

Научное тематическое исследование

Приём вне зоны вещания (Out-of-Footprint) несущей марокканского вещателя SNRT из луча MENA спутника Es'hail 1 at 25,5°E на частоте 11 180 МГц, верт. поляризация, в Центральной Европе (г. Лученец, Словацкая Республика), с технологическим анализом стандарта Multistream DVB-S2/8PSK и кода PLS Gold 253312

Автор исследования: Роман Dávid — www.dxsatcs.com

Сессия мониторинга: июль 2026 г. · Исследование подготовлено: август 2026 г.

Аннотация

Настоящее исследование документирует и научно анализирует достижение стабильного приёма вне зоны вещания (Out-of-Footprint, OOF) несущей частоты марокканского вещателя SNRT на $f = 11\,180$ МГц, вертикальная поляризация, распространяемой через луч MENA (Middle East and North Africa) спутника Es'hail 1 at 25,5°E, с приёмного пункта в городе Лученец, южная часть Центральной Словакии. Измерение проводилось в течение единичного интервала $t \geq 72$ часов, который согласно методологии автора Романа Dávid («Визуализированное доказательство», 2020 г.) является минимально допустимой единицей для научно значимого наблюдения OOF, с общим числом зарегистрированных сигнальных выборок 259 200. Результаты демонстрируют непрерывный Lock и Quality на уровне 100 % на протяжении всего периода измерения, без единого случая пикселизации изображения, с пиковым значением MER = 13,4 дБ и отношением сигнал/шум в диапазоне SNR = 12,4–12,6 дБ, несмотря на частичное затенение траектории спутника яблоней, растущей в непосредственной близости от приёмного пункта. Особое внимание уделено технологическому стандарту Multistream в рамках DVB-S2/8PSK с использованием идентификационного кода PLS Gold 253312, в контексте миграции сигнального распределения SNRT со спутника Eutelsat 21B at 21,5°E (Western Ku) на новую позицию Es'hail 1 at 25,5°E.

1. Введение и цель исследования

Предметом настоящего исследования является научная документация и интерпретация результатов долгосрочного сигнального мониторинга, проведённого автором Романом Dávid в рамках его независимого исследовательского центра dxsatcs.com. Цель — продемонстрировать и проанализировать физические условия, при которых в зоне вне первичного покрытия (Out-of-Footprint, OOF) луча MENA спутника Es'hail 1 at 25,5°E возможно достичь долгосрочно стабильного, научно проверяемого приёма с параметрами, сопоставимыми со стандартным приёмом внутри заявленной зоны покрытия или приближающимися к нему.

Зона Лученец (Центральная Словакия) географически находится вне первичной зоны покрытия луча MENA, направленного на Ближний Восток и Северную Африку. Демонстрация стабильного приёма в этом пункте представляет собой, с точки зрения классической теории диаграмм покрытия, исключительное явление, требующее точно определённой методики измерения, чтобы результаты могли считаться научно неоспоримыми.

Данное исследование также продолжает предыдущие тематические исследования автора (Express AM7 at 40°E, лучи Rascom QAF-1R South и North), подготовленные по той же методологии «Визуализированное доказательство», и расширяет серию документации OOF новым технологическим аспектом — анализом передачи Multistream в рамках стандарта DVB-S2.

2. Географические и геометрические параметры приёмного пункта

Приёмный пункт расположен в городе Лученец, Словацкая Республика, с координатами $\varphi = 48,3331^\circ$ северной широты, $\lambda = 19,6664^\circ$ восточной долготы (значения проверены с помощью независимого инструмента DishPointer.com перед включением в настоящее исследование, в соответствии со стандартной процедурой автора по валидации геометрических данных).

Для спутниковой позиции 25,5°E ES'HAIL 1 для данного приёмного пункта были рассчитаны следующие значения наведения антенны: азимут (истинный/географический) = $172,2^\circ$, азимут (магнитный) = $166,2^\circ$, угол места (элевация) = $34,2^\circ$ и угол поворота конвертера (LNB Skew) = $-5,2^\circ$. Эти значения представляют собой ключевой входной параметр для правильного наведения рефлектора и должны независимо проверяться перед каждой сигнальной сессией, поскольку даже минимальное отклонение от расчётного азимута или элевации может оказать критическое влияние на итоговое отношение несущая/шум в зоне OOF, где принимаемый сигнал, как правило, значительно ослаблен.

