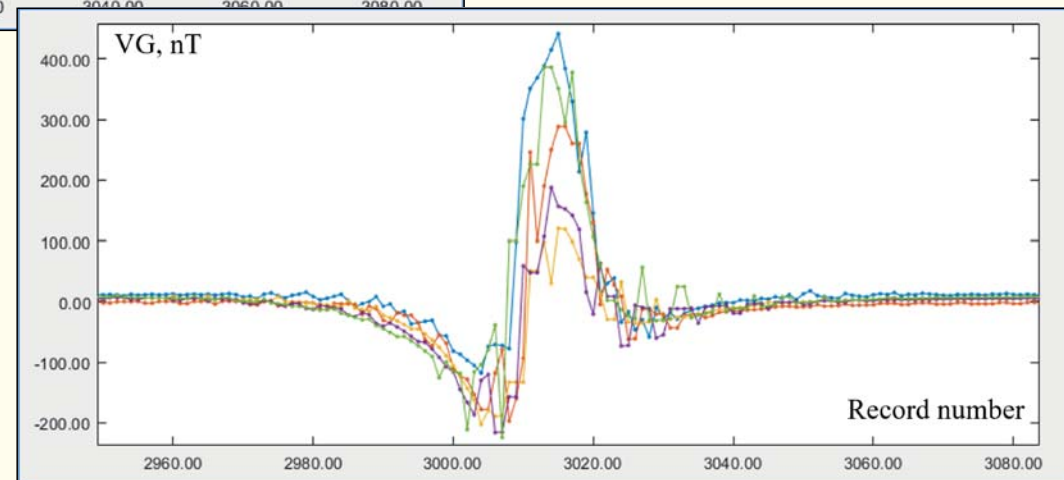
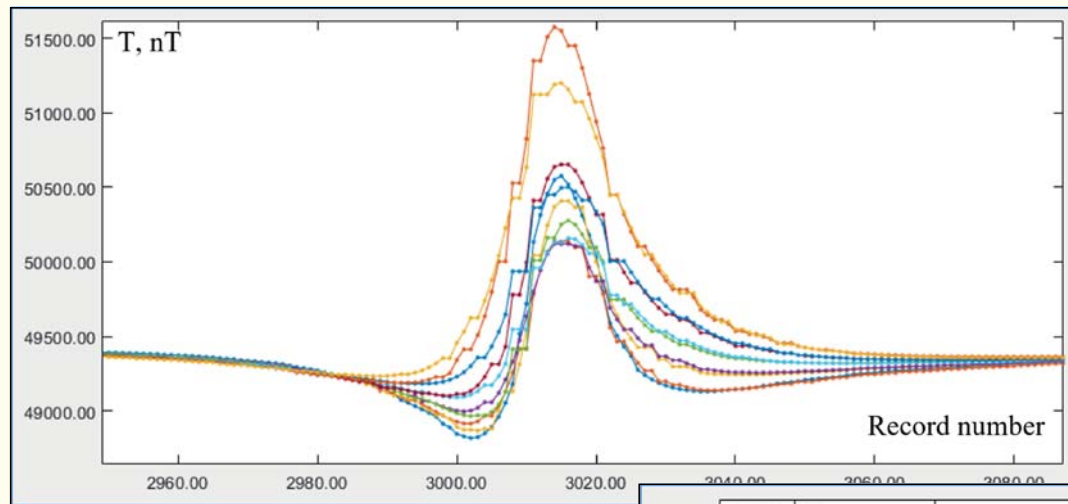
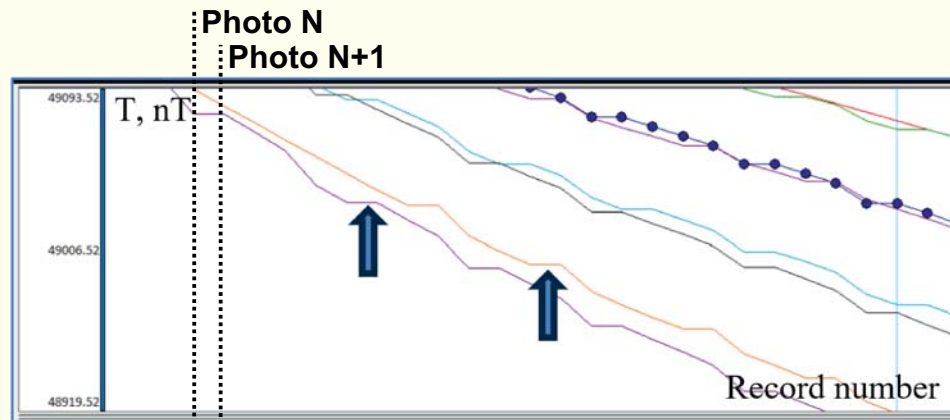
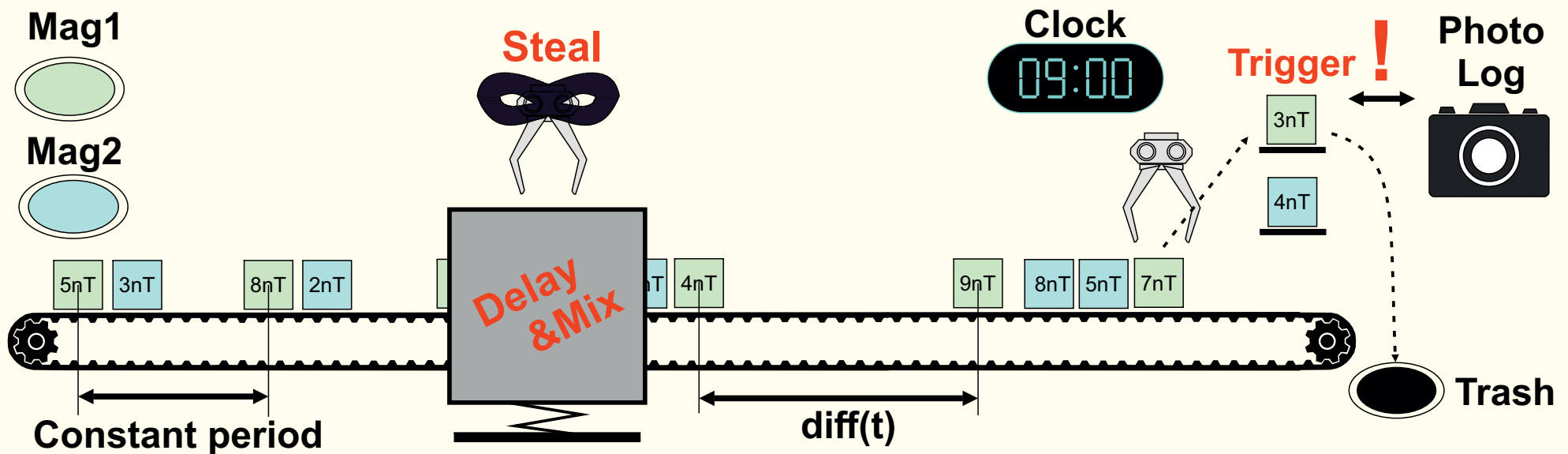


