベルを測定した。その結果、ヒトがいる場合の受信レベル変動は、ヒトのいない場合と比較して大きくなり、受信レベル変動の適切なしきい値を設定することで、ヒト検知が可能であることが分かった。またヒト検知性能を定量的に評価するため、約 45 m² の室内においてヒトと受信アンテナとの距離を変化させたときの受信レベル変動を測定した。測定結果から、ヒト検知可能なエリアは室内全体となること、及び受信レベル変動を 7 秒以上計測することで 100% の確率でヒトを検知できることを明らかにした。

キーワード ヒト検知, UHF 帯テレビ放送受信波, マルチパスフェージング, シャドーイング, 受信レベル変動

1. ま え が き

現在、地上テレビ放送システムのデジタル化が推進されている。2003 年 12 月から関東、中京、関西の 3 大都市圏において地上デジタル放送が開始された。また、2006 年からは 3 大都市圏以外の地域でもデジタル放送が開始される予定である [1], [2]。地上デジタル放送では、高画質・高品質なテレビサービスを視聴できるのみならず、デジタルコンテンツを移動受信や双方向サービスにより利活用できる情報環境が実現可能となる [3], [4]。

これまで我々は、地上デジタル放送を利用した通信放送協調型の無線アクセス環境の構築を目指して、既存の UHF 帯テレビ放送波を屋外及び屋内の様々な場所で測定し、その電波伝搬特性の研究を行ってきた [5], [6]。屋内におけるテレビ放送波の受信レベル特

性を測定・調査していた際、測定者を含め、屋内にヒトが存在した場合、受信レベルがヒトの動きに応じて変化することを経験した [7]。この経験がもとになり、標記のヒト検知システムを提案するに至った。

無線 LAN 環境などの屋内の電波伝搬環境において、ヒトの動きといった周囲の環境の変化に伴って、フェージングと呼ばれる受信レベルの変動が生じることはよく知られていた事実である [8]。この受信レベル変動の要因は、主として、マルチパスフェージングやシャドーイングである。従来までの研究では、フェージングによる受信レベルの落込みに対して、ダイバーシチ技術や等化技術、波形形成や誤り訂正技術に関する検討・開発が積極的に行われてきた [9]。つまり、一般に電波経路が複数存在する屋内マルチパス伝搬環境において、原理的に生じるマルチパスフェージングやシャドーイングの影響をいかに低減させるかということに主眼が置かれて研究が進められてきた。

一方で我々は、ヒトの動きに伴って生じるマルチパスフェージングやシャドーイングを積極的に利用することにより、室内でのヒトの有無を受信レベル変動から検知できるのではないかと考えた。現在、安心して安

[†] 広島市立大学情報科学部, 広島市
Faculty of Information Sciences, Hiroshima City University,
3-4-1 Ozuka-higashi, Asaminami-ku, Hiroshima-shi, 731-
3194 Japan

a) E-mail: nishi@ieee.org

全な社会の実現に対する需要が高く、室内でのヒト検知を実現することで、防犯システムや高齢者見守りシステムなどへの応用が期待できる。

本研究では、ヒトの影響により受信レベルが変動するという事実に基づき「コロブスの卵」的な発想により生まれた、新たなヒト検知システムを提案する。本システムでは、電波送信源として既存の UHF 帯テレビ放送電波を用いる。これにより、受信機のみでシステムを構築することができる。また本システムは、ヒトに起因したマルチパスフェージングやシャドーイングによる室内のマルチパス電波伝搬環境の変化からヒトの有無を検知しようとするものである [10], [11]。本研究では、提案するヒト検知システムの実現に向けて、実際に屋内環境にてテレビ放送電波を受信し、ヒトの有無の状態を考慮して受信レベルを測定した。その結果、ヒトがいる場合の受信レベル変動は、ヒトのいない場合と比較して大きくなり、受信レベル変動の適切なしきい値を設定することで、ヒト検知が可能であることが分かった。更に本研究では、測定結果より、ヒト検知可能なエリアは約 45 m^2 の室内全体となることや、7 秒以上受信レベル変動を計測することで 100% の確率でヒトを検知できることを明らかにした。

本論文の構成は以下のとおりである。2. では、本論文で新たに提案する、UHF 帯テレビ放送受信波を用いたヒト検知システムの概要を述べる。3. では、ヒト検知性能を評価するための測定の方法並びに測定システムの構成について説明する。4. では、測定結果として、ヒトの有無に伴う受信レベルの変動特性を示し、本システムがヒト検知できることを示す。また、ヒト検知の性能評価として、検知エリア及び検知確率について議論する。5. はまとめであり、本論文の結論及び今後の研究課題について述べる。

