移動体通信網の応用による小児行動モニタ用マーカの研究

A Study of Electronic Marker for Behavior Monitor of Child using Mobile Communication Network

保坂良資(正会員), 斎藤正男(正会員)*

Ryosuke HOSAKA and Masao SAITO*

Abstract

A Communication between aged and child is effective to prevent an appearance and a progress of senile dementia. However, it is not effective if the child grow up under poor condition. Nowadays, connection between parents and child is not enough, since many parents are working together for living. So, most of parents do not know a location of their child. A new convenient method to monitor child behavior is developed. Parents are able to know the location of the child using the method. Crimes about the children are going to decrease, since the children are watched by the parents using the method. Personal Handy-phone System (PHS) can be applied as an information-network to monitor the location. However, it is important to miniaturize a marker to be utilized for children. It is effective that a reduction of output power of the marker and a time control of oscillation. In this paper, a case of 1mW is simulated and analyzed. If the relay station detect a signal from a marker, the child can be watched. In the result, signal can be detected at zoo and residential area. The location of the child is displayed by the system. The child enjoy oneself or with friends under the monitor with love of one's parents.

Keywords

Behavior monitor, Child, Aged, Mobile communication network, PHS

1. はじめに

来るべき高齢社会をよりよいものとするには、老人性痴呆症の発症ならびに進行をとどめることが必須である。その発症や進行を遅滞させるには、一般に、社会的活動の継続や下肢の骨折予防などが有効と言われている。しかし一方では、孫などの小児を中心とした、家族との触れ合いも有効であるといわれている¹⁾。これは、小児とのコミュニケーションを通して存在意識や自立心を賦活させ、精神・心理状態を活性化させようとするものである。し

かし、育児環境に関する問題も浮上している。小児に対する家庭内虐待や、家庭内教育の不備などがそれである。老人の活性化は、『かわいい』小児との触れ合いにより生じるものであり、劣悪な環境で育成された小児では、その効果は小さい。

育児問題の発現は、比較的若年の親の家庭に多い²⁾。この年代は、経済の高度成長期を経験しているため、精神・心理的な要素よりも、物質的な要素に依存する傾向が見られる³⁾。小児にポケットベルやPHS端末を携帯させ、これを通してコミュニケーションをはかることなどがその好例である。これらの機器の利便性は高い。しかし使用方法を誤ると、表面的なコミュニケーションのみが確立され、親子間の信頼関係を築くことが難しくなる。このような状態では、『かわいい』小児の育成は望めず、老人との触れ合いも期待できない。

また経済的な環境も、共稼ぎ家庭の急増などにより、育児環境の劣化に影響を及ぼしている⁴⁾。これについては、文部・厚生・労働・建設の各省が協同で、「子育て支援」を目的としたエンゼルプランを平成6年に策定した⁵⁾。しかし継続的な経済環境の悪化により充分には機能していない。

このような状況の中で、異った世代間の会話や、気持ちの触れ

1998年10月20日受付

1999年 3月23日受理

湘南工科大学工学部情報工学科

神奈川県藤沢市辻堂西海岸1-1-25(〒251-0046)

* 東京電機大学工学部情報通信工学科

東京都千代田区神田錦町2-2(〒101-0054)

Dept. of Info. Sci., Fac. of Engng., Shonan Inst. of Tech.

1-1-25 Tsujido-Nishikaigan, Fujisawa, Kanagawa, 251-0046 JAPAN

* Dept. of Info. and Comm. Engng., Fac. of Engng., Tokyo
Denki Univ.

