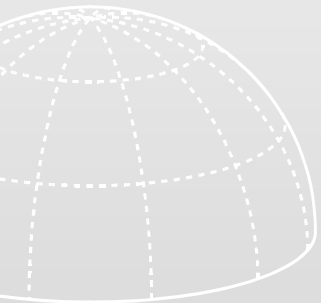




GPS スードライトシステム

スチュワート・コップ, Ph.D.
エンジニアリングディレクター

スードライトテクニカルワークショップ
平成13年6月19日



概要

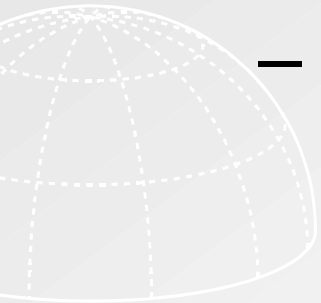
» 背景

- スードライト (PL) とは何か?
- どのように動作するものなのか?

» IN400 スードライト

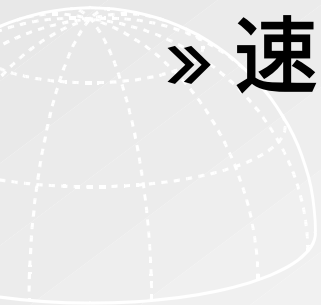
» IN2400 受信機

- 中身はどうなっているのか?
- 何ができるのか?
- どのように利用するのか?



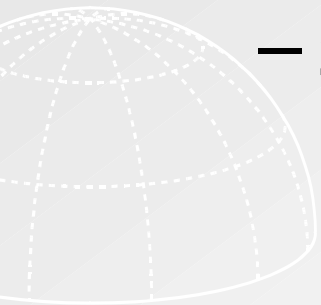
背景 – GPS

- » 軌道上の24個のGPS 衛星はコード化された信号を地上に送信
 - UHF 信号 (衛星との視通が必要)
 - 原始時計からの精密なタイミング
- » 受信機は測位のために最低4衛星の信号が必要
- » 基本精度 25m RMS (SA解除後)
- » 速度、時刻、姿勢情報



背景 – DGPS

- » 良好な場所に基準局受信機
 - 各衛星からの信号を測定
 - 瞬間の誤差を計算
 - 誤差をユーザに対して放送
(別のデータリンクを用いて)
- » 精度 2m RMS (コード位相)
- » 精度 4cm RMS (搬送波位相)
 - 整数値バイアスが決定された後



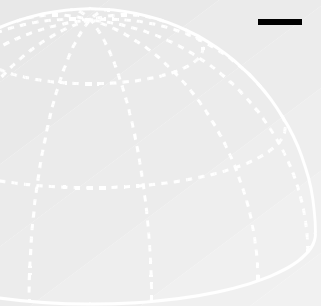
背景 – CDMA

» “スペクトル拡散” 衛星信号

- 全て同じ周波数で送信
- 異なるPRNコードで拡散
- PRNコードのマッチングにより信号を選択

» 同じシステムのその他のコード

- スードライト用に定義されている4つのコード
- その他数百のコードを利用可能



スードライトとは何か?

» “擬似的な-衛星”

GPSと同等の信号を送信

» 周波数、拡散コード、データフォーマット等
標準外のものでも利用できる

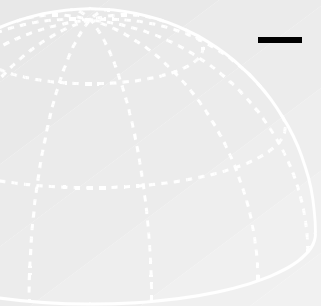
» 精密な時計の代わりにDGPSの技術を利用可能

» 小型、省電力、低価格を実現可能



📶 なぜスードライトを使うのか？

- » GPS衛星の不足する地域をカバーするため (< 4衛星信号)
- » その他の理由
 - DGPS基準局データの送信
 - 室内でGPSをシミュレート
 - 搬送波位相の整数値バイアス決定
 - その他(博士論文を参照)