2. 提案ヒト検知システムの概要

2.1 提案システムの原理

図 1 に本論文で提案する UHF 帯テレビ放送受信波を用いたヒト検知システムの原理を示す。本システムでは既存のテレビ放送電波を送信源として利用することで、受信系のみでシステムを構築できるという大きな特徴を有する。本システムを屋内に設置し、テレビ放送電波を受信することによってヒト検知が実現される。以下にその原理を説明する。

一般に屋内環境では、配管や什器などの金属製物体において複数の電波の反射が存在する。そのため、

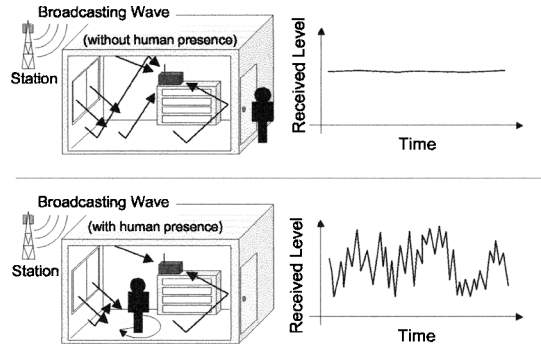


図 1 ヒト検知システムの原理
Fig. 1 The principle of the human detection system.

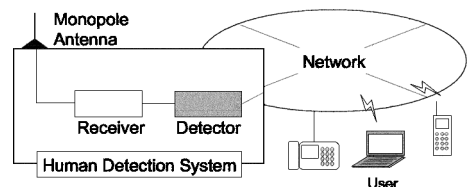


図 2 ヒト検知システムの基本構成
Fig. 2 The basic configuration of the human detection system.

図 1 に示すように、テレビ放送電波は、居室までの空間においてはほぼ直接到来するが、屋内に入った後、反射を繰り返すことによってマルチパス電波伝搬環境（以下マルチパス環境とする）を形成する。屋内にヒトがいない場合、屋内のマルチパス環境は変化しないため、安定したレベルで電波を受信できる。一方、屋内にヒトがいる場合、ヒトの動きに伴い直接波、反射波の経路が時々刻々変化する。そのため、受信される複数の電波の位相及び振幅が変化し、受信レベルはマルチパスフェージングとして変動する。また、ヒトが電波の経路を遮ることによりシャドーイングとしても受信レベルは変動する。このように、本提案システムは、マルチパス環境を積極的に利用し、ヒトの動きにより受信レベルが変動することによって、屋内におけるヒトの有無を検知しようとするものである。

2.2 提案システムの構成

図 2 に提案システムの基本構成を示す。本システムは受信部にて受信レベルを取得し、検知部にてデータ解析を行い、ヒト検知を実現する。検知部は既存のネットワークを経由して検知情報を設置者に発信する機能を有する。また受信アンテナには、マルチパス電波を広範囲に受信できるよう、指向性の広いモノポールアンテナを用いる。なお本システムは、テレビ放送

波を受信するため、送信機を必要としない。このため、システムをシンプルに構成することができる。

検知部の機能として、ヒト検知のための受信レベル変動を解析する機能とネットワーク接続や情報転送の機能が必要となる。受信レベル変動を解析する機能は、電波伝搬特性をもとに新たに開発する必要がある。これは本研究の目的の一つであり、本論文 3. 以降で検討を行う。一方、現在、携帯電話やパソコン (PC) から容易にインターネットにアクセスすることが可能となってきた。そのため本システムでは、検知部におけるネットワーク接続や情報転送の機能には、携帯電話や PC などの既存のシステムを活用することを考える。つまり本システムは、テレビ放送電波、テレビ放送受信機、携帯電話、PC、インターネットといった既存の機器やシステムを積極的に利用することにより実現される。それぞれのシステム単独での開発はこれまでも行われてきたが、各システムを融合させることで、迅速かつ経済的に普及効果の高いヒト検知システムの開発が期待できる。

2.3 テレビ受信波の特徴

現在の地上テレビ放送波には NTSC (National Television System Committee) 方式が用いられている。NTSC 方式では、テレビ放送 1 チャンネルが 6 MHz の帯域幅を占有して送信されている。映像搬送波及び色副搬送波を含む映像情報は AM 変調の残留側波帯 (VSB: Vestigial Side Band) 方式で送信され、音声信号は FM 変調された音声搬送波として送信されている。また音声送信電力は映像送信電力の約 4 分の 1 とされている [12]。NTSC-TV 放送電波では、映像搬送波、色副搬送波、音声搬送波の三つの主要な搬送波に電力が集中している。我々はこれら三つの搬送波に着目して、その受信レベルを測定した。