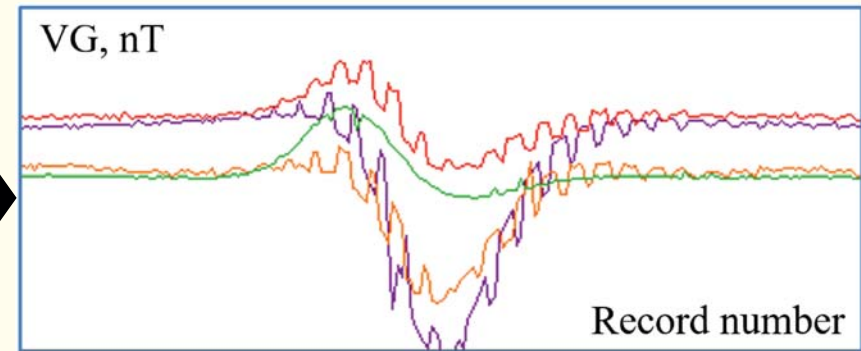
“Saw effect” the causes of the problem



Synchronisation (time labeling) by QINSy with Mag-trigger (all mags are put into one Log-file)



"Missed and time-shifted" measurements

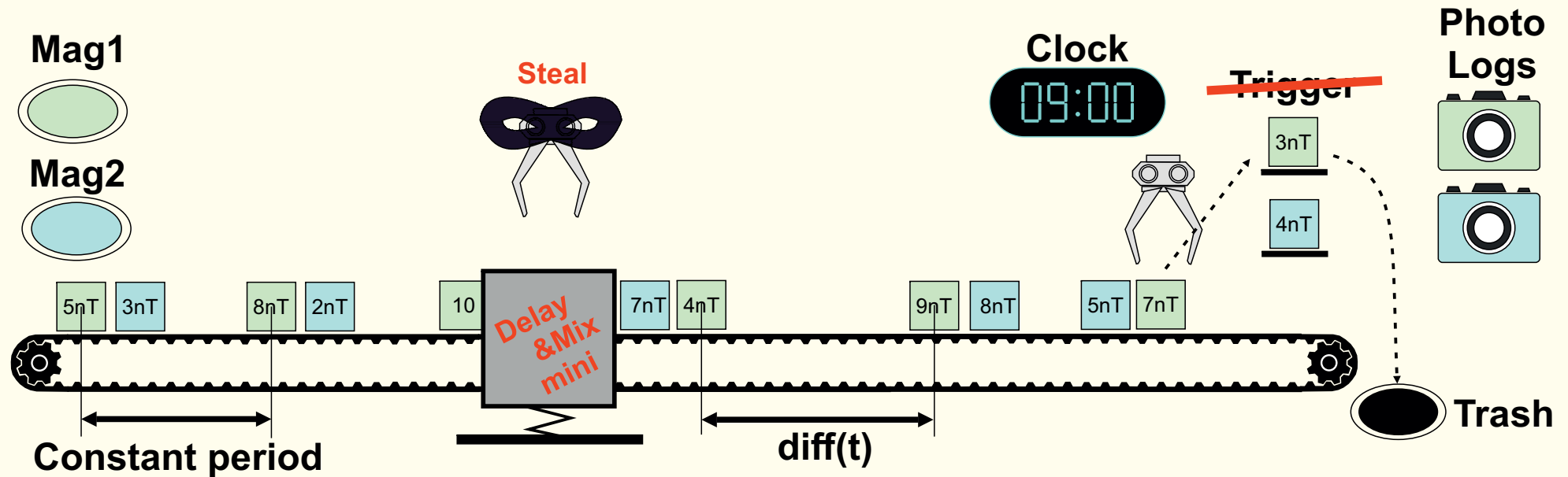


"Saw effect" for Vertical Gradient

Слайд 1

- 1) Рассмотрим систему Scanfish-QINSy с механической точки зрения, представив ее как конвейерную ленту. Сторона ScanFish показана слева, а сторона QINSy - справа. Следует отметить, что на этом слайде показано только два магнитометра, но их может быть, например, десять. На слайде показана работа системы, когда «синхронизация» измерений магнитометра выполняется QINSy, и все измерения записываются в один log-файл.
- 2) Слово «синхронизация» в названии слайда не совсем точное. Если посмотреть на конвейерную ленту, то можно сказать, что «процесс синхронизации» просто состоит из «присвоения» меток времени ящикам с помощью фотографирования ящиков и «времени прибытия» на часах справа.
- 3) «Ящики» представляют собой цифровые сообщения Mag. Вы можете видеть значение магнитного поля, написанное сбоку каждого ящика.
- 4) Период измерений магнитометра очень стабилен, поэтому расстояние между ящиками для каждого магнитометра является постоянным с правой стороны.
- 5) Цифровой канал передачи данных можно представить двумя устройствами: контейнером «Delay and Mix» и манипулятором «Steal». Первое устройство задерживает ящики на разное время (и иногда порядок ящиков может меняться в результате задержки). Второе устройство время от времени крадет случайный ящик. В результате мы получаем слегка «беспорядочные» ящики с правой стороны, при этом некоторые ящики отсутствуют.