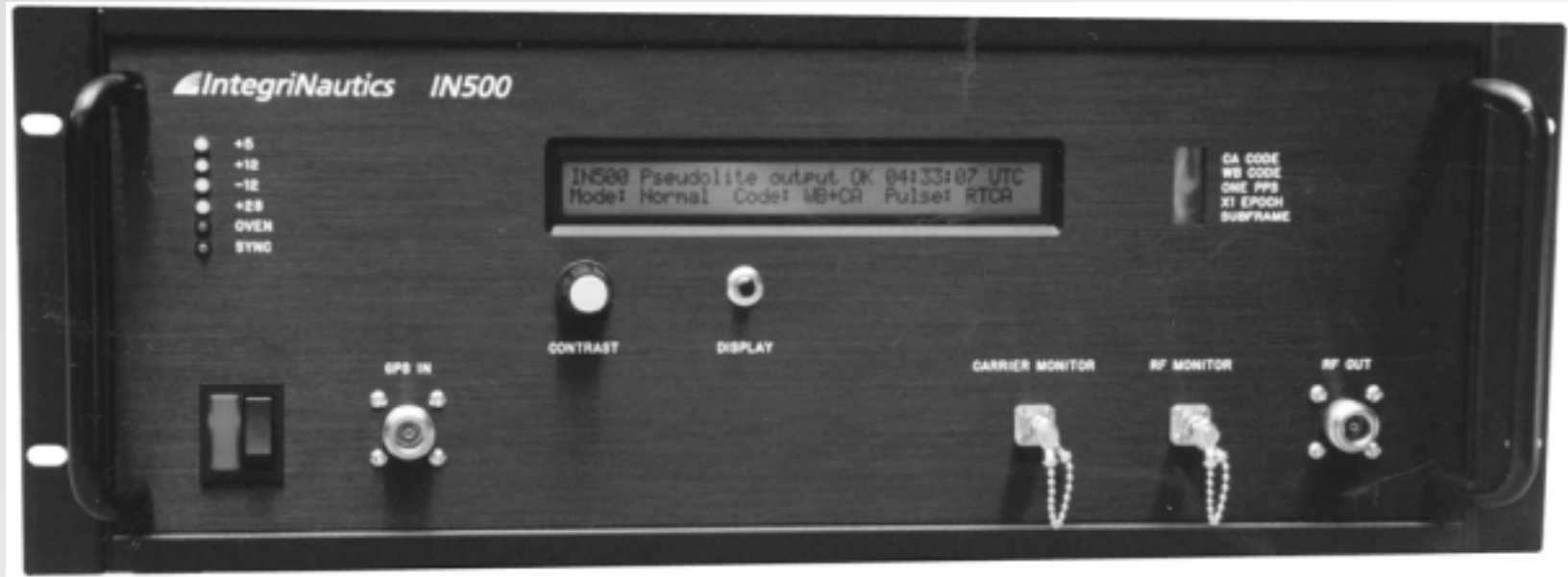


🌀 どのような種類があるのか？

- » 完全に単独のスードライト (PL)
 - GPS時刻にセットした原始時計を内臓
 - 非常に高価
 - 例：インテグリ・ノーティクス社 IN500



例: IN500



📶 どのような種類のPLがあるのか？ (2)

» 非同期スードライト

- シンプルな時計, GPS時刻に同期していない
- 低価格
- DGPSシステムの一部としてのみ有効
- 例: IN200, IN400



 例: IN400



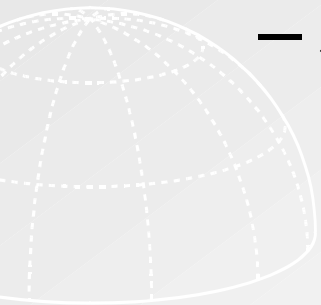
スードライトの挑戦

» “遠近問題”