図 3 に一例として Ch.38 で実際に放送されている NTSC-TV 放送電波の各搬送波を約 230 kHz の帯域幅で 24 時間測定したときの受信レベル変動の結果を示す。図 3 から、映像搬送波、色副搬送波、音声搬送波の受信レベルが、peak-to-peak でそれぞれ、約 10 dB、約 20 dB、約 2 dB 変動していることが分かり、音声搬送波は他の搬送波と比較して受信レベル変動が小さいことが確認できた。音声搬送波が他の搬送波と比べ安定している理由としては、映像信号及び色信号は AM 変調であり、被変調信号の内容により変動するのに対し、音声信号は FM 変調であり、被変調信号の内容によらず定振幅であるからである。また FM 変調

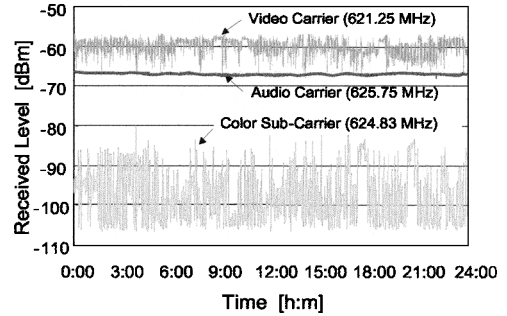


図 3 NTSC-TV 主要 3 搬送波の受信レベル変動
Fig.3 Time variations of the received levels of NTSC-TV 3 main carriers.

された音声信号では、約 230 kHz 以内にほとんどすべての電力が集中する。このため、本実験で用いた受信機では、音声信号の受信レベルはほとんど一定となる。このことから、ヒト検知に必要な安定した送信源として NTSC-TV における音声放送電波が利用可能であることが分かる。

なお、現在、地上テレビ放送のデジタル化が推進されている。このデジタル化に伴い、テレビ放送信号は、NTSC 信号から OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 信号へと変更される。OFDM 信号は NTSC 信号に比べてフラットなスペクトルを有する信号である [2]。またアナログテレビにおける音声放送波と同様、デジタルテレビ放送波の送信電力の (例えば数ミリ秒における) 平均値は一定であるため、デジタルテレビ放送波を受信した場合においても、受信レベルの値は一定となる。よって、地上テレビ放送がデジタル化された場合でも同様のヒト検知システムを構築することが可能である。

また、現在テレビ放送局 (中継局を含む) は NHK、民放合わせて全国に約 14,800 局存在しており [13], [14], UHF 帯及び VHF 帯合わせて 62 チャンネルを用いてテレビ放送サービスが行われている。テレビ放送サービスは公共性が高く、テレビ放送局は、都市部、平野部、山間部にかかわらず全国くまなく設置されている。そのため、我々は全国どこでもテレビ放送波を受信することができる。つまり、テレビ受信波を用いることで、地域格差のないヒト検知システムを構築することが可能となる。

更に、UHF 帯 (470 ~ 770 MHz) のテレビ放送波の波長はおよそ 0.4 m ~ 0.6 m であり、ヒトの横幅と同程度である。つまり、テレビ放送波の波長はヒト検知に適した長さであるといえる。本研究では UHF 帯テ

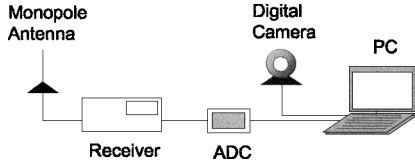


図 4 UHF 帯電波測定システムの構成

Fig. 4 The configuration of the UHF band measurement system.

表 1 測定システムの諸元

Table 1 The parameters of the UHF band measurement system.

Receiving antenna	Monopole antenna
Antenna length	$\lambda / 4$
Antenna height	75 cm
Receiver bandwidth (3 dB)	230 kHz
Measurement limitation	-105 dBm
AD converter	11 bit/s

レビ放送波に着目して、テレビ受信波を用いたヒト検知システムの検討を行った。

3. ヒト検知性能の測定

本研究では、ヒト検知システムの実現に向けて、その検知性能を定量的に評価するため、屋内環境における UHF 帯テレビ放送電波の受信レベルを測定した。

3.1 測定システム構成

図 4 に本測定で用いた電波測定システムの基本構成を、表 1 にその諸元を示す。受信アンテナには長さ波長の 4 分の 1 (およそ 10 ~ 15 cm) であるモノポールアンテナを用いた。受信された電波は、受信機によって検波され、その受信レベルは A-D コンバータを介してデジタルデータに変換後、PC に連続記録される。また、室内のヒトの有無を確認するため、デジタルカメラを設置し、室内の写真を連続記録した。受信アンテナ高は、机の高さと同程度である 75 cm とした。また測定に用いた受信機の 3 dB 帯域幅は 230 kHz である。