2-2 Kanda-Nishikicho, Chiyoda, Tokyo 101-0054 JAPAN

合いを促進させるための、支援技術の開発が望まれている。本研究では、PHS通信網の応用による小児行動モニタ用マーカについて検討を行ない、実現の見通しを得たので報告する。これが実現されれば、マーカ存在を意識せず、小児のおおまかな現在位置を知ることができる。その後、親自身が子供のもとに赴けば、直接的なコミュニケーションを実現できる。これにより、日常的な親子間の触れ合いの場が提供され、信頼関係の育成に寄与できる。また共稼ぎなどで、直接的なコミュニケーションが困難であっても、常にその所在を確認できるため、小児が被害者となる犯罪の予防に寄与できる。

2. 小児の特性の概略

小児は一般に、発達途上にあり、身体的にも精神・心理的にも、成人に比して脆弱である。従って、小児への応用を前提とした場合、これらの諸条件について配慮しなければならない。

身体的に顕著な特徴は、その大きさと筋力である。両者共に、成人に比して小さい。従って小児用機器については、成人用機器と比して小型・軽量でなければならない。また、身体各部は急速な発育を遂げている。特に成長期の骨髄は、放射線などの電磁波の影響を受けやすく⁴⁾、その後の成長にも影響を及ぼす。これらの物理エネルギーの暴露についても、考慮しなければならない。

精神・心理的には、2歳前後から自我の形成・発達が始まる。その発達には、10代半ばまで継続する⁵⁾。自我はパーソナリティの根幹をなすものであり、発達期の環境や事象は、その個人の生存期間中影響を及ぼすといわれている。従って、この発達を妨げることがないように、十分に配慮する必要がある。

3. 技術的背景

小児の定位あるいは小児とのコミュニケーション支援を目的とした機器やシステムは、いくつか存在する。子供用ポケットベルや子供用PHS端末が、その好例である。前者はそれを携帯する子供へ向けての単方向通信であり、相互のコミュニケーションとはなり得ないが、後者は双方向通信が可能である。

Fig.1に子供用PHS端末を示す。この端末では、発信先の制限により初期コストを低減している。これを活用すれば、非常時などに、両親やその職場などとの通信が可能となる。しかし、機器

Fig.1
An example of PHS Terminal
for child

自体は通常型端末を一部改造したものに過ぎず、送話マイクロホンと受話スピーカの相対的位置関係や送話音量、端末の重量など、小児独特の身体的条件については考慮されていない。発信出力などについても通常型端末に準拠しており、小児への応用には不適と考えられる。

健全な小児の育成には、十分に愛情を注ぐことが肝要であるといわれている⁶⁾。各種の機器やシステムは、これを支援するものでなければならない。利便性のみが向上しても、実質的なコミュニケーションが成立しなければ、愛情の授受を支援することはできない。

著者らは、徘徊老人の定位を目的としたPHSマーカを開発した⁹⁾。その開発過程では、徘徊癖を有する痴呆症老人の特性を考慮して、身体装着部すなわちマーカ自体の存在感消去につとめた⁶⁾⁷⁾⁸⁾。その結果、定位能力を低下させずにマーカの小型・軽量化が実現可能であることがわかった。このマーカの発信出力は非常に小さく、信号発信時間長も短い⁹⁾。従って小児が携帯しても、電磁波による影響は小さいと考えられる。これを小児の定位に応用すれば、そのおおまかな位置を容易に知ることができる。

4. 小児用PHSマーカの原理

PHSでは各基地局が、その担当範囲に存在する端末を常に管理している¹⁰⁾。このため、基地局と各端末の間では、約1.2秒に一回、定期的に管理情報の授受が行われている。その基地局は100m前後の間隔で設置されており、管理情報を活用すれば、各端末のおおまかな位置を推定できる。GPSなどとは異なり、基地局が設置されれば、デパートなどのような屋内でも端末の位置がわかる。その精度は、各基地局の担当範囲である半径約50mの範囲となる。ここで提案する方法は、あくまで親の行動支援を目的とするため、この程度の精度で十分といえる。

この原理による定位方法を実現するには、その端末の小型・軽量化が必要となる。その際に要となるのは電池部である。通常型端末では、電池部と筐体が、容積および重量の約2/3を占めている。ここで、発信出力と動作時間を適切に制御すれば、単位時間あたりの消費電力を削減でき、電池寿命の延長がはかれることがわかる。また電池寿命を一定値に制限すれば、逆に、電池容量が縮小できる。

