



MODELO OTIMIZADO DE POSICIONAMENTO GLOBAL PARA APLICAÇÕES MÓVEIS

H. N. Uchoa¹

¹UTEI, Brasil

Comissão VI - Sistemas de Informações Geográficas e Infraestrutura de Dados Espaciais

RESUMO

Este trabalho apresenta uma proposta de modelo matemático para aplicações que exigem gerenciamento de posicionamento global em tempo real com baixo consumo de transmissão de dados (banda). O conceito a ser apresentado analisa modelos que podem chegar a mais de 100 trilhões de quadrantes utilizando o sistema de referência EPSG 3857 (WGS 84 / Pseudo-Mercator -- Spherical Mercator, Google Maps, OpenStreetMap) para representar posições em praticamente toda a superfície do planeta. A grande vantagem deste modelo é a capacidade de representar uma posição específica na superfície terrestre com apenas 6 bytes, abrindo um grande leque de aplicações em soluções modernas que dependem do monitoramento de posição em tempo real.

Palavras-chave: Posicionamento Global Móvel, GPS, Sistema de Coordenadas.

ABSTRACT

The purpose of this paper is to present a mathematical model proposal for applications that require real-time global positioning management with minimum bandwidth traffic. The concept to be presented analyzes models that can reach more than 100 trillion quadrants using the EPSG reference system 3857 (WGS 84 / Pseudo-Mercator -- Spherical Mercator, Google Maps, OpenStreetMap) to represent positions on virtually the entire surface of the planet. The great advantage of this model is the ability to represent a specific position on the earth's surface with only 6 bytes. This model has large applications in modern solutions that work with real-time position monitoring and need to control the amount of data transmitted.

Keywords: Global Positioning Mobile, GPS, Coordinate System.

1- INTRODUÇÃO

Recentemente houve o surgimento de inúmeros aplicativos que trabalham com a geolocalização e, muitos destes, utilizam um monitoramento contínuo da posição do usuário exigindo um grande consumo de dados. Esta demanda inspirou o modelo matemático apresentado no presente trabalho.

Para uma compreensão prática de aplicação do modelo apresentado, podemos citar as soluções que utilizam a realidade aumentada para interagir com o espaço real através da integração com ambientes virtuais (objetos 3D criados computacionalmente e apresentados para o usuário conforme localização real deste). Diversas aplicações desenvolvidas para dispositivos móveis (tablets, smartphones, smartwatches e outros vestíveis inteligentes, etc) poderão se beneficiar do modelo proposto pois este

poderá resultar em grande redução de consumo de banda de internet para aplicações que demandam monitoramento de posição em tempo real. A redução do consumo de dados de aplicações móveis é particularmente importante para o Brasil, pois o nosso custo dos planos de dados móveis é bem elevado em relação ao mercado mundial.

A divisão do globo terrestre num modelo quadriculado com dimensões de poucos metros não é uma novidade. Temos um exemplo popular que utiliza a divisão do globo em quadrados de 3 metros de lado: what3words.com (solução com API fechada). Neste trabalho, iremos apresentar o modelo construtivo que viabiliza o desenvolvimento de soluções baseadas em localização por pequenos quadrados (com lados de poucos metros).

2- O MODELO MATEMÁTICO

O conceito para metodologia de posicionamento apresentada é bem simples: dividimos o planeta em quadrantes (de lados iguais) e identificamos cada quadrante com uma referência em relação aos eixos X e Y.

O compreensão do modelo proposto inicia pela análise da planilha a seguir que foi estruturada da seguinte forma:

- Coluna 1: indica a numeração da linha para facilitar a análise dos dados.
- Colunas (verdes) 2 e 3: indicam a quantidade de quadrados no qual os eixos X e Y foram divididos, respectivamente, com base no tamanho em metros de cada lado.
- Coluna (laranja) 4: indica o tamanho em metros de cada lado do quadrado.
- Coluna (laranja) 5: indica a quantidade de bytes necessária para representação de uma posição na superfície terrestre.
- Colunas (azuis) 6 e 7: indicam a representação em hexadecimal da quantidade de quadrados no qual os eixos X e Y foram divididos, respectivamente.

Na linha 1, observamos que o posicionamento num modelo estruturado a partir de quadrados com 2m de lado requer 7 bytes (3,5 bytes para cada eixo). Quando aumentamos o lado do quadrado para 3m, reduzimos o tamanho da representação da posição para 6 bytes. Esta quantidade de 6 bytes se mantém constante até o quadrado de 39m de lado.

Outra observação relevante é o tamanho da matriz que teremos que gerenciar de acordo com o tamanho dos lados do quadrante. Este valor pode superar o patamar de trilhões a partir de 4m de lado. Esta análise é resultado da multiplicação das colunas (verdes) 2 e 3. Considerando o cenário no qual o lado do quadrado é de 4m e estes sejam armazenados como entidades geográficas (feições simples, conforme padrão OpenGIS/OGC) num banco de dados espacial, chegaremos a um valor estimado de armazenamento de 16PB (petabytes¹). Nos padrões atuais de infraestrutura de TI, esta quantidade de armazenamento possui um custo muito elevado e extrapola o orçamento da grande maioria dos projetos. Desta forma, a implementação de uma solução baseada neste modelo tem que trabalhar com base numa formulação matemática, sem armazenar fisicamente os quadrantes no repositório de dados (SGBD, por exemplo).