本測定システムでは、受信レベルに応じて変化する受信機内部の検波電圧の値 (RSSI: Received Signal Strength Indicator) を PC に記録する構成とした。そのため、正確な受信レベルの値を導出するためには、検波電圧値から受信レベル (電力値) へ校正する必要がある。図 5 に本測定システムに利用した受信機の検波電圧と受信レベルの関係を示す。図 5 には、一例として、入力信号を周波数 613.75 MHz の無変調キャリアとし、入力レベルを -120 dBm から -50 dBm まで変化させたときの受信機の検波電圧を測定した結果

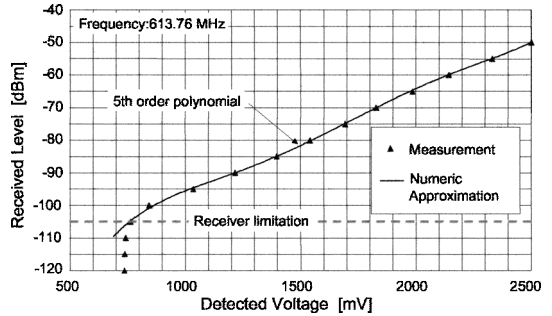


図 5 受信機の検波電圧と受信レベルの関係

Fig. 5 The relationship between the detected voltage and the received level.

を示す。図 5 に示すように -105 dBm 以下の受信レベルにおいて検波電圧がほとんど変化していないことから、本受信機の測定限界は約 -105 dBm であることが分かる。また -105 dBm 以上の受信レベルでは、検波電圧は受信レベルと 1 対 1 に対応していることが分かる。本研究では、検波電圧から受信レベルへの校正を行う際に、測定したデータを多項式近似したカーブを用いた。近似したときの校正誤差を低い次数から調べたところ、五次多項式にて近似した場合の校正誤差は、測定限界に近い -100 dBm において最大 1 dB となるものの、ヒト検知として動作する受信レベルである -60 dBm ~ -90 dBm の領域では最大 0.1 dB となることが分かった。以上の理由から、本研究では校正カーブとして五次多項式を用いることとした。また、UHF 帯テレビ放送波帯 (470 ~ 770 MHz) の他の周波数において測定した結果からも、測定限界及び五次多項式における校正誤差に関して同様の特性を得た。

3.2 測定環境

図 6 に測定環境を示す。本研究では、6 階からなる広島市立大学情報科学部棟別館の 5 階の室内にてテレビ放送電波の測定を行った。図 6 に示すように、受信アンテナを部屋の中心 (Location 1) と部屋の隅 (Location 2) の 2 箇所に設置した。建物の材質としては、基本的な骨組みが軽量鉄骨であり、室内の壁材には石膏ボードが使用されている。また床面はビニールシート張りとなっている。部屋の大きさは、縦 × 横 × 高さが 6.5 m × 6.8 m × 3.0 m であり、約 45 m² の広さである。室内には机と椅子、及びホワイトボード等の材質に金属が含まれる什器が置かれている。また、窓の片面には金属製の網戸が設置されている。

表 2 に測定に用いた放送局の主要諸元を示す。測定

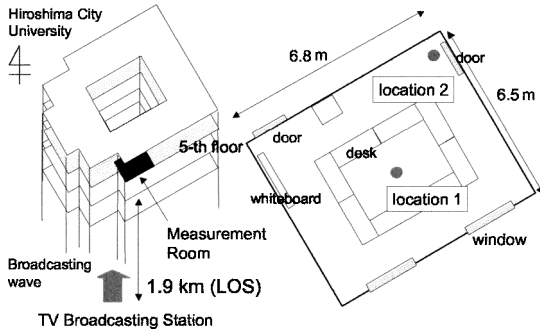


図 6 測定環境

Fig. 6 The measurement environment.

表 2 測定に用いたテレビ放送局の諸元

Table 2 The parameters of the TV broadcasting station used for measurements.