著者らは、マーカの発信出力を縮小し、同時にマーカ動作時間を時間的に制御することで、電池容量縮小の見通しを得た¹⁰⁾。具体的には、発信出力を定格値の10%である1mWに設定した。また動作時間については、小児への応用を前提として、2秒ONに対して28秒OFFとする1:14制御を行うこととした。550mAhの電池容量で21日間の連続稼働が可能で、平均的なPHS端末の場合、これらの対策を施せば、電池寿命を約179日にまで延長できる。また、毎晩の再充電を想定すれば、電池寿命は50時間程度で十分となる。電池寿命を50時間に制限すると、電池容量は10mAh程度と逆算される。同程度の容量の二次電池を想定すると、直径10mm程度、重量1g程度の製品が容易に入手できる。この程度の大きさと重量であれば、マーカの小型・軽量化が期待できる。

一方、マーカの主要回路部については、基本的に通常型端末のそれが転用できる。PHS端末の回路部は、そのほとんどがカスタムLSI化されており、十分に小型・軽量である。主要回路部は25mm×40mm程度の大きさの基板上に実装されているが、これは筐体の大きさに依存するものであり、技術的にはさらに縮小することが可能である。また、主要回路部の重量は10g前後であるため、前述の電池部の改良とあわせると、マーカ重量は15g以下とすることが可能である。

Fig.2に、予備実験の結果を示す。ここで提案する方法では、マーカの出力を1mWに減じる。このため、PHS基地局がこれを捕捉できない可能性もある。予備実験では、一般住宅地を対象として、その可能性を検証した。同図で、中心の●印が基地局であり、灰色の部分が発信に成功した位置である。また、図中の太い実線は、隣接する他の基地局との運用上の境界線である。同図より、出力を低減したマーカであっても、半径50mの担当範囲を越えて定位が可能であることがわかる。

Fig.2 Coverage area of PHS marker

5. 運用方法と携帯方法

5.1 運用方法

小児は前述のように、自我が発達途上にある。このため秘密裏に携帯させたマーカの存在に気付いた場合、親子間の信頼関係が損なわれる可能性がある²⁾。従って、マーカの運用方法については、十分に配慮しなければならない。小児の特性を考慮した場合、マーカの現実的な運用方法は、次の二つに集約される。

① 迷子札としての応用

② 防犯マーカとしての応用

前者は、テーマパーク内やデパート内などでの迷子探索を目的とする場合に有効である。この場合、主たる対象者としては、5歳児までの小児が想定される。この対象者の場合には、親との別離に対する不安感³⁾から、マーカの携帯には協力的であると予測さ

れる。後者では、5歳児以上の小児への応用を想定している。この場合については、幼稚園などで子供社会が形成され始める時期に相当する。このため、対象者の自主的な協力が得られないこともある。事前に親子間で意志の疎通をはかったうえでの運用が望ましい。

5.2 携帯方法

前述の運用方法を前提として、それぞれのマーカの携帯方法を想定すると、次のような方法が考えられる。

① 迷子札:腰ベルトへのクリップ固定など

② 防犯マーカ:靴のかかと部への組み込みなど

いずれの携帯方法においても、小児の身体的条件を考慮すると、マーカの小型・軽量化が求められる。前者の場合には、腰部への固定となるため問題は少ない。しかし、後者の靴のかかと部への組み込みを前提とした場合、重量過多が発育の妨げにつながる可能性もあり、十分な検討を必要とする。マーカ自体の重量については、前述のように15g以下までの軽量化の見通しを得ている。しかし、小児用の靴の重量に比してこれが大きい場合には、さらなる回路の改良などが必要となる。

ここでは5歳児を対象として、小児用の靴の重量について調べた。男児用として16cmの靴5足、女児用として15cmの靴5足を対象とした。Fig.3に計測対象とした靴の一覧を示す。Table. 1

Fig.3 Shoes for child

に計測結果を示す。各靴は片足ずつ計測し、その平均値を重量として求めた。同表では、(a)に男児用の重量を、(b)に女児用の重量を示した。同表中で、靴記号に下線を付したものは、ボタン電池と発光ダイオードによる発光システムを搭載したものである。