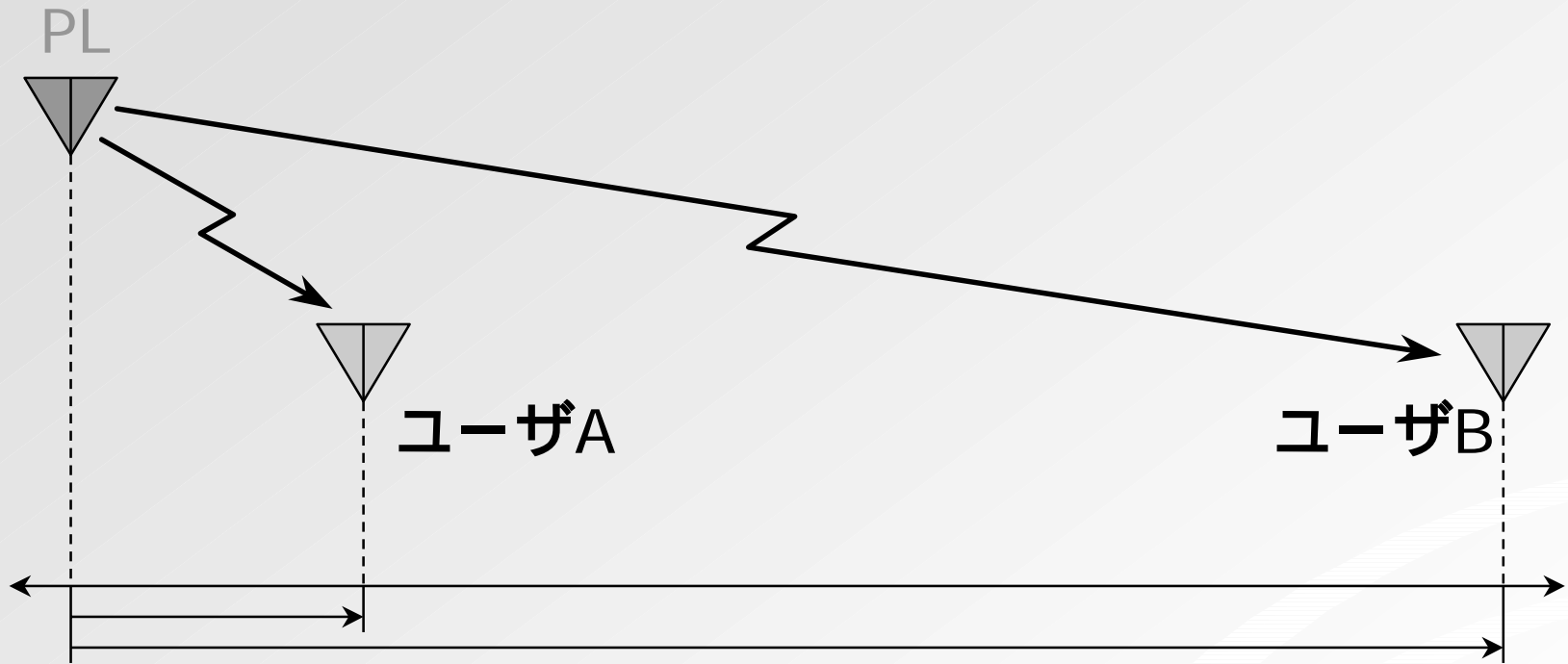
- 受信信号強度は距離とともに変化
- 弱すぎる場合: スードライト受信不可
- 強すぎる場合: 衛星受信不可