Угол места $34,2^\circ$ для спутника на геостационарной орбите 25,5°E, наблюдаемого из Центральной Словакии ($\varphi \approx 48,3^\circ$ с.ш.), с точки зрения наклона орбитальной геометрии достаточно благоприятен, чтобы рефлектор диаметром $D = 450$ см мог сконцентрировать даже энергетически слабый боковой лепесток луча MENA в усиление, достаточное для стабильного Lock приёмника, что является ключевой предпосылкой, доказанной далее в этом исследовании.

3. Физическая основа приёма вне зоны вещания из луча MENA

Диаграмма направленности (footprint) спутниковой антенны представляет собой не резко ограниченную геометрическую границу, а непрерывно убывающую функцию эквивалентной изотропно излучаемой мощности (EIRP) от центра луча к его краям. Границы, наносимые на публикуемых картах покрытия, обычно представляют собой изо-EIRP контуры (например, -3 дБ, -6 дБ от максимума), а не физический ноль сигнала. Именно за пределами этого заявленного контура, где EIRP снижается ещё на несколько десятков децибел, находится зона приёма OOF, успешное использование которой зависит от произведения трёх факторов: остаточного EIRP в направлении данного географического пункта, усиления приёмной антенны (в данном случае определяемого площадью апертуры рефлектора $D = 450$ см) и коэффициента шума приёмного тракта (конвертер LNB + тюнер TBS 5927).

В случае Лученца как пункта OOF боковой лепесток луча MENA в направлении Центральной Европы ослаблен, но не настолько, чтобы препятствовать демодуляции. Измеренное значение SNR в диапазоне 12,4–12,6 дБ и MER = 13,4 дБ подтверждают, что даже при таком затухании принимаемая мощность остаётся выше порога,

необходимого для схемы модуляции 8PSK с FEC 3/4, теоретический порог QEF (Quasi-Error-Free) которой на практике составляет порядка 6–7 дБ Es/N0. Измеренный запас около 5–7 дБ сверх этого теоретического порога представляет собой реальный энергетический запас линии связи (link margin), объясняющий наблюдаемую стопроцентную стабильность Lock на протяжении всей 72-часовой единицы без единого срыва.

Особым элементом настоящего исследования является тот факт, что траектория сигнала между спутником и рефлектором в месте приёма частично затенялась кроной яблони, растущей в непосредственной близости. С точки зрения распространения электромагнитной волны на частоте 11,18 ГГц (длина волны $\lambda \approx 2,68$ см) растительное препятствие представляет собой механизм затухания, сочетающий поглощение водой, содержащейся в листьях и стеблях, с дифракционным рассеянием на краях листьев и ветвей. Тот факт, что, несмотря на это дополнительное препятствие, ни разу не произошло срыва Lock и ни одной пикселизации на протяжении 259 200 измеренных точек, указывает на то, что реальный энергетический запас принимаемого сигнала в моменты без прямого затенения листвой, вероятно, был выше, чем предполагает среднее измеренное значение, и что затенение вызывало лишь частичное, а не полное прерывание прямой видимости (line-of-sight) на спутник.

4. Миграция сигнального распределения SNRT со спутника Eutelsat 21B на Es'hail 1

Марокканский вещатель SNRT (Société Nationale de Radiodiffusion et de Télévision) в рамках своей стратегии распределения прекратил трансляцию данной несущей через западный диапазон Ku спутника Eutelsat 21B at 21,5°E и перенёс распределение на новую позицию Es'hail 1 at 25,5°E. С точки зрения исследований OOF в Центральной Европе данное изменение орбитальной позиции примерно на 4° к востоку представляет собой качественно иную геометрическую ситуацию — изменяются не только азимут и элевация, необходимые для наведения рефлектора, но прежде всего меняется и положение приёмного пункта относительно луча MENA, поскольку речь идёт о другом спутнике с собственной конфигурацией антенной системы и собственной формой луча.