- 6) Процесс «регистрации данных», выполняемый QINSy, можно представить двумя полками и камерой. Манипулятор помещает зеленые ящики (измерения первого магнитометра) на верхнюю полку, а синие ящики (измерения второго магнитометра) на нижнюю полку, затем делает фотографию, включая часы (метку времени). НО фотосъемка производится только тогда, когда зеленая коробка помещается на полку (измерения первого магнитометра служат триггером для камеры).
- 7) Анализируя работу камеры для последовательности ящиков, показанных на конвейере, мы можем заметить, что фотография синего ящика 5nT не будет сделана. Наоборот, синий ящик 8nT будет сфотографирован дважды (вместе с зелеными ящиками 9nT и 4nT).
- 8) Если бы мы нарисовали графики магнитного поля, используя сфотографированные значения, такие «фотографии с повторяющимися ящиками» образовали бы горизонтальные линии на графике магнитного поля (как показано синими стрелками в нижней левой части слайда).
- 9) При расчете разницы между измерениями двух магнитометров (вертикальный градиент магнитного поля) с использованием фотографий, фотографии с «повторяющимся ящиком» приведут к вычитанию измерений, которые «задержаны по времени». Такие расчеты приведут к визуальному «пилообразному эффекту» для областей с высоким градиентом магнитного поля.
- 10) Подводя итог, можно сказать, что пилообразный эффект вызван совокупным воздействием следующих факторов: (1) задержек в цифровом канале передачи данных, (2) потери измерений в цифровом канале и (3) системы регистрации, использующей один магнитометр в качестве триггера.

Synchronisation (time labeling) with separate Log-files, equipment settings improvement and “algorithmic synchronisation” procedure



Improved Log & equipment settings

see [Syncro_ScanFish_vol1.pdf](#)

1)

2)



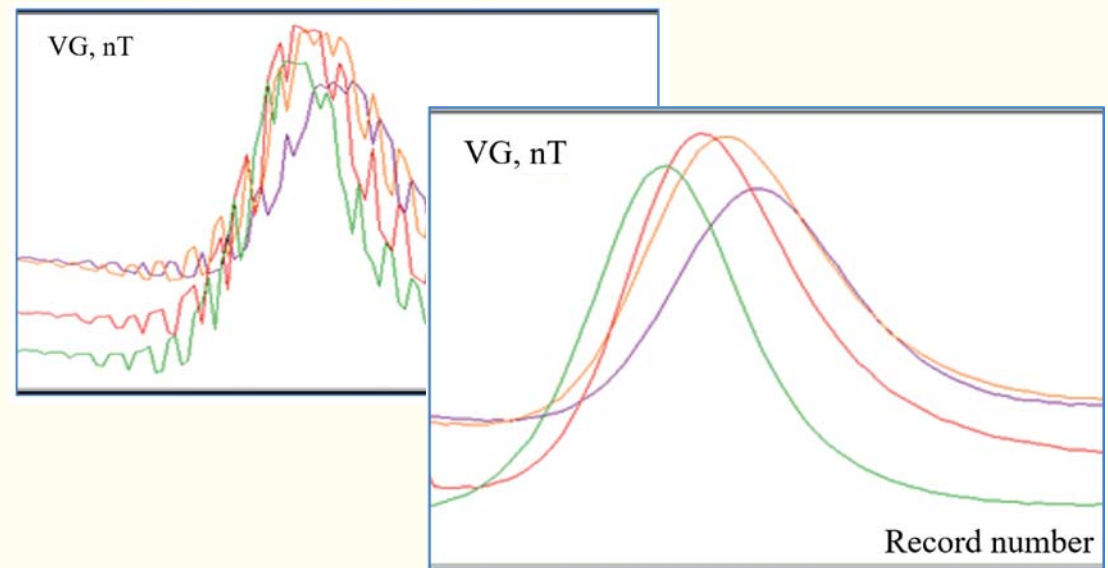
85% of solution

3) “Algorithmic synchronisation”

see [Syncro_ScanFish_vol2.pdf](#)

- detect gaps (“boxes stolen”);
- optimize dt to constant.