» 受信機のソフトウェア変更

- PL用の新たなエフェメリスおよびアルマナック
- 新たなナビゲーションアルゴリズム



遠近問題



距離1/10以下
信号強度100倍以上
GPS衛星は妨害される

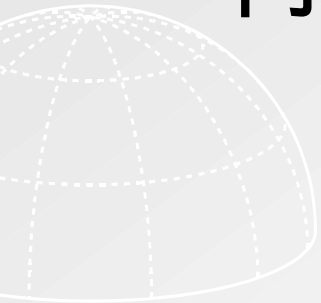
最大距離
最小信号強度



📶 遠近問題の解決法

- » スードライトを短いパルスで送信することで
 - パルス時にPLを受信
 - パルスとパルスの中にGPS衛星を受信
 - 遠近問題を解決

- » しかし安定した測位実現のためには
同一エリアに4つのPLが必要となる可能性



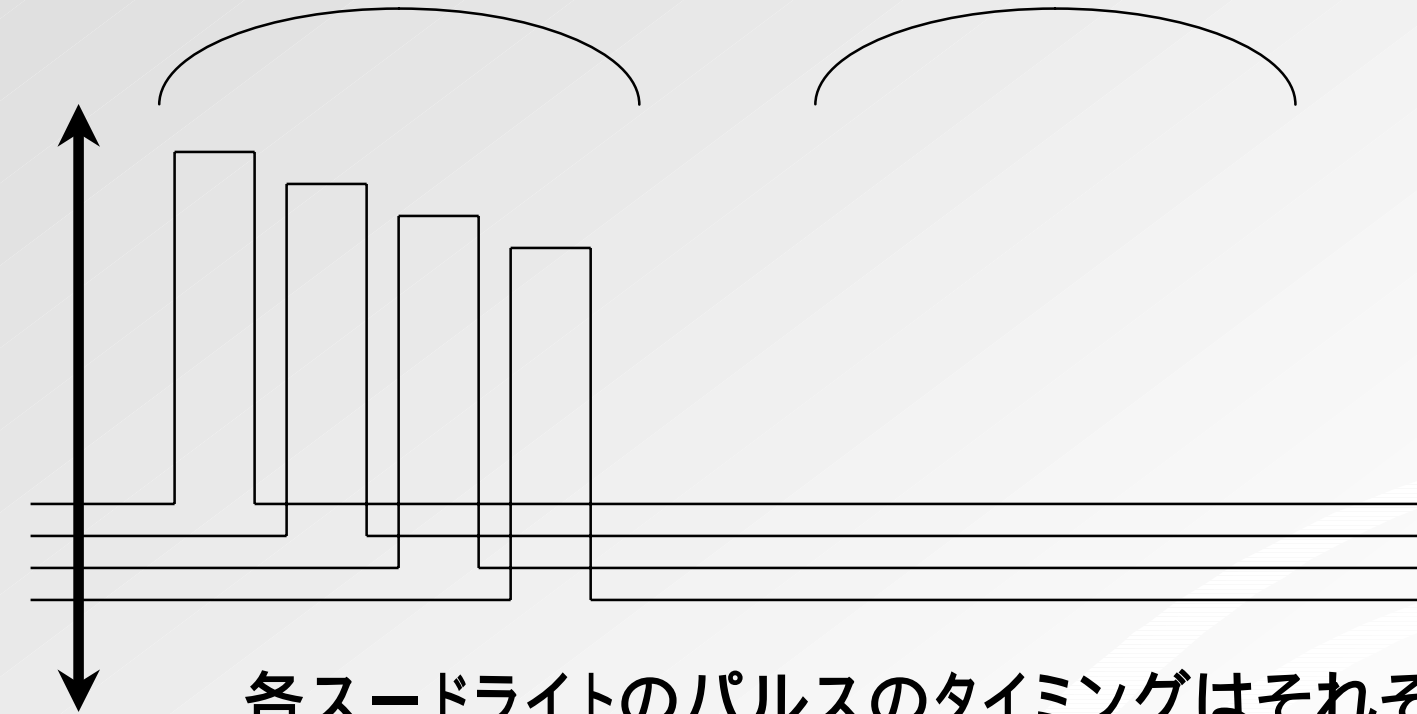
パルス化されたスードライトのはたらき

- » パルスのタイミングはGPS時刻に同期
- » PLがそれぞれ重ならないようプログラム
- » 片方が10dB以上強ければ重なっても可
- » PLパルスの“チャンネル”選択は設置場所と相談する必要あり
 - 携帯電話基地局と同様