TABELA 1 - Cálculo da matriz de quadrantes conforme o valor do lado.

#	Quantidade de quadrados no Eixo X	Quantidade de quadrados no Eixo Y	Lado do quadrado (metros)	Qtd de bytes de uma posição	Hexadecimal da qtd de quadrados do eixo X	Hexadecimal da qtd de quadrados do eixo Y
1	20.026.376,00	20.048.966,00	2	7	1319408	131EC46
2	13.350.917,33	13.365.977,33	3	6	CBB805	CBF2D9
3	10.013.188,00	10.024.483,00	4	6	98CA04	98F623
4	8.010.550,40	8.019.586,40	5	6	7A3B36	7A5E82
5	6.675.458,67	6.682.988,67	6	6	65DC02	65F96C
6	5.721.821,71	5.728.276,00	7	6	574EDD	576814
7	5.006.594,00	5.012.241,50	8	6	4C6502	4C7B11
8	4.450.305,78	4.455.325,78	9	6	43E801	43FB9D
9	4.005.275,20	4.009.793,20	10	6	3D1D9B	3D2F41
10	3.641.159,27	3.645.266,55	11	6	378F47	379F52
11	3.337.729,33	3.341.494,33	12	6	32EE01	32FCB6
12	3.080.980,92	3.084.456,31	13	6	2F0314	2F10A8
13	2.860.910,86	2.864.138,00	14	6	2BA76E	2BB40A
14	2.670.183,47	2.673.195,47	15	6	28BE67	28CA2B
15	2.503.297,00	2.506.120,75	16	6	263281	263D88
16	2.356.044,24	2.358.701,88	17	6	23F34C	23FDAD
17	2.225.152,89	2.227.662,89	18	6	21F400	21FDCE
18	2.108.039,58	2.110.417,47	19	6	202A87	2033D1
19	2.002.637,60	2.004.896,60	20	6	1E8ECD	1E97A0
20	1.907.273,90	1.909.425,33	21	6	1D1A49	1D22B1
21	1.820.579,64	1.822.633,27	22	6	1BC7A3	1BCFA9
22	1.741.424,00	1.743.388,35	23	6	1A9270	1A9A1C
23	1.668.864,67	1.670.747,17	24	6	197700	197E5B
24	1.602.110,08	1.603.917,28	25	6	18723E	18794D
25	1.540.490,46	1.542.228,15	26	6	17818A	178854
26	1.483.435,26	1.485.108,59	27	6	16A2AB	16A934
27	1.430.455,43	1.432.069,00	28	6	15D3B7	15DA05
28	1.381.129,38	1.382.687,31	29	6	151309	15191F
29	1.335.091,73	1.336.597,73	30	6	145F33	146515
30	1.292.024,26	1.293.481,68	31	6	13B6F8	13BCA9
31	1.251.648,50	1.253.060,38	32	6	131940	131EC4
32	1.213.719,76	1.215.088,85	33	6	128517	128A70
33	1.178.022,12	1.179.350,94	34	6	11F9A6	11FED6
34	1.144.364,34	1.145.655,20	35	6	11762C	117B37
35	1.112.576,44	1.113.831,44	36	6	10FA00	10FEE7
36	1.082.506,81	1.083.727,89	37	6	10848A	10894F
37	1.054.019,79	1.055.208,74	38	6	101543	1019E8
38	1.026.993,64	1.028.152,10	39	5	FABB1	FB038

¹ <https://en.wikipedia.org/wiki/Petabyte>

3- IMPLEMENTAÇÃO PRÁTICA

Para compreensão prática do modelo proposto, vamos desenvolver a implementação de um sistema de coordenadas baseado em quadrantes de 4m de lado. Considerando o sistema de referência EPSG 3857², temos os seguintes limites:

TABELA 2 - Limites das coordenadas projetadas do sistema EPSG 3857.

	X	Y
Mínimo	-20026376,39	-20048966,10
Máximo	20026376,39	20048966,10

Buscando simplificar o modelo, tomaremos como origem do sistema de quadrantes o próximo valor inteiro do sistema 3857, ou seja, a origem do nosso sistema é representada pelas seguintes coordenadas:

- $X_{\text{mínimo}} = -20026377$
- $Y_{\text{mínimo}} = -20048967$

A partir da origem definida anteriormente, podemos relacionar as coordenadas de canto de qualquer quadrante no nosso sistema de referência. Neste trabalho, trataremos as coordenadas de canto conforme indicação seguir:

- LL = Coordenada esquerda inferior.
- UR = Coordenada direita superior.