15% of solutions + control tool

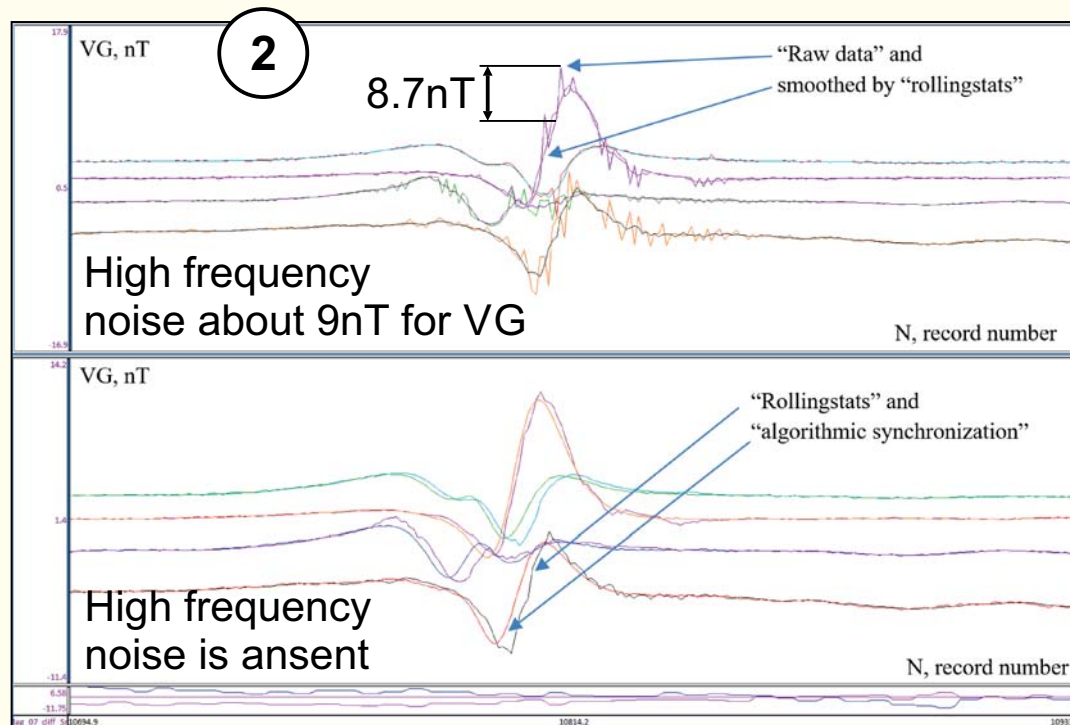
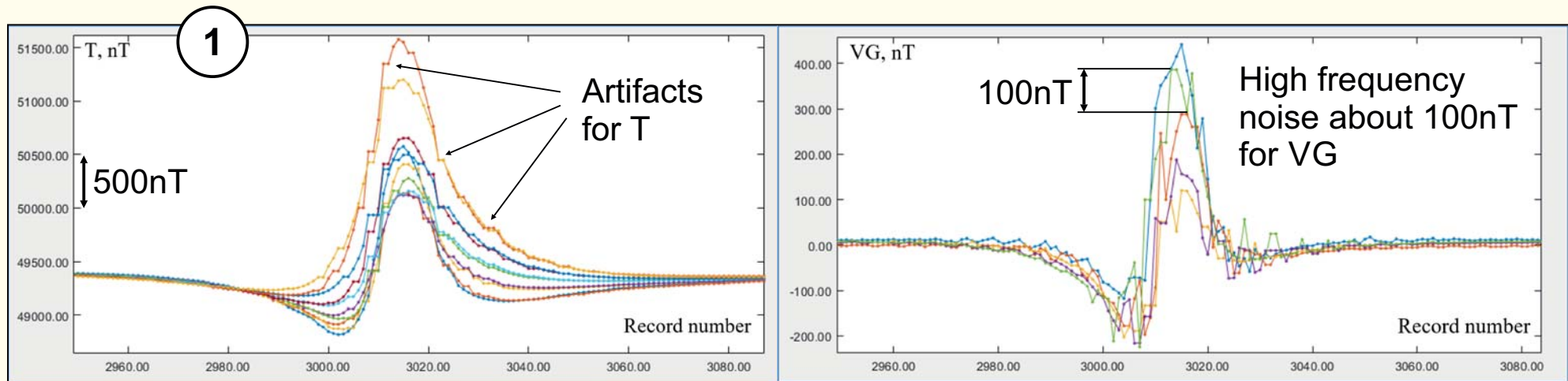


~~“Saw effect”~~ for Vertical Gradient

Слайд 2

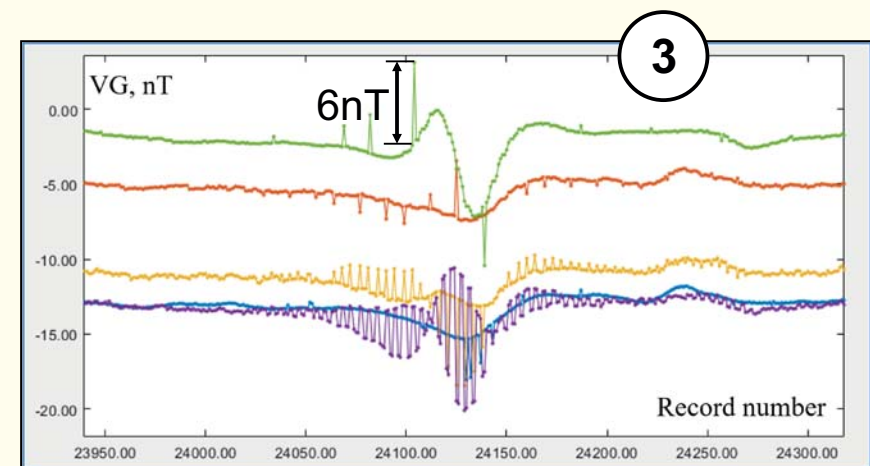
- 1) На слайде показана усовершенствованная система Scanfish-QINSy.
- 2) Существует три причины возникновения эффекта пилы, из них «влияние магнитометра-триггера» устранить проще всего. Для этого мы будем записывать цифровые сообщения (измерения) каждого магнитометра в отдельный журнал. На слайде эта процедура представлена двумя камерами: каждая камера будет фотографировать свою полку, когда на ней будет установлен новый ящик. Таким образом, мы исключим «пропуск ящиков при фотографировании» и будем фотографировать «время прибытия» каждого ящика.
- 3) Мы можем улучшить настройки цифрового канала данных, «упростив» конвейерную ленту. Эта настройка позволит минимизировать задержки в устройстве «Задержка и смешивание» и уменьшить количество пропущенных («украденных») измерений. К сожалению, полностью устранить эти эффекты мы не можем.
- 4) Описанные усовершенствования позволят решить проблему «эффекта пилы» на 85 %, но он все равно будет присутствовать в записях магнитного поля.
- 5) Мы можем уменьшить «беспорядок» ящиков на конвейере и определить положение «украденных» ящиков с помощью процедуры математической обработки, называемой «алгоритмической синхронизацией». Это позволит устранить «эффект пилы» более тщательно и откорректировать отметки времени на фотографиях так, что они будут почти совпадать со временем «установки ящиков на конвейер».
- 6) Подведем итоги:
 - 6.1) Эффект пилы является следствием (частным случаем) отсутствия временных меток в магнитометрических измерениях. Измерения передаются по цифровому каналу, что приводит к задержкам и потерям измерений. QINSy добавляет временные метки к измерениям со временем «прибытия измерений» (не со «временем выполнения измерений»). Если временные метки организованы с помощью магнитометрического триггера, это вносит дополнительные ошибки.
 - 6.2) Если приблизить значения «времени прибытия измерений» к «времени выполнения измерений», то это позволит уменьшить ошибки в данных съемки (эффект пилы является следствием таких ошибок). Для этого выполняются следующие действия: (1) отказ от использования «магнитометра-триггера»; (2) оптимизация настроек каналов данных; (3) дополнительная математическая обработка («алгоритмическая синхронизация»).

