

L-019

非同期ネットワークにおける高精度同期方式の検討 A Study on a High-precision Network Synchronization method

宮島 春弥^{*1}
Haruya MIYAJIMA

張 亮^{*1}
Liang ZHANG

林 秀樹^{*1}
Hideki HAYASHI

^{*1}ソフトバンクモバイル(株) 研究本部 ワイヤレスシステム研究センター
Wireless System Research Center, Research Division, SOFTBANK MOBILE Corp.

1.はじめに

3.9G/4G等の次世代セルラーネットワークやNGN (Next Generation Network)等の今後のネットワーク(NW)はIP NWのような非同期NWを前提として検討が進んでいる。しかし、非同期NWでは、同期NWの同期精度を前提とする各種制御や管理機能の維持が困難である。このため、これらの課題を解決する新たな同期技術が必要である。

本稿では、このような将来の高精度NW同期システムについて、設置や運用コストの低廉化や、実験による性能評価結果を考慮の上、要求条件を満たすシステムを提案する。

2.同期網と非同期網の比較

図1に、同期NW(ATM)と非同期NW(IP)のデータ伝送(A→B→C)の様子を示す。IP NWでは、ネットワークの接続単位(図ではA-B, B-C)ごとに受信側が送信側に同期する。ただし、送信時にはその同期クロックではなく、送信側独自のクロックにより伝送する。

ATM NWでは、上流のノードに下流のノードが従属同期することによって全網が同期する(A-B-C)。通信会社のATM NWのマスタークロックは高精度原子時計に同期しており、結果としてATM NWの全ノードは一定の同期精度を維持することができる。すなわち同期NW(ATM)ではネットワークが同期情報を伝達できるが、非同期NW(IP)ではできないことがわかる。

3.要求される精度

近年、発展の著しい移動通信を含め、無線通信では免許によって使用周波数を限定されている無線基地局などで、

その基準発振器の厳しい精度管理が要求される。たとえば3G基地局では電波法上偏差 50×10^{-9} 以下の精度を要求されている。したがって、次世代セルラーネットワークでは、非同期NW上でこの同期精度を確保することが課題となる。

4.各種方式と課題

ここで、非同期NW上で同期情報を得るための方法について検討する。

a) NTP (Network Time Protocol) 方式; IP 網上の同期や時刻較正に広く利用されている。この方式は2地点間でパケットの到着時刻を元に時刻較正を行うため、IP 網の遅延変動を考慮すると、一般的な精度は $\pm 100\text{ms}$ 程度とされる。端末の時刻合わせ程度には十分な精度であるが、高精度の同期を必要とするネットワークノードの同期には不十分である。IP 網上でさらに高精度を目指すIEEE1588, SyncEther方式等の開発も進められているが、これらの方式は伝送区間のルータ等のネットワーク機器を交換しなければならぬため、新規機器コストやネットワークの改修コストが大きい。現状、これらの方式では、中間にあるルータ等の遅延の変動がある限り、既存のIP機器のみを利用して高精度同期を実現することは難しい。

b) GPS方式; 地球周回軌道にある約30基のそれぞれ正確な時刻と軌道をもつ衛星からの電波を処理して自身の位置を算出する方式である。正確な位置に基づき遅延を補正することで正確な同期が可能である。4個以上の衛星が捕捉されれば、精度は長時間平均で $\pm 1\text{ps}$ (10^{-12})以下となる。同期に必要なネットワークノードにこのGPS方式を組み入れれば、高精度同期が得られるため、比較的設置コストが低く、容易に高精度同期が得られる同期方式と考えられ