Station	Koi
Altitude	445.8 m
Measuring frequency	625.75 MHz
Transmission power	2.5 W

に利用した放送局は、広島市立大学からの距離が最も近い己斐 (Koi) 放送局とした。己斐放送局と測定部屋との距離は約 1.9 km である。また測定部屋と己斐放送局の間には遮へい物となる山や建築物がなく、見通し (LOS: Line Of Sight) 伝搬路が存在する環境である。また測定部屋の標高は放送局の標高 (445.8 m) より約 200 m 低く、放送電波が測定部屋にほぼ水平に入射する環境である。本測定では、己斐放送局が送信に用いているチャンネルのうち、Ch.38 のテレビ信号の音声搬送波 (625.75 MHz) を利用して測定を行った。

4. 測定結果及び考察

4.1 受信レベル変動の測定結果

室内環境において、ヒトの影響によるテレビ放送波の受信レベル変動特性を明らかにするため、測定システムを約 1 カ月間室内に設置し、受信レベルの測定を行った。図 7 に受信アンテナを Location 1 に設置した場合の受信レベル変動の測定結果の一例を示す。図 7 には、測定期間の中で、ヒトが室内に入ったときの典型的な受信レベル変動を記録できた 1 時間のデータを示す。図 7 に示すように、室内にヒトがいない場合 (①と③の時間帯) では、受信レベルは安定し、室内にヒトがいる場合 (②の時間帯) では、受信レベルは大きく変動したことが確認できた。受信アンテナを Location 2 に設置した場合も同様の結果が得られた。

ここで、受信レベルの値に着目すると、図 7 におい

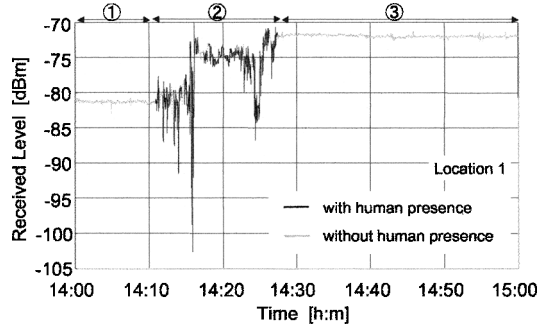


図 7 ヒトの有無による受信レベル変動の測定結果

Fig. 7 The time variations of the received levels with or without human presence.

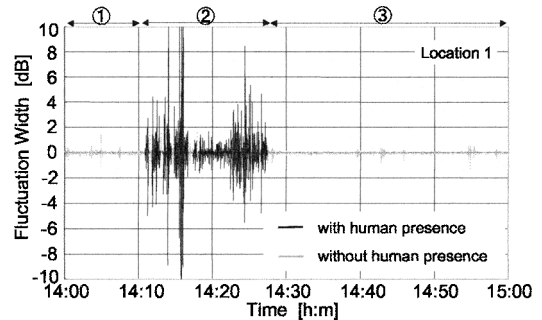


図 8 ヒトの有無による受信レベル変動幅の測定結果

Fig. 8 The fluctuation widths of the received levels with or without human presence.

て、①と③のどちらもヒトのいない時間帯であっても、①では -81 dBm、②では -72 dBm と受信レベルの値が異なっていることが分かる。これは、②の時間帯にヒトが部屋に入り、その間に椅子などの什器の配置を変えたことにより、室内のマルチパス環境が変化したことが原因であると考えられる。このためヒトの有無の検知を実現するためには、受信レベルの値そのものから直接識別する手法では不十分であり、受信レベルの変動からヒトの有無を識別することが必要である。

本研究では、受信レベル変動幅を 1 秒前の受信レベルとの差分として定義した。図 7 の受信レベルデータから算出した受信レベル変動幅を図 8 に示す。図 8 に示すように、室内にヒトがいない場合は①及び③のどちらの時間帯でも受信レベル変動幅は 2 dB 未満であったのに対し、室内にヒトがいる場合 (②の時間帯) では受信レベル変動幅は 3 dB ~ 10 dB 程度となった。ヒトがいないにもかかわらず受信レベルがわずかに変動している理由として、己斐放送局から広島市立大学までの約 1.9 km の伝搬路における、地上波伝搬

の影響が原因と考えられる。測定した1カ月間における他の日、時間帯でも、ヒトの有無による受信レベル変動幅は、同様の結果となった。これらのことから、室内にヒトがない場合の受信レベル変動幅に比べ、屋内にヒトがいる場合の受信レベル変動幅は大きくなることが分かった。

ここで、受信レベル変動幅のある適切なしきい値を考えると、受信レベル変動幅がしきい値を超えない場合は室内にヒトがない状態、一方受信レベル変動幅がしきい値を超える場合は室内にヒトがいる状態と識別することができる。つまり、受信レベル変動幅をリアルタイムにモニタすることで、ヒト検知を実現することが可能となる。