Why should timestamps correction be done?



"Rollingstats" and "algorithmic synchronization"

For a quality-surveyed magnetic field, the "gradient" should be smooth. If there are artifacts on the gradient, there are errors in the original field.

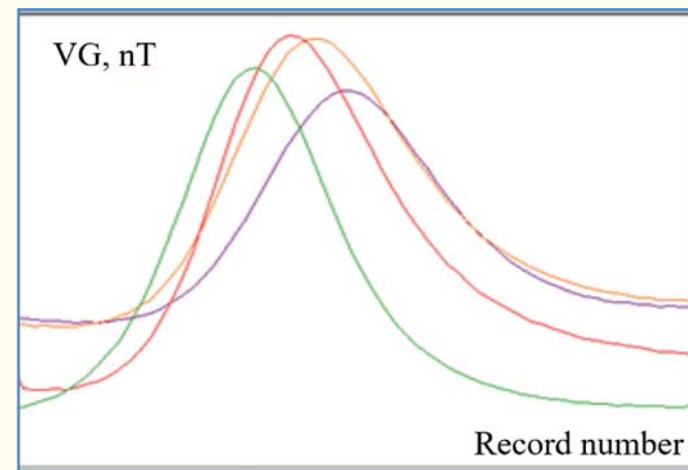
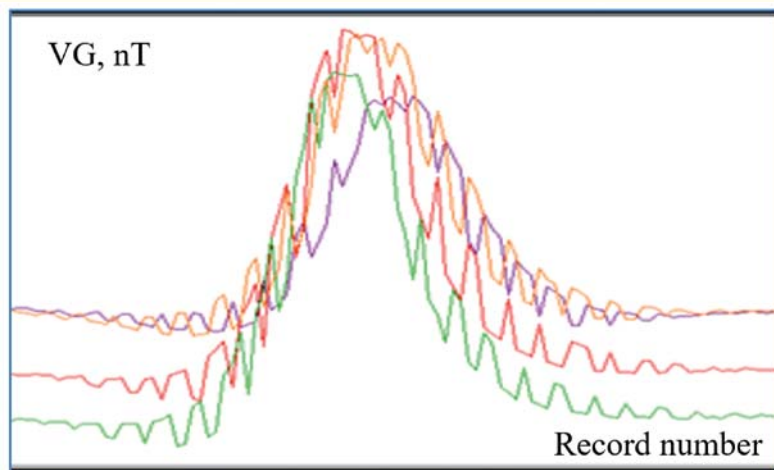


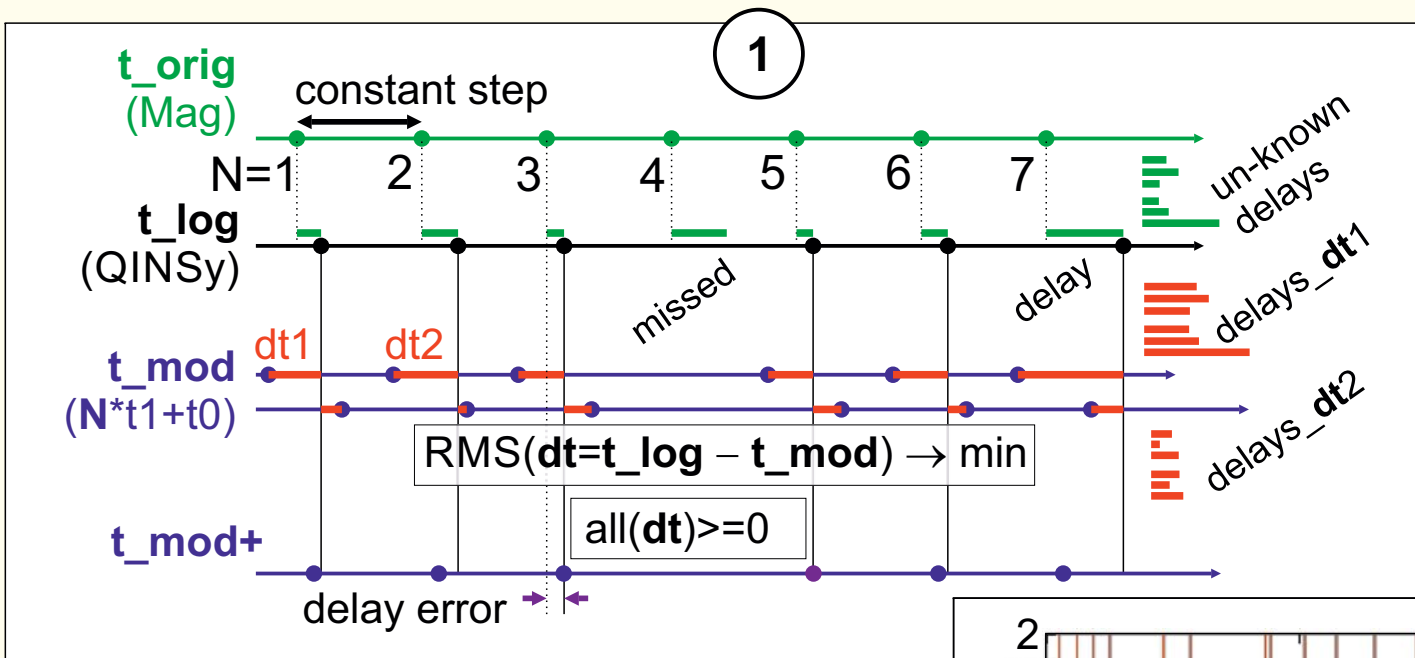
VG inapplicable for "smoothing"