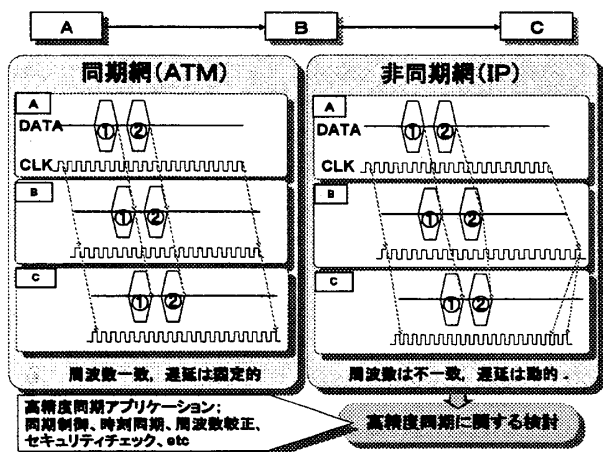


図1 同期網(ATM)と非同期網(IP)の比較

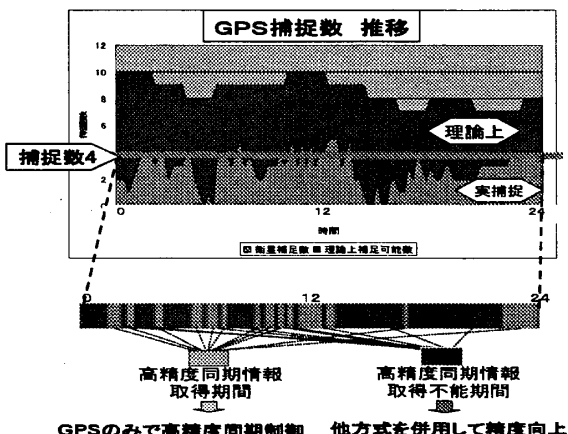


図2 GPS補足数と対応例

る。しかし、山やビルなどの遮蔽物があると4個以上のGPS衛星の捕捉が困難な場合があり(図2)、衛星を捕捉できない期間の同期状態の維持が課題となる。

c) JJY方式; JJYとは、福島県大鷹鳥谷山(40kHz)および福岡県羽金山(60kHz)の2箇所から送信される標準時報電波である[1-3]。各送信所が発する電波の基準は日本標準時であり、GPS同等以上の精度($\pm 1\text{ps}$ 以下)を持つ。ただし、従来のJJY受信機には位置補正等がなく、一般に $\pm 100\text{ms}$ 程度の精度しか得られない。筆者らは、これを高精度化し利用する方式について提案している[4]。

5. 提案システム

前章に述べた各方式の検討から、非同期NWで用いる高精度同期方式には、設置の容易さと同期精度の高さからGPSを利用することが最も望ましいと考える。ただし、GPS方式の問題として述べたように、衛星が捕捉できない期間/場合の補完技術が必要となる。本稿では、JJYシステムを補完技術として採用し、衛星が捕捉できない場合でも高精度な同期を維持できるネットワーククロックシステム(NCS)を提案する(図3)。

提案システムはGPS情報を同期のための優先情報として用い、GPSが正常動作している間は、この情報に基づき動作する。捕捉衛星数が3以下の場合などのようにGPS情報の精度が低下している場合には、JJYのシステムを利用して同期精度維持をバックアップする。システム構成はGPS部、JJY部とそれをコントロールするNCS部、IP網と接続しシステムの遠隔制御などを行うNW部、の各サブシステムから成る。

GPS部ではマルチパス補正や衛星の見通し補正に関する処理を行う。図4a,bにマルチパス誤差のイメージを示す。システムの設置位置は固定されており、真の位置は初期設定等から得ることが可能なので、マルチパスによる位置情報の誤差を解析し補正を行うことが出来る。また、一定期間の観測後、設置地点の衛星見通しも推測可能であり、衛星の捕捉数予測と制御を行うため、定期的にNCSへ衛星の捕捉関連情報を送付する。