По этой причине параметры и азимутально-элевационные данные, действительные для предыдущей позиции Eutelsat 21B, не могут быть механически перенесены на новую позицию Es'hail 1 — каждое изменение орбитальной позиции спутника требует полного пересчёта и независимой проверки данных наведения, что в данном исследовании последовательно соблюдалось посредством валидации через DishPointer.com.

Смена несущей платформы также предоставляет уникальную возможность сравнить поведение одного и того же вещателя и одного и того же типа передачи (Multistream, PLS Gold) на двух различных спутниковых позициях и двух различных конфигурациях луча MENA, что делает данное исследование частью более широкой исследовательской программы автора, посвящённой сравнительному анализу приёма OOF на нескольких спутниковых платформах.

5. Технологический анализ стандарта Multistream (DVB-S2) и кода PLS Gold 253312

Стандарт DVB-S2 (ETSI EN 302 307) определяет опциональное расширение Multi-Stream (MIS — Multiple Input Stream), которое позволяет в рамках одной физической несущей транспондера мультиплексировать несколько независимых транспортных потоков (например, различных вещателей или региональных вариантов программ) в общий кадр физического уровня (PLFRAME). Отдельные потоки различаются между собой с помощью поля ISI (Input Stream Identifier), передаваемого в заголовке BBFRAME, что позволяет приёмнику выборочно демультиплексировать только требуемый поток без необходимости демодуляции и декодирования всего агрегированного потока данных.

Ключевым элементом физического уровня для синхронизации и идентификации является поле PLS (Physical Layer Signalling), модулируемое так называемыми последовательностями Голда (Gold sequences) — псевдослучайными двоичными последовательностями с заданными свойствами автокорреляции и взаимной корреляции, позволяющими приёмнику достигать быстрой и надёжной синхронизации на начало физического кадра даже при низком отношении сигнал/шум, характерном для приёма OOF. В анализируемой сессии был идентифицирован конкретный код PLS Gold с корневым индексом (root) 253312, однозначно идентифицирующий данную сигнальную конфигурацию и позволяющий приёмнику TBS 5927 совместно с платформой EBS Pro детерминированно находить и захватывать правильный поток данных в рамках агрегированной несущей Multistream (в измеренной сессии был выбран конкретный входной поток, обозначенный как MIS = 16).

С точки зрения исследований OOF использование кодов Голда в поле PLS имеет практическое значение и за пределами обычного эксплуатационного контекста: благодаря их устойчивым корреляционным свойствам синхронизация по полю PLS возможна даже при значениях E_s/N_0 , более низких, чем требуется для собственно демодуляции полезных данных при выбранном MODCOD, что означает, что приёмник способен надёжно определить наличие несущей и её конфигурацию Multistream ещё до того, как он был бы в состоянии начать безошибочное декодирование самого содержимого — это свойство частично объясняет исключительную стабильность Lock, наблюдаемую в данном исследовании, в том числе в моменты временного затенения траектории сигнала.

Измеренные параметры транспондера — символьная скорость 27 497,381 kS/s, модуляция 8PSK, FEC 3/4 — в сочетании с Multistream и PLS Gold 253312 подтверждают, что речь идёт о современной, эффективной конфигурации передачи, оптимизированной для максимального использования доступной полосы транспондера (измеренная ширина несущей 32,996 МГц) при сохранении достаточной помехоустойчивости для надёжного приёма даже в периферийных областях диаграммы направленности.

6. Методология сигнального мониторинга — «Визуализированное доказательство»

Измерение проводилось в соответствии с методологией «Визуализированное доказательство» (Visualized Proof), опубликованной автором Романом Dávid в 2020 году, которая определяет единичную продолжительность непрерывного мониторинга $t \geq 72$ часа как минимальную временную единицу, необходимую для того, чтобы результаты приёма OOF могли считаться статистически и научно значимыми, а не

случайным или кратковременным явлением, обусловленным благоприятными атмосферными условиями.

