



RS41-pos, rx1, rx2, rx3 haben bekannte Position daher kann die Distanz d1, d2, d3 und daraus die Hf-Laufzeit berechnet werden die Zeiten werden vom Zeitpunkt (der Zeitpunkt ist Relativ, keine Uhrzeit) eines bestimmten Bit aus dem Frame subtrahiert damit haben alle rx die gleiche Relativzeit. Davon ausgehend wird zu einem Bit der nopos-Sonde der Zeitunterschied gemessen und mit der Position des rx zum gemeinsamen Acquisitions-Rechner geschickt der mit 4 solchen Werten eine Absolute Position im Raum berechnen kann. Mit geschätzter Höhe sollten auch 3 Messungen reichen.

Positionsbestimmung von Wettersonden die keine Position senden mittels TOA (Time Of Arrival).

Durch genaues Ausmessen und Mitteln der Symbolzeiten der FSK-Modulation ist es möglich, die Sendezeit des Funksignals auf ca. 1 Mikrosekunde genau zu bestimmen was einem Distanzrauschen von 300m entspricht.
Die Sendezeiten der Frames sind aber durch verschiedene Länge der seriellen GPS-Zeilen und Software Laufzeiten entgegen akustischer Beobachtung nicht sekundengenau sondern umgerechnet um mehrere 1000km verschieden, daher muss zur Messung immer der selbe Frame verwendet werden.

Methode 1 wäre also einfach die Zeit des Eintreffens eines bestimmten Bits des Frames zu messen. Da wir aber keine Echtzeit Systeme haben und alle Teile in der Empfangskette ungleichmäßige Durchlaufzeiten haben, braucht es eine Referenz zB. den 1s Puls eines GPS-Rx zur Empfangs-Hf dazu gemischt und dann von den Empfangssignalen extrahiert. Das erfordert einen Zubau zur vorhandenen Hardware zB. Koax T-Stück 1pF zum GPS-puls-pin, und ein Tool zum extrahieren der Pulse aus den IQ-Daten mit Ausgabe des Pegels als Kalibrierhilfe.

Methode 2 braucht keine Hardwareänderung dafür jedoch eine zeitgleich von allen Rx gehörte Sonde mit bekannter Position. Das schränkt die Anwendung massiv ein, besonders wenn man die zu ortende Sonde bis zum Boden verfolgen will.
Ersatzweise bietet sich die ortsbekannte Sonde als Modell für die zu erwartende weitere Flugbahn an.
Es leidet auch die Genauigkeit weil 2 mal Laufzeit gemessen werden muss, was nach üblicher Statistik-Regel heißt, mal Wurzel 2 also etwa 450m.
Die wirkliche Genauigkeit wird dann nochmal kleiner je nach Geometrie der Rx zur unbekannten Sonde.
Mit 3 Rx kann keine Höhe bestimmt werden, was aber nur wenig Effekt hat, wenn die Rx relativ weit weg sind.
Mit 4 oder mehr Rx (entsprechend der Sat im GPS-System) kann auch die Höhe bestimmt werden was aber Utopisch ist bei einer Messgenauigkeit von 500m und VDOP Werten >10
Die Berechnung der Zeitbasis erfolgt aus dem gemeinsam empfangenen Frame der Referenz-Sonde, deren Position ist genau bekannt sowie die des Rx damit die Distanz. Es wird die Laufzeit entsprechend der Distanz mal Lichtgeschwindigkeit subtrahiert.
Die Geometrie zur Referenzsonde spielt dabei keine Rolle.

Weitere Voraussetzung ist, dass alle beteiligten Rx die 2 Sonden mit dem selben RTL-Stift empfangen was aber hierzugegen keine große Einschränkung sein sollte, da die meistens unbekannten Sonden auf 403 oder 404MHz sind und 402.3 402.5 402.7 403.5 gut belegt sind. Die Rx sollten natürlich weit genug auseinander sein damit sich eine brauchbare Geometrie (HDOP) ergibt, wobei mehrere nahe Rx mehr Daten zum Mittelwert bilden liefern. Es werden auch mehrere Messungen gemittelt und Ausreißer entfernt bevor eine Bake erzeugt wird. Die Position der Rx (igate Bake!) MUSS stimmen und zwar gültig für die Empfangsanenne andernfalls kommt Unsinn raus!!
Also wer (ich auch) remote Rx betreibt, muss es sein lassen oder einen eigenen sondemod + Igate für die Remote Rx verwenden.
Kalibrierte RTL-Stifte ohne TCXO sind geeignet oder auch andere SDR, sofern mit sdrst demoduliert da dieser nanosekundengenau gleiche Durchlaufzeit hat.

Es sollte bei den sdrst-Frequenzlisten die selbe Rx-Bandbreite zB. default 12kHz eingestellt sein da sonst unterschiedliche Durchlaufzeit im Rx sein kann (Auswirkung nicht getestet).

"sondeudp" und "sondemod" kümmern sich selbst drum, dass nur empfangenes vom selben RTL-Stift verknüpft wird.
Die notwendigen TOA-Daten werden im APRS-Kommentar der Referenzsonde(n) automatisch zugeschaltet. Da zum Verknüpfen der Daten Frames jeder Sekunde benötigt werden, werden die TOA im 10er-Pack komprimiert übertragen und das APRS-Baken-Intervall auf 10s gestellt für die Zeit in der Referenz- und unbekannte Sonde gemeinsam empfangen werden. Es können auch mehrere unbekannte Sonden zugleich erfasst werden sofern sie in den ARPS-Frame passen.

Sinnvoll ist, wenn vor allem hochgelegene Rx TOA Daten liefern da die am ehesten die 2 Sonden lang zugleich hören.

Zur Auswertung der Daten langt 1 Station die selbst auch nichts empfangen muss, die aber alle Daten kriegen muss was evtl. mühsam werden kann von Plattformen die kein APRS-IS ausgeben. Dazu dient "toatopos.c" das aber mangels echte Daten noch eine Test Baustelle ist. Es sammelt Daten der Referenz-Sonde, der zu findenden und der Rx Positionen über 30s, sortiert sie nach Framenummern und schaut ob es gemeinsame Frames findet und rechnet dann Schnitte der Laufzeit-hyperbeln, mittelt Rauschen raus und wenns sinnvoll aussieht, sendet eine Position.

Zum Konvertieren der json-Daten auf APRS gibts das Tool "toapos.py" da kann man auch Konverter für andere Plattformen dazu bauen.