ИЗГЛАЖДАНЕ НА ДИСКРЕТНИ ДАННИ В РЕАЛНО ВРЕМЕ ПРИ СНЕМАНЕ НА СИГНАЛ ОТ OTDR ВЪРХУ ПАРАЛЕЛНА КОНФИГУРАЦИЯ С ТОПОЛОГИЯ НА N-МЕРЕН ХИПЕРКУБ

Динко В. Гичев , Ангел. З. Тошков
Бургаски свободен университет

SMOOTHING OF DISCRETE DATA IN REAL TIME PROCESSING FROM OTDR WITH PARALLEL CONFIGURATION OF N-DIMENSIONAL HYPERCUBE.

Dinko V. Gichev, Angel Z. Toshkov

Abstract: *The article reviews the possibility of using optical fibers as distributed acoustic sensor. The method is based on the use of nonlinear effects of Raman and Brilyuen in optical fibers and analysis of information, which may be obtained by measuring their time based on rule of Optical Time-domain reflectometry.*
The information enters as discrete signals from a large number of control points along the fiber, smooths with a quick method of approximation and prepares itself for listening to audio signals with sound frequency.

Key words: *ODTR, DTS, DTSS, frequency, hyper cube, smoothing, optical fiber.*

1. Постановка на задачата

Ще използваме следните означения:

- L – дължина на оптичното влакно в метри.
- N – брой контролни точки, $1 \leq \boldsymbol{N}$.
- M – брой измервания за всяка контролна точка, $1 \leq M$.
- l_i – разстояние в метри до контролна точка i, $1 \leq i \leq \boldsymbol{N}$; $0 \leq l_i < l_{i+1} \leq L$
- t_i – време в секунди до получаване на дискрета от контролна точка i,.

$t_i = \frac{2 l_i}{v}$, където v е скоростта на разпространение на светлината в средата на оптичното влакно.

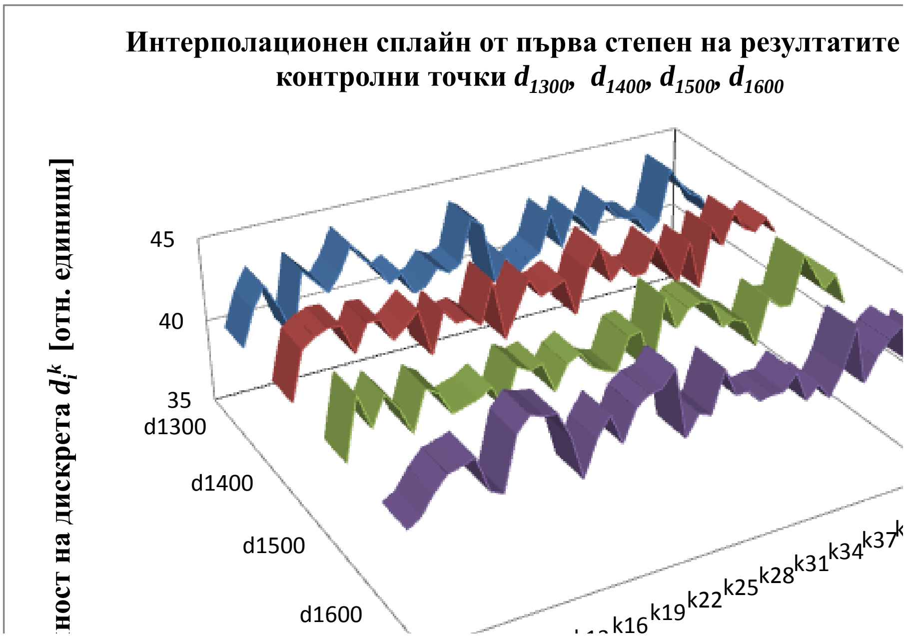
- d_i^k – стойност на дискрета от контролна точка i при измерване с пореден номер k, $1 \leq k \leq M$.

- T – интервал между две последователни измервания. $t_N \leq T$.

При тези означения за всяка контролна точка получаваме M дискрета, като за точка с номер i те се получават във времеви интервал $[t_i, t_i + (M-1)T]$. Това са данните, подлежащи на изглаждане и специално следва да се отбележи, че данните за различните контролни точки са независими. В зависимост от избора на апарат можем да получим различни алгоритми за пресмятане на непрекъснати апроксиманти [2].

2. Линеен алгоритъм в реално време за изглаждане на дискретните данни, получени при измервания за *N* контролни точки, разположени върху оптично влакно с дължина *L* метра.

Най-простият случай, при който се използва интерполационен сплайн от първа степен /начупена линия/ е илюстриран на Фигура 1.



Фигура 1. d_i^k – стойност на дискрета от контролна точка i при измерване с пореден номер k

Съпоставени на една графика, получените стойности във времето за d_{1300}, d_{1400}, d_{1500}, d_{1600} съответно ще носят информация за звуковото налягане, упражнено върху влакното на съответната точка по неговата дължина. С други думи, имаме възможност да получим разпределено и на практика едновременно прослушване (ако извлечем информация за демодулация на акустичната вълна в звуковия обхват) на всяка точка от дължината на оптичната линия. В случая, все едно че на всеки метър имаме поставен микрофон, и сигналите от тези 3000 микрофона се получават в една точка. [1].