Slide 3

- 1) Почему необходимо выполнять коррекцию отметок времени, точнее, «аккуратное» приведение измерений всех сенсоров к единому ряду отметок времени. Особенно ярким примером того, что делать это необходимо, являются данные, полученные с использованием магнитометра-триггера – на графиках магнитного поля (см. 1) появляются видимые глазу артефакты, которые связаны с «пропуском измерения» или «повторным фотографированием измерения», как это схематически показано на Слайде 1.
- 2) На графике магнитного поля эти артефакты слабо различимы для взгляда неспециалиста. Однако, после вычитания значений, измеренных двумя магнитометрами и получении графиков вертикальных градиентов эти артефакты становятся четко видимыми и создают «эффект пилы» (меандр или высокочастотный шум). Причем, чем больше амплитуда аномалии и чем более высокоградиентной является эта аномалия, тем больше амплитуда артефактов. Например, на (1) амплитуда составляет порядка 100 нТл, на (2) – 9 нТл, на (3) – 6 нТл.
- 3) Для качественно измеренного магнитного поля, градиент магнитного поля, согласно своей физической природе, должен представлять собой гладкую функцию. Следовательно, «высокочастотный шум» на градиенте прямо указывает на погрешность в измерениях магнитного поля. Если рассматривать артефакты с амплитудой 100 нТл как результат вычитания измерений двух одинаковых и независимых датчиков, то необходимо предположить, что на измерениях каждого датчика присутствует шум порядка $100/2$ нТл. Такой уровень шума находится далеко за пределами SoW и, при строгом подходе, данные не должны быть приняты заказчиком.
- 4) Если к измерениям магнитного поля применяется тот или иной вид фильтрации, убирающей «высокочастотный шум» (как это показано на 2), то это является «маскировкой-сглаживанием высокочастотных помех». Визуально амплитуда высокочастотного шума уменьшается, однако он продолжает искажать форму графиков измеренного магнитного поля. На (3) показана ситуация, когда сглаживание не позволяет однозначно получить результат, приближенный к «не зашумленному полю» (фиолетовый график). Также, сглаживание при обработке не отменяет того, факта, что в измеренном магнитном поле присутствует высокочастотная помеха порядка 50 нТл (следовательно, данные не соответствуют требованиям SoW).
- 5) Знание о задержках в канале передачи данных позволяет показать, что «эффект пилы» («высокочастотный шум» 100 нТл) не является следствием погрешности измерений датчиков, а его появление связано с «погрешностью синхронизации». Организация записи измерений без использования «магнитометра-триггера», а также оптимизация настроек канала передачи данных, позволяют значительно уменьшить видимую часть «эффекта пилы» (до одиночных «выбросов»), однако визуально не выраженная часть этой погрешности по-прежнему будет влиять (через сдвиг отметок времени) на записи магнитного поля.
- 6) Использование процедур обработки, названных «алгоритмической синхронизацией», позволяет еще больше уменьшить влияние задержек в цифровом канале передачи данных, оставив только небольшую постоянную составляющую – «погрешность минимального времени доставки цифрового сообщения».