4.2 ヒト検知性能の検討

本システムのヒト検知性能を検討するため、受信点から一定の距離を置きながらヒトが移動した場合での受信レベルを測定し、その測定結果をもとにして本システムの検知エリアや検知確率を定量的に評価した。本測定では、受信アンテナを中心とした同心円上を1人のヒトが移動したときの受信レベル変動を測定した。ヒトの移動速度は歩行速度である1m/sとし、測定時間は150秒とした。図6に示したように、受信アンテナを部屋の中心(Location 1)と部屋の隅(Location 2)に設置して測定を行った。ヒトが同心円状を動けるように、室内の什器はすべて取り除いた。これによりアンテナは、部屋の壁やドアからのみの反射波である最小限のマルチパス電波を受信することとなり、本システムにとって、什器がある場合と比べてより劣悪な環境になると考えられる。また本測定では、ヒトと受信アンテナとの距離を0.5m間隔で広げ、室内の壁際となる距離まで測定を行った。部屋の広さから、ヒトと受信アンテナ間の最大測定可能距離は、受信アンテナをLocation 1に設置した場合2.5m、Location 2に設置した場合6.0mであった。

4.2.1 検知エリアの評価

図9、図10にそれぞれ、受信アンテナをLocation 1、Location 2に設置した場合の各受信アンテナから一定の距離を置きながらヒトが移動したときの受信レベル変動幅(絶対値)の累積確率分布を示す。図9及び図10より、ヒトが移動した場合、アンテナとの距離が異なると受信レベル変動特性も大小様々に異なった。この理由としてはヒトの動く線路上における屋内マルチパス電波経路の有無が大きな原因である。しかしながら、ヒトが受信アンテナから最も離れた距離

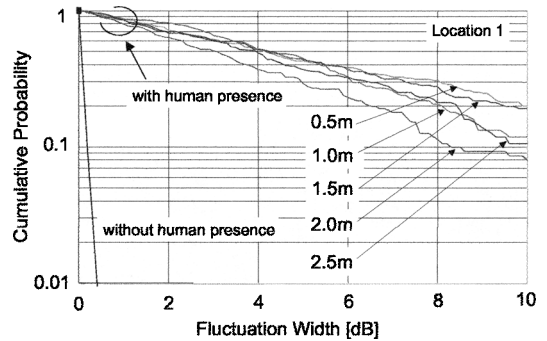


図9 受信レベル変動幅の累積確率分布 (Location 1)
Fig.9 The cumulative probabilities of the received level fluctuations at Location 1.

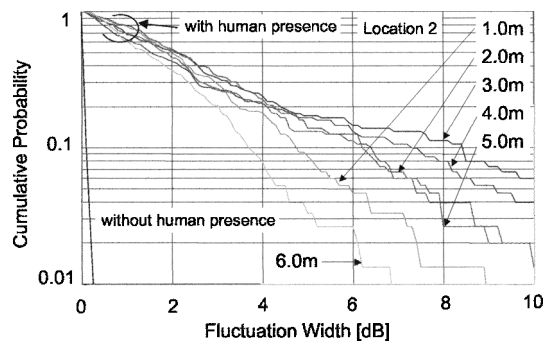


図10 受信レベル変動幅の累積確率分布 (Location 2)
Fig.10 The cumulative probabilities of the received level fluctuations at Location 2.

(Location 1では2.5m、Location 2では6.0m)においても、室内にヒトのいない場合と比べて、ヒトがいる場合の受信レベル変動幅が大きいことが分かった。室内にヒトのいないときの受信レベル変動幅の累積確率10%値が、Location 1及びLocation 2ではそれぞれ、0.2dB、0.1dBであったのに対し、ヒトがいるときには、Location 1及びLocation 2にて、10%値はそれぞれ、8.2dB、3.7dBとなった。これらの結果から、アンテナの設置場所により受信レベルの変動幅は異なるもの、ヒトの有無によるレベル変動幅の差が数dB~10dB程度となることから、本システムは十分ヒトの有無を検知することが可能であることが分かった。

4.2.2 検知確率の評価

本研究では、本システムの検知確率を以下の式で定義する。

$$P_d = \frac{N_0}{N} \times 100 \quad [\%] \quad (1)$$

ここで、 P_d 、 N 、 N_0 はそれぞれ、検知確率 [%]、モニタ時間(区間)の総数、検知成功数である。モニタ

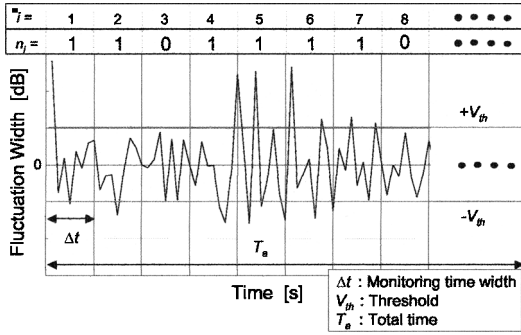


図 11 検知成功数の導出方法

Fig. 11 The derivation of the number of successful human detections.