Сигнальная цепь состояла из рефлектора Prodelin диаметром $D = 450$ см в конфигурации прямого фокуса, USB-тюнера TBS 5927 с поддержкой DVB-S2/S2X и программной платформы EBS Pro — единственного используемого автором программного обеспечения для непрерывной регистрации параметров Level, Quality, SNR и BER через регулярные интервалы времени.

За период наблюдения было зарегистрировано в общей сложности 259 200 отдельных сигнальных выборок, что при единичной продолжительности 72 часа соответствует периоду дискретизации в 1 секунду ($72 \times 3600 = 259\,200$). Такая плотность выборки обеспечивает то, что даже кратковременные переходные явления порядка нескольких секунд (например, временное затенение листвой под воздействием ветра) были бы зафиксированы в записи, что усиливает научную весомость вывода о полном отсутствии срывов Lock на протяжении всей единицы измерения.

7. Результаты измерения и их анализ

Кривая Quality (синяя) оставалась постоянной на уровне 100 % на протяжении всей 72-часовой единицы измерения, без единого спада, что является как графическим, так и числовым доказательством непрерывного Lock. Одновременно значения preBER и BER на протяжении всего времени оставались ниже порога $1,0 \times 10^{-7}$, что соответствует критерию практически безошибочного приёма (Quasi-Error-Free) на уровне транспортного потока, то есть без видимой пикселизации или пропадания изображения на выходе декодера.

Кривая SNR (пурпурная) на протяжении измерения находилась в узком диапазоне с пиковым (наилучшим) измеренным значением от 12,4 дБ до 12,6 дБ, при этом наивысшее отдельное значение было зафиксировано в журнале как «Best signal: 12,4 дБ», достигнутое в ранние утренние часы сессии мониторинга. Значение MER (Modulation Error Ratio) достигло в ходе сессии пикового уровня 13,4 дБ, что представляет собой независимое подтверждение качества демодулированного созвездия 8PSK и согласуется с измеренным значением SNR, а также с наблюдаемой стопроцентной стабильностью.

Кривая Level (зелёная, уровень сигнала) демонстрировала в ходе сессии умеренную изменчивость в диапазоне примерно 55–65 % с кратковременными спадами, что является типичным проявлением атмосферных и локальных факторов (например, влажность воздуха, частичное затенение листвой) на принимаемый уровень несущей; однако данные колебания уровня сигнала ни в один момент не отразились на снижении Quality ниже 100 %, ни на увеличении частоты ошибок выше порога — что подтверждает вывод, изложенный в разделе 3, о достаточном энергетическом запасе линии связи принимаемого сигнала.

Измеренные параметры производительности передачи (битовая скорость 25,269 Мбит/с, входной поток данных ~23,73 Мбит/с, ширина несущей 32,996 МГц, уровень RF –43 дБм) подтверждают, что речь идёт о полноценном, стабильно демультимплексированном и декодированном потоке данных Multistream, а не о граничном или прерывистом приёме на пределе обнаруживаемости несущей.

Аксиоматические выводы

1. Приём вне зоны вещания из бокового лепестка луча MENA спутника Es'hail 1 at 25,5°E научно доказуемо достижим в пункте Лученец, Центральная Словакия, при использовании рефлектора $D = 450$ см, на уровне стопроцентной стабильности Lock в течение единицы $t \geq 72$ часа.
2. Измеренные значения $SNR = 12,4\text{--}12,6$ дБ и $MER = 13,4$ дБ представляют собой достаточный энергетический запас линии связи выше теоретического порога QEF модуляции 8PSK с FEC 3/4, благодаря чему кратковременные явления затухания (частичное затенение растительностью) не приводят к прерыванию приёма.
3. Миграция сигнального распределения со спутника Eutelsat 21B at 21,5°E на Es'hail 1 at 25,5°E представляет собой качественно новую геометрическую и техническую ситуацию, требующую независимого пересчёта и проверки всех параметров наведения (азимут/элевация/скью).
4. Устойчивость последовательностей Голда, используемых в поле PLS (код PLS Gold 253312), обеспечивает надёжную синхронизацию приёмника на физический уровень несущей Multistream даже в условиях низкого отношения сигнал/шум, типичных для приёма OOF.
5. Плотность выборки 259 200 измерений на единицу в 72 часа (1 выборка/с) достаточна для статистически надёжного исключения кратковременных незарегистрированных срывов Lock, благодаря чему результаты данного исследования удовлетворяют критериям методологии «Визуализированное доказательство».