同表より、男児用では148.6gが、女児用では123.4gが平均値として得られていることがわかる。最大値と最小値は、男児用の場合172.5gと120.5gであり、52.0gの差が認められる。同様に、女児用では165.5gと83.0gとなり、82.5gの差が認められる。また前述の発光システムは平均重量が5.75gであった。男児用のM-Eは、これを片足あたり2個搭載しており、その重量は12gであった。マーカの重量を15gとすると、発光システム2.6個分に相当する。しかしM-Eのそれと比較した場合、その差は3.0gに過ぎない。これは1円硬貨3枚分であり、発育を阻害するほどの重量差とはならない。また、男児用、女児用共に最大値と最小値との差は15.0gよりもはるかに大きい。このため、最軽量の靴にマーカを実

Table.1 Weight of shoes

(a). for Male

Subject	M-A	M-B	M-C	M-D	M-E	Average
Right foot [g]	150.0	152.0	148.0	120.0	172.0	*****
Left foot [g]	153.0	152.0	145.0	121.0	173.0	*****
Average [g]	151.5	152.0	146.5	120.5	172.5	148.6
Illumination	0	0	0	0	2	*****

(b). for Female

Subject	F-A	F-B	F-C	F-D	F-E	Average
Right foot [g]	128.0	116.0	81.0	123.0	162.0	*****
Left foot [g]	130.0	115.0	85.0	125.0	169.0	*****
Average [g]	129.0	115.5	83.0	124.0	165.5	123.4
Illumination	0	0	0	1	1	*****

(a). Illumination unit

(b). Space for illumination unit

Fig.4 Illumination system

装しても、小児に過剰な筋的負担を課すことにはならない。

小児用の靴に多く見られる発光システムは、そのほとんどが発光ユニットをかかと部へ組み込む構造となっている。これは、歩行中に後方から接近する車両等の注意を喚起するためである。

Fig.4に小児用の靴に搭載されている発光システムを示す。同図(a)に発光ユニットを示す。左側の2個が振動を検出して発光するものであり、右側の2個が圧力を検出して発光するものである。同図(b)に、発光ユニット搭載用の空間を示す。これらの靴には、

かかと部に20mm×25mm程度の空間が設けられており、ここに発光ユニットを搭載している。その周辺部まで含めると、30mm×40mm程度の空間を用意できる。この程度の空間があれば、部品レイアウトを改良したPHS端末主要回路部を実装することは容易である。アンテナについても、靴ひも部やベルクロテープ部を活用すれば、容易に組み込むことができる。充電用端子についても、小児用の靴には装飾的要素が多いため、それらを活用することで実現できる。また、運動時の荷重による破損可能性については、既存の発光システムも一般的な塩化ビニール系の合成樹脂で成形されており、無視できるものとする。

ここでは、かかと部へのマーカの組み込みを前提として論述してきた。電磁波の伝搬特性を考慮した場合、一般にアンテナ地上高は高い方が有利である。ここで提案しているマーカは、その地上高が1/6波長程度となり、過酷な条件下にある。この条件下で運用可能の評価が得られれば、これ以上の高さでは、容易に実現できる。

6. 模擬実験例

6.1 概要

ここではマーカ携帯者を小児と仮定して、定位可能性を評価するために、電界強度分布シミュレーションと、出力を低減したマーカを模した端末による定位実験を、二つの評価対象について行った。第一の評価対象は、前述の迷子札を前提としたものであり、上野動物園内とした。第二の評価対象は、前述の防犯マーカを前提としたものであり、本学周辺の団地内とした。前者では、電波伝搬経路上に動物舎や通行人が多数分布しており、テーマパーク内での運用可能性の評価に適している。後者では、集合住宅やスーパーマーケットが点在しており、小児を含む家族の住環境での運用可能性評価に適している。これらのシミュレーションおよび実験で、定位が行われれば、ここで提案する小児行動モニタ用マーカの実用性が確認されることとなる。