時間の総数 N は以下の式で求められる .

$$N = \frac{T_a}{\Delta t} \quad (2)$$

ここで, T_a は測定開始から測定終了までのトータル時間である . 本測定では, T_a を 150 秒とした . また Δt はモニタ時間幅である .

図 11 に検知成功数 N_0 の導出方法を示す . 本検討では, モニタ時間幅 Δt において, その時間内に受信レベル変動幅がしきい値 V_{th} を 1 回以上超えるとヒト検知が成功したとみなす . 図 11 に示すように, 受信レベル変動幅がしきい値 V_{th} を 1 回以上超える場合には n_i の値を 1 とし, 1 回も超えない場合には n_i の値を 0 とする . そして次々に示すように, 検知成功数 N_0 を n_i の値の総和として求める .

$$N_0 = \sum_{i=1}^N n_i \quad (3)$$

本研究では, ヒトの歩行速度が 1m/s である場合での, 様々なモニタ時間幅 Δt における検知確率を導出し, 検知性能の評価を行った .

図 12 及び図 13 に, それぞれ Location 1 及び Location 2 における, 様々なモニタ時間幅に対するヒト検知確率を示す . ここでしきい値 V_{th} の値は 2dB とした . 図 12 及び図 13 から, モニタ時間幅が大きくなるに従い, ヒト検知確率は増加していることが分かる . これは, モニタ時間幅が大きくなることで, その時間内に受信レベル変動幅がしきい値を超える確率が大きくなるが理由である . 図 12 より, 受信アンテナが Location 1 に設置されている場合, 受信点からのヒトまでのいずれの距離においても, 3 秒間計測することでヒト検知確率は 90% 以上となり, 7 秒以上

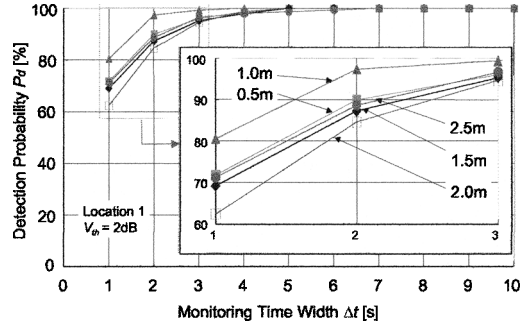


図 12 モニタ時間幅に対する検知確率 (Location 1)

Fig. 12 The human detection probabilities as a function of the monitoring time width at Location 1.

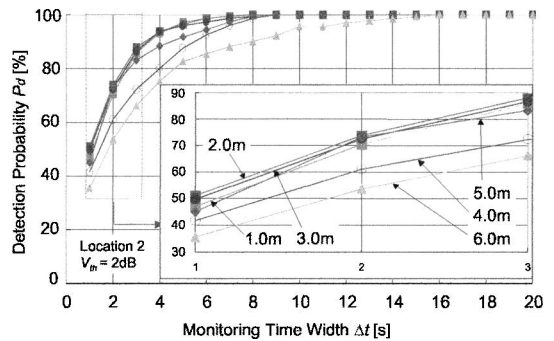


図 13 モニタ時間幅に対する検知確率 (Location 2)

Fig. 13 The human detection probabilities as a function of the monitoring time width at Location 2.

計測することでヒトの有無を完全に検知できることが分かる . 一方, 図 13 より, 受信アンテナが Location 2 に設置されている場合では, 受信点からのヒトまでのいずれの距離においても, 3 秒間計測することでヒト検知確率は 60% 以上となり, 16 秒以上計測することでヒトの有無を完全に検知できることが分かる .

図 12 と図 13 の結果から, 本システムでは, 受信アンテナを部屋の中心に設置した場合には, 部屋の隅に設置した場合に比べてより高確率で迅速にヒト検知を実現できることが分かる . また, 受信アンテナを部屋の隅に設置した場合でも, 10 数秒あれば 100% の確率でヒト検知が可能となることから, 本システムは, 室内での設置場所に限定されることなく, 部屋全体をヒト検知できることが分かる .