Таблица технических параметров

Приёмный пункт	г. Лученец, Словацкая Республика ($\varphi = 48,3331^\circ$ с.ш., $\lambda = 19,6664^\circ$ в.д.)
Спутник	Es'hail 1 at 25,5°E (бывший Eutelsat 25B) — луч MENA
Предыдущая позиция распределения	Eutelsat 21B at 21,5°E (Western Ku)
Приёмная антенна	Prodeline, параболический рефлектор прямого фокуса, $D = 450$ см
Приёмник (тюнер)	USB-тюнер TBS 5927 DVB-S2
Платформа мониторинга	EBS Pro (единственное используемое автором ПО)
Частота / поляризация	11 180 МГц (измерено 11 179,999 МГц) / V (вертикальная)
Символьная скорость	27 497,381 kS/s
Стандарт / модуляция	DVB-S2, Multistream / 8PSK
FEC	3/4
Код PLS	Gold, root 253312
Выбранный входной поток (MIS)	16

Азимут (истинный / магнитный)	172,2° / 166,2°
Угол места (элевация)	34,2°
Угол поворота LNB (Skew)	-5,2°
Продолжительность единицы мониторинга	t ≥ 72 часа (зафиксированный uptime 72:27:16)
Количество сигнальных выборок	259 200
Стабильность Lock	100 %, без срывов
Quality	100 %, без спадов
preBER / BER	< 1,0 × 10 ⁻⁷
SNR (диапазон / пик)	12,4-12,6 дБ / лучшее значение 12,4 дБ
MER (пик)	13,4 дБ
Уровень RF	-43 дБм
Битовая скорость / входной поток	25,269 Мбит/с / ~23,73 Мбит/с
Ширина несущей	32,996 МГц
Препятствие на трассе	частичное затенение кроной яблони вблизи приёмного пункта