Algorithmic synchronisation: math and script commands





Math

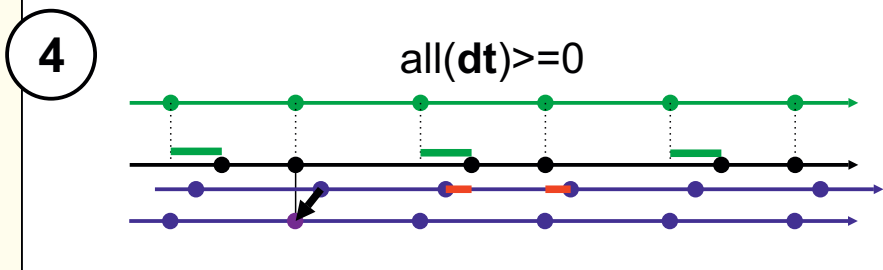
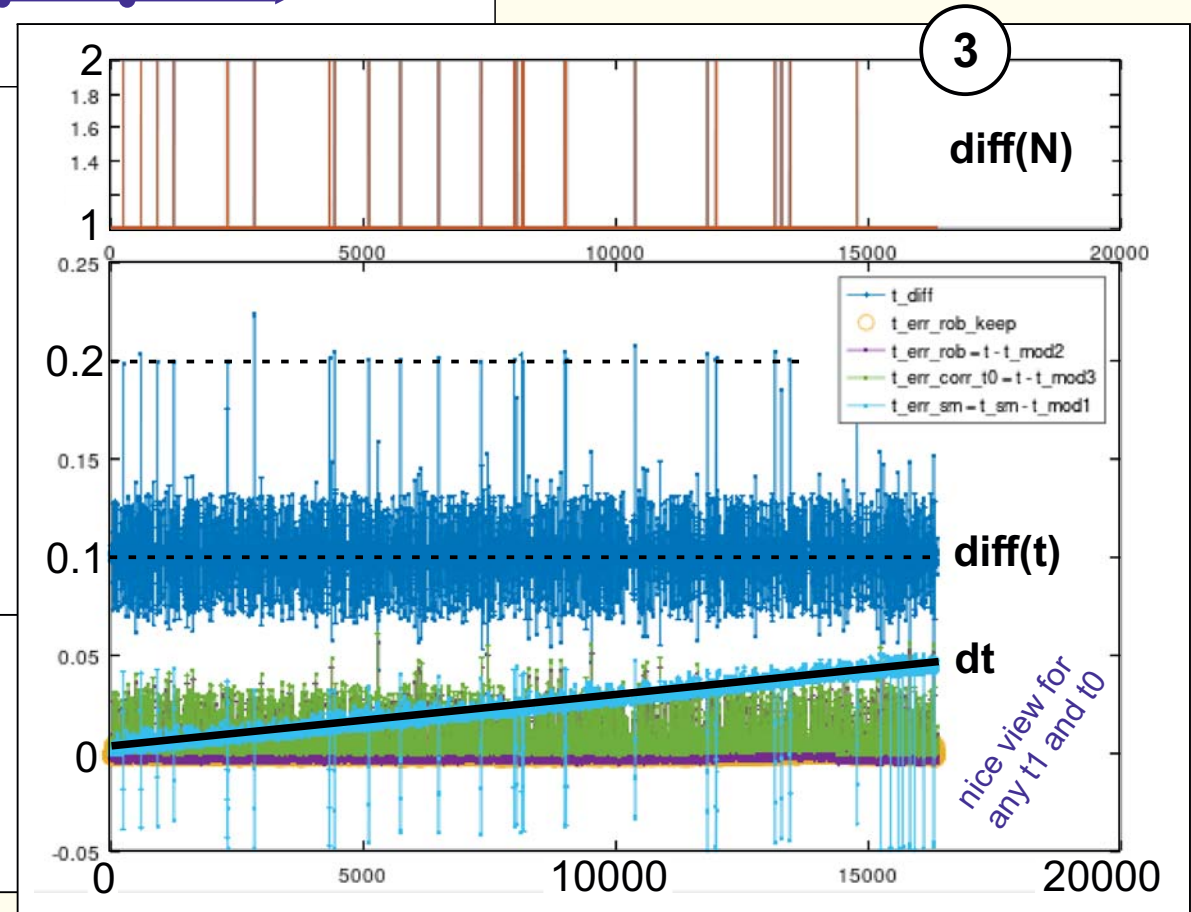
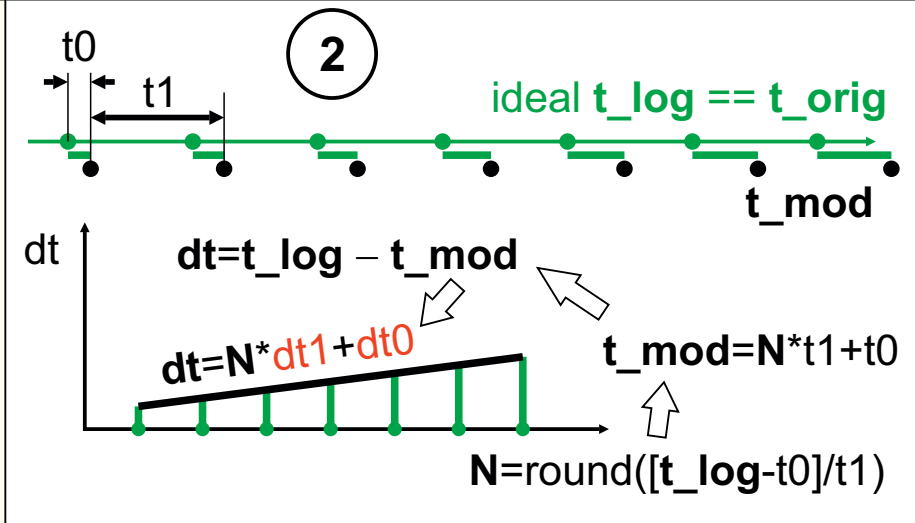
$$N = \text{round}([t_{\text{log}} - t_0] / t_1)$$