JJY部では基地局の位置や電離層による到達時間の差の

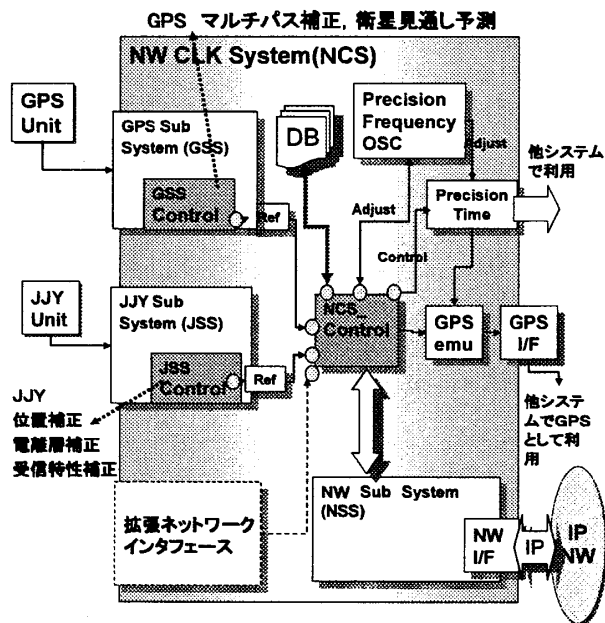


図3 提案システム

補正、受信機特性による遅延の補正などを行い、GPS部とは独立に高精度な時間を取得し、NCSへ常時同期情報を送付する。図4cに誤差補正例を示す。

各同期サブシステム(GPS, JJY部)の動作状況と同期情報はNCSに集められ、データベース(DB)に蓄積される。NCS部はこれらの情報から得られた情報に信頼性があるかどうかの判断を行い、高精度発振器(Precision Frequency OSC)を必要に応じて調整し、システムの高精度時間(Precision Time)を維持する。NCS部は各サブシステムの動作状態を定期的に観測する。もし、いずれのサブシステムからも必要な水準の同期情報が得られなかった場合には、自身の高精度発振器を基準として動作する。

GPSやJJYの信号の精度は24時間周期などの周期的変動要素を持つ[2-3]。このため、これらの情報をDBに記録し、統計的な処理を施すことによってNCSは周期的な精度低下や誤差等を予測し対処するための情報を得ることが出来る。また、うるう秒やサマータイムなど、人間の社会生活に伴う変動もネットワークを介したNCS制御により設定し、処理を行う。

提案システムはソフトウェア主体で実現でき、実験評価から特性モデルや誤差推定アルゴリズムの改良を繰り返し行えるように構成できる。このため、遠隔地にシステムを配置しても、アルゴリズムやプログラムの更新・修正を行いながら運用を進めることが可能である。

6. まとめ

非同期網へ向けた高精度NW同期技術の検討を行った。種々の同期技術について課題を検討し、その解決策を含む高精度同期システムを提案した。今後はより正確な測定器を用いた評価と提案モデルへのフィードバックと精度向上を行い、具体的なシステムへ発展させたいと考える。

参考文献

- [1] 日本標準時プロジェクト <http://jly.nict.go.jp/>
- [2] 鳥居甫吉, “長波帯 JJY 標準電波の伝搬特性” 2001 信学総大.
- [3] 佐藤克久, 浅利一善 “長波標準電波 (JJY) の受信特性について” 国立天文台 水沢観測センター
- [4] 宮島他, “JJY を利用した高精度ネットワーク同期の為の一考察” 2008 信学総大.

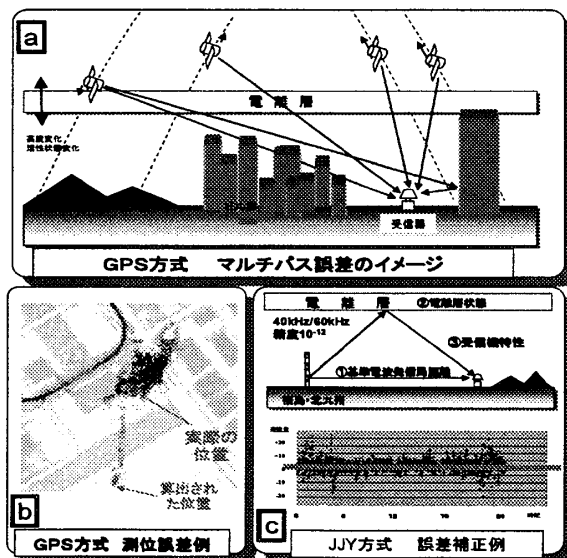


図4 GPS方式のマルチパス誤差, JJY方式の誤差補正例