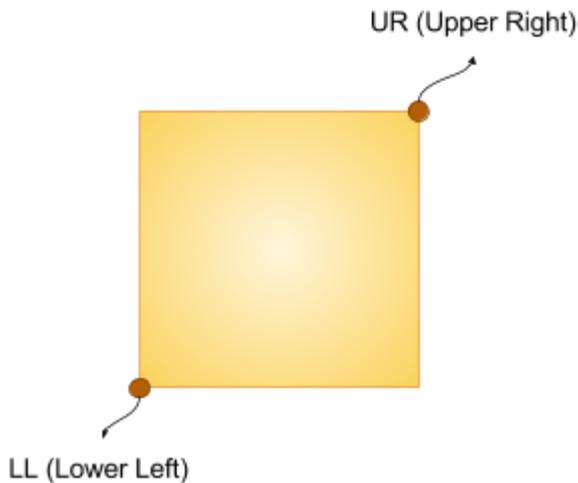


Fig. 1 - Indicação das coordenadas de canto de um quadrante.

As posições no nosso sistema de quadrantes são indicadas conforme a figura 2, iniciando na origem do plano cartesiano e limitando-se conforme o sistema de referência EPSG 3857. O quadrante posicionado no

extremo direito superior possui a seguinte representação: $Q_{10.013.188,10.024.483}$

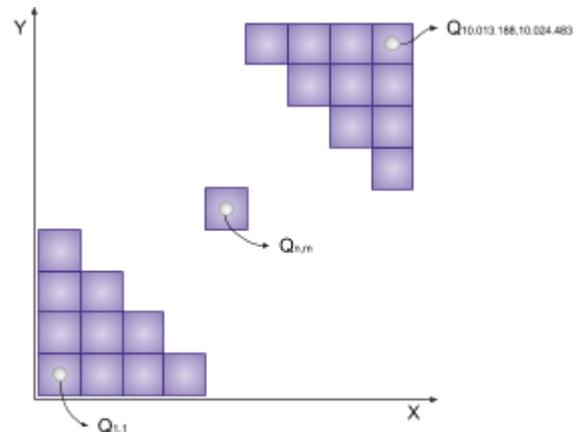


Fig. 2 - Organização dos quadrantes.

Para determinarmos as coordenadas de um quadrante posicionado em $Q_{n,m}$, a fórmula é bem simples:

- LQ (lado do quadrado em metros) = 4
- $X_{LL} = X_{\text{mínimo}} + LQ \times (n - 1)$
- $Y_{LL} = Y_{\text{mínimo}} + LQ \times (m - 1)$
- $X_{UR} = X_{\text{mínimo}} + LQ \times n$
- $Y_{UR} = Y_{\text{mínimo}} + LQ \times m$

Na planilha a seguir, apresentamos alguns resultados do cálculo a partir da fórmula supracitada.

TABELA 3 - Cálculo das coordenadas de canto considerando o lado do quadrado igual a 4 metros.

		EPSG 3857			
Quadrante		LL (Lower Left)		UR (Upper Right)	
X	Y	X_LL	Y_LL	X_UR	Y_UR
1	1	-20026377	-20048967	-20026373	-20048963
1	2	-20026377	-20048963	-20026373	-20048959
2	1	-20026373	-20048967	-20026369	-20048963
2	2	-20026373	-20048963	-20026369	-20048959
...
...
10.013.185	10.024.480	20026359	20048949	20026363	20048953
10.013.186	10.024.481	20026363	20048953	20026367	20048957
10.013.187	10.024.482	20026367	20048957	20026371	20048961
10.013.188	10.024.483	20026371	20048961	20026375	20048965

Após a compreensão do modelo matemático que gera o sistema de quadrantes, o próximo passo para criar uma solução prática é entender quais são as regras

² <https://epsg.io/3857>

de negócio que deverão ser implementadas no processo de comunicação entre o cliente (dispositivo móvel) e o servidor. As regras são bem simples:

- Enquanto a coordenada do cliente estiver contida dentro do mesmo quadrante, não é preciso se comunicar com o servidor.
- Quando a coordenada do cliente mudar de quadrante, é preciso informar ao servidor apenas qual o novo quadrante.

As regras definidas garantem que a mudança constante de coordenada não gere tráfego extra de dados. Somente ocorrerá transmissão de dados, quando a mudança de coordenada efetivamente indicar uma alteração de quadrante.

4- CONCLUSÃO

A proposta apresentada possui formulações matemáticas e regras de negócio simples de serem implementadas em nível de linguagem de programação. Apesar do conceito ser relativamente simples, o impacto de uma solução baseada nos fundamentos apresentados neste trabalho pode gerar uma economia considerável de banda (transmissão de dados) em relação aos modelos tradicionais implementados em sistemas de rastreamento em tempo real.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Wikipedia, link acessado em 29/09/2017: <https://www.wikipedia.org/>

Coordinate Systems Worldwide, link acesso em 29/09/2017: <http://epsg.io/>