Заключение

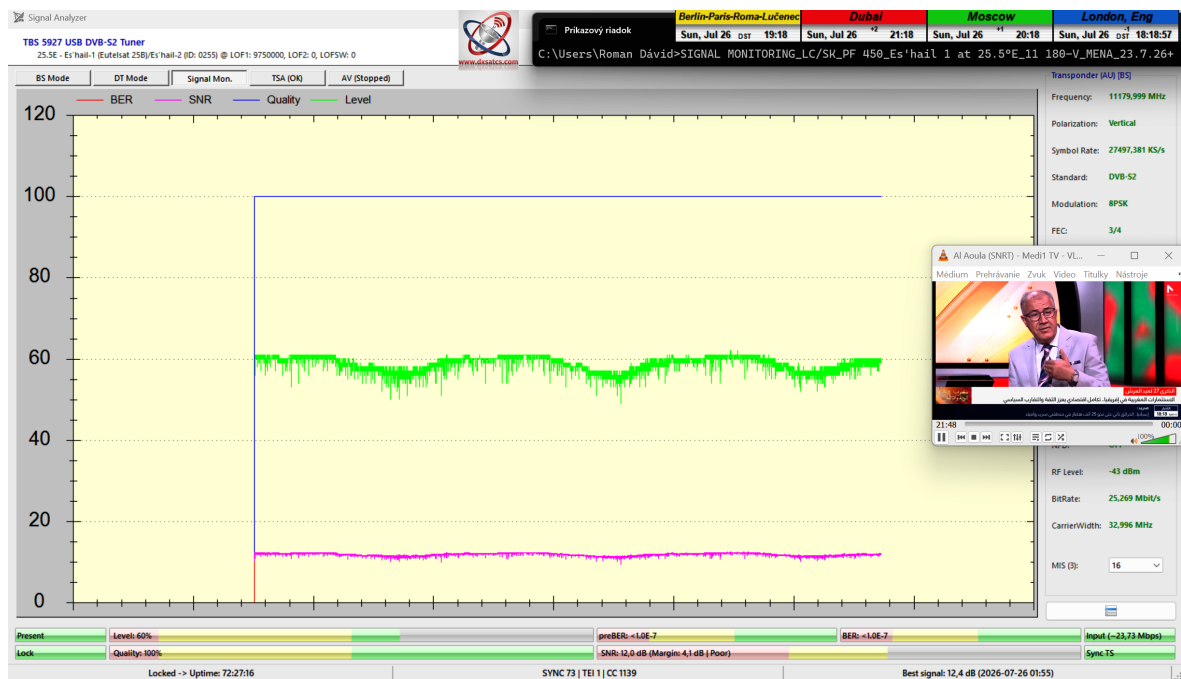
Настоящее исследование научно документирует и подтверждает, что приём вне зоны вещания несущей частоты марокканского вещателя SNRT на 11 180 МГц, верт. поляризация, распространяемой через луч MENA спутника Es'hail 1 at 25,5°E, достижим из пункта Лученец (Центральная Словакия) на уровне полной стабильности Lock и безошибочного качества изображения на протяжении всей 72-часовой единицы мониторинга, несмотря на частичное растительное препятствие на трассе сигнала. Анализ технологии Multistream и кода PLS Gold 253312 подтверждает, что современное поколение сигнального уровня DVB-S2 обеспечивает достаточную устойчивость для надёжной идентификации и демультимплексирования несущей даже в условиях, типичных для приёма OOF. Результаты были достигнуты в соответствии с методологией автора «Визуализированное доказательство» и расширяют его существующую серию тематических исследований OOF новой спутниковой позицией и новым технологическим аспектом распределения сигнала.

Список литературы и источников

- [1] ETSI EN 302 307-1/-2 — Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications (DVB-S2 / DVB-S2X).
- [2] Dávid, R. (2020): Визуализированное доказательство (Visualized Proof) — методология сигнального мониторинга для зон Out-of-Footprint, dxsatcs.com.
- [3] Dávid, R.: Тематическое исследование Express AM7 at 40°E — луч Indian, мониторинг 73 ч 20 мин, dxsatcs.com.
- [4] Dávid, R.: Тематическое исследование Rascom QAF-1R — лучи North Africa и South, dxsatcs.com.
- [5] DishPointer.com — инструмент для расчёта и проверки азимута, элевации и угла поворота LNB для заданного приёмного пункта и спутниковой позиции.
- [6] EBS Pro — программная платформа сигнального мониторинга приёмников DVB-S/S2, используемая как единственный инструмент мониторинга автора.

Приложение с изображениями

Рис. 1



Снимок экрана сигнального анализатора EBS Pro (тюнер TBS 5927), фиксирующий кривые Quality, SNR, BER и Level в ходе сессии мониторинга на транспондере 11 180 МГц V, Es'hail 1 at 25,5°E, вместе с таблицей параметров транспондера и значением uptime 72:27:16, подтверждающим непрерывный Lock.

Рис. 2

The screenshot displays the DishPointer.com interface. The 'Your Location' section shows 'Lučenec-Slovakia' with coordinates Latitude: 48.3331° and Longitude: 19.6664°. The 'Satellite Data' section shows 'All Satellites' and 'Motorized Systems' tabs, with '25.5E ES'HAIL 1' selected. The 'Dish Setup Data' section shows 'Azimuth (true)' as 172.2°, 'Azimuth (mag.)' as 166.2°, 'Elevation' as 34.2°, and 'LNB Skew' as -5.2°.

Вывод независимого инструмента DishPointer.com для приёмного пункта Лученец-Словакия и спутниковой позиции 25,5°E ES'HAIL 1, с рассчитанными значениями азимута

(истинного/магнитного), элевации и угла поворота LNB, использованными для проверки данных наведения в настоящем исследовании.