

パケットネットワークによる時刻周波数配信とその応用

町澤朗彦 (machi@nict.go.jp)

2009 年 12 月 10 日

1

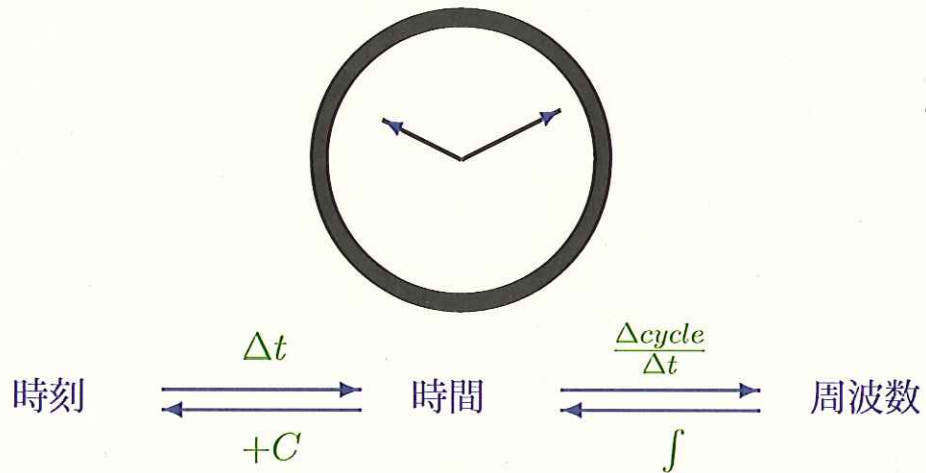
1 時計の進歩と応用

発明時期	技術	精度	国家事業	一般向け
太古	天体	hour	政、祭祀	社会生活リズム
11 世紀	機械式	分と秒	航海	鉄道ダイヤ
1880 年	水晶	$10^{-4} \dots$	軍用無線機器	電子機器
1949 年	原子	$10^{-10} \dots$	GPS	ICT

新しい時計精度を手にした国は栄える!

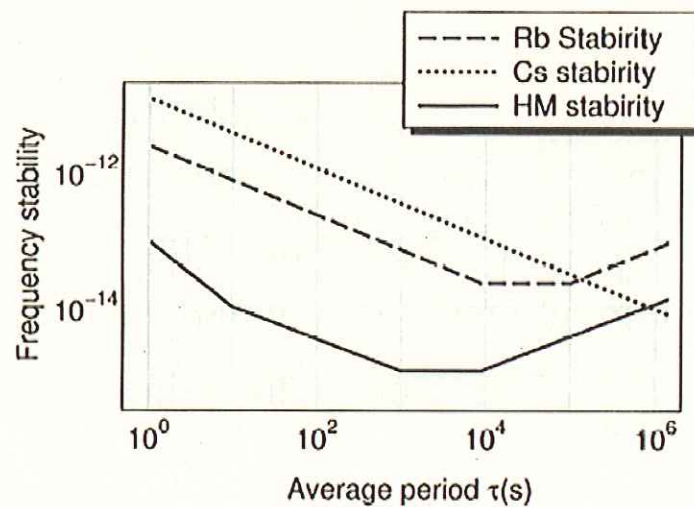
2

2 時計と周波数はコインの表裏



3

3 原子時計の精度 (安定度)



(出典: 通総研季報 49[1] p.86)

4 MENU

1. 時計の ABC

2. ICT と GPS が身近にしたサブマイクロ秒の世界

こんなところやあんなところにも。身近で使われているサブマイクロ秒精度の利用事例を紹介。

3. Time keeping

時計のキャリブレーションとネットワーク時刻同期。

5 ICT と GPS が身近にしたサブマイクロ秒の世界

- 周波数制御
- 無線通信: (W)CDMA, 時分割 (WiMAX 他)
- リアルタイム、タイムトリガー
 - － 制御 (自動車、産業オートメーション、電力系統)
 - － オーディオ及びビデオの同期
- 計測
 - － 位置計測
 - － 構造解析
 - － ネットワークの性能評価

6 無線機器の周波数許容偏差 (無線設備規則)

システム	周波数許容偏差
地上波デジタルTV	10^{-9}
携帯電話基地局	5×10^{-8}
携帯電話端末	1×10^{-7}
交通情報システム	1.5×10^{-6}

使用周波数の高周波化と 1Hz あたりの情報量の増加にともない、許容偏差が厳しくなっている。

7

7 移動体通信で人気の同期システム

周波数資源の有効利用に同期技術が使われている。

CDMA(符号多重): ノイズと秘匿性に優れた多重化方式。符号同期精度が必要

CDMA-1X/Win: チャネル補足やハンドオフに有利な基地局同期。au の携帯電話は時計も正確 (DoCoMo や Softbank は基地局非同期)

2.5GHz 帯次世代高速無線通信: mobileWiMAX も次世代 PHS も時分割多重を利用

8 電力系統

電力系統は大規模な分散システムであり、監視制御には同期精度 1 μ s が度必要とされている (IEC 61850 T5)。

(出典: <http://www.tepco.co.jp/kouza/pst/tips-j.html>)

9 産業オートメーション

多軸化、多 CPU 化、ネットワーク化

(出典: http://enc.apiste.co.jp/products/concept_1.html)

10 自動車、航空機

電子化 (X-by-wire) とネットワーク化が進んでいる。

必要精度はサンプリングレートから 1us。

(出典: <http://www.amt.nl/>)