6.2 シミュレーション

このシミュレーションは、小児への応用を前提としたため、マーカの出力を1mW、アンテナ地上高を3cmに設定した。また信号波の電界強度については、透過波と反射波のみを対象とし、建造物の上面を伝搬する回折波については対象から除外した。これは、すべての建造物の調査を行うことが事実上不可能であることによる。ただし、そのままでは回折波成分が無視されるため、これによって伝搬される信号の強度を、動物舎を含むすべての建造物の外壁を厚さ20cm、損失-50dBとすることにより補完した。これは、実際の建造物による損失よりも小さい値である¹⁰⁾。

具体的には、基地局に相当する地点にマーカと同等の発振器を仮想し、ここから発せられる信号波の減衰量を、分解能10cmとして順次求めた。信号波が構造物に達した場合、これを透過波成分と反射波成分に分け、別個に減衰量を求めた。この解析を仮想発振器の全周にわたり、分解能0.5度で実施した。これにより、任意の地点の電界強度が得られる。その値が基地局の受信感度を上回った地点を、定位可能な地点として定義した。この解

Fig.5 Result of simulation

Fig.6 Result of experiment

析中で、マーカと基地局の位置関係が相対的に反転しているが、電界強度の解析に限定すれば、同等と考えて良い。

Fig.5 (a)(b)に、それぞれの場合のシミュレーション結果を示す。各図では○印が基地局を表している。また、黒色の点が分布している範囲が、定位可能な地点である。同図(a)は、基地局から50m以上遠方であっても、定位が可能であることを示している。また同図(b)も、基地局よりも50m以上遠方であっても、スーパーマーケットの裏側以外は定位が可能であることを示している。実際には前述のように、回折波の効果が期待できるため、同地点においても定位は可能と予測される。

6.3 定位実験

ここでは、小児用マーカを模した331S型端末を実際に携帯し、定位が可能な地点を求めた。この端末は、小児用マーカを模して出力を1mWに調整したものである。被験者はこの端末を携帯し、基地局の周辺を移動した。あらかじめ約10m間隔で設定した地点で定位を試みた。定位については、NTT Personalの「いまどこサービス」を利用した。尚、私有地部への進入は、原則として避けた。各設定地点では、靴のかかと部に実装した小児用マーカを模して、端末を地上高3cmの位置に固定し、定位を試みた。

Fig.6 (a)(b)に実験結果を示す。各図はそれぞれ、Fig.5 (a)(b)

に対応している。各図の○印が基地局である。Fig.2の場合と同様に、灰色の部分に定位に成功した地点を、太い実線は隣接する他の基地局との境界線を表している。同図(a)(b)共に、基地局よりも50m以上遠方でも、定位が実施できたことを示している。同図(a)の左上方部に、欠落部分が認められる。ここは動物園の施設外である。本実験例では、施設内を対象としたため、定位は実施しなかった。しかし周辺部の状況から、この部分でも定位は可能であると推測できる。また本実験例では、対象地域内に二つの基地局が稼働していた。同図からわかるように図の右側では、動物舎や建造物が多く存在し、電波伝搬が妨げられるため、担当範囲が縮小している。一方、図の左側では障害物が少ないため、担当範囲が拡大している。これにより、見かけ上の定位精度は低下するが、対象者の移動により隣接する基地局がこれを捕捉するため、実用上問題とはならない。また同図(b)では、シミュレーションでは定位が不可能とされたスーパーマーケットの裏側であっても、実際にはこれが実施できたことを表している。

7. 考 察

既存の PHS 通信網と定位システムを用いれば、マーカの発信出力を定格値の 10%である 1mW まで縮小し、さらに小児用靴のかかと部への実装のためアンテナ地上高を 3cm としても、定位が可能であることがわかった。一方で、小児用靴の中には発光システムを搭載するものもあり、その設置のための空間も相当程度確保されていることがわかった。発信出力の低減と動作時間制御により、電池容量ならびにマーカ自体の小型化が可能であるため、かかと部への実装も可能なことがわかった。特に小児用靴の重量差の範囲は、マーカの重量よりもはるかに大きい。従って、軽量の靴にマーカを組み込めば、小児に筋的負担を課さずにこれを携帯させることが可能であることもわかった。これにより、PHS を応用した小児行動モニタ用マーカの実現の見通しを得ることができた。定位精度は GPS に比して劣るが、小型・軽量なマーカが実現でき、屋内外を問わずに運用可能であるため、小児への応用には好適といえる。