4つのパルス化されたスードライト

スードライトを受信

衛星を受信

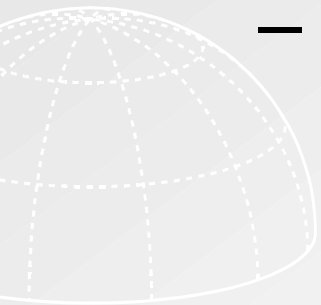


各スードライトのパルスのタイミングはそれぞれ
固有の遅延とともにGPS秒に同期

GPS
1PPS

PLシステム

- » IN400 “シンクロライト” PL
 - PL送信機、GPS受信機他
- » IN2400 基準局受信機
 - 24チャンネル受信機、DGPS基準局
- » IN2400 移動局受信機
 - 24チャンネル受信機、DGPSナビゲーション



IN400 “シンクロライト”

- » “同期したスードライト”
- » 同期およびセルフサーベイ用としてGPS受信機を内臓
- » スードライト送信機
- » データリンク用トランシーバ
(日本向けには別途検討中)
- » 内部バッテリーおよびチャージャー
- » 防水・防塵ケース

IN400 シンクロライト (2)



IN2400 基準局

- » GPS受信機 (24チャンネル)
 - 全てのGPS衛星およびスードライトを受信
 - 全ての信号を同時に測定
 - それぞれの測定値をユーザに送信
- » データリンク用トランシーバ (日本向けには別途検討中)
- » 内部バッテリーおよびチャージャー
- » 防水・防塵ケース

IN2400 基準局 (2)



IN2400 移動局受信機

- » GPS受信機(24チャンネル)
 - 全てのスードライトを受信
 - 最低1つのGPS衛星を受信
 - 基準局の測定値との差分をとる
 - 位置、速度、時刻を計算
- » 小型、手軽な筐体
- » 外部電源およびデータリンク

IN2400 移動局受信機



システムの設置

- » IN400 最低4つ以上の衛星が必要
- » IN2400 基準局は以下が必要:
 - 全てのスードライト
 - 4つ以上の衛星
- » 基準局は通常各スードライトより低い位置に設置される