5. む す び

本論文では, UHF 帯テレビ受信波を用い, 屋内環境において生じるマルチパスフェージングやシャドウイングによる受信レベル変動を積極的に利用したヒト

検知システムを新たに提案した。そして、本システムのヒト検知性能を評価するため、放送局からの見通しのある広さ約 45 m² の部屋にて実際にテレビ放送波の受信レベルを測定した。その結果を以下に示す。

- 1 秒前との受信レベルとの差分である受信レベル変動幅は、室内にヒトのいないときでは 2 dB 未満であったのに対し、室内にヒトのいるときでは 3 dB ~ 10 dB となり、ある適切なしきい値を設定して受信レベル変動幅をモニターすることにより、ヒト検知が可能であることが分かった。

- 室内の壁際にヒトがいた場合においても、本システムはヒトの有無を検知することが可能であり、本システムの検知エリアは約 45 m² の室内全体となることが分かった。

- ヒトの歩行速度が 1 m/s である状況下において、受信アンテナを室内の中心及び隅に置いた場合、それぞれ 7 秒及び 16 秒以上受信レベル変動幅をモニターすることでヒトの有無を完全に検知できることが分かった。

今後は、本システムの一般性を高めるために、部屋と放送局間に見通しの確保できない状況や、建物材質や部屋の広さの違いを考慮して、様々な室内環境での測定を行い、検知性能を検討することが重要である。また、トラックや車などの屋外の外部要因による電波伝搬への影響や、屋内における犬や猫などの小動物による影響を検討し、本システムの検知誤差要因や検出限界を明らかにしていくことも重要な課題である。

文 献

- [1] 総務省, 平成 17 年版情報通信白書, 2005.
- [2] 映像情報メディア学会 (編), デジタル放送ハンドブック, オーム社, 2003.
- [3] O. Yamada, H. Miyazawa, and J. Kumada, "Development of digital broadcasting in Japan," IEICE Trans. Electron., vol.E81-C, no.5, pp.636-641, May 1998.
- [4] 映像情報メディア学会 (編), 映像情報メディアハンドブック, オーム社, 2000.
- [5] M. Nishi, Y. Atsumi, T. Toyota, and T. Yoshida, "Proposal of new information traffic platforms in UHF band for communication and broadcasting services," Proc. 2001 IEEE GLOBECOM, pp.552-556, 2001.
- [6] 西 正博, 吉田彰顕, 渥美幸雄, 高橋 修, "通信・放送融合型モバイル環境を指向した UHF 帯電波伝搬エリアの検討," 情処学論, vol.45, no.12, pp.2619-2629, 2004.
- [7] 矢吹 旭, 豊田輝隆, 西 正博, 吉田彰顕, "UHF 帯 TV 放送波を用いた電波伝搬特性," 信学技報, A・P2001-161, 2002.
- [8] 細矢良雄 (監修), 電波伝搬ハンドブック, リアライズ社,

1999.

- [9] 斉藤洋一, デジタル無線通信の変復調, 電子情報通信学会, 1996.
- [10] 西 正博, 吉田彰顕, 屋内侵入検知システムおよび屋内侵入検知情報発信システム, 特願 2005-1061, 2005.
- [11] 西 正博, 吉田彰顕, "TV 放送波を用いた屋内侵入検知システムの提案," 2005 信学総大, B-1-41, 2005.
- [12] 直川一也, 入門カラーテレビ, 東京電気大学出版局, 1998.
- [13] 全国テレビジョン・FM・ラジオ放送局一覧, NHK アイテック, 2002.
- [14] 都竹愛一郎, 大川 貢, "地上デジタル放送用周波数の検討," 1997 信学総大, B-5-240, March 1997.
(平成 17 年 12 月 26 日受付, 18 年 4 月 4 日再受付)



西 正博 (正員)

1995 阪大・工・通信卒。1997 同大大学院通信工学専攻博士前期課程了。1999 同大学院通信工学専攻博士後期課程了。同年広島市立大学情報科学部助手。2005 同助教授。主として、放送通信協調、電波伝搬、電波科学に関する研究に従事。博士(工学)。情報処理学会、電気学会、映像情報メディア学会、IEEE 各会員。



川口 立朗

2004 広島市立大・情報科学・情報メディア卒。2006 同大大学院情報メディア工学専攻博士前期課程了。主として、放送通信協調、電波伝搬に関する研究に従事。



高橋 茂

1994 東京理科大・理工・物理卒。1996 東北大学大学院理学研究科物理学専攻博士前期課程了。2002 神戸大学大学院自然科学研究科構造科学専攻博士後期課程了。2005 広島市立大学情報科学部助手。主として、電波科学、電波伝搬に関する研究に従事。博士(理学)。日本天文学会、日本惑星学会各会員。



吉田 彰顕 (正員)

1973 阪大・基礎工・電気卒。1975 同大大学院修士課程了。同年電電公社(現 NTT)横須賀電気通信研究所入所。VHF 帯からミリ波まで、デジタル無線通信システムの研究開発に従事。1997 超高速ネットワークコンピュータ技術研究所所長。1999 広島市立大学情報科学部教授。放送通信協調型情報ネットワーク、電波伝搬、電波科学の研究に従事。工博。情報処理学会、日本地震学会、地球惑星圏学会、大気電気学会会員。IEEE シニア会員。