Целта на преобразованието е за един акустичен сигнал, снет от определена контролна точка по влакното, да се получи апроксимация максимално близка до оригиналния сигнал създал тази акустична вълна. В последствие ще бъде разработен алгоритъм за динамично разпознаване на звукови сигнали в реално време, при който изгладената крива на определен звуков сигнал в определен интервал от време да бъде сравняван с подобни сигнали записани в опорна база данни .

При избор на вариант за линейна апроксимация пресмятането на стойността на сигнала в момент от време t в интервала $[t_i + (k-1)T,\ t_i + kT]$, където $k = 1,...,M-1$ отразява поредността на измерването става по формулата:

(2.1) $$d = \frac{t-(t_i+(k-1)T)}{T} d_i^k - \frac{t-(t_i+kT)}{T} d_i^{k-1}$$

Сложността на операцията е O(1). Да означим с

(2.2) $$t_{\text{int}} = \min_{1 \le i \le N-1} \{t_{i+1} - t_i\}$$

най-малкия интервал между две последователни измервания. Тогава, ако времето за изпълнение на операцията (2.1) от CPU е τ и е в сила ограничението

(2.3) $$\tau \le t_{\text{int}}$$

може да се реализира пресмятане на стойностите на линейна апроксиманта по формулите (2.1) в реално време, едновременно с процеса на измерване, с допълнително пресмятане на $\left\lceil \frac{t_{i+1}-t_i}{\tau} \right\rceil$ стойности във всеки времеви интервал $[t_i + (k-1)T,\ t_i + kT]$.

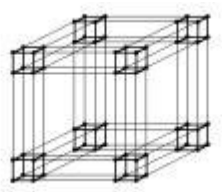
3. Паралелен алгоритъм върху хиперкуб

Ако за целите на практиката е за предпочитане анализът на резултатите да бъде направен постфактум, т.е. след събиране на цялата информация от измерванията, изглежда съблазнително да приложим различен подход. Идеята на алгоритъма се базира на реалната независимост на измерванията в две различни контролни точки. По този начин обработката на дискретите в различните контролни точки може да се извършва едновременно и независимо.

Ще илюстрираме паралелния алгоритъм върху хиперкуб /Фигура 2/ при следните предположения:

- n – размерност на хиперкуба, следователно разполагаме с изчислителен ресурс от $R = 2^n$ еднакви процесорни елемента $\{ PE_i \}_{i=1}^{R}$

- β – време за транспорт на дискрет между два съседни *PE*.
- τ – време за изпълнение на елементарна операция /*flop*/ от отделен *PE*.



Фигура 2. 6-мерен хиперкуб

За апроксимационен апарат избираме натурален интерполационен кубичен сплайн предвид добре познатото му качество да приближава функциите до първа гладкост, т.е. сплайнът апроксимира функцията, а производната му – производната на функцията.

За всяка контролна точка ще пресметнем паралелно сплайн с *M* възела, броят на измерванията, по формулите:

$$S_i(t) = \frac{S_i^{k+1}(t_i + kT - t)^2 + S_i^k(t_i + (k+1)T - t)^2}{6T} + \left(\frac{d_i^{k+1}}{T} - \frac{S_i^{k+1}T}{6}\right)(t_i + kT - t) + \left(\frac{d_i^k}{T} - \frac{S_i^k T}{6}\right)(t - t_i - (k+1)T) \tag{3.1}$$

за *i*-тата контролна точка, *1≤i≤* ***N.*** При горните означения формулите (3.1) се използват за пресмятане на междинни стойности на сплайна в точка *t* от *k*-тия времеви интервал $[t_i + (k-1)T,\ t_i + kT]$, $1 \le k \le M$.

Във формулите (3.1) параметрите S_i^k /втори производни на сплайна във възлите/ са получени като решение на тридиагонална система от ред M

$$\begin{aligned} &S_i^{k-1} + 4S_i^k + S_i^{k+1} = \frac{6}{T^2}(d_i^{k+1} - 2d_i^k + d_i^{k-1}), 1 \le \mathrm{k} \le \mathrm{M} \\ &S_i^0 = S_i^{M+1} = 0 \end{aligned} \tag{3.2}$$

по метода на прогонването със сложност *O(M).*

4. Оценка на сложността на паралелния алгхоритъм

При направените предположения са валидни следните оценки:

- Формулите (3.2) имат сложност *O(M)* на един процесор за всяка от *N* точки

- Формулите (3.1) имат сложност *O(1)* на един процесор за всяка от *N* контролни точки

- Време за запълване /Data scattering/ и изпразване /Dimensional collapse/ на хиперкуба *O(nβ)*.

Общата оценка за всички сплайни върху R процесора:

$$O\left(\left\lceil \frac{MN}{R} \right\rceil\right) \tag{4.1}$$

Литература:

1. Тошков. А., Гичев Д., „Метод за снемане на акустични вълни, модулиращи оптичен сигнал в оптично влакно”. “Предизвикателства пред висшето образование и научните изследвания в условията на криза”, Бургас, БСУ, 25-26 юни 2010 г.
2. D.Gichev, A Strategy for Routing Messages between Elements in a Hypercube with Faulty Links Proc of 6th Int. Conf. PDCAT 2005, Dalian, China