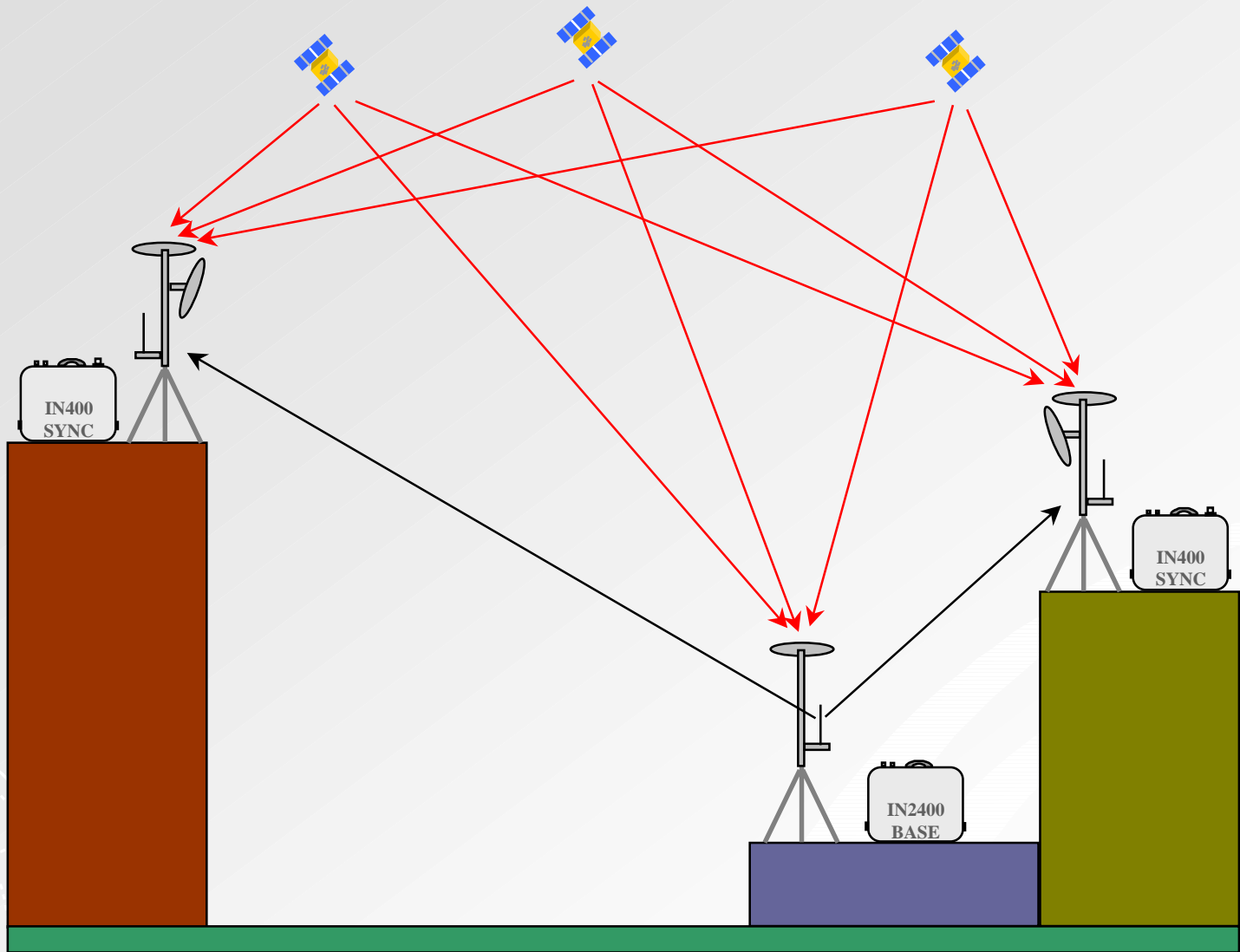


🌀 システムの設置 (2)

- » 全てのユーザにおいて以下が:
 - 最低1つの衛星信号
 - 最低4つの測位用信号
(衛星数 + PL数 \geq 4)
 - 基準局のデータリンク信号
- » 各ユーザ位置において上記条件が必須