11 オーディオ・ビジュアル

音の位相を制御するためには、5us 精度が必要

(出典: <http://www.kerrville-music.com/jacobsaudio/whyline.htm>)

12 位置計測

電子航法 (GPS) の超音波による実現。

- 屋内でミリメートル精度
- 海中の位置計測
- スケーラビリティ
- プライバシー

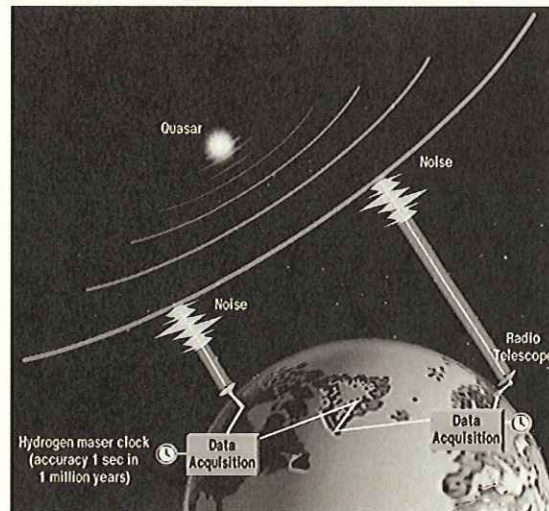
13

13 構造解析、地質解析

弾性波トモグラフィが建築・構造物の非破壊試験や地殻構造の解析に使われている。

(出典: <http://www.tobishima.co.jp/news/news071204.htm>)

14 測地、プレート運動

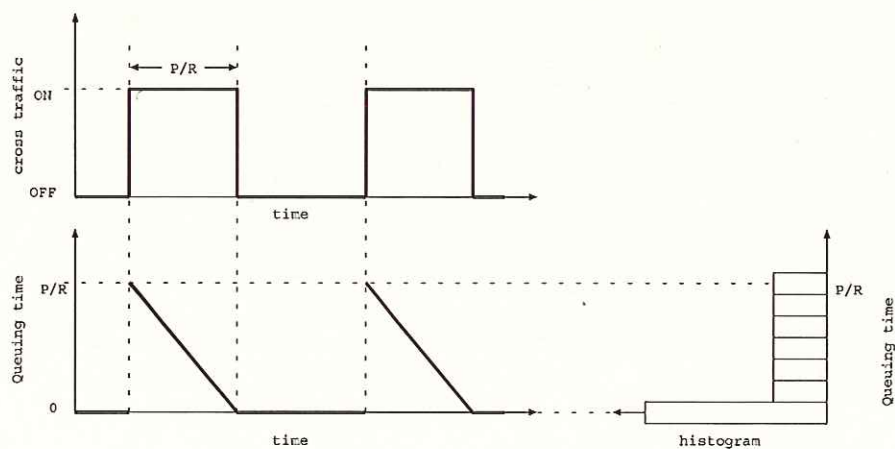


(出典: <http://ivs.nict.go.jp/mirror/about/vlbi/whatis.html>)

15

15 ネットワーク性能評価

回線の速度や混雑度は片方向遅延の変動として表われる。



$$P/R = 74\text{Byte}/1\text{Gbps} \approx 600\text{ns}$$

16

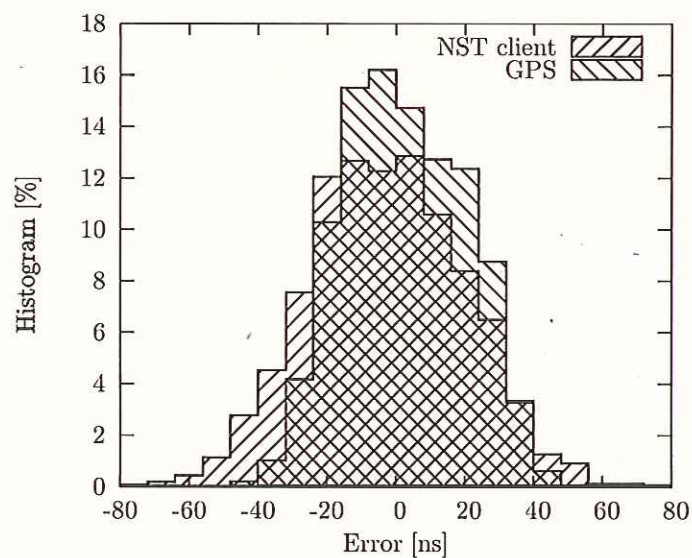
16 インフラとなったパケットネットワーク

- 広いサービスエリア
 - － 有線 LAN
 - － 電力線ネットワーク (PLC)
 - － 無線 LAN, WiFi, BlueTooth
 - － NGN(次世代ネットワーク)
- 低コスト
 - － ネットワーク機能は標準装備

17

17 ネットワーク同期精度

ネットワーク同期精度は GPS と同程度



18

18 むすび

- 周波数・時間は最も基本の物理量
- 科学技術の元
- 社会生活、産業、日本国の元
- 応用はいくらでもある。いくらでも出てくる。

19 時計の進歩と応用

発明時期	技術	精度	国家事業	一般向け
太古	天体	hour	政、祭祀	社会生活リズム
11 世紀	機械式	分と秒	航海	鉄道ダイヤ
1880 年	水晶	$10^{-4} \dots$	軍用無線機器	電子機器
1949 年	原子	$10^{-10} \dots$	GPS	ICT
2001 年	光	$10^{-14} \dots$	環境問題?	ロボット?