$$t_{\text{mod}} = N \cdot t_1 + t_0$$

$$dt = t_{\text{log}} - t_{\text{mod}}$$

$$\text{RMS}(dt) \rightarrow \min$$

$$\text{all}(dt) \geq 0$$



Slide 4

- 1) На (1) показано время отправки сообщений магнитометром (t_{orig} , зеленый цвет) и время получения их QINSy (t_{log} , черный цвет). Зелеными отрезками показана неизвестная величина «задержек в канале передаче данных»; при этом одно измерение «потеряно». Коррекция отметок времени сводится к задаче поиска «оптимального ансамбля задержек», с одновременным подбором точного значения шага между измерениями магнитометра. Этот процесс можно схематично представить как построение модельного ряда времени измерений t_{mod} с равномерным шагом и последующего его сдвига, для поиска оптимального (в смысле RMS) ансамбля отклонений между отметками времени получения измерений QINSy и отметками времени модельного ряда (от $delay_dt1$ до $delay_dt2$). При этом еще должен осуществляться перебор разных периодов измерений, на основе которых строится модельный ряд измерений.
- 2) При реальных вычислениях никакого «перебора периодов» или «сдвига» не осуществляется. На (2) показано «идеальное» время приема сообщений QINSy (t_{log}), совпадающее со временем отправки сообщений магнитометром (t_{orig} ; зеленый цвет) и модельный ряд (t_{mod}) с несколько большим периодом ($t1$), чем период измерений магнитометра. Пусть максимальное отклонение (dt) не превышает половину модельного периода измерений, тогда поделив время регистрации (t_{log}) на $t1$ и округлив полученное значение мы рассчитаем «порядковый номер периода измерений» (N). Если построить график, на котором будут вынесены отклонения dt и N , то получится наклонная линия. Аппроксимировав ее линейным полиномом, мы сможем «уточнить» значение периода $t1$; при этом, выполняя аппроксимацию при помощи RMS, мы также вычислим «оптимальный ансамбль отклонений» (в смысле RMS).
- 3) Для более точного расчета N и определения «потерянных измерений», желательно уменьшить влияние «случайных отклонений», которые присутствуют в t_{log} . Поэтому, оценка периода $t1$ выполняется по «сглаженным значениям t_{log} » (также при этом удаляются отклонения на асимптотах выборки отклонений). После этого в вычислениях используются не сглаженные данные; при этом значения N дополнительно корректируются согласно правилу – если имеет место «большое отрицательное отклонение», то вероятно значение N , за счет большой задержки при передаче данных, было вычислено на единицу большим чем должно быть (за счет невыполнения условия « dt не превышает половину модельного периода измерений»).
- 4) Дополнительное условия записано на слайде 4 как $all(dt) \geq 0$. При вычислениях RMS получаются как положительные невязки, так и отрицательные. Однако, задержка измерения в цифровом канале всегда положительна (иначе говоря – «сообщение с данными не может быть получено QINSy до того, как оно отправлено магнитометром»). Для выполнения этого условия мы «сдвигаем ряд t_{mod} » вдоль оси времени так, чтобы все задержки были положительными; смотри $t_{mod} +$ на (1), а также нижнюю линию на (4). Физически, среднее арифметическое при расчете RMS, можно рассматривать как неизвестное «среднее время задержки», относительно которого невязки могут быть как положительными, так и отрицательными; поскольку это время нам неизвестно, мы изменяем сдвиг ($t0$) так, чтобы невязки были больше 0. После сдвига остается «не скомпенсированным» время, равное минимальному времени прохода сообщения от магнитометра к QINSy за всё время измерений; оно обозначено как “delay error” на (1).
- 5) В результате вычислений, выполняемых для отметок времени одного магнитометра, мы получаем: точный период измерений магнитометра $t1$, сдвиг $t0$, порядковые номера измерений N (с учетом пропущенных измерений). Это позволяет рассчитать ряд t_{mod} , который является наилучшим приближением к исходному времени отправки сообщений магнитометром t_{orig} .

Script commands

1

SUSet

Define initial settings

2

Load01

Load Mags logs

3

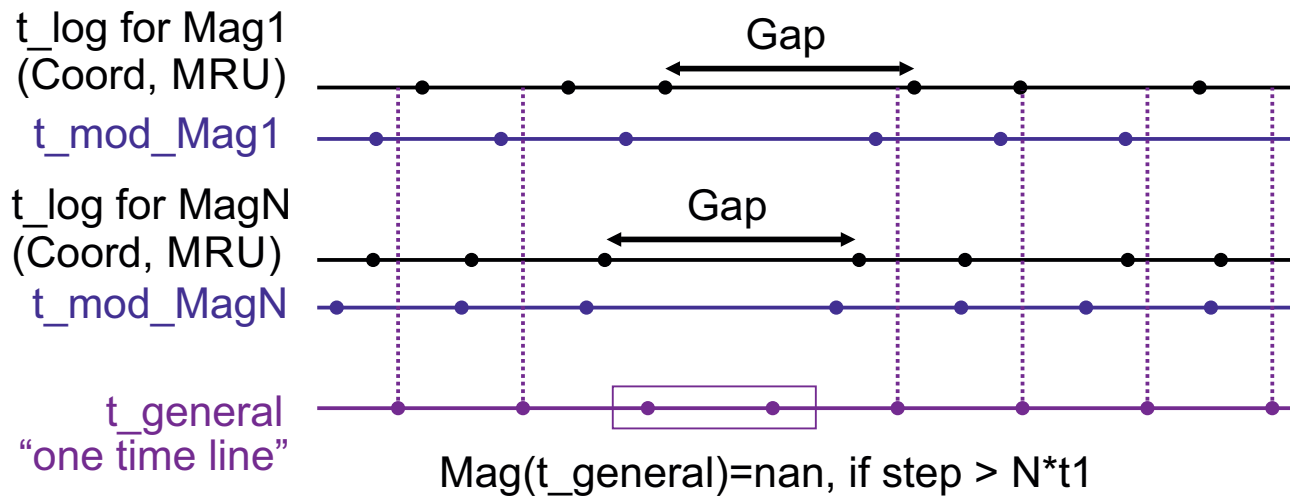
FixTime

Recover time
for each Mag

4

Interp

Interpolation to one time line



5

Save01

Save data calculated
relatively t_general

Slide 5

Скрипт включает 5 основных команд.

- 1) Чтение настроек для магнитной съемки, которые задаются непосредственно в коде скрипта (что бы не вводить их каждый раз вручную).
- 2) Чтение данных из файлов всех магнитометров.
- 3) Коррекция (восстановление) отметок времени для последовательности сообщений каждого магнитометра (для каждого магнитометра создается собственный ряд отметок времени); методика вычислений была объяснена на предыдущем слайде.
- 4) Интерполяция измерений к общей последовательности отметок времени. При этом при интерполяции данных магнитометров используются их собственные ряды отметок времени; при интерполяции координат магнитометров используются отметки времени, записанные QINSy в log-файлы магнитометров (потому, что именно для этих отметок времени и были вычислены координаты).
- 5) Сохранение результатов «приведения измерений всех сенсоров к единому ряду отметок времени» в файл.