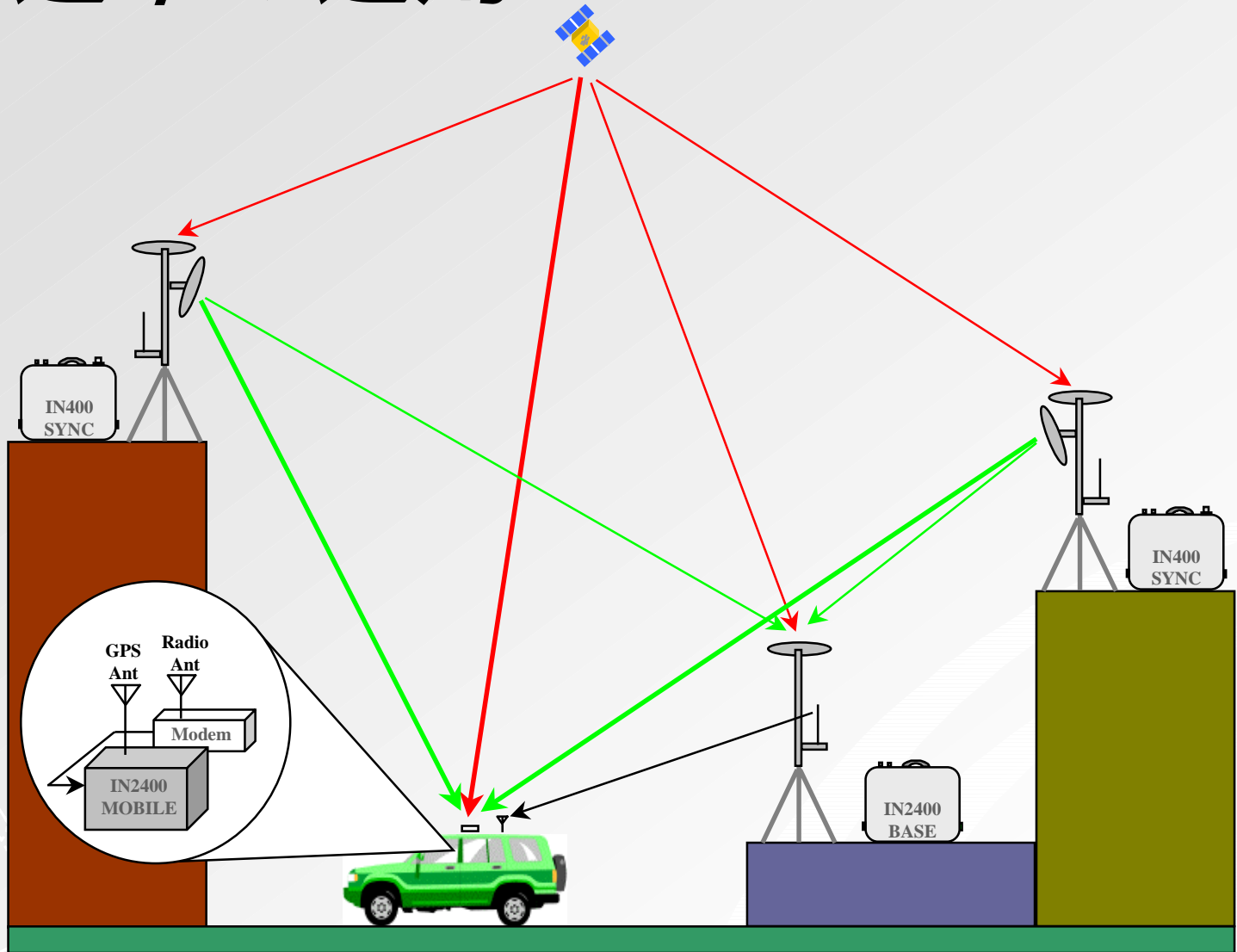
📶 セルフサーベイモード



📶 セルフサーベイモード (2)

- » 通常の測量手法、スードライト設置用機能
- » 全てのスードライトについて自動的にその位置を計算
 - 搬送波位相精度 ($< 5\text{cm}$)
 - 基準局からの相対値
- » 基準局は測量結果を保持し、そのデータをユーザに送信

通常の運用



📶 通常の運用 (2)

- » ユーザは最低1つ以上の衛星を受信
- » ユーザは基準局からスードライトの測量データを取得(アルマナック / エフェメリス)
- » ユーザは複数のスードライトを受信
 - 合計4つ以上
 - コード位相測位を行うために十分な情報 (3m 1 σ)



今後の開発課題

- » 改良型IN400シンクロライト
 - 低消費電力 (太陽電池の利用?)
 - 低価格
 - 簡便なインストール方法
- » 搬送波位相による測位 (5cm) ?
 - 都市部での利用についてはさらに研究が必要



*IntegriNautics*の歴史

- » スタンフォード大学におけるPL研究
 - 自動着陸システム (IBLS)
 - 0.9999999999 信頼性 (“9つの9”)
 - パイパー、ビーチクラフト、ボーイング にてテスト
 - FAA資金提供による研究 1992-1994
- » 他に“室内GPS”の研究
- » PhD取得者6人にて1995年インテグリ・ノーティクス社を設立



PL関連顧客

- » 米国FAA
- » 米国陸軍, 海軍 (航空)
- » ボーイング (機体)
- » F1, NASCAR (自動レーシング)
- » フェルプス・ドッジ社 (露天掘り鉱山)
- » 様々な大学と研究者
 - 米国、日本、オーストラリア、ニュージーランド
および韓国など



どうもありがとうございました。

Thank you
for your attention