ここで提案したマーカが実現されれば、親は子の所在を容易に把握することができる。また、子との会話を目的とする場合や帰宅を促す場合には、実際にその地点へ赴くことができる。ここでは、親子の直接的な触れ合いが期待できる。この方法のように、直接的な情報伝達を促進する手段が実現されれば、親子間の精神・心理的な触れ合いの場が確保され、さらには、対面的な家庭内教育の機会も増大するものと考えられる。その結果として、小児と老人との会話の実現も、期待できるものと考ええる。

唯一の問題点として、PHSの運用エリアの地域差が考えられる。しかし基地局の中には、単相100Vの商用電源で動作するものもあり、理論的には、住宅が存在するすべての地域で運用可能である。マーカに係るコストとしては、初期コストとして5千円程度が、運用コストとして一ヶ月あたり千円程度が見込まれる。小児が被害者となる犯罪の予防効果を考慮すれば、非常に小さな負担であるといえる。

8. おわりに

ここでは、著者らが提案する小児行動モニタ用マーカの、実現可能性について評価した。その結果、30秒に一回の割合で、ほとんどの地域で定位が実施でき、十分に実現可能であることがわかった。このような情報伝達環境が用意されれば、家庭内教育も促進され、『かわいい』小児の育成も促進されよう。また結果的には、家庭内での会話を通して、老人の精神・心理状態の活性化も期待でき、老人福祉に寄与できるものと考ええる。さらに一方では、誘拐などに代表される、小児犯罪の予防にも効果的であると考えられる。

謝 辞

本研究を実施するに当たり、ご助言ご協力をいただいた、NTT America Inc. 村上満男氏、NTTワイヤレス研究所 多賀登喜雄氏、シャープ株式会社 長谷川詳洋氏に深謝いたします。本研究は財団法人 電気通信普及財団の平成8年度ならびに平成9年度の研究助成金により実施されたものであります。ここに、同財団に対して深謝いたします。また本研究の実施にご協力いただいた、本学工学部卒業生 木村武弘氏、同 荒木浩之氏、本学工学部学生 長谷川清隆君に深謝いたします。

文 献

- 1). 大友英一監修. ぼけ老人の在宅看護. 上手に接し、やさしく癒す. 東京. 立風書房, 1992
- 2). 内藤寿七郎. 育児の原理. —あたたかい心を育てる—. 大阪. アップリカ育児研究会, 1998
- 3). 厚生統計協会編. 国民の福祉の動向1997年. 厚生省の指標 臨時増刊. 1997; 44(12); 117-119
- 4). 古幡 博. 電磁波障害のカテゴリー化の考え方. 医用電子と生体工学. 1998; 36(Suppl); 360
- 5). 保坂良資. 徘徊高齢者の行動解析ならびに自動探索への応用を目的とした追尾システムについての一考察. 日本人間工学会第36回大会予稿集 1995; 350-351
- 6). R. HOSAKA and M. SAITO. A basic analysis to develop automatic tracking system for stray aged-persons by use of personal handy-phone system. Proc. 18th. Ann. Int. Conf. of IEEE EMBS 1996; 50
- 7). R. HOSAKA and M. SAITO. A simulation of signal intensity distribution of handy electronic marker for aged who are suffering from senile dementia. Proc. 18th. Int. Conf. on MBE 1997; 1291
- 8). R. HOSAKA and M. SAITO. An analysis of signal intensity distribution to develop handy electronic marker for aged who are suffering from senile dementia. Proc. 20th. Ann. Int. Conf. of IEEE EMBS 1998; 3:1222-1225
- 9). 長谷川清隆, 保坂良資, 斎藤正男. 第14回ライフサポート学会大会講演予稿集 1998; 78
- 10). 小川圭祐, 小林忠男. やさしいパーソナルハンディホン. 東京. 電気通信